

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A20
Uitwerking “nat rookgasreinigingsresidu”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	3
2. SAMENSTELLING NAT ROOKGASREINIGINGSRESIDU	4
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	5
4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN	6
5. STORTEN IN BIG BAGS	8
5.1 Procesbeschrijving	8
5.2 Massabalans en ruimtebeslag	8
5.3 Transport	9
5.4 Energie	9
5.5 Bedrijfsmiddelen	9
5.6 Emissies	10
5.7 Leemten in kennis	10
6. GEMENGDE RESIDUEN STORTEN IN BIG BAGS	11
6.1 Procesbeschrijving	11
6.2 Massabalans en ruimtebeslag	12
6.3 Transport	13
6.4 Energie	14
6.5 Bedrijfsmiddelen	14
6.6 Emissies	14
6.7 Leemten in kennis	17
7. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN	18
7.1 Procesbeschrijving	18
7.2 Massabalans en ruimtebeslag	18
7.3 Transport	19
7.4 Energie	19
7.5 Bedrijfsmiddelen	20
7.6 Emissies	20
7.7 Leemten in kennis	22
8. KOUDE IMMOBILISATIE MET VLEGAS EN STORTEN	23
8.1 Procesbeschrijving	23
8.2 Massabalans en ruimtebeslag	23
8.3 Transport	24
8.4 Energie	25
8.5 Bedrijfsmiddelen	25
8.6 Emissies	25
8.7 Leemten in kennis	27
9. PYROLYSE/SMELTEN	28
9.1 Inleiding	28
9.2 Procesbeschrijving	28
9.3 Massabalans en ruimtebeslag	32
9.4 Transport	34
9.5 Energie	36
9.6 Bedrijfsmiddelen	38
9.7 Emissies	40
9.8 Leemten in kennis	44

10.	VERSATZBAU	45
10.1	Procesbeschrijving	45
10.2	Massabalans en ruimtebeslag	45
10.3	Transport	46
10.4	Energie	46
10.5	Bedrijfsmiddelen	46
10.6	Emissies	47
10.7	Leemten in kennis	48

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 “**nat-rookgasreinigingsresidu**”. Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. SAMENSTELLING NAT ROOKGASREINIGINGSRESIDU

Bij afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) worden diverse systemen toegepast (naast het gebruikelijke elektrostatische filter voor de afscheiding van AVI-vlieg-as) 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 nat-rookgasreinigingsresidu (nat-RGRR) verkregen via optie c. Volgens deze optie worden de rookgassen worden eerst “gewassen” en vervolgens wordt het vervuilde waswater dat hierbij vrijkomt gezuiverd in een afvalwaterbehandelingsinstallatie. Bij dit zuiveringsproces ontstaat slib dat na ontwatering moet worden afgevoerd. Het ontwaterde slib wordt aangeduid als “nat-rookgasreinigingsresidu” en heeft een droge stofgehalte van circa 30-50 procent. In dit MER wordt gerekend met een d.s.-gehalte van 40%.

De gemiddelde samenstelling van nat-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 normaal gesproken alleen uitgevoerd voor de meest milieukritische componenten en de componenten met een grote spreiding. Uit tabel 2.1 blijkt echter dat alle componenten een behoorlijke spreiding hebben, waardoor in de gevoeligheidsanalyse gerekend zal worden met het maximum voor alle componenten. Ook voor de gevoeligheidsanalyse is in tabel 2.1 de gehanteerde samenstelling weergegeven.

Tabel 2.1; Samenstelling nat-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	17 - 210	79	210
Ba	0 - 1.600	79	1.600
Cd	115 - 1.439	642	1.439
Co	1 - 18	10	18
Cr	24 - 563	198	563
Cu	520 - 2.500	1.335	2.500
Hg	2 - 830	384	830
Mo	6 - 33	11	33
Ni	5 - 90	35	90
Pb	13 - 24.000	12.534	24.000
Sb	35 - 1.200	622	1.200
Sn	0 - 2.400	300	2.400
Sr	5 - 296	94	296
Zn	28 - 71.000	33.392	71.000
Cl	3.200 - 42.400	27.800	42.400
F	0 - 80.000	5.469	80.000
SO ₄	3.700 - 14.700	8.800	14.700
Vocht		60%	60%

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

Het natte 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 operationele verwerkmethode betreft het storten van nat-RGRR na “koude immobilisatie”. Deze methode wordt door VBM als enige uitgevoerd. Hierbij worden twee varianten onderscheiden. Enerzijds het immobiliseren van nat-RGRR met cement en additieven en anderzijds een variant waarbij nat-RGRR samen met AVI-vliegas en additieven wordt geïmmobiliseerd.

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 nat-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 zes verwerkingsalternatieven voor nat-RGRR door middel van een LCA vergeleken. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 3.1 weergegeven.

Tabel 3.1; Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

Verwerkingstechniek	Referentie-installatie
Storten in big-bags als C2	Nauerna
Storten in big bags (mengsels)	Nauerna
Storten na koude immobilisatie	VBM Rotterdam-Maasvlakte
Storten na koude immobilisatie met vliegas	VBM Rotterdam-Maasvlakte
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 afvalbeheerstraject 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 nat-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 nat-RGRR plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de deponie. Ten gevolge van de berging van nat-RGRR is dus geen percolaatbehandeling noodzakelijk.

5.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 5.1 bevat de massabalans uitgaande van 1 ton nat-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 nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Nat-RGRR (ton)	1	--
Big bag (stuks)	0,8	
PE-hoes (stuks)	0,8	
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Big bag met nat-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 1 ton/m³. Per big baglaag (1 m) wordt circa 30 cm uitvulmateriaal gebruikt. Dit betekent dat per ton nat-RGRR 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Per m² stortoppervlak kan dus (15/1,3) 11,5 ton nat-RGRR worden geborgen. Voor de berging van 1 ton nat-RGRR is 0,09 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 9 m²j 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 1 ton verpakt materiaal wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht. 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 SimaPro-database. 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)
Nat-RGRR	50	50
Zand/uitvulmateriaal over water	50	23
Zand/uitvulmateriaal over land	35	16

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 dieselverbruik van het in te zetten materieel. Dit betekent dat voor het storten van 1 ton nat-RGRR 60 MJ nodig is. Daarnaast wordt per ton nat-RGRR 0,45 ton zand aangebracht hetgeen nog eens 27 MJ vergt.

5.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwerking van nat-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 nat-RGRR dan wel 1,25 ton kan worden geborgen. Dus per 1 ton nat-RGRR is 0,8 big bag nodig. Een big bag weegt circa 2,5 kg dus per ton nat-RGRR is 2 kg nodig. Evenzo is per ton nat-RGRR 0,8 PE-hoes nodig à 1 kg, ofwel 0,8 kg.

Per ton nat-RGRR is 0,45 ton zand nodig als tussen/afdeklaag.

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

5.6 Emissies

Er treden geen emissies naar de lucht op. Dit omdat de vulinstallaties een gesloten circuit vormen en omdat sprake is van natte afvalstoffen

De emissies die kunnen optreden zouden de emissies naar bodem en water kunnen zijn. Echter nat-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 geminimaliseerd. 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. Als gevoeligheidsanalyse is derhalve wel een indicatieve inschatting gemaakt van de mogelijk uitloging die op de langere termijn zou kunnen optreden.

Hierbij is er, bij gebrek aan data omtrent de uitloging van onbewerkt rookgasreinigingsresidu, voor gekozen om eenzelfde uitloging in rekening te brengen als is afgeleid voor de berging van geïmmobiliseerd rookgasreinigingsresidu op de VBM (zie hoofdstuk 7, tabel 7.3). Het is natuurlijk de vraag of, wanneer de PE-hoezen op termijn inderdaad zouden gaan lekken, aansluiten bij uitloging uit een geïmmobiliseerde berging een goede maatstaf is. Het immobiliserende effect van de berging in big-bags is naar verwachting immers lang niet zo goed als dat van de verwerkingsoptie uit hoofdstuk 7. Deze gevoeligheidsanalyse is dan ook alleen een indicatie van de mate waarin eventuele uitloging de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

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

6. GEMENGDE RESIDUEN STORTEN IN BIG BAGS

6.1 Procesbeschrijving

A. Mengen

Nat-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 nat-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 geheel is volgestort wordt zij voorzien van een dubbele bovenafdichting conform het Stortbesluit bodembescherming. Op de aldus beschreven werkwijze vindt geen uitloging van nat-RGRR plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de stortplaats. Ten gevolge van de berging van nat-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 nat-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 nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)	Gevoeligheidsanalyse “andere mengverhouding”	
			Hoeveelheid verwerkt per ton RGRR (ton)	Te storten (ton)
Nat-RGRR (ton)	1	-	1	-
AVI-vliegass (ton)	0,67	-	0,50	-
Ketelas (ton)	0,67	-	0,50	-
Afvalwater (ton)	1	-	-	-
Big bag (stuks)	2,2	-	1,2	-
Foliezak (stuks)	2,2	-	1,2	-
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)	Hoeveelheid verwerkt per ton RGRR (ton)	Te storten (ton)
Immobilisaat (ton)	3,33	3,33	2	2

De in tabel 6.1 weergegeven mengverhouding is gelijk aan de mengverhouding zoals deze bij droog-RGRR en AVI-vliegass wordt toegepast. Specifieke informatie voor nat-RGRR ontbreekt. Het is mogelijk dat de aangegeven verhouding van afvalstoffen alleen op droge stof basis zo kan worden wordt uitgevoerd. In dit geval wordt met 1 ton nat-RGRR wordt toegepast, er in feite 0,4 ton d.s. en 0,6 water ingebracht. Uitgaande van 1 ton RGRR komt dus in totaal 1,6 ton water in het mengsel, hetgeen niet overeenkomt met de ter beschikking staande menggegevens voor droog-RGRR en AVI-vliegass.

Om hier toch enigszins rekening mee te houden wordt in het kader van de gevoeligheidsanalyse “andere mengverhouding” een groter aandeel aan nat-RGRR toegerekend. In dezelfde verwerkingsoptie bij droog RGRR wordt ongeveer 1 kuub water toegevoegd aan 2,34 ton droog materiaal. Nat-RGRR bevat gemiddeld 60% water. Met 1 ton nat-RGRR (= 600 liter water) komen we met 1,4 ton droog materiaal op ongeveer eenzelfde verhouding. Dit betekent dat in het kader van de gevoeligheidsanalyse ook de situatie wordt meegenomen waarin 1 ton nat-RGRR wordt gemengd met 0,5 ton AVI-vliegass en 0,5 ton ketelas en zonder toevoeging van water (zie tabel).

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 nat-RGRR) 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Een en ander resulteert in 3,6 m³ per ton nat-RGRR. Dus kan (15/3,6) 4,2 ton nat-RGRR per m² worden geborgen. Daarmee is voor de berging van 1 ton nat-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 nat-RGRR in het mengsel. Nat-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.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse 'andere mengverhouding' bedraagt het fysieke ruimtebeslag 7,5 m²/jr. In de gevoeligheidsanalyse wordt namelijk eveneens uitgegaan van 1,3 m³ stortruimte per 1,2 ton mengsel. Door de andere verhouding komt nu echter 0,60 ton nat-RGRR overeen met 1,3 m³ stortruimte. Dit resulteert 2,17 m³ stortruimte per ton nat-RGRR. Per m² stort kan 15 m³ geborgen worden ofwel (15/2,17) 6,9 ton nat-RGRR. Per ton nat-RGRR is dus 0,15 m² stortruimte nodig. Over de te beschouwing periode van 100 jaar resulteert dit in 15 m²/jr. Hiervan komt nu 50% voor rekening van nat-RGRR.

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 nat-RGRR wordt 3,33 ton mengsel vervoerd, waarvan 43% toegerekend dient te worden aan nat-RGRR.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Per 1,2 ton verpakt materiaal (met 0,36 ton nat-RGRR) wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht. Dit komt overeen met 0,54 ton zand per ton nat-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 SimaPro-database. 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 RGRR.

In de gevoeligheidsanalyse 'andere mengverhouding' wordt per ton nat-RGRR 2 ton mengsel getransporteerd, waarvan 50% toegerekend moet worden aan nat-RGRR (50 tkm). De zandbehoefte is gelijk aan 0,38 ton zand per ton nat-RGRR (0,45/0,6*50%).

Tabel 6.2; Transport

Materiaal	Afstand (km)	normaal (tkm)	gevoeligheidsanalyse "andere mengverhouding" (tkm)
Nat-RGRR	50	72	50
Zand/uitvulmateriaal over water	50	23	19
Zand/uitvulmateriaal over land	35	19	13

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 de nat-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 nat-RGRR moet 3,33 ton immobilisatie worden gemengd. Het aandeel nat-RGRR bedraagt 43%. Daarmee bedraagt het energieverbruik 3,6 kWh per ton nat-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 diesilverbruik van het in te zetten materieel. Dit betekent dat voor de verwerking van 3,33 ton immobilisaat met 43% nat-RGRR 86 MJ (per ton nat-RGRR) aan energie nodig is. Daarnaast moet per ton nat-RGRR 0,54 ton zand worden aangebracht hetgeen nog eens 32 MJ vergt.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse 'andere mengverhouding' wordt 2 ton materiaal gemengd en als immobilisaat gestort, met een aandeel nat-RGRR van 50%. Dit resulteert in een energiebehoefte van 2,5 kWh voor het mengen en 60 MJ voor het storten van het immobilisaat en 23 MJ voor het storten van het zand.

6.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwerking van nat-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 nat-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 worden toegerekend aan nat-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 nat-RGRR worden toegerekend. Tot slot wordt per ton RGRR 0,54 ton zand toegepast.

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

In het kader van de gevoeligheidsanalyse 'andere mengverhouding' wordt 2 ton immobilisaat opgeslagen in 1,33 big bag. Dit komt overeen met 3,33 kg big bag, waarvan 1,7 kg toegerekend moet worden aan nat-RGRR. Evenzo dient 1,33 PE-hoes voor 50%, ofwel 0,67 kg aan nat-RGRR toegerekend worden. Per ton nat-RGRR wordt 0,38 ton zand toegepast.

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

Daar sprake is van een natte afvalstroom (60% water) worden geen emissies naar de lucht toegerekend.

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 onderhavige 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 nat-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 6.3 een overzicht gegeven van de lozing naar het oppervlaktewater. Bij het bepalen van de lozing is rekening gehouden met het feit de samenstelling in tabel 2.1 (alsook de weergegeven samenstellingen in tabel 5.3) weergegeven zijn als hoeveelheden per kg droge stof. In werkelijkheid is het droge stof gehalte 40%. Voor het omrekenen naar de uiteindelijke waterlozing is dus uitgegaan van een factor 0,02 (5% maal 40%). De gevoeligheidsanalyse andere mengverhouding zal niet bijdragen tot andere ingrepen dan de lozing in de normale situatie.

Tabel 6.3; Lozing op oppervlaktewater

Component	normaal		gevoeligheidsanal. 'variatie samenstelling'	
	Samenstelling (mg/kg d.s.)	Lozing (mg/ton)	Samenstelling (mg/kg)	Lozing in mg/ton
Arseen (As)	79	1,6	210	4,2
Barium (Ba)	79	1,6	1.600	32
Cadmium (Cd)	642	12,8	1.439	28,8
Cobalt (Co)	10	0,2	18	0,36
Chroom (Cr)	198	4,0	563	11,3
Koper (Cu)	1.335	26,7	2.500	50
Kwik (Hg)	384	7,7	830	16,6
Molybdeen (Mo)	11	0,22	33	0,66
Nikkel (Ni)	35	0,7	90	1,8
Lood (Pb)	12.534	251	24.000	480
Antimoon (Sb)	622	12,4	1.200	24
Tin (Sn)	300	6	2.400	48
Strontium (Sr)	94	1,9	296	5,9
Zink (Zn)	33.392	668	71.000	1420
Chloride (Cl)	27.800	556	42.400	848
Fluor (F)	5.469	109	80.000	1600
Sulfaat (SO4)	8.800	176	14.700	294

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 met een RGRR-productie van 3,5E-6 per ton afval ontstaat jaarlijks 13.500 ton. Per ton nat-RGRR wordt dus 0,019 m³ water geloosd.

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

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 vlieg-as 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. Als gevoeligheidsanalyse is derhalve wel een indicatieve inschatting gemaakt van de mogelijk uitloging die op de lange termijn zou kunnen optreden.

Hierbij is er, bij gebrek aan data omtrent de uitloging van onbewerkt rookgasreinigingsresidu, voor gekozen om eenzelfde uitloging in rekening te brengen als is afgeleid voor de berging van geïmmobiliseerd vlieg-as op de VBM (zie hoofdstuk 7, tabel 7.3). Het is natuurlijk de vraag of, wanneer

de PE-hoezen op termijn inderdaad zouden gaan lekken, aansluiten bij uitloging uit een geïmmobiliseerde berging een goede maatstaf is. Het immobiliserende effect van de berging in big-bags is naar verwachting immers lang niet zo goed als dat van de verwerkingsoptie uit hoofdstuk 7. Deze gevoeligheidsanalyse is dan ook alleen een indicatie van de mate waarin eventuele uitloging de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

6.7 Leemten in kennis

Onduidelijk is in welke verhouding het natte RGRR gemengd kan worden met de andere afvalstoffen. Aangezien alleen informatie bekend is over het mengen van droge afvalstoffen is in de gevoeligheidsanalyse ook gerekend met een verhouding gebaseerd op 1 ton RGRR d.s..

Verder is een belangrijke leemte de kans op en potentiële omvang van uitloging bij deze bergingswijze op de langere termijn

7. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN

7.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer nat-RGRR

Het nat-RGRR wordt per vrachtwagen-aanhanger-combinatie vervoerd naar de verwerkingsinrichting.

B. Opslag nat-RGRR

De nat-RGRR wordt in silo's opgeslagen.

C. Verwerking

De nat-RGRR wordt vanuit de silo's in het proces gebracht en gemengd met bindmiddel, additieven en water. Afvalwater dat vrijkomt bij het schoonspoelen van de menginstallatie wordt vanwege het gehalte aan basische stoffen op het stort uitgespreid.

D. transport

Het ontstane product wordt in slurry vorm naar het stort getransporteerd.

E. Storten

Op het stort wordt de slurry in een bekisting gestort waarbij tevens drainagematten worden gebruikt. Dit product hardt na verloop van tijd uit. De bekisting wordt hergebruikt voor de volgende batch te storten slurry.

7.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 7.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton nat-RGRR. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort. Op basis van de informatie van VBM (VBM, 2000) is duidelijk geworden dat aan de in tabel 7.1 aangegeven producten leidingwater wordt toegevoegd als de waterbalans daar aanleiding toe geeft. Gezien het aandeel water in nat-RGRR (60%) wordt voor dit alternatief uitgegaan van geen behoefte aan extra water. Deze aanname is ingegeven door de verhouding d.s./water zoals meegenomen in de uitwerkingen van AVI-vliegas en DTO-vliegas.

Tabel 7.1; Massabalans

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt RGRR (ton)	Te storten (ton)
Nat-RGRR	1	--
Bindmiddel + additief	0,1	--
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Immobilisaat	1,1	1,1

De immobilisatie-installatie bestrijkt een oppervlakte van circa 1.000 m². De installatie bestaat uit twee gelijke delen. Een deel waar nat-RGRR apart met cement/additieven geïmmobiliseerd kan worden en een deel waar nat-RGRR samen met vliegas geïmmobiliseerd kan worden.

Op jaarbasis kan in het RGRR-deel (met cement) 57.500 ton verwerken. Het aandeel nat-RGRR bedraagt op grond van de mengverhouding uit tabel 7.1 circa 52.300 ton.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt $100 * 500 \text{ m}^2 * = 50.000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 5.230 kton nat-RGRR. Het fysiek ruimtebeslag per ton nat-RGRR bedraagt derhalve $0,01 \text{ m}^2\text{jr}$.

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m^2 stortoppervlak kan dus 15 m^3 afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt ongeveer $1 \text{ ton}/\text{m}^3$. Per m^2 wordt 15 ton materiaal, overeenkomend met 13,64 ton nat-RGRR gestort. Dus voor de berging van 1 ton RGRR is $0,073 \text{ m}^2$ nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit $7,3 \text{ m}^2\text{jr}$ aan fysiek ruimtebeslag.

7.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van RGRR naar de inrichting voor koude immobilisatie. Per vacht wordt ongeveer 10 ton vervoerd.

Op dit moment wordt slechts op één plaats deze techniek toegepast. Daar niet de verwachting is dat in Nederland diverse immobilisatie-installaties voor deze verwerkingsoptie ontwikkeld zullen worden (hooguit 2) zijn ruime transportafstanden aangehouden.

Voorts is sprake van de aanvoer van bindmiddel en additieven. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het om cement gaat. Dit wordt op 1 plaats in Nederland geproduceerd (Limburg). Bij de aanvoer geldt een beladingsgraad van 30 ton per vracht.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton nat-RGRR.

Tabel 7.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Nat-RGRR	100	100
Bindmiddelen	300	30

Het immobilisaat wordt binnen de eigen inrichting van VBM gestort. Derhalve worden de transportkilometers verwaarloosd. Op het moment dat de transportafstanden minstens 20% van de milieuscores bepalen wordt in de gevoeligheidsanalyse gerekend met +/- 50%.

7.4 Energie

De gehele immobilisatie-installatie van VBM heeft een geïnstalleerd vermogen van 290 kW. Het deel van de installatie waar nat-RGRR apart wordt geïmmobiliseerd omvat de helft van de installatie en derhalve ook de helft van dit vermogen: 145 kW. Hiermee kan 57.500 ton materiaal geïmmobiliseerd worden. Het aandeel RGRR bedraagt 52.300 ton. Aangenomen wordt dat van het geïnstalleerd vermogen 80% gedurende 1800 uur per jaar gebruikt wordt. Dit betekent dat per ton nat-RGRR het energieverbruik 4 kWh bedraagt.

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. Voor 1 ton nat-RGRR wordt 1,1 ton immobilisaat gestort hetgeen overeenkomt met $(60 * 1,1) 66 \text{ MJ}$.

7.5 Bedrijfsmiddelen

Voor het immobiliseren van nat-RGRR is volgens dit alternatief 0,1 ton bindmiddelen en additieven nodig (zie ook tabel 7.1). Onduidelijk is om welke bindmiddelen en additieven het hier gaat. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van cement.

In paragraaf 7.2 is aangegeven dat er geen aanvullend leidingwater nodig is voor het aanmaken van het juiste immobilisaatmengsel.

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

7.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen.

De emissies van de verwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

Om emissies naar de lucht te voorkomen, is de installatie uitgevoerd als een nagenoeg gesloten proces. Slechts op enkele plaatsen in het proces zijn open verbindingen met de omgeving. Het betreft onder meer het transport naar de menger en de menger zelf zijn 'open' processen. Daar bij nat-RGRR echter sprake is van een natte substantie (60% water) zijn er geen stofemissies te verwachten.

Emissies naar oppervlaktewater

Directe emissie naar het oppervlaktewater vindt niet plaats. De afvalwaterstroom die vrijkomt bij het reinigen van de installatie wordt op het stort gespreid. Vanwege de basische kwaliteit met name op de delen waar zure afvalstromen zijn gestort. Dit neutraliseert de PH en reduceert de uitlozing van de meeste kritische componenten. Het water komt uiteindelijk in de zuivering terecht. Het effluent wordt weer in het proces gebruikt.

Emissies naar bodem

Emissie naar de bodem is niet van toepassing. Afvalstoffen zijn in gesloten silo's opgeslagen en het proces vindt in gesloten installaties in een gebouw plaats.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Bij de verwijdering van de reststoffen (het immobilisaat) ontstaan emissies naar de bodem en naar water.

Emissie naar de bodem

De emissie naar de bodem wordt bepaald door het uitlooggedrag van het immobilisaat.

Tabel 7.3 bevat de uitlooggegevens van het immobilisaat van nat-RGRR². Uit deze tabel blijkt dat niet voor alle componenten uitloogdata beschikbaar zijn. Daar afhankelijk van de kwaliteit van de nat-RGRR's verschillende recepturen worden toegepast, zijn de weergegeven resultaten een gemiddelde van de beschouwde recepturen. De gegevens in de tweede kolom zijn bepaald met een diffusietest. Deze test is conform CEN TC 292 WG2; dit is een verkorte test, afgeleid van de NEN 7345. De gegevens in de derde kolom zijn de omgerekende emissies onder onderstaande praktijkcondities:

- een stortcompartiment met een lengte van 50 m, een breedte van 50 meter en een hoogte van 15 meter
- de vormgegeven immobilisaten (l=3m, b=3m en h=1m)
- een exploitatiefase van 15 jaar. Gedurende deze exploitatiefase wordt er vanuit gegaan dat de geëmitteerde stoffen in het percolaat slechts de bodem belasten middels een lekkage van de onderafdichting van 0,5 mm/jr. In de nazorgfase van 15-10.000 jaar is aangenomen dat de onderafdichting volledig faalt, maar dat slechts door een lekkage van de bovenafdichting van 0,5 mm/jr kan het immobilisaat nog worden bevochtigd. Dit houdt in dat de lekkage naar de bodem gedurende de volledige 10.000 jaar op 0,5 mm/jaar wordt gesteld.
- uitgezonderd bromide, chloride en sulfaat is bij de omrekening gerekend met een factor 0,23 voor de temperatuurcorrectie en de extrapolatiefactoren, die zijn gecorrigeerd voor waterverzadiging, veroudering en temperatuur. Voor bromide, chloride en sulfaat is gerekend met een factor 2,95
- voor alle overige uitgangspunten wordt verwezen naar het RIVM-rapport "Milieuhygiënisch kwaliteit en beoordeling van geïmmobiliseerde afvalstoffen (vormgegeven) in relatie tot storren" (RIVM, 1999).

Voor de omrekening van mg/m² naar mg/ton nat-RGRR is uitgegaan van het volgende:

- per m² wordt 15 m³ materiaal gestort
- soortelijke massa = 1 ton/m³
- per m² wordt 15 ton materiaal gestort
- per m² wordt 13,64 ton nat-RGRR gestort
- uitloging per ton is 1/13,64 deel van de berekende immissie per m².

In de gevoeligheidsanalyse (tabel 7.3) wordt het effect van een tweetal situaties onderzocht:

- variatie in de samenstelling (kolom gevoeligheidsanalyse uit tabel 2.1) onder de standaard stortcondities, waarbij uitgegaan wordt van een evenredigheid tussen de uitloging en de aanwezigheid (concentratie), een component die tweemaal zoveel aanwezig is zal ook tweemaal zoveel uitlogen. Daar mag worden aangenomen dat de uitloging in het algemeen minder dan evenredig toeneemt met een toenemende concentratie in het afval, is het effect van de spreiding van de samenstelling op de emissie naar de bodem hiermee ruim ingeschat.
- variatie in de stortcondities (storthoogte van 30m en een blokgrootte van 1*1*1m).

² Vooralsnog is er geen beschikking over de uitlooggegevens behorende bij het immobiliseren van alleen nat-RGRR. Kijkend naar de samenstelling van nat-RGRR in vergelijking met AVI-vliegas is het aandeel van de meeste componenten minder dan bij AVI-vliegas. Gezien dit feit wordt vooralsnog gebruik gemaakt van de uitlooggegevens van het immobiliseren van nat-RGRR tezamen met AVI-vliegas (zie hoofdstuk 8).

Tabel: 7.3: Uitlooggegevens immobilisaat van nat-RGRR

Component	Uitloogtest (mg/m ³)	Onder praktijkcondities		Gevoeligheidsanalyse			
		(mg/m ³)	(mg/ton)	Variatie samenstelling		Variatie in stortcondities	
				(mg/m ³)	(mg/ton)	(mg/m ³)	(mg/ton)
As	23,8	2352	172	6255	459	5478	201
Ba	184,8	18261	1339	369842	27115	42537	1559
Cd	0,31	31	2,3	68	5,0	71	2,6
Co	1,08	107	7,8	192	14	249	9,1
Cr	65,9	6512	477	18518	1358	15169	556
Cu	5,59	552	41	1035	76	1287	47
Mo	44,4	4387	322	13162	965	10220	375
Ni	11,0	1087	80	2795	205	2532	93
Pb	32,3	3192	234	6112	448	7435	273
Se	4,26	421	31	421	31	981	36
Sn	1,48	146	11	1170	86	341	12
V	11,0	1087	80	1087	80	2532	93
Zn	50,6	5000	367	10632	780	11647	427
Br	25393	195632	14343	195632	14343	455707	16705
Cl	2723661	20983521	1538381	32003644	2346308	48879260	1791762
F	467,3	46176	3385	675455	49520	107563	3943
SO ₄	184290	1419800	104091	2371710	173879	3307298	121235

Emissie naar water

Reeds eerder is gesteld dat spoelwater op het stort wordt uitgesproeid om uiteindelijk via het percolaat in de zuivering te komen. Het effluent met de daarin aanwezige verontreinigingen (zware metalen en zouten) wordt weer in het immobilisatieproces van de VBM gebruikt. Op die manier wordt het opnieuw geïmmobiliseerd. Dit betekent dat er geen sprake is van emissies naar water.

Uit informatie van VBM blijkt dat de installatie wekelijks wordt gereinigd waarbij 5 m³ effluent wordt geloosd op het stort om uiteindelijk in het percolaat te komen. Op jaarbasis komt dit overeen met circa 260 m³. De installatie heeft een verwerkingscapaciteit 57.500 ton per jaar waarvan 52.300 ton nat-RGRR. Per ton wordt dus 0,005 m³ water geloosd om uiteindelijk als percolaat in de zuivering terecht te komen. De ingrepen van de waterzuivering worden in rekening gebracht via de standaard proceskaart in SimaPro. Tevens wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal, hetgeen leidt tot het afvangen van 950 g weggespoelde as per ton RGRR. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

7.7 Leemten in kennis

Er zijn geen uitloogdata bekend van een diffusietest aan het immobilisaat met nat-RGRR. Derhalve is gebruik gemaakt van de data zoals deze gelden voor de immobilisaat van AVI-vliegas met nat-RGRR.

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

8. KOUDE IMMOBILISATIE MET VliegAS EN STORTEN

8.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer nat-RGRR

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

B. Opslag nat-RGRR

Het nat-RGRR wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengen

Nat-RGRR wordt vanuit de silo's in het proces gebracht en gemengd AVI-vliegAs en cement. Afvalwater dat vrijkomt bij het schoonspoelen van de installatie wordt vanwege het basische gehalte op het stort uitgesproeid op locaties waar zure afvalstromen zijn gestort.

D. Transport

Na menging wordt het materiaal naar de stortplaats getransporteerd

F. Storten reststoffen

Op het stort wordt de slurry in een bekisting gestort waarbij tevens drainagematten worden gebruikt. Dit product hardt na verloop van tijd uit. De bekisting wordt hergebruikt voor de volgende batch te storten slurry.

8.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 8.1 bevat de massabalans uitgaande van de verwerking van 1 ton nat-RGRR. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 8.1: Massabalans

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Nat-RGRR	1	--
AVI-vliegAs	1	--
Bindmiddel + additieven	0,1	--
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt nat-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Immobilisaat	2,1	2,1

Daar hier sprake is van de gezamenlijke verwerking van twee afvalstromen (nat-RGRR en AVI-vliegAs) wordt de helft van het bindmiddel aan RGRR toegerekend. Dit betekent dat het aandeel nat-RGRR (inclusief 50% bindmiddel) 50% bedraagt.

De immobilisatie-installatie bestrijkt een oppervlakte van circa 1000 m². De installatie bestaat uit twee gelijke delen. Een deel waar C2-slib wordt geïmmobiliseerd en een deel waar AVI-vliegasen worden geïmmobiliseerd, elk met een omvang van 500 m². Nat-RGRR wordt bij VBM als C2-slib beschouwd en derhalve in het slibdeel (samen met AVI-vliegas) geïmmobiliseerd. Op jaarbasis kan het deel waar RGRR wordt verwerkt 57.500 ton verwerken. Per ton nat-RGRR wordt 1 ton vliegAs en 0,1 ton aan additieven/bindmiddel toegevoegd.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt $100 * 500 \text{ m}^2 * 50\% = 25.000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 2.738 kton nat-RGRR. Het fysiek ruimtebeslag per ton nat-RGRR bedraagt derhalve $0,01 \text{ m}^2\text{jr}$.

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m^2 stortoppervlak kan dus 15 m^3 afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt ongeveer 1 ton/m^3 . Het aandeel nat-RGRR bedraagt 50%. Dus per m^2 stortruimte wordt 7,5 ton nat-RGRR verwerkt. Dit betekent dat voor de berging van 1 ton $0,13 \text{ m}^2$ nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit $13 \text{ m}^2\text{jr}$ aan fysiek ruimtebeslag.

8.3 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van nat-RGRR naar de inrichting voor koude immobilisatie. Per vracht wordt 10 ton nat-RGRR getransporteerd. Tevens worden de bindmiddelen/additieven per as aangevoerd. Bij dergelijke transporten kan worden uitgegaan van 30 ton per vracht. De aard van deze stoffen is onbekend. In het kader van de LCA wordt uitgegaan van cement welke op 1 plaats in Nederland wordt geproduceerd (afstand 300 km).

Voorts wordt AVI-vliegas aangevoerd. Deze wordt gebruikt als cementvervanger. Omdat AVI-vliegas een afvalstof is wordt deze verder buiten beschouwing gelaten. De vermeden inzet van cement door toevoeging van AVI-vliegas komt niet voor rekening van nat-RGRR.

Op dit moment vindt slechts op één plaats immobilisatie plaats. Daar niet de verwachting is dat in Nederland diverse immobilisatie-installaties voor deze afvalstroom ontwikkeld zullen worden (hooguit 2) zijn ruime transportafstanden aangehouden.

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 SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 8.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton nat-RGRR.

Tabel 8.2: Overzicht transportafstanden

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Nat-RGRR	100	100
Bindmiddelen	300	15

Het immobilisaat wordt binnen de eigen inrichting van VBM gestort. Derhalve worden de transportkilometers verwaarloosd.

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

8.4 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de immobilisatie-installatie;
- het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen;

Het energieverbruik van de immobilisatie-installatie

Voor de gehele immobilisatie-installatie is vermogen van 290 KW geïnstalleerd. Het deel van de installatie waar nat-RGRR wordt geïmmobiliseerd omvat de helft van de installatie en derhalve ook de helft van dit vermogen: 145 KW. Aangenomen wordt dat van het geïnstalleerd vermogen 80% gedurende 1800 uur per jaar gebruikt wordt. Verdeelt over 57500 ton immobilisaat per jaar betekent dit dat per ton immobilisaat het energie verbruik 3,6 kWh bedraagt. Per ton nat-RGRR wordt 2,1 ton immobilisaat geproduceerd. Dit bestaat voor 50% uit nat-RGRR dus: $3,6 * 2,1 * 50\% = 3,8$ kWh.

Het energieverbruik bij de verwijdering van reststoffen

Bij de verwerking van het immobilisaat wordt energie verbruikt in de vorm van transport (zie tabel 8.2). 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. Voor 2,1 ton immobilisaat komt dit neer op 126 MJ waarvan 50% of te wel 63 MJ voor rekening komt van nat-RGRR.

8.5 Bedrijfsmiddelen

Het is onbekend welke bindmiddelen/additieven worden toegepast. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van 0,1 ton cement. Hiervan is 50% gerelateerd aan nat-RGRR.

Omdat water dat voor het schoonmaken wordt gebruikt, afvalwater is, wordt dit niet als bedrijfsmiddel aangemerkt.

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

8.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen.

De emissies van de verwerkingsinrichting

Om emissies naar de lucht te voorkomen, is de installatie uitgevoerd als een nagenoeg gesloten proces. Slechts op enkele plaatsen in het proces zijn open verbindingen met de omgeving. Het betreft onder meer het transport naar de menger en de menger zelf zijn 'open' processen. Daar nat-RGRR in vochtige toestand wordt aangevoerd en verwerkt worden er geen stofemissies verwacht.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Bij de verwijdering van de reststoffen (het immobilisaat) ontstaan emissies naar de bodem en naar water.

Emissie naar de bodem

De emissie naar de bodem wordt bepaald door het uitlooggedrag van het immobilisaat (VBM, 2000). Zie voor de wijze waarop deze emissies naar bodem moeten worden bepaald ook paragraaf 7.6). Tabel 8.3 bevat de uitlooggegevens van het immobilisaat van nat-RGRR (zoals het samen met AVI-vliegas geïmmobiliseerd is).

Voor de omrekening van mg/m^2 naar mg/ton nat-RGRR is tevens uitgegaan van het volgende aan-
names:

- per m^2 wordt 15 m^3 immobilisaat gestort
- soortgelijk gewicht bedraagt 1 ton/m^3
- per m^2 wordt 7,15 ton nat-RGRR en 7,15 ton AVI-vliegas gestort
- AVI-vliegas en nat-RGRR dragen gelijkelijk bij aan de uitloging
- berekende uitloging gedeeld door $(2 \cdot 7,15)$ 14,3 ton geeft uitloging per ton nat-RGRR (en dus ook per ton AVI-vliegas).

In de gevoeligheidsanalyse wordt het effect van een tweetal situaties onderzocht:

- variatie in de samenstelling (kolom gevoeligheidsanalyse uit tabel 2.1) onder de standaard stortcondities, waarbij uitgegaan wordt van een evenredigheid tussen de uitloging en de aanwezigheid (concentratie), een component die tweemaal zoveel aanwezig is zal ook tweemaal zoveel uitloggen. Daar mag worden aangenomen dat de uitloging in het algemeen minder dan evenredig toeneemt met een toenemende concentratie in het afval, is het effect van de spreiding van de samenstelling op de emissie naar de bodem hiermee ruim ingeschat
- variatie in de stortcondities (storthoogte van 30m en een blokgruote van $1 \cdot 1 \cdot 1 \text{ m}$).

Tabel 8.3; Emissie naar de bodem per ton nat-RGRR

Com- ponent	Uitloogtest (mg/m^2)	Onder praktijkcondi- ties		Gevoeligheidsanalyse			
		(mg/m ²)	(mg/ton)	Variatie samenstelling		Variatie in stortcondities	
				(mg/m ²)	(mg/ton)	(mg/m ²)	(mg/ton)
As	23,8	2352	164	6255	437	5478	192
Ba	184,8	18261	1277	369842	25863	42537	1487
Cd	0,31	31	2,1	68	4,8	71	2,5
Co	1,08	107	7,5	192	13	249	8,7
Cr	65,9	6512	455	18518	1295	15169	530
Cu	5,59	552	39	1035	72	1287	45
Mo	44,4	4387	307	13162	920	10220	357
Ni	11,0	1087	76	2795	195	2532	89
Pb	32,3	3192	223	6112	427	7435	260
Se	4,26	421	29	421	29	981	34
Sn	1,48	146	10	1170	82	341	12
V	11,0	1087	76	1087	76	2532	89
Zn	50,6	5000	350	10632	744	11647	407
Br	25393	195632	13681	195632	13681	455707	15934
Cl	2723661	20983521	1467379	32003644	2238017	48879260	1709065
F	467,3	46176	3229	675455	47235	107563	3761
SO ₄	184290	1419800	99287	2371710	165854	3307298	115640

Emissie naar water

Net als in hoofdstuk 7 wordt het spoelwater op het stort uitgesproeid om uiteindelijk via het percolaat in de zuivering te komen. Het effluent wordt weer in het immobilisatieproces gebruikt.

Uit informatie van VBM blijkt dat de installatie wekelijks wordt gereinigd waarbij 5 m³ effluent wordt geloosd op het stort om uiteindelijk in het percolaat te komen. Op jaarbasis komt dit overeen met circa 260 m³. De installatie heeft een verwerkingscapaciteit 57.500 ton per jaar waarvan 27.380 ton AVI-vliegas en 27.380 ton nat-RGRR. Per ton verwerkt afval wordt dus 0,0047 m³ water geloosd om uiteindelijk als percolaat in de zuivering terecht te komen. Tevens wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal, hetgeen leidt tot het afvangen van 950 g weggespoelde as per ton nat-RGRR. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

8.7 Leemten in kennis

De hoeveelheid een aard van de drainagematten die worden gebruikt bij het storten (zie procesbeschrijving) is onbekend. Dit is aangemerkt als een leemte in kennis.

9. PYROLYSE/SMELTEN

9.1 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 praktijkschaal 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.

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

A. Transport nat-RGRR

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

B. Opslag

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

C. Verkleinen en/of drogen

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. Dit is voor nat-RGRR niet aan de orde.

Afvalstromen met een aanzienlijke hoeveelheid water zullen mogelijk eerst nog worden gedroogd. In hoeverre dit aan de orde is, en in welke mate, zal per afvalstroom verschillen. Zo is drogen niet erg zinvol wanneer het afval voornamelijk capillair water of kristalwater bevat en zal een stroom als zuiveringsslib waarschijnlijk niet verder kunnen worden gedroogd dan tot een d.s. gehalte van 40%. Ook is de noodzaak tot drogen afhankelijk van de hoeveelheden die zullen worden verwerkt daar verwerking altijd gemengd met andere stromen plaatsvindt. Verder is een zekere hoeveelheid vocht nodig om koolvorming in de smelter te voorkomen.

Voor nat-RGRR wordt er vanuit gegaan dat in de voorbereiding droging plaatsvindt van 40% d.s. tot 85% d.s., ofwel het verwijderen van 530 liter water. De benodigde energie hiervoor wordt in rekening gebracht. In de berekeningen m.b.t. energie en emissies wordt verder rekening gehouden met het feit dat van de oorspronkelijke ton nat-RGRR ongeveer 470 kg in de smelter wordt gebracht bestaande uit 400 kg droge stof en 70 liter water.

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 nat-RGRR is onvoldoende informatie beschikbaar over het gehalte aan de componenten Si, Al en Ca, maar kan redelijkerwijs worden verondersteld dat deze in relatief ruime mate aanwezig zullen zijn. Voor nat-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 nat-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 nat-RGRR geen organische verontreinigingen bevat is de vorming van smeltermgas niet aan de orde smeltproces.

De meeste metalen worden gereduceerd. Zware metalen, zoals lood, kwik, zink, antimoon, arseen, seleen en cadmium vervluchtigen, en worden met het synthese gas uit de reactor afgevoerd. Kwik en antimoon worden voor bijna 100% en zink, lood, cadmium, seleen en arseen worden voor grofweg 90% in het ruwe synthese gas 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, venturiwatter 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 druppelwatter 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 watter 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 bigbags en gestort op een C2-deponie.

Q. Gebruik synthesegas

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

9.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 9.1 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 9.1; 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 voorbewerking af te scheiden ijzer, non-ferro metalen en water (dit speelt niet voor nat-RGRR)

Uit het gehalte aan zwavel van 2,93 gram per kg d.s. volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthegas/smeltergas en ontwijkt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton nat-RGRR (40% d.s.) ongeveer 1175 g 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 precipiteren³. Verder heeft het slib een d.s. gehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 betekent dit voor nat-RGRR (40% d.s.) een hoeveelheid van 48,6 kg metaalslib per ton, welke voor 17 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 nat-RGRR (40% d.s.) buiten het toe te rekenen metaalslib (17 kg/ton), de halogenen (F en Cl samen 13,31 kg/ton), het zwavel (1,175 kg/ton), het water (60%) en de emissies naar water en lucht, de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton nat-RGRR komt uitkomt op 368 kg/ton.

Tabel 9.2; Overzicht producten/reststoffen per ton nat-RGRR

Nuttig toepasbare producten	Hoeveelheid per ton nat-RGRR (kg)	Te storten (kg)
Synthetisch basalt	368	-
Metaalslib (50% d.s.)	48,6	-
Zwavel (60% d.s.)	1,96	-
Te verwerken reststoffen	Hoeveelheid per ton nat-RGRR (kg)	Te storten (kg)
Actief kool	25,037	25,037

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux moet tevens 10% aan minerale flux worden toegerekend, ofwel 36,8 kg zand (zie de procesbeschrijving in paragraaf 6.2, onder D). In die situatie komt de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton nat-RGRR uit op 405 kg/ton.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt een hoeveelheid van 101,1 kg metaalslib per ton, welke voor 35,5 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water. In dit geval komt de totale hoeveelheid basalt uit 313 kg per ton nat-RGRR. Tenslotte is in deze gevoeligheidsanalyse, in afwijking van tabel 6.2, sprake van 54,116 kg actief kool i.p.v. 25,037 kg actief kool per ton voor het afvangen van het kwik.

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%) nat-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 nat-RGRR.

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

³ Uitgegaan is van de vorming van Zn(OH)₂, Pb(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.

9.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van nat-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 9.6).

Tabel 9.3; Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

materiaal	Per ton nat-RGRR (in kg) normale situatie	Per ton nat-RGRR (in kg) gevoeligheidsanalyses	
		samenstelling	wel flux
Nat-RGRR (40% d.s.)	1000	1000	1000
Zand (flux)	0	0	36,8
Synthetisch basalt	368	313	405
Zwavel (60% d.s.)	1,96	3,27	1,96
Metaalslib (50% d.s.)	48,6	101,1	48,6
NaOH (33%)	73,1	339	73,1
Vermeden zand	368	313	405
Vermeden zink-conc.	21,85	46,46	21,85
Actief kool	25,037	54,116	25,037

Het verbruik aan diesel en smeeroil, 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 nat-RGRR.

Verwacht wordt dat er in Nederland maximaal 5 PEC-installaties zullen worden gerealiseerd. Van daar dat er voor het transport van nat-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 zandsorten in aanmerking zouden komen.

NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven in ondermeer Twente, Groningen en Bolek, 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 nat-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 aangehouden⁴. Ook voor NaOH (33%) en actief kool wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 9.4; Transport

materiaal	transport			
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm) normaal	Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "samenstelling"	Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "wel flux"
Nat-RGRR	75	75	75	75
Zand (flux)	35 (land)	0	0	1,3
	50 (water)	0	0	1,8
Synthetisch basalt	35	12,9	11	14,2
Zwavel (60% d.s.)	75	0,1	0,2	0,1
Metaalslib (50% d.s.)	150	7,3	15,2	7,3
NaOH (33%)	75	5,5	25,4	5,5
Actief kool	150	3,8	8,1	3,8
Vermeden zand	35 (land)	12,9	11	14,2
	50 (water)	18,4	15,7	20,3
Vermeden Zink-conc.	100 (rail)	2,2	4,6	2,2

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

⁴ 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.

9.5 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

voorbewerken

Uitgegaan wordt van het voordrogen van nat-RGRR van 40% d.s. tot 85% d.s. en van thermisch drogen met behulp van de beschikbare warmte uit andere delen van de installatie. Concreet betekent dit dat een ton nat-RGRR, bestaande uit 400 kg d.s. en 600 liter water wordt gesplitst in 570 liter (condens)water en 470 kg residu (400 kg d.s. en 70 liter water). Uitgaande van een trommel-droger en een bijbehorend energiegebruik van 3,35 GJ_{th} en 12 kWh_e per ton verwijderd water betekent dit voor deze afvalstroom 1,91 GJ_{th} en 6,8 kWh_e per ton nat-RGRR (40% d.s.).

hoofdproces

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 nat-RGRR worden verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. Nat-RGRR heeft echter geen energetische inhoud en levert derhalve geen bijdrage aan de vorming van synthesesgas. De verwerking van nat-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 kJ/kg*K vraagt het opwarmen van de 400 kg droge stof in een 470 kg voorgedroogd RGRR tot de temperatuur van 1450 °C ongeveer 0,58 GJ. Daarbij komt het verdampen van de bijbehorende 70 liter water (2,440 MJ/kg) en het opwarmen van waterdamp tot 1450 °C (2 kJ/kg*K), ofwel 0,37 GJ. Met de warmte voor het smelten van de asrest er bij lijkt een energie van 1,1 GJ per ton RGRR een redelijke inschatting voor lab-omstandigheden. Voor de praktijkomstandigheden van de PEC-installatie wordt, op basis van een rendement binnen de reactor van 65%, een energiebehoefte van 1,7 GJ/ton als inschatting aangehouden.

Deze energie voor het smelten van nat-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 1,7 GJ van het pyrolyseresidu van ander afval had anders via verbranden in gasmotoren ongeveer 0,43 GJ aan elektriciteit opgeleverd⁵ en door de gezamenlijke verwerking van dat andere afval met nat-RGRR wordt die nu niet aan het net geleverd. In de gevoeligheidsanalyse

⁵ 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).

wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts 0,43 GJ/ton aan nat-RGRR wordt toegerekend.⁶

Verder wordt, gelet op de onzekerheidsmarge die de hierboven afgeleide 1,7 GJ/ton met zich mee brengt, ook een situatie in beeld gebracht waarbij de energieconsumptie 20% hoger wordt ingeschat, ofwel op 2 GJ/ton.

Het energieverbruik van de voorbereiding is gelet op de aard van de afvalstoffen voor nat-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 H₂S. 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 nat-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 zink-concentraat 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 9.6) 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 16,4 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux is dit 18 kWh per ton nat-RGRR, en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt dit 13,8 kWh per ton nat-RGRR.

⁶ Het energieplaatje voor laagcalorische stromen als nat-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-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.

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.

In tabel 9.5 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van het vermeden energie wordt berekend met een proceskaart uit de databases van SimaPro.

Tabel 9.5; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

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

9.6 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 eind-fase door de smelter-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie⁷

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 nat-RGRR is (zie paragraaf 9.2) 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 nat-RGRR een hoeveelheid van 36,8 kg zand wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

⁷ Er is vanuit gegaan dat de big-bags meer dan eens wordt gebruikt (wordt niet meeoverwerkt) en deze is derhalve voor deze verwerkingsoptie niet als bedrijfsmiddel in rekening gebracht.

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van nat-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.

Ad. 1

Voor nat-RGRR (40% d.s.) betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 11120 g Chloor, 2188 g Fluor en 1175 g zwavel per ton nat-RGRR. Dit betekent iets meer dan 20 kg NaOH aan de verwerking van een ton nat-RGRR (40% d.s.) dient te worden toegerekend⁸. In de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variatie in de samenstelling gaat het om 16960 g Chloor, 32000 g Fluor en 1960 g zwavel, hetgeen leidt tot een NaOH-consumptie van ongeveer 91,4 kg NaOH per ton nat-RGRR (40% d.s.).

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor nat-RGRR 214 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 liter⁹, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 4,3 kg per ton nat-RGRR (40% d.s.). In de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variatie in de samenstelling is hoeveelheid toe te rekenen spui is voor nat-RGRR 1081 l/ton, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 21,6 kg per ton nat-RGRR (40% d.s.).

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 24,4 kg per ton nat-RGRR en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variaties in de samenstelling op 113 kg (dit wijkt af van de hoeveelheden in tabel 9.3 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 9.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 9.6. 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

⁸ Gebaseerd op 1 mol NaOH voor 1 mol Chloor, en 2 mol NaOH voor 1 mol zwavel.

⁹ 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.

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 9.6; Vermeden inzet primaire grondstoffen

vervangen primaire grondstof	vermeden inzet (kg) normaal	vermeden inzet (kg) gevoeligheidsanalyse	
		samenstelling	wel flux
Zand	368	313	405
Zn-conc. metallurgische industrie	21,85	46,46	21,85

9.7 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 nat-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 9.1. De concrete uitwerking voor nat-RGRR is aangegeven in tabel 9.7.

Tabel 9.7; 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	8,22	21,84	8,22
Cd	0,026	66,77	149,66	66,77
Cu	0,001	5,34	10,00	5,34
Hg	0,44	675,84	1460,80	675,84
Ni	0,026	0,84	2,16	0,84
Pb	0,026	1303,54	2496,00	1303,54
Sb	0,029	72,15	139,20	72,15
Se	0,026	0,00	0,00	0,00
Sn	0,029	34,80	278,40	34,80
V	0,001	0,00	0,00	0,00
Zn	0,026	3472,77	7384,00	3472,77
stof (*)	0,001	10590	24200	10960

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

Ad. 2

Hoewel nat-RGRR zelf weinig aanleiding geeft tot vorming van gasproductie gaan zwavel en halogenen uit het nat-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 9.1. De concrete uitwerking voor nat-RGRR is aangegeven in tabel 9.8.

Tabel 9.8; 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	823	1372	823
HCl	0,003	343	523	323
HF	0,025	576	8421	576

Ad. 3

nat-RGRR zelf levert vanwege het inerte karakter geen bijdrage aan de productie van synthesegas, 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 9.5).

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.

Ad. A

Waterstroom a) wordt primair gebruikt als injectiewater bij de vergasser. Hiermee vindt interne verwerking plaats zonder dat sprake van emissies naar water, zodat in de LCA geen rekening behoeft te worden gehouden met emissies naar water als gevolg van deze waterstroom.

Ad. B en C

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 9.3) 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 214 liter spui per ton nat-RGRR. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op variatie in de samenstelling is dit 1081 liter spui per ton nat-RGRR.

Ten aanzien van de emissies naar water is de omvang van 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 nat-RGRR leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 262 l/ton in de normale situatie en van 1368 l/ton in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op variatie in de samenstelling.

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 9.1 geeft dit voor nat-RGRR de volgende ingrepen naar water.

Tabel 9.9; emissies naar water

comp.	rendement 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	3,16	0,63	8,4	1,68
Cd	72	5,14	1,44	11,5	3,22
Pb	91	1,55*E-4	1,4*E-5	2,98*E-4	2,68*E-5
Zn	75	9,8*E-3	2,5*E-3	2,1*E-2	0,52*E-2
Cl	0	111196661	111196661	16959491	16959491
F	0	2187053	2187053	31992000	31992000

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 9.9, 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 nat-RGRR wordt hierbij dus 214 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toege-rekend. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op variatie in de samenstelling be-treft dit 1142 l/ton. Gelet op het feit dat nat-RGRR niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor nat-RGRR verder buiten beschou-wing 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 smelterlijn 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 funderingslagen 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 resultaten 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 bouwstoffenbesluit, 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 nat-RGRR is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 9.10 (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 9.1 en het resultaat staat in de derde kolom van tabel 9.10), en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en die aan nat-RGRR zou zijn toe te rekenen. Benadrukt wordt dat dit een worst-case inschatting is die in praktijk naar verwachting ook bij tegenvallende immobilisatie-resultaten nog een overschatting van het potentiële milieueffect zal zijn.

Tabel 9.10; Uitloogcijfers nat-RGRR i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

	beschikbaarheid (%)	Bijdrage van nat-RGRR aan de slak (mg/ton nat-RGRR)	Uitloging uit basalt t.g.v. nat-RGRR (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") in mg per ton nat-RGRR
As	8	3160	252,8
Ba	10	31600	3160
Co	6	4000	240
Cr	1	79200	792
Cu	8	533995	42720
Mo	6	4400	264
Ni	5	13999	699,958
Pb	14	501360	70190
Sb	18	0	0
V	4	0	0
Zn	12	1335680	160282

9.8 Leemten in kennis

Het hierboven beschreven smeltproces 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 nat-RGRR met andere afstoffen verlopen en hoe uit dit zich in het uitlooggedrag (ofwel de toepasbaarheid van basalt).

10. VERSATZBAU

10.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer nat-RGRR

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

B. Opslag nat-RGRR

Het nat-RGRR wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengen

Het nat-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 nat-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.

10.2 Massabalans en ruimtebeslag

Met de aangeboden afvalstoffen maakt GSES vulmiddelen voor in de zoutmijn. Het aandeel nat-RGRR hierin varieert van 17-28%. Hierbij is onbekend welke rol het vochtgehalte van nat-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 nat-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 m²/jr. 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 oppervalk geen enkel verschil maakt.

In (RWS, 1998) is geconstateerd dat met de inzet van AVI-vlieg gas geen inzet van primaire bouwstoffen wordt vermeden. Op het moment dat hier geen AVI-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).

10.3 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 10.1 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 nat-RGRR.

Omdat sprake is van een proces waar naast nat-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 SimaPro-database. Opgemerkt wordt dat vanwege de grote transportafstand het transport van nat-RGRR in grotere volumina zal plaatsvinden dan bij de voorgaande alternatieven namelijk 30 ton per vracht.

Tabel 10.1: Transport

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

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

10.4 Energie

Uit informatie van GSES blijkt dat het energieverbruik 24 kWh per ton materiaal bedraagt. Per ton nat-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% nat-RGRR, bedraagt het energieverbruik per ton nat-RGRR eveneens 24 kWh.

Ook hier geldt dat het energieverbruik bij een groter aandeel nat-RGRR per ton nat-RGRR gelijk blijft.

10.5 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.

10.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de nuttige toepassing nat-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 nat-RGRR dat uit de menger gespoeld wordt zal net als de slurry de zoutmijn ingepompt worden.

De emissies bij de berging van nat-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 zal echter wel rekening worden gehouden met een zekere uitloging om een indruk te krijgen van het effect wanneer de natuurlijke isolatie van de zoutmijnen onverhoopt toch niet in stand zou blijven. Daar het mengproces tot een zekere vorm van immobilisatie leidt zal worden aangesloten bij de bevindingen in hoofdstuk 8 waar sprake is van immobilisatie van meerdere afvalstoffen. Daarnaast geldt in de mijn dat na uitharding geen sprake is van contact met water. Derhalve wordt als uitloging uitgegaan van de gemiddelde uitloging zoals deze in tabel 8.3 is opgenomen en is bepaald bij de VBM om een indicatie te krijgen van het effect van de aanname dat er geen sprake is van uitloging.

Het is natuurlijk de vraag of het immobiliserende effect van de gemengde berging in zoutmijnen net zo goed is als dat van de verwerkingsoptie uit hoofdstuk 8. Deze gevoeligheidsanalyse is dan ook alleen een indicatie van de mate waarin eventuele uitloging de uitkomst van de LCA-vergelijking zou kunnen beïnvloeden.

Een en ander is uitgewerkt in tabel 10.2.

Tabel 10.2; Worst-case uitloging Versatzbau t.b.v. gevoeligheidsanalyse 'toch uitloging'

Component	Uitloging i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse 'toch emissies naar de bodem' (mg/ton nat-RGRR)
As	164
Ba	1277
Cd	2,1
Co	7,5
Cr	455
Cu	39
Mo	307
Ni	76
Pb	223
Se	29
Sn	10
V	76
Zn	350
Br	13681
Cl	1467379
F	3229
SO ₄	99287

10.7 Leemten in kennis

Emissie ten gevolge van uitloging wordt vanwege isolatie niet verwacht. In de gevoeligheidsanalyse wordt hier toch aandacht aan besteed.

BIJLAGE 1

INGREEPTABELLEN

Verwerkingstechniek: Storten in big bags				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyse (a, b)	
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)		9	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	big bag zand (water) zand (weg)	50 (10) 23 (-) 16 (20)	als normaal
3.	Energiegebruik	storten immob. storten zand	60 MJ 27 MJ	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	big bag PE-hoes zand	2 kg 0,8 kg 450 kg	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Se Sn V Zn Br Cl F SO ₄	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	172 1339 2,3 7,8 477 41 322 80 234 31 11 80 367 14343 1538381 3385 104091
7.	Emissie water (mg, tenzij)		-	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	big bag	1000 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		-	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 "toch uitlozing".

Verwerkingstechniek: Gemengde residuen storten in big bags						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		10,3	als normaal	7,5	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	immobilisaat zand (water) zand (weg)	72 (10) 23 (-) 19 (20)	als normaal	50 19 13	als normaal
3.	Energiegebruik	menger storten immob. storten zand	3,6 kWh 86 MJ 32 MJ	als normaal	2,5 60 23	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	big bag PE-hoes zand	2,4 kg 0,95 kg 540 kg	als normaal	1,7 0,67 380	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Se Sn V Zn Br Cl F SO ₄	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	als normaal	172 1339 2,3 7,8 477 41 322 80 234 31 11 80 367 14343 1538381 3385 104091
7.	Emissie water (mg, tenzij) (e)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Sr Zn Cl F SO ₄	1,6 1,6 12,8 0,2 4,0 26,7 7,7 0,22 0,7 251 12,4 6 1,9 668 556 109 176	4,2 32 28,8 0,36 11,3 50 16,6 0,66 1,8 480 24 48 5,9 1420 848 1600 294	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	big bag reststroom slib	1432 kg 0,95 kg	als normaal	1000 0,95	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Gemengde residuen storten in big bags						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
15.	Overig	zuiveren water (f)	0,019 m ³	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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere mengverhouding"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (e) In zwaartepuntsanalyse expliciet even kijken of het totaal aan water-emissies relevant is
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Koude immobilisatie en storten					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie storten	0,01 7,3	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	nat-RGRR cement	100 (10) 30 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	immobilisatie storten	4 kWh 66 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	cement	0,1 ton	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Se Sn V Zn Br Cl F SO ₄	172 1339 2,3 7,8 477 41 322 80 234 31 11 80 367 14343 1538381 3385 104091	459 27115 5,0 14 1358 76 965 205 448 31 86 80 780 14343 2346308 49520 173879	201 1559 2,6 9,1 556 47 375 93 273 36 12 93 427 16705 1791762 3943 121235
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	immobilisat reststroom slib	1100 kg 0,95 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
15.	Overig	zuiveren water (d)	0,005 m ³	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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "variatie stortcondities"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Koude immobilisatie met vlieg-as en storten					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)	
				1 (b)	2 (c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie storten	0,01 13	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	nat-RGRR cement	100 (10) 15 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	menger storten	3,8 kWh 63 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	cement	0,05 ton	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Mo Ni Pb Se Sn V Zn Br Cl F SO ₄	164 1277 2,1 7,5 455 39 307 76 223 29 10 76 350 13681 1467379 3229 99287	437 25863 4,8 13 1295 72 920 195 427 29 82 76 744 13681 2238017 47235 165854	192 1487 2,5 8,7 530 45 357 89 260 34 12 89 407 15934 1709065 3761 115640
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	immobilisaat reststroom slib	1050 kg 0,95 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
15.	Overig	zuiveren water (d)	0,0047 m ³	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 "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "variatie stortcondities"
- (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)	nat-RGRR zand (as) zand (water) basalt zwavel metaalslib NaOH (33%) Act. kool	75 (20) 0 (20) 0 (-) 12,9 (20) 0,1 (10) 7,3 (10) 5,5 (10) 3,8 (10)	75 1,3 1,8 14,2 0,1 7,3 5,5 3,8	75 0 0 11 0,2 15,2 25,4 8,1	als normaal	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	voordrogen smelter breken slak	1,91 GJ 6,8 kWh 1,7 GJ 16,4 kWh	1,91 6,8 1,7 18	1,91 6,8 1,7 13,8	1,91 6,8 0,43 16,4	1,91 6,8 2 16,4	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (flux) NaOH (puur)	0 kg 24,4 kg	36,4 24,4	0 113	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	8,22 66,77 5,34 675,84 0,84 1303,54 72,15 0,00 34,80 0,00 3472,77 10590 823 343 576	8,22 66,77 5,34 675,84 0,84 1303,54 72,15 0,00 34,80 0,00 3472,77 10960 823 323 576	21,84 149,66 10,00 1460,80 2,16 2496,00 139,20 0,00 278,40 0,00 7384,00 24200 1372 523 8421	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	252,8 3160 240 792 42720 264 700 70190 0 0 160282
7.	Emissie water	As Cd Pb Zn Cl F	0,63 1,44 1,4*E-5 2,5*E-3 111196661 2187053	als normaal	1,68 3,22 2,68*E-5 0,52*E-2 16959491 31992000	als normaal	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	act. kool	25037 g	als normaal	54116	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)	zand (as) zand (water) zinkconc (rail)	12,9 (20) 18,4 (-) 2,2 (-)	14,2 20,3 2,2	11 15,7 4,6	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
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 bedrijfsmiddelen	zand zink-conc.	368 kg 21,85 kg	405 21,85	313 46,5	als normaal	als normaal	als normaal
15.	Overig	afvalwater (g)	262 liter	als normaal	1368	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)	
				1 (b)	2 (c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,05	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	RGR	1200 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie	24 kWh	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As	0	164	als normaal
		Ba	0	1277	
		Cd	0	2,1	
		Co	0	7,5	
		Cr	0	455	
		Cu	0	39	
		Mo	0	307	
		Ni	0	76	
		Pb	0	223	
		Se	0	29	
		Sn	0	10	
		V	0	76	
		Zn	0	350	
		Br	0	13681	
		Cl	0	1467379	
		F	0	3229	
		SO ₄	0	99287	
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest		1000 kg	als normaal	0
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal	als normaal
15.	Overig		-	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 20% verhoogd c.q. verlaagd.

(b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissies naar de bodem"

(c) 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

RIVM, 1999

RIVM-rapport "Milieuhygiënisch kwaliteit en beoordeling van geïmmobiliseerde afvalstoffen (vormgegeven) in relatie tot storten", augustus 1999.

RWS, 1998

LCA – vliegass, RWS, 1998

(LCA-vliegassstudie Rijkswaterstaat, 1998)

VBM, 2000

Uitlooggegevens verstrekt door VBM in 2000

Zuiveringschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"