

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A17
Uitwerking “ONO-slib”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	3
2. SAMENSTELLING ONO-FILTERKOEK	4
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	6
4. PROCESBERSCHRIJVINGEN EN SYSTEEMGRENZEN	8
5. ALTERNATIEF STORTEN ALS C2-AFVAL	10
5.1 Inleiding	10
5.2 Procesbeschrijving	10
5.3 Massabalans en ruimtebeslag	10
5.4 Transport	10
5.5 Energie 11	
5.6 Bedrijfsmiddelen	11
5.7 Emissies	11
6. PYROLYSE/SMELTEN	13
6.1 Inleiding	13
6.2 Procesbeschrijving	13
6.3 Massabalans en ruimtebeslag	16
6.4 Transport	18
6.5 Energie 20	
6.6 Bedrijfsmiddelen	23
6.7 Emissies	27
7. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN	31
7.1 Inleiding	31
7.2 Procesbeschrijving	31
7.3 Massabalans en ruimtebeslag	32
7.4 Transport	32
7.5 Energie 33	
7.6 Bedrijfsmiddelen	33
7.7 Emissies	35
8. Leemten in kennis	38
8.1 algemeen	38
8.2 storten als C2	38
8.3 pyrolyse/smelten	38
8.4 koude immobilisatie	38

BIJLAGEN

1. Ingreeptabellen
2. Literatuur

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 "**Zuren en basen (niet-ijzerhoudend)**". Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. SAMENSTELLING ONO-FILTERKOEK

In het algemeen zijn basische en zure oplossingen verontreinigd met metalen. De samenstelling van de verontreinigingen is echter zeer divers en kan per aangeboden partij sterk verschillen. Informatie over de gemiddelde samenstelling van zuren en basen is bij de verwerkers niet verkregen. Het TNO-rapport Emissieprofielen (TNO, 2000), noch de firma Leto, die een ONO-installatie in Almelo bedrijft (ONO staat voor Ontgiften, Neutraliseren, Ontwateren), hebben uitsluitend gegeven omtrent de (gemiddelde) samenstelling van zuren en basen.

In de LCA-berekeningen in dit MER wordt uitgegaan van de gemiddelde samenstelling van ONO-filterkoecken. Ook deze samenstelling is zeer divers en afhankelijk van de verwerkte stroom zuren en basen. Bij Leto is eenmaal een analyse op een aantal filterkoecken uitgevoerd waarmee een gemiddelde samenstelling is berekend. Het effect van een afwijkende samenstelling kan worden nagegaan door middel van gevoeligheidsanalyses als bekend is wat die afwijking is. Zowel Leto als Vecom geven echter aan hierover geen gegevens beschikbaar te hebben. Door Leto werd wel een aantal uitlooggegevens beschikbaar gesteld. Hiermee is echter geen samenstellingsrange aan te geven. Daarom wordt deze LCA uitgevoerd voor 1 ton filterkoek met de samenstelling zoals gegeven in tabel 2.1. De variatie in de samenstelling op het gebied van de metalen is derhalve een leemte in kennis.

Daarnaast zijn geen samenstellingsgegevens beschikbaar voor zwavel. Er vanuit gaande dat een deel van de baden echter een basis van zwavelzuur heeft en tevens dat chemicaliën als zwavelzuur en natriumsulfide in het ONO-proces regelmatig worden ingezet wordt het niet reëel geacht om geen zwavel in rekening te brengen. Op basis van een d.s. gehalte van 40% en uitgaande van sulfaten zou het zwavelgehalte theoretisch maximaal rond de 100 kg per ton kunnen liggen (er vanuit gaande dat de ONO-koek vrijwel volledig uit metaalsulfaten zou bestaan). De praktijk zal vanzelfsprekend ruim onder dit maximum blijven en in het kader van dit MER wordt gerekend met een gehalte van 20 kg en in de gevoeligheidsanalyse met 50 kg per ton ONO-koek. Benadrukt wordt nogmaals dat het exacte zwavelgehalte een leemte in kennis is.

De samenstelling die wordt gehanteerd in MER-LAP is gegeven in tabel 2.1 en is afkomstig van (Leto, 2000), met uitzondering van zwavel (zie hiervoor).

Tabel 2.1; Gemiddelde samenstelling filterkoek ONO-installatie

	Normaal	Gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
d.s.-gehalte	40%	40%
Component	mg/kg slib	mg/kg slib
As	22	22
Ba	-	-
Cd	5,2	5,2
Co	25,2	25,2
Cr	3358	3358
Cu	3893,2	3893,2
Hg	10,4	10,4
Mo	85,2	85,2
Ni	988	988
Pb	176	176
Sb	86,8	86,8
Se	0	0
Sn	375,6	375,6
V	11,6	11,6
W	133,2	133,2
Zn	62276,8	62276,8
Br	-	-
Cl	4982	4982
CN-tot	-	-
CN-vrij	-	-
F	-	-
S	20000	50000
Mn	289,6	289,6

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

In 1998 zijn volgens (VROM, 2000) ruim 76 kton gevaarlijke zuren, basen (en zwavelhoudende afvalstoffen) hergebruikt, waarvan circa 60 kton in het buitenland. Het hergebruik betreft vooral het inzetten van beitsbaden als grondstof voor ijzerchloride, bariumchloride, zinkchloride en koperzouten.

Slechts bepaalde soorten zuren en basen (veelal afvalwaters met zware metalen en laboratoriumafval) worden in zeer geringe hoeveelheden (circa 1% van het totale aanbod) verbrand. Voornamelijk niet voor hergebruik of verbranding geschikte anorganische zouten, die zich in ONO-filterkoek bevinden, worden gestort op de C2-deponie bij de AVR op de Maasvlakte in Rotterdam. De hoeveelheden ONO-filterkoek die in de C2-deponie van AVR worden gestort, nemen de laatste jaren af; van ongeveer 30% in 1995 naar nog geen 10% in 2000 t.o.v. de totale hoeveelheid in de C2-deponie gestort afval. De verwachting is dat in de toekomst de C2-deponie van AVR voor het storten van ONO-filterkoek alleen nog maar als vangnet zal fungeren, aangezien nagenoeg alle ONO-filterkoeken geïmmobiliseerd kunnen worden (zie hierna).

Onduidelijk is wat er gebeurt met de als niet-gevaarlijk aangemerkte zuren en basen. Veel metaalbewerkende bedrijven beschikken over kleine, goedkope ONO-installaties. Bekend is dat bepaalde componenten, waaronder met name ferrochloriden, worden toegepast als stankbestrijdingsmiddelen in de leerlooï-industrie of in afvalwaterzuiveringsinstallaties. Onduidelijk is evenwel om welke hoeveelheden het gaat. Aangenomen wordt verder dat zwakke zuren of basen ook worden meegespoeld in het bedrijfsriool.

Praktijk nu: ONO + storten als C2-afval

Momenteel ondergaat jaarlijks circa 15.000 ton gevaarlijke zuren en basen een fysisch-chemische behandeling in ONO (ontgiften, neutraliseren, ontwateren)-installaties. De gevormde filterkoek wordt als steekvast materiaal gestort in de speciale deponie voor C2-afval op de Maasvlakte.

Alternatieven

ONO-filterkoek wordt, na een 'koude' immobilisatiestap, ook gestort op een apart compartiment van een C3-stortplaats. Dat gebeurt bij Bedrijfsafvalstort Maasvlakte BV (VBM) te Rotterdam-Maasvlakte.

Vanwege de vele ontdoeners en de aanzienlijke variatie in samenstelling van de aangeboden ONO-filterkoek, komt een meer hoogwaardige verwerking in Nederland moeilijk van de grond. Recent zijn echter door North Refinery plannen ontwikkeld voor een uitbreiding van haar afvalverwerkingsinrichting met een zogenaamde PEC-lijn (Product en Energie Centrale), werkend op basis van het Gibros-PEC verwerkingsconcept (pyrolyse, vergassen, smelten), zodat ONO-filterkoek in de toekomst wellicht in Nederland kan worden verwerkt in een pyrometallurgische smelter.

In de plannen van North Refinery is sprake van een gefaseerde realisatie van de PEC-installatie. In fase 1 zal één smelter met een capaciteit van circa 30.000 ton afval/jaar aanwezig zijn. In de eindfase zullen 4 smelters aanwezig zijn.

Gelet op het voorgaande worden drie verwerkingsalternatieven voor niet-ijzerhoudende zuren en basen d.m.v. 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

VERWERKINGSALTERNATIEVEN	REFERENTIE-INSTALLATIES
--------------------------	-------------------------

Storten filterkoek als C2-afval	C2-stortplaats AVR in Rotterdam-Maasvlakte
Pyrolyse/smelten van de filterkoek	PEC-installatie North Refinery in Delfzijl
Immobiliseren filterkoek en storten	C3-stortplaats VBM in Rotterdam-Maasvlakte

4. PROCESBERSCHRIJVINGEN EN SYSTEEMGRENZEN

In het totale afvalbeheerstraject voor ONO-slib 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. Bij de procesbeschrijvingen wordt dan ook steeds stapsgewijs weergegeven welke processen wel en niet in de LCA-berekeningen worden opgenomen.

Bij de verwerkingsprocessen ontstaan diverse producten en reststoffen, waarvan enkele nuttig kunnen worden toegepast. Er is dus 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-installatie 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). Hierbij wordt uitgegaan van 'aantal locaties' hetgeen betekent: aantal verwerker, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, afzet kanalen reststromen, etc. Per geval worden, wanneer daar aanleiding voor is, specifieke uitzonderingen van deze tabel expliciet gemotiveerd.

Tabel 4.1; Gestandaardiseerde transportafstanden

Aantal locaties	Gemiddelde transportafstand (heen en terug)
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 verwerkingsopties 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; zuiveringsrendementen 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%
Mn	75%
Mo	75%
Ni	46%
Pb	91%
Sb	75%
Se	75%
Sn	75%
V	75%
W	75%
Zn	75%

5. ALTERNATIEF STORTEN ALS C2-AFVAL

5.1 Inleiding

Het eerste te beschouwen verwerkingsalternatief voor ONO-filterkoek betreft het storten in een C2-deponie op de Maasvlakte in Rotterdam. De ONO-filterkoek wordt tezamen met andere afvalstoffen gemengd gestort. De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer 320 Euro per ton.

5.2 Procesbeschrijving

A. Transport ONO-filterkoek

De filterkoek wordt per as (los gestort in 30m³-containers, afgedekt met een zeil) vervoerd naar de C2-deponie van AVR op de Maasvlakte te Rotterdam.

B. Storten filterkoek

Voorafgaand aan de acceptatie van de diverse C2-afvalstoffen wordt een representatief monster geanalyseerd. Na analyse wordt beoordeeld of en onder welke eventuele extra veiligheidsvoorzieningen het afval kan worden gestort. De filterkoek wordt vervolgens door middel van kranen geplaatst in de C2-deponie.

5.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 5.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden en soorten producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van één ton filterkoek. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen er gestort moeten worden.

Tabel 5.1; Overzicht producten/reststoffen per ton verwerkte filterkoek

NUTTIG TOEPASBARE PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON FILTERKOEK [IN KG]	TE STORTEN
n.v.t.	--	--
TE VERWERKEN RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON FILTERKOEK [IN KG]	TE STORTEN
Filterkoek	1 ton	1 ton

Ruimtebeslag

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m² stortoppervlak kan dus 15 m³ afval worden gestort. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt ongeveer 1 ton/m³. Dus per m² stortruimte wordt 15 ton filterkoek verwerkt. Dit betekent dat voor de berging van 1 ton 0,067 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 6,7 m²*jr aan fysiek ruimtebeslag.

5.4 Transport

De filterkoek wordt per as (los gestort in 30 m³-containers, afgedekt met een zeil) vervoerd naar de C2-deponie van AVR op de Maasvlakte te Rotterdam. In tabel 5.2 zijn naast de transportafstanden ook de tonkilometers (tkm) per vracht weergegeven uitgaande van 1 ton filterkoek. Uitgegaan is van aanvoer vanaf een willekeurige plek in Nederland naar 1 verwerkingsinrichting, en dus van de situatie dat er slechts één C2-deponie is en zal blijven de komende jaren. Met een dichtheid van ongeveer 1 ton/m³ wordt uitgegaan van ongeveer 30 ton/vracht.

Tabel 5.2; Transportafstanden

MATERIAAL	TRANSPORTAFSTAND	
	afstand	tkm
Filterkoek	150	150

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

5.5 Energie

Het energieverbruik (diesel) van het materieel dat wordt ingezet bij het storten van de filterkoek in de C2-deponie van AVR wordt geraamd op 60 MJ per ton filterkoek.

5.6 Bedrijfsmiddelen

Bij het storten van de filterkoek is geen sprake van verbruik van bedrijfsmiddelen, zoals chemicaliën, water, etc.

5.7 Emissies

De filterkoek wordt gestort in de C2-deponie van AVR. Gelet op de milieubescherpende maatregelen die daar zijn getroffen, zullen geen emissies naar de bodem plaatsvinden.

Emissies naar lucht vinden niet plaats. Directe emissie naar oppervlaktewater vindt ook niet plaats. Wel ontstaat een zeer geringe hoeveelheid percolaat, dat wordt afgevangen en gezuiverd in een externe zuivering (VBM, 2000).

De exacte omvang en samenstelling van het percolaat dat is toe te rekenen aan de ONO-koek is niet bekend. Omdat de filterkoek als steekvast materiaal wordt aangevoerd zal weinig vocht spontaan zal ontwijken. Daar staat echter wel tegenover dat berging in de deponie leidt tot druk van daarboven gestapelde afvalstoffen en dat een beperkte hoeveelheid uitgeperst percolaat niet geheel is uit te sluiten. In dat kader is echter relevant dat de ONO-bewerking is gericht op het neerslaan van de betreffende metalen als zouten en er dus veelal gekozen wordt voor slecht oplosbare zouten en er dus sprake is van lage metaalconcentraties in het percolaat. Ter illustratie wordt opgemerkt dat dit neerslaan vaak gebeurt in de vorm van sulfides, die voor vrijwel alle metalen extreem slecht oplosbaar zijn. Op basis van de oplosbaarheidsproducten van een aantal sulfides is bezien hoeveel metaal er daardoor via 100 liter percolaat zou kunnen ontwijken. Dit leidt tot waarden in de orde van nanogrammen (per 100 liter!) voor metalen als Zn, Sn en Pb en zelfs picogrammen voor bijvoorbeeld Cd. In het kader van dit MER wordt er vanuit gegaan dat er geen relevante hoeveelheid percolaat ontwijkt, of in ieder geval dat de emissie naar water die daarvan een gevolg zou kunnen zijn nihil is.

6. PYROLYSE/SMELTEN

6.1 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.

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

A. Transport ONO-filterkoek

ONO-filterkoek wordt per vrachtwagen aangevoerd naar de verwerkingsinrichting (circa 30 ton/vracht).

B. Opslag

De aangevoerde ONO-filterkoek 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 ONO-filterkoek 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 ONO-filterkoek 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 ONO-filterkoek 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 ONO-filterkoek is onvoldoende informatie beschikbaar over het gehalte aan de componenten Si, Al en Ca, maar kan redelijkerwijs worden verondersteld dat deze in beperkte mate aanwezig zullen zijn. Voor ONO-filterkoek is het in rekening brengen van een dergelijke flux derhalve aan de orde. De toerekening van flux gebaseerd op het verwachte gemiddelde fluxgebruik van de totale installatie (ongeveer 10% van de asrest) en wordt voor ONO-filterkoek 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 CO/H₂O, CO₂/H₂ en eventuele verontreinigingen. Daar ONO-filterkoek 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 voorbereidingsproces 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 viskeuze minerale smelt, die bij afkoelen een kristallijne structuur aanneemt. De gevormde smelt wordt afgetapt, stolt en wordt als een basaltachtige bouwstof afgevoerd.

H. Nuttige toepassing slak

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

I. Wassen gas

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

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

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

J. Transport metaalslib

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

K. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie.

L. Ontzwavelen gas

Beide gasstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens gecombineerd en aan een vierde wasser 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. Actief koolfilter

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

P. Verwerking beladen actiefkool

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

Q. Gebruik synthesegas

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

6.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 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 6.1; Overzicht producten/reststoffen

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

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

Uit het gehalte aan zwavel van 20 gram per kg ONO-filterkoek (40% 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 ONO-filterkoek (40% d.s.) ongeveer 33,32 kg elementair zwavel (60% d.s.) 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 basaltachtige smeltlakken 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%), Hg (100%), Pb (90%), Sb (100%), Se (90%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Cd slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As, Sb en Se als oxides precipiteren¹. Verder heeft het slib een d.s. gehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 betekent dit voor ONO-filterkoek (40% d.s.) een hoeveelheid van 171 kg metaalslib per ton, welke voor 56,3 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 ONO-filterkoek (40% d.s.) buiten het toe te rekenen metaalslib (171 kg/ton), de halogenen (Cl; 4,98 kg/ton), het zwavel (19,99 kg/ton), het water (60%) en de emissies naar water en lucht, de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid

¹ Uitgegaan is van de vorming van Zn(OH)₂, Pb(OH)₂, Hg(OH)₂, Cd(OH)₂, As₂O₃, Sb₂O₃ en SeO₂. De oxides worden reeds gevormd tijdens de vergassing en de hydroxides worden grotendeels gevormd bij de gasreiniging door uitwisseling van de aanvankelijk gevormde metaalhalogenides.

basalt die ontstaat uit een ton ONO-filterkoek komt uitkomt op 318,9 kg/ton. Samen met 10% flux (31,9 kg) leidt dit tot 350,5 kg basalt (hierbij is rekening gehouden met een kleine emissie van flux naar de lucht als stof).

Tabel 6.2; Overzicht producten/reststoffen per ton ONO-filterkoek

Nuttig toepasbare producten	Hoeveelheid per ton ONO-filterkoek (kg)	Te storten (kg)
Synthetisch basalt	350,5	-
Metaalslib (50% d.s.)	171	-
Zwavel (60% d.s.)	33,3	-
Te verwerken reststoffen	Hoeveelheid per ton ONO-filterkoek (kg)	Te storten (kg)
Actief kool	1,7	1,7

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt dit ook 171 kg metaalslib per ton. In dit geval komt de totale hoeveelheid basalt uit 317,5 kg per ton ONO-filterkoek, waarbij sprake is van een flux van 28,9 kg Tenslotte is in deze gevoeligheidsanalyse, in afwijking van tabel 6.2, sprake van 83,3 kg zwavelkoek (60% d.s.).

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%) ONO-filterkoek. Dat betekent over een periode van 100 jaar:

- 30.000 m² x 100 jr = 3 mln m²*jr;
- 0,02 x 3 mln m²*jr = 60.000 m²*jr;
- 5.000 ton/jr x 100 jr = 500.000 ton;
- 60.000 m²*jr : 500.000 ton = 0,12 m²*jr per ton filterkoek.

Het fysiek ruimtebeslag van de toekomstige PEC-lijn van North Refinery met een totale verwerkingscapaciteit van 247.000 ton per jaar bedraagt over een periode van 100 jaar 0,12 m²*jaar per ton verwerkte ONO-filterkoek.

6.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van ONO-filterkoek 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 6.5).

Tabel 6.3; Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

MATERIAAL	PER TON ONO-FILTERKOEK (IN KG), NORMALE SITUATIE	PER TON ONO-FILTERKOEK (IN KG), GEVOELIGHEIDSANALYSE "ANDERE SAMENSTELLING"
ONO-filterkoek (40% d.s.)	1000	1000
Zand (flux)	31,9	28,9
Synthetisch basalt	350,5	317,5
Zwavel (60% d.s.)	33,3	83,3
Metaalslib (50% d.s.)	171	171
NaOH (aq, 33%)	171	395,9
Vermeden zand	350,5	317,5
Vermeden zink-conc.	101,9	101,9
Actief kool	1,7	1,7

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 4.1 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton ONO-filterkoek.

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

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

NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven in ondermeer Twente, Groningen en Botlek, hetgeen relatief dicht bij de locaties waar op dit moment een PEC-installatie is voorzien is gelegen. Het is echter niet zondermeer zeker dat PEC-installaties altijd op een dergelijke korte afstand van de NaOH-producten zal zijn gelegen. Voor de aanvoer van NaOH (aq, 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 SimaPro 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 ONO-filterkoek, 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 aangehouden². Ook voor NaOH (aq, 33%) en actief kool wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 6.4; Transport

MATERIAAL	TRANSPORT		
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm) normaal	Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanalyse "samenstelling"
ONO-filterkoek	75	75	75
Zand (flux)	35 (land)	1,1	1,0
	50 (water)	1,6	1,4
Synthetisch basalt	35	12,3	11,1
Zwavel (60% d.s.)	75	2,5	6,2
Metaalslib (50% d.s.)	150	25,6	25,6
NaOH (aq, 33%)	75	12,8	27,9
Actief kool	150	0,25	0,25
Vermeden zand	35 (land)	12,3	11,1
	50 (water)	17,5	15,9
Vermeden Zink-conc.	100 (rail)	10,2	10,2

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

6.5 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 smelterlijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Energieverbruik en energieproductie PEC-installatie *voorbewerken*

Uitgegaan wordt van het voordrogen van ONO-filterkoek van 40% d.s. tot 85% d.s. en van

² 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.

thermisch drogen met behulp van de beschikbare warmte uit andere delen van de installatie. Concreet betekent dit dat een ton ONO-filterkoek, 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 trommeldroger 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 ONO-filterkoek (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 ONO-filterkoek worden verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. ONO-filterkoek heeft echter geen energetische inhoud en levert derhalve geen bijdrage aan de vorming van synthegas. De verwerking van ONO-filterkoek 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 470 kg voorgedroogde ONO-filterkoek plus 31,9 kilo zand (flux) tot de temperatuur van 1450°C ongeveer 0,62 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 ONO-filterkoek een redelijke inschatting voor labcondities. Voor de praktijkcondities van de PEC-installatie wordt, op basis van een rendement binnen de reactor van 65%, een energiebehoefte van 1,7 GJ/ton als inschatting aangehouden.

Deze energie voor het smelten van ONO-filterkoek 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 een elektriciteit opgeleverd³ en door de gezamenlijke verwerking van dat andere afval met ONO-filterkoek wordt die nu niet aan het net geleverd. In de gevoeligheidsanalyse wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts 0,43 GJ/ton aan ONO-filterkoek wordt toegerekend.⁴

³ 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 nettorendement voor de PEC-installatie op ongeveer 25% ligt (ofwel 25% van de warmte-inhoud van een afvalstof zou uiteindelijk afgezet kunnen worden als elektriciteit).

⁴ Het energieplaatje voor laagcalorische stromen als ONO-filterkoek 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

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 ONO-filterkoek 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 ONO-filterkoek toegerekend.

Metaalslib uit de gasreiniging bevat met name de meer vluchtige metalen, zoals zink en lood. Het metaalslib kan als grondstof in de metallurgische industrie worden afgezet. Er is hierbij sprake van een vervanging van een zinkconcentraat dat normaal op de locatie van winning van zinkerts wordt geproduceerd en als grondstof wordt ingezet in de zinkproductie. Daar de zinkgehalten in dit zinkconcentraat en in het metaalslib in een zelfde orde van grootte liggen (zie ook onder paragraaf 6.5) 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 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op een andere samenstelling is dit 14 kWh per ton ONO-filterkoek.

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

stromen wordt in het kader van de gevoeligheidsanalyse op een zelfde wijze een variant in rekening gebracht waarbij de energieopbrengst 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 syngas wordt omgezet in afzetbare elektriciteit.

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

Tabel 6.5; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

GEPRODUCEERDE SECUNDAIRE GRONDSTOF	VERVANGEN PRIMAIRE GRONDSTOF
Slak (basaltachtig materiaal)	Zand
Metaalslib (50% d.s.)	Zink-concentraat voor de metallurgische industrie

6.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

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

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

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie

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 ONO-filterkoek is (zie paragraaf 6.2) er vanuit gegaan dat er inderdaad flux moet worden toegerekend en is de genoemde 10% als indicatie gehanteerd. Er wordt vanuit gegaan dat zand wordt gebruikt als minerale flux, zodat aan de verwerking van een ton ONO-filterkoek een hoeveelheid van 31,9 kg zand wordt toegerekend. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" betreft het 28,9 kg per ton ONO-filterkoek.

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van ONO-filterkoek 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
2. zwavel in de afvalstof, en de hoeveelheid die nodig is om de aan de afvalstroom toe te rekenen spui op pH=11 te brengen.

Ad. 1

Voor ONO-filterkoek (40% d.s.) betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 4982 g Chloor, en 20000 g zwavel per ton ONO-filterkoek. Dit betekent dat dan 55,6 kg NaOH aan de verwerking van een ton ONO-filterkoek (40% d.s.) dient te worden toegerekend⁵. In de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variatie in de samenstelling gaat het om 4982 g Chloor en 50000 g zwavel, hetgeen leidt tot een NaOH-consumptie van ongeveer 130,6 kg NaOH per ton ONO-filterkoek (40% d.s.).

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor ONO-filterkoek 70 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 liter⁶, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 1,4 kg per ton ONO-filterkoek (40% d.s.).

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 57 kg per ton ONO-filterkoek en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op de variaties in de samenstelling op 132 kg (dit wijkt af van de hoeveelheden in tabel 6.3 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 6.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 6.6. De vermeden milieu-ingrepen worden berekend met een proceskaart uit de database van SimaPro.

Het metaalslib zal vanwege het hoge zinkgehalte worden afgezet bij een zinkproducent. Het slib bevat echter ook aanzienlijke hoeveelheden lood. Dit lood zal als bijproduct vrijkomen en aan de loodketen worden toegevoegd. In praktijk wordt zinkerts nabij de winningslocatie geconcentreerd van 6% Zn tot ongeveer 55% Zn, en dit concentraat wordt getransporteerd naar zinkproducenten. In dit MER is uitgegaan van het vermijden van de productie (en het transport) van dit zinkconcentraat, waarbij voor de uitgespaarde hoeveelheid is gecorrigeerd op basis van het zinkgehalte (in het slib rond de 33% en in het concentraat rond de 55%).

⁵ Gebaseerd op 1 mol NaOH voor 1 mol Chloor, en 2 mol NaOH voor 1 mol zwavel.

⁶ 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.

Tabel 6.6; Vermeden inzet primaire grondstoffen

VERVANGEN PRIMAIRE GRONDSTOF	VERMEDEN INZET (KG) NORMAAL	VERMEDEN INZET (KG) GEVOELIGHEIDSANALYSE "ANDERE SAMENSTELLING"
Zand	350,5	317,5
Zn-conc. metallurgische industrie	102	102

6.7 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 ONO-filterkoek 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 6.1. De concrete uitwerking voor ONO-filterkoek is aangegeven in tabel 6.7.

Tabel 6.7; emissie van stof en metalen naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	naar de lucht (mg/ton)	
		normaal	gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
As	0,026	5,72	5,72
Cd	0,026	1,35	1,35
Cu	0,001	38,93	38,93
Hg	0,44	45,76	45,76
Ni	0,026	59,28	59,28
Pb	0,026	45,76	45,76
Sb	0,029	25,17	25,17
Se	0,026	0	0
Sn	0,029	109	109
V	0,001	0,12	0,12
Zn	0,026	16192	16192
stof (*)	0,001	20020	19690

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

Ad. 2

Hoewel ONO-filterkoek zelf weinig aanleiding geeft tot vorming van gasproductie gaan zwavel en halogenen uit het ONO-filterkoek 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 en HCl 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 6.1. De concrete uitwerking voor ONO-filterkoek is aangegeven in tabel 6.8.

Tabel 6.8; emissie van SO₂ en HCl naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	Naar de lucht (mg/ton)	
		normaal	gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
S (als SO ₂)	0,07	14000	35000
HCl	0,003	154	154

Ad. 3

ONO-filterkoek 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 6.5).

Emissies naar water

De Smelterlijn produceert de volgende afvalwaterstromen:

- a) condensaat dat vrijkomt bij de droging van slibben;
- b) condensaat dat ontstaat bij de gasreiniging;
- c) 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 hoeft

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 smeltermateriaal. 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 6.3) 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 70 liter spui per ton ONO-filterkoek.

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 ONO-filterkoek leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 170 l/ton in de normale situatie en 347 liter/ton voor de gevoeligheidsanalyse "andere 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 6.1 geeft dit voor ONO-filterkoek de volgende ingrepen naar water (tabel 6.9).

Tabel 6.9; emissies naar water

component	rendement RWZI	stroom naar RWZI (mg/ton)	ingreep naar water (mg/ton)
As	80	2,2	0,44
Cd	72	0,104	0,029
Pb	91	5,46E-6	0,49E-6
Zn	75	4,57E-2	1,14E-2
Cl	0	4981851	4981851

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 6.9, 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 ONO-filterkoek wordt hierbij dus 70 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toegerekend. Gelet op het feit dat ONO-filterkoek niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor ONO-filterkoek verder buiten beschouwing gelaten.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

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

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Zoals reeds aangegeven bij het onderdeel "Energie- en bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen" zijn de door de 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 categorie I-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 ONO-filterkoek is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basaltachtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 6.10 (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 6.1 en het resultaat staat in de derde kolom van tabel 6.10), en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en die aan ONO-filterkoek zou zijn toe te rekenen. Benadrukt wordt dat dit een worst case inschatting is die in praktijk naar verwachting ook bij tegenvallende mobilisatieresultaten nog een overschatting van het potentiële milieueffect zal zijn.

Tabel 6.10; Uitloogcijfers ONO-filterkoek i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

	beschikbaarheid (%)	Bijdrage van ONO-filterkoek aan de slak (mg/ton ONO-filterkoek)	Uitloging uit basalt t.g.v. ONO-filterkoek (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") in mg per ton ONO-filterkoek
As	8	2200	176
Ba	10	0	0
Co	6	25200	1512
Cr	1	3358000	33580
Cu	8	3893161	311453
Mo	6	85200	5112
Ni	5	987941	49397
Pb	14	17600	2464
Sb	18	0	0
V	4	11600	464
Zn	12	6227680	747322

7. KOUDE IMMOBILISATIE EN STORTEN

7.1 Inleiding

Het derde te beschouwen verwerkingsalternatief voor ONO-filterkoek betreft het proces van 'koude' immobilisatie bij VBM op de Maasvlakte in Rotterdam. Het geïmmobiliseerde product wordt gestort op de naast de immobilisatie-installatie gelegen C3-deponie.

De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer 130 euro per ton.

7.2 Procesbeschrijving

Het immobiliseren door VBM betreft een 'koude' immobilisatietechniek. In essentie bestaat deze techniek uit het mengen van één of meer afvalstoffen met bindmiddelen en additieven. De verwerking van relatief natte afvalstromen, zoals ONO-filterkoek, in de zogenaamde 'nat/drooglijn' maakt de toevoeging van water overbodig. Vanaf het moment van opslag bestaat het immobilisatieproces uit de volgende stappen:

A. Transport

De filterkoeken worden per as naar de immobilisatie-installatie getransporteerd.

B. Opslag

Nabij de installatie vindt opslag plaats totdat verwerking van de filterkoek kan geschieden.

C. Mengen

Volgens een door VBM ontwikkeld classificatiesysteem wordt de 'natte' ONO-filterkoek gedoseerd, vanuit de doseerbunkers over banden naar de menger getransporteerd en daar als monostroom gemengd met bindmiddelen en additieven (150 kg per ton filterkoek). Dit proces neemt gemiddeld zo'n 5 minuten in beslag.

Het is onbekend welke bindmiddelen/additieven VBM precies toepast. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van cement.

D. Transport

Vanuit de menger wordt het immobilisaat in een container gelost. Het 'pasteuze' immobilisaat wordt vervolgens in een container per vrachtwagen naar de ten oosten van de VBM gelegen C3-deponie afgevoerd naar een speciaal compartiment. Deze transportafstand wordt verder verwaarloosd.

E. Storten

Het immobilisaat wordt gestort in een bekisting van een halve meter hoog. Het lossen van de vrachtwagen geschiedt door het kiepen van de containerbak. Tijdens het kiepen wordt de containerbak eventueel met een kraan leeg getrokken. Het immobilisaat wordt verdicht met behulp van een graafmachine, waarna de uitharding plaatsvindt. De metalen wordt hergebruikt voor het storten van de volgende batch.

7.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 7.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton filterkoek. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort. Op basis van de informatie van VBM 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 ONO-koek (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; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID(TON) PER TON VERWERKT FILTERKOEK	TE STORTEN (TON)
ONO-filterkoek	1	--
Bindmiddel + additieven	0,15 (*)	--
RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT FILTERKOEK (TON)	TE STORTEN (TON)
Immobilisaat	1,15	1,15

Ruimtebeslag

De immobilisatie-installatie bestrijkt een oppervlakte van circa 1000 m². De installatie bestaat uit twee gelijke delen. Een deel waar vliegas wordt verwerkt en een deel waar onder meer filterkoek wordt verwerkt, elk met een omvang van 500 m². Op jaarbasis kan per gedeelte 57.500 ton immobilisaat worden verwerkt. Dit betekent dat maximaal 50.000 ton filterkoek kan worden geïmmobiliseerd wanneer wordt aangenomen dat alleen filterkoek wordt geïmmobiliseerd.

Het ruimtebeslag over een periode van 100 jaar bedraagt dan $100 \times 500 = 50000 \text{ m}^2\text{jr}$. In die periode verwerkt de inrichting 5.000 kton filterkoek ($57500/1,15 \times 100$). Het fysiek ruimtebeslag per ton filterkoek bedraagt derhalve $500000/500000 = 0,01 \text{ m}^2\text{jr}$.

Voor het ruimtebeslag bij het storten van de geïmmobiliseerde filterkoek 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 ongeveer 1 ton/m³. Per m² wordt 15 ton immobilisaat, overeenkomend met 13 ton ONO-filterkoek gestort. Dus voor de berging van 1 ton filterkoek is 0,077 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 7,7 m²jr aan fysiek ruimtebeslag.

7.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van ONO-filterkoek 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 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 door database in SimaPro. 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 ONO-filterkoek.

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

Tabel 7.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
ONO-filterkoek	100	100
Bindmiddelen	300	45

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

7.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de immobilisatie-installatie;
- het verbruik bij het storten van het immobilisaat.

Het verbruik van de immobilisatie-installatie

De gehele immobilisatie-installatie van VBM (vliegasjeel en slibdeel) heeft een geïnstalleerd vermogen van 290 kW (VBM, 2000). Het deel van de installatie waar filterkoek 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 filterkoek bedraagt maximaal 50.000 ton. Aangenomen wordt dat van het geïnstalleerd vermogen 80%, ofwel 114 kW, gedurende 1.800 uur per jaar gebruikt wordt (VBM, 2000). Dit betekent dat per ton materiaal het energie verbruik 3,6 kWh bedraagt. Per ton filterkoek resulteert dit in 4,1 kWh.

Het verbruik bij het storten

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 filterkoek wordt 1,15 ton immobilisaat gestort hetgeen overeenkomt met (60 x 1,15) 69 MJ.

7.6 Bedrijfsmiddelen

Voor het immobiliseren van ONO-filterkoek is volgens dit alternatief 0,15 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.

7.7 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de immobilisatie-installatie;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen.

Emissies van immobilisatie-installatie

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 filterkoecken sprake is van een natte substantie (40% droge stof) 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. Het water komt uiteindelijk in de zuivering terecht. Het effluent daarvan wordt weer in het proces gebruikt.

Emissies naar bodem

De immobilisatie-installatie en de directe omgeving van de installatie zijn voorzien van vloeistofdichte vloeren en controlesystemen. Emissies naar bodem en grondwater vinden derhalve niet plaats.

Emissies bij de verwijdering van reststoffen

Bij het storten van 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 ONO-filterkoek. 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. Een diffusietest wordt uitgevoerd na een uithardingsperiode van 28 dagen. 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 ($l=3\text{m}$, $b=3\text{m}$ en $h=1\text{m}$);
- 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 1,8 voor de temperatuurcorrectie en de extrapolatiefactoren, die zijn gecorrigeerd voor waterverzadiging, veroudering en temperatuur. Voor bromide, chloride en sulfaat is gerekend met een factor $23,2^7$;

⁷ Van VBM ontvangen uitloogdata waren al geëxtrapoliseerd naar 64 dagen dus standaardcorrectiefactoren kunnen worden toegepast

- voor alle overige uitgangspunten wordt verwezen naar het RIVM-rapport "Milieuhygiënische kwaliteit en beoordeling van geïmmobiliseerde afvalstoffen (vormgegeven) in relatie tot storten", augustus 1999.

Voor de omrekening van mg/m^2 naar mg/ton filterkoek is uitgegaan van het volgende:

- per m^2 wordt 15 m^3 materiaal (immobilisaat) gestort;
- soortelijke massa = $1 \text{ ton}/\text{m}^3$;
- 1 ton immobilisaat komt overeen met $1/1,15 = 0,87$ ton filterkoek
- per m^2 wordt 15 ton materiaal gestort;
- per m^2 wordt $15 * 0,87 = 13$ ton filterkoek gestort;
- uitloging per ton filterkoek is $1/13$ deel van de uitloging per m^2 .

Voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling is er voor gekozen om de emissie van sulfaat te verhogen met een factor 2,5, conform de verhouding in tabel 2.1. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "andere stortcondities" wordt het effect van variatie in de stortcondities onderzocht (blok grootte van $1 \times 1 \times 1$ m en storthoogte 30 m).

Relevant is dat de uitlooggegevens van VBM ook een aantal componenten bevatten waarvan geen inputgegevens zijn gegeven in tabel 2.1. Concreet betreft het hier Ba, Se, Br, CN en F. In werkelijkheid zal ONO-koek deze componenten vermoedelijk inderdaad bevatten en zijn de VBM-data op dit punt correct. Bij de andere technieken is het echter niet mogelijk om de emissie van deze componenten in beeld te brengen bij gebrek aan inputdata. Het wel in rekening brengen van deze emissie bij onderhavige optie zou de LCA-vergelijking daarmee verstoren. Om die reden is gekozen deze componenten ook in dit geval weg te laten en ontbreken ze in tabel 7.3, ondanks dat uitloogdata beschikbaar waren.

Tabel 7.3: Uitlooggegevens immobilisaat van ONO-filterkoek

Comp.	Uitloogtest (mg/m ²)	Onder praktijkcondities		Gevoeligheidsanalyse			
				Variatie samenstelling		Variatie in stortcondities	
		(mg/m ²)	(mg/ton ONO- filterkoek)	(mg/m ²)	(mg/ton ONO- filterkoek)	(mg/m ²)	(mg/ton ONO- filterkoek)
As	23,78	300	23	300	23	699	27
Cd	0,9	11	0,9	11	0,9	26	1,0
Co	50,2	634	49	634	49	1476	57
Cr	504,12	6365	489,6	6365	489,6	14827	570,3
Cu	50,81	642	49,3	642	49,3	1494	57,5
Hg	0,023	0	0	0	0	1	0
Mo	726,02	9167	705	9167	705	21354	821
Ni	369,78	4669	359	4669	359	10876	418
Pb	70,78	894	69	894	69	2082	80
Sb	12,24	155	12	155	12	360	14
Sn	7,5	95	7	95	7	221	8
V	942,01	11894	914,9	11894	914,9	27706	1065,6
W	77,6	980	75	980	75	2282	88
Zn	96,12	1214	93	1214	93	2827	109
Cl	1394253	1365843	105065	1365843	105065	3181612	122370
SO ₄	538616	527641	40588	1319103	101470	1229093	47273

Emissies naar water

Spoelwater wordt op het stort uitgesproeid om uiteindelijk via het percolaat in de zuivering te komen. Dit vanwege de basische kwaliteit met name op de delen waar zure afvalstromen zijn gestort. Dit neutraliseert de pH en reduceert de uitloging van de meeste kritische componenten. Het effluent met de daarin aanwezige verontreinigingen komt uiteindelijk in de zuivering terecht. Het effluent wordt weer in het immobilisatieproces gebruikt. Dit betekent dat er geen sprake is van emissie 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 50.000 ton ONO-filterkoek. 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 ONO-slib. Dit wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

8. LEEMTEN IN KENNIS

8.1 algemeen

1. Variatie in samenstelling m.b.t. metalen in het slib en de effecten die dat op de vergelijking zou kunnen hebben; er is uitsluitend gerekend met de verkregen gemiddelde samenstelling
2. Het zwavelgehalte van de filterkoek; gerekend is met een gehalte van 2% en in de gevoeligheidsanalyse met een gehalte van 5%.
3. Het effect van enkele componenten waarvan niet voor alle technieken data bekend zijn; het betreft concreet Ba, Se, Br, CN en F. Om de vergelijking eerlijk te houden zijn deze componenten overal buiten beschouwing gelaten, ondanks dat er wel uitloogdata voor de koude immobilisatie bekend waren.

8.2 storten als C2

4. De omvang en samenstelling van het percolaat; uitgegaan is van een verwaarloosbaar milieu-effect en in het kader van de gevoeligheidsanalyse met 100 liter percolaat per ton slib dat eenzelfde samenstelling heeft als slib als geheel.

8.3 pyrolyse/smelten

5. De hiervoor beschreven pyrolyse/smelten is gebaseerd op basis van twee milieueffect rapportages. Praktijkcijfers van dit concept zijn nog niet bekend en moeten derhalve als leemten in kennis worden beschouwd. De belangrijkste onzekerheden zijn:
 - het energieverbruik van het proces;
 - het succes van het proces, met andere woorden hoe zal verglazing van ONO-filterkoek met andere afstoffen verlopen en hoe uit dit zich in het uitlooggedrag (ofwel de toepasbaarheid van basalt).

8.4 koude immobilisatie

Zie paragraaf 8.1.

BIJLAGE 1

INGREEPTABELLEN

Verwerkingstechniek: Storten in de C2-deponie			
ASPECT		(specificatie)	INGREEP
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)		6,7
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	filterkoek	150 (30)
3.	Energiegebruik	storten	60 MJ
4.	Bedrijfsmiddelen		
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-
6.	Emissie bodem (mg)		-
7.	Emissie water (mg, tenzij)		-
8.	Finaal afval / te storten rest	filterkoek	1000 kg
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-
10.	Vermeden energie		-
11.	Vermeden emissie lucht		-
12.	Vermeden emissie water		-
13.	Vermeden emissie bodem		-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-
15.	Overig		-

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

Verwerkingstechniek: pyrolyse/smelten							
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)			
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,12				
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	ONO-filterkoek	75 (20)	75			
		zand (as)	1,1 (20)	1,0			
		zand (water)	1,6 (-)	1,4			
		basalt	12,3 (20)	11,1			
		zwavel	2,5 (10)	6,2			
		metaalslib	25,6 (10)	25,6			
		NaOH (aq)	12,8 (10)	27,9			
		Act. Kool	0,25 (10)	0,25			
3.	Energiegebruik	voordrogen	1,91 GJ	1,91	1,91	1,91	
			6,8 kWh	6,8	6,8	6,8	
		smelter	1,7 GJ	1,7	0,43	2	
		breken slak	16 kWh	14	16	16	
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (flux)	31,9 kg	28,9			
		NaOH (puur)	57 kg	132			
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	As	5,72	5,72			
		Cd	1,35	1,35			
		Cu	38,93	38,93			
		Hg	45,76	45,76			
		Ni	59,28	59,28			
		Pb	45,76	45,76			
		Sb	25,17	25,17			
		Se	0,00	0,00			
		Sn	109	109			
		V	0,12	0,12			
		Zn	16192	16192			
		fijn stof	20020	19690			
		SO ₂	14000	35000			
		HCl	154	154			
6.	Emissie bodem (mg)	As	0				176
		Co	0				1512
		Cr	0				33580
		Cu	0				311453
		Mo	0				5112
		Ni	0				49397
		Pb	0				2464
		V	0				464
		Zn	0				747322
7.	Emissie water (mg)	As	0,44				
		Cd	0,03				
		Pb	4,9*E-7				
		Zn	0,011				
		Cl	4981850				
8.	Finaal afval / te storten rest	act. kool	1700 g				
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)	zand (as)	12,3 (20)	11,1			
		zand (water)	17,5 (-)	15,9			
		zinkconc (rail)	10,2 (-)	10,2			
10.	Vermeden energie		zie 14				
11.	Vermeden emissie lucht		zie 14				
12.	Vermeden emissie water		zie 14				
13.	Vermeden emissie bodem		zie 14				
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	350,5 kg	317,5			
		zink-conc.	102 kg	102			

Verwerkingstechniek: pyrolyse/smelten						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)		
				1 (b)	2 (c)	3 (d)
				4 (e)		
15.	Overig	afvalwater (f)	170 liter	347		

- (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 gevoeligheidsanalyse "energie intern geleverd"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoger energiegebruik"
- (e) Betreft gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (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 7,7	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	ONO-filterkoek cement	100 (30) 45 (30)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	immobilisatie storten	4,1 kWh 69 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	cement	0,15 ton	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Cd Co Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn V W Zn Cl SO ₄	23 0,9 49 489,6 49,3 0 705 359 69 12 7 914,9 75 93 105065 40588	27 1,0 57 570,3 57,5 0 821 418 80 14 8 1065,6 88 109 122370 47273	23 0,9 49 489,6 49,3 0 705 359 69 12 7 914,9 75 93 105065 101470
7.	Emissie water		-	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	immobilisaat slib waterzuivering	1150 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 (h)	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 "variatie stortcondities"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

BIJLAGE 2

LITERATUUR

Leto, 2000

Schriftelijke opgave Leto in het kader van het opstellen van het MER, augustus 2000

TNO, 2000

Emissieprofielen Verwijderingstechnologieën Gevaarlijk Afval, TNO-rapport STB-00-06

VBM, 2000

Telefonische informatie medewerker VBM, fax 06-10-2000

VROM, 2000

Basisdocument gevaarlijk afval 1996-1998, Publicatiereeks afvalstoffen 2000/53, Distributiecentrum

VROM, april 2000