

# **MILIEUEFFECTRAPPORT LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A10  
Uitwerking “zwart/wit-fixeer”**

Afval Overleg Orgaan  
2002



## INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. Inleiding	5
2. Samenstelling zwart/wit-fixeer	6
3. Verwerkingsalternatieven en referentie-installaties	7
4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen	8
5. Alternatief zwf-1; elektrolyse + sulfideprecipitatie/ ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + indamping + AVI	10
5.1 Procesbeschrijving	10
5.2 Massabalans	12
5.3 Ruimtebeslag	14
5.4 Transport	15
5.5 Verbruik energie	16
5.6 Verbruik bedrijfsmiddelen	19
5.7 Emissies naar lucht	20
5.8 Emissies naar water	23
5.9 Emissies naar bodem	24
5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	25
5.11 Finaal afval	25
5.12 Kennisleemten	25
6. Alternatief ZWF-2; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + indamping + AVI	26
6.1 Procesbeschrijving	26
6.2 Massabalans	28
6.3 Ruimtebeslag	29
6.4 Transport	30
6.5 Energie	31
6.6 Bedrijfsmiddelen	34
6.7 Emissies naar lucht	35
6.8 Emissies naar water	38
6.9 Emissies naar bodem	38
6.10 Uitgespaarde winning/productie grond-/brandstoffen	39
6.11 Finaal afval	39
6.12 Kennisleemten	40
7. Alternatief ZWF-3; fysisch-chemische zuivering + Pyrolyse + verglazing	41
7.1 Procesbeschrijving	41
7.2 Massabalans	43
7.3 Ruimtebeslag	44
7.4 Transport	44
7.5 Energie	45
7.6 Bedrijfsmiddelen	46
7.7 Emissies naar lucht	47
7.8 Emissies naar water	48
7.9 Emissies naar bodem	49
7.10 Uitgespaarde winning/productie grondstoffen	51
7.11 Finaal afval	51
7.12 Kanttekeningen m.b.t. de balans en allocatievormen	51
7.13 Leemten in kennis	54

8.	Alternatief ZWF-4; elektrolyse + indamping/osmose +verglazing	55
8.1	Procesbeschrijving	55
8.2	Massabalans	56
8.3	Ruimtebeslag	57
8.4	Transport	58
8.5	Energie	58
8.6	Bedrijfsmiddelen	59
8.7	Emissies naar lucht	60
8.8	Emissies naar water	62
8.9	Emissies naar bodem	63
8.10	Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen	64
8.11	Finaal afval	64
8.12	Leemten in kennis	64
9.	Alternatief ZWF-5; elektrolyse + toepassing als NO <sub>x</sub> -reductievloeistof	65
10.	Alternatief ZWF-6; elektrolyse + fysisch-chemisch zuiveren + fysisch/chemisch/ biologische zuivering en indamping + AVI	66
10.1	Procesbeschrijving	66
10.2	Massabalans	68
10.3	Ruimtebeslag	70
10.4	Transport	71
10.5	Energie	72
10.6	Bedrijfsmiddelen	74
10.7	Emissies naar lucht	76
10.8	Emissies naar water	79
10.9	Emissies naar bodem	79
10.10	Uitgespaarde winning/productie grond-/brandstoffen	80
10.11	Finaal afval	80
10.12	Kennisleemten	81

## BIJLAGEN

1. overzicht milieu-ingrepen
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 na 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 worden bijvoorbeeld NO<sub>x</sub> 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 "**zwart/wit-fixeer**". Dit is één van de deelstromen die binnen dit MER als fotografisch afval worden aangemerkt. Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

## 2. Samenstelling zwart/wit-fixeer

Onder fotografisch afval wordt verstaan alle afvalstoffen die vrijkomen bij de productie of toepassing van fotochemicaliën en bij het ontwikkelen en afdrucken van lichtgevoelige, op zilverhalogenide gebaseerde films en papieren. Het gaat daarbij om de waterige vloeistoffen, zoals ontwikkelaar en fixeer (zwart-wit en kleur) en in mindere mate om vaste afvalstoffen, zoals fotopapier en filmrestanten.

Aangezien het meeste zilver in de fixeer- en bleekfixeerbaden aanwezig is, worden bedrijven aangemoedigd deze vloeistoffen zoveel mogelijk gescheiden aan te bieden.

De samenstelling van z/w-fixeer is, voor de relevante componenten, weergegeven in tabel 2.1. De cijfers zijn afkomstig uit verschillende bronnen (CUWVO, 1987; Natuur&Milieu, 1992 en gegevens van verwerkers).

Tabel 2.1; Samenstelling zwart/wit-fixeer

kenmerk / component	samenstelling	gehanteerd in MER-LAP
Anorganisch chloor/broom	1-3 g/l	2 g Cl/l
Zilver	1-5 g/l	3 g/l
Zware metalen (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	0-50 mg/l	5 mg/l per metaal
Aandeel koolstof	1-2 %	15 g/l
Aandeel stikstof	2-3 %	n.v.t.
Aandeel zwavel	4-10 %	70 g/l
Ammoniumthiosulfaat	1-20%	zit in zwavel
Natriumsulfiet	0,1-5%	zit in zwavel
Thiocyanaat	0,1-0,5%	zit in zwavel
Azijnzuur	1-5%	n.v.t.
Citroenzuur	1%	n.v.t.
Aluminiumsulfaat	0,1-1%	zit in zwavel
Boraat	0,1-1%	n.v.t.
Droge stof	15 %	150 g/l
pH	5	5

### 3. Verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

In Nederland zijn diverse bedrijven actief op het gebied van het verwerken van fotografisch (gevaarlijk) afval. In het kader van de werkzaamheden ten behoeve van het MER voor het landelijk afvalbeheerplan is informatie verzameld over de volgende bedrijven (in willekeurige volgorde): Edelchemie, Van Vlodrop, Argentia, Verstraete Verbrugge Milieu (VVM), Interchemic en Metalchem. Deze bedrijven passen verschillende verwerkingstechnieken toe.

Rekening houdend met de diverse verwerkingsmogelijkheden voor z/w-fixeer worden de in tabel 3.1 genoemde alternatieven bij de vergelijking betrokken. In deze tabel staan tevens de gehanteerde referentie-installaties weergegeven.

Tabel 3.1; Verwerkingsalternatieven zwart/wit-fixeer

Alternatief	Verwerking	Referentie-installaties
ZWF-1	elektrolyse, sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranding/stort	Van Vlodrop VVM AVI/derden
ZWF-2	elektrolyse fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranding/stort	Argentia VVM AVI/derden
ZWF-3	fysisch/chemisch zuiveren, pyrolyse, verglazen	Edelchemie
ZWF-4	elektrolyse, indampen en omgekeerde osmose, verglazen	Argentia
ZWF-5	elektrolyse, mengen inzet als reductiemiddel	Argentia cementindustrie
ZWF-6	elektrolyse, fysisch/chemisch zuiveren fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranding/stort	Interchemic VVM AVI/derden

#### 4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen

In het totale afvalbeheertraject voor z/w-fixeer 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 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. Aangezien de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren wordt deze aanpak dus uitsluitend gehanteerd gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is 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<sup>1</sup>

Kenmerk	Waarde
Zuiveringsrendement CZV	90%
Zuiveringsrendement BZV	97%
Zuiveringsrendement Kj-N	89%
Zuiveringsrendement totaal-N	66%
Zuiveringsrendement totaal-P	77%
Ag	75%
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%

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

## **5. Alternatief ZWF-1; elektrolyse + sulfideprecipitatie/ ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + indamping + AVI**

### **5.1 Procesbeschrijving**

Referentiebedrijven zijn voor de elektrolyse en sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie Van Vlodrop en voor de fysisch/chemisch en biologische zuivering VVM.

#### A. Aanvoer z/w-fixeer

Z/w-fixeer wordt door de verwerker (Van Vlodrop) direct ingezameld bij de ontdoeners in het gehele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een rol. Transport geschiedt per vrachtwagen.

#### B. Elektrolytische ontzilvering en afvoer ruw zilver

Z/w-fixeerbaden bevatten een relatief hoog zilveragehalte en worden ontzilverd d.m.v. elektrolyse. De elektrolyse vindt batchgewijs plaats in een reactievat. Het zilver in oplossing slaat tijdens het elektrolyseproces als metallisch zilver neer op de kathode en kan worden verzameld door dit van de elektrode af te slaan. Het ruwe zilver wordt afgevoerd ter zuivering en uiteindelijk hergebruikt. Als de zilverconcentratie kleiner is dan 100 mg/l worden de baden naar de ultrafiltratie gepompt.

#### C. Sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie en afvoer permeaat en sulfideslib

De elektrolytisch ontzilverde z/w-fixeerbaden worden gemengd met zilverarme baden (kleurontwikkelaar). Aan het mengsel wordt een natriumsulfide-oplossing gedoseerd om d.m.v. redox- en pH-sturing de aanwezige zware metalen neer te slaan. Het verkregen mengsel wordt vervolgens naar de ultramembraanfiltratie-installatie geleid. Hier worden de vaste deeltjes gescheiden van de vloeistoffase, waarna het zilverhoudende filterresidu afgevoerd wordt naar een gespecialiseerde buitenlandse verwerker. Het permeaat (zilveragehalte < 1 mg/l) wordt in vaten opgeslagen en afgevoerd naar Verbrugge Ve rstraete Milieu (VVM) voor fysisch/chemische en biologische zuivering.

De UF-membranen die bij de filtratie gebruikt worden dienen regelmatig gereinigd (gespoeld) te worden. Het spoelwater wordt na zuivering door middel van ultramembraanfiltratie geloosd op de RWZI.

#### D. Opwerking ruw zilver en afvoer zilver en slak

Het verzamelde ruwe zilver wordt bij de firma Drijfhout in een smeltoven verwerkt en vervolgens verder gezuiverd tot puur zilver. In verband met de beschikbaarheid van gegevens wordt als referentie-installatie echter de smeltoven van Argentia genomen. Hierin wordt het ruwe zilver bij een temperatuur van 1300 °C verwerkt. Als eindproduct wordt 99,95% zuiver zilver verkregen.

De vrijkomende gassen worden afgezogen en naar een gaswasinstallatie geleid. Aan de wasvloeistof wordt natronloog toegevoegd voor de regeling van de pH (nodig vanwege de aanwezigheid van zwavelhoudende componenten). De gaswasvloeistof wordt afgevoerd naar VVM. De slak wordt naar een edelmetaalbedrijf afgevoerd en daar verder verwerkt.

#### E. Opwerking sulfideslib en afvoer zilver en slak

Het zilverhoudende sulfideslib (droge stof gehalte 30%) wordt verder opgewerkt in smeltovens, waarbij het zilver wordt teruggewonnen. Dit proces wordt uitgevoerd bij JBR in Engeland. Het sulfideslib wordt per vrachtwagen (24 ton/vracht) naar JBR vervoerd. Als eindproduct wordt 99,95% zuiver zilver verkregen. De resterende slak wordt gebruikt als toeslagstof bij beton voor wegverharding (nuttige toepassing). Aangezien gegevens van het proces bij JBR ontbreken, wordt uitgegaan van de data van het smeltproces bij Argentia.

#### F. Nuttige toepassing zilver en slak

Het zilver (99,95% zuiver) wordt nuttig toegepast ter vervanging van primair zilver. De slak uit de smeltoven wordt verwerkt bij een edelmetaalbedrijf (Union Miniere), waar de laatste resten zilver worden teruggewonnen. De overblijvende slak wordt als bouwstof toegepast.

#### G. Fysisch/chemische en biologische zuivering (VVM) en afvoer slib

Indien de concentratie aan zware metalen in zwart-wit baden na de eerste fase ontzilvering te hoog is ( $Ag > 5 \text{ mg/l}$ ) wordt eerst een electroflocculatie en/of chemische precipitatie, door toevoeging van natriumsulfide, voorgeschakeld om de restconcentratie te verminderen. Het slib hiervan wordt verbrand (AVR). Aangenomen wordt dat de zwart-wit baden afkomstig van Van Vlodrop deze bewerking niet ondergaan, vanwege het lage zilveragehalte.

De baden worden vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. De eerste stap betreft de behandeling in het monozeefkoolfilter. Hierbij worden grote organische en metaalhoudende organische complexbinders aan het kool gebonden. Het kool wordt bij verzadiging geregenereerd en opnieuw gebruikt.

De vloeistof wordt vervolgens fysisch/chemisch gezuiverd d.m.v. flocculatie en flotatie. Als hulpstoffen worden natronloog, ijzerchloride en flocculant gebruikt. Hier vindt een verdere verwijdering van (on)opgeloste deeltjes plaats. Het slib wordt ontwaterd m.b.v. een zeefbandpers tot een droge stofgehalte van circa 35%<sup>2</sup>, waarna het gezamenlijk met het biologische slib wordt afgevoerd naar de AVR voor verbranding.

Hierna volgt de biologische (aërobe) zuivering, waarbij organische stoffen onder toevoer van zuurstof verder worden afgebroken en slib wordt afgescheiden. Voor biologische zuivering wordt een Sequential Batch Reactor (SBR) toegepast die geschikt is voor hoogbelaste stromen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamerfilterpers tot een droge stofgehalte van circa 40%<sup>2</sup> en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Het gezuiverde water wordt vervolgens naar de drietrapsverdamer geleid waar extra zuivering plaatsvindt.

#### H. Indamping (VVM) en afvoer slib

Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en het condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties. Het verdampen vindt plaats bij 70-85 °C en een onderdruk van 0,3 tot 0,6 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een waterringpomp, waarvoor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering ingeleid. Deze functioneert als gaswasser. Het condensaat wordt opnieuw in het proces van VVM ingezet of indien geen (schoon) proceswater nodig is, via de biologische zuivering van een buurbedrijf geloosd op oppervlaktewater. Het residu uit de verdampingsinstallatie wordt steekvast gemaakt door toevoeging van zaagsel<sup>2</sup> en afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

---

2 Recent zijn enkele proceswijzigingen tot stand gekomen, met name in de ontwatering van de slibstromen, waarbij hogere droge stofgehalten worden bereikt. Het residu uit de drietrapsverdamer wordt nu behandeld op een roterend vacuümfilter in plaats van opgemengd met zaagsel. De wijzigingen betekenen een sterke vermindering van de af te voeren hoeveelheden. Omdat specifieke gegevens over deze wijzigingen niet meer verwerkt konden worden, is uitgegaan van het oude proces.

### I. Verbranding slib/residu (AVI)

De slibstromen van VVM worden verbrand in een AVI. In een AVI wordt het afval gehomogeniseerd en daarna in een roosteroven gebracht. Hierin bewegen roosters onder een hellend vlak, waarbij het afval op een zodanige snelheid wordt getransporteerd dat een zo volledig mogelijke verbranding plaatsvindt. Aan het eind van het rooster blijven slakken over die worden opgewerkt, zodat ze voor nuttige toepassing geschikt zijn. De rookgassen worden gereinigd en gekoeld, waarbij energie wordt teruggewonnen in de vorm van elektriciteit en nuttig toepasbare stoom. Bij de reiniging ontstaat vliegias en rookgasreinigingsresidu.

Afhankelijk van de samenstelling kunnen de slibstromen uit de biooog en de indamper worden gestort in plaats van verbrand. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is deze optie meegenomen. Hierbij is uitgegaan van een C3-stort.

### J. Afvoer en nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

### K. Afvoer en stort AVI-vliegias en -rookgasreinigingsresidu

AVI-vliegias wordt geïmmobiliseerd bij de VBM en het immobilisaat wordt gestort. AVI-rookgasreinigingsresidu wordt in big-bags gestort.

## **5.2 Massabalans**

Tabel 5.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton zwart/wit-fixeer (ZWF) bij Van Vlodrop (elektrolyse en sulfideprecipitatie/ ultramembraanfiltratie) en VVM (fysisch/chemisch en biologische zuivering).

Bij de elektrolyse van zwart-wit fga ontstaat 1,18 kg zilver per ton fga, op basis van een beginconcentratie van 1,28 g/l en een eindconcentratie van 0,1 g/l (Van Vlodrop, 1999). Het betreft een mengsel van ongeveer 1:1 fixeer en ontwikkelaar. Uitgaande van een zilverconcentratie in de ontwikkelaar van 10 à 50 mg/l, is de beginconcentratie in het fixeer ongeveer 2,3 g/l. In MER-LAP wordt echter, ten behoeve van de vergelijkbaarheid tussen alternatieven, uitgegaan van de gemiddelde samenstelling zoals weergegeven in tabel 2.1, te weten een gemiddelde concentratie van 3 g zilver per liter fixeer. Uitgaande van de eindconcentratie na elektrolyse van 0,1 g/l, is de hoeveelheid zilver 2,9 kg. Uitgaande van een zuiverheid van elektrolytisch zilver van 85% (Argentia, 2001) is dit 3,4 kg ruw zilver per ton fixeer.

Bij de verwerking van fga in de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie (zowel zwart-wit als kleur) is de hoeveelheid slib die ontstaat 0,5 % van het oorspronkelijke volume (Van Vlodrop, 2000). Uitgaand van een soortelijke massa van het slib van 1,1 ton/m<sup>3</sup>, is dit 5,5 kg/ton fga.

Bij de behandeling van het permeaat bij VVM ontstaan drie slibstromen. Door VVM zijn hiervoor gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000):

- 14 kg slib uit de FFU/zeefbandpers;
- 4 kg slib uit de biooog/zeefbandpers;
- 43 kg residu uit de indamper (wordt opgemengd met zaagsel tot 60 kg).

Van deze waarden is ook uitgegaan voor z/w-fixeer.

Tabel 5.1; Massabalans verwerking zwart/wit-fixeer bij Van Vlodrop en VVM

<b>VV</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Z/w-fixeer	1	
<b>OUTPUT</b>		
Ruw zilver	0,0034	Opwerking (Drijfhout)
Sulfideslib	0,0055	Zilverterugwinning (JBR)
Permeaat	0,991	Zuivering (VVM)
<b>VVM</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Permeaat	0,991	
Zaagsel	0,017	
<b>OUTPUT</b>		
Slib	0,078	Verbranding AVI (of stort)
Afvalwater	0,930	Lozing

Voor de hoeveelheden AVI-reststoffen die ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbanden fracties terechtkomen. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 5.6) en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt dat per ton slib 61,2 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Gezien het C-gehalte van z/w-fixeer (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof anorganisch materiaal is dat terechtkomt in de reststoffen. De totale droge stof hoeveelheid van de slibstromen is bepaald op basis van droge stofgehalten maal hoeveelheden slib:  $0,35 \cdot 0,014 + 0,40 \cdot 0,004 + 0,65 \cdot 0,043 = 0,034$ . In totaal betekent dit dus 30,6 kg assen, verdeelt over 28,3 kg slak en 2,3 kg vliegas.

In het geval van stort van slib uit de biooog en de indamper (gevoeligheidsanalyse) is de te verbranden droge stof hoeveelheid  $0,35 \cdot 0,014 = 0,0049$  ton en opnieuw uitgaande van 90% anorganisch levert dit 4,4 kg as en dus 4,1 kg slak en 0,3 kg vliegas. Voor de bepaling van de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu is van belang te weten hoe met name de vracht aan zwavel zich verdeelt over de drie slibstromen (zwavel bepaalt voor een groot deel de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu door vorming van  $\text{CaSO}_4$ ). Voor de zowel de halogenen als het zwavel wordt aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het permeaat volledig in de slibstromen terechtkomen, en dat deze componenten vooral in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Zij worden dus geheel toegerekend aan het residu uit de indamper. Concreet betekent dit dat in de gevoeligheidsanalyse, waarbij deze slibstroom wordt gestort, de bijdrage van fixeer aan de vorming van rookgasreinigingsresidu in de AVI vrijwel nihil zal zijn. In de LCA wordt uitgegaan van een bijdrage van 0.

### 5.3 Ruimtebeslag

Het totale bebouwde oppervlak bij Van Vlodrop is 2.300 m<sup>2</sup>, waarvan 1.950 m<sup>2</sup> bedrijfshallen en opslag (Van Vlodrop, 1999). Uitgaande van een bewerkingscapaciteit van in totaal 17.500 ton vloeistoffen; 12.500 ton fga en 5.000 ton herbruikbare vloeistoffen (Van Vlodrop, 1999), is het ruimtebeslag 0,11 m<sup>2</sup>\*jr per ton bewerkte vloeistof.

Het ruimtebeslag van de zilversmelterij bij Argentia is 141 m<sup>2</sup> en de verwerkte hoeveelheid ruw zilver is 115 ton/jaar (Argentia, 2001). Dit resulteert in een ruimtebeslag van 1,2 m<sup>2</sup>\*jr per ton verwerkt ruw zilver. Per ton z/w-fixeer ontstaat in totaal 0,0089 ton ruw zilver/sulfideslib dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,01 m<sup>2</sup>\*jr per ton z/w-fixeer.

De afvalwaterverwerkingsinstallatie bij VVM heeft een oppervlakte van ongeveer 10.000 m<sup>2</sup>. In totaal wordt circa 300 m<sup>3</sup> per dag, oftewel 110 kton per jaar aan afvalwater verwerkt (VVM, 2001b). Dit resulteert in een ruimtebeslag van circa 0,09 m<sup>2</sup>\*jr per ton afvalwater. Aangenomen is dat dit tevens het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer is.

Verbranding in een AVI (oppervlak 2 ha, doorzet 450.000 ton per jaar) leidt per ton afval tot een fysiek ruimtebeslag van 0,044 m<sup>2</sup>\*jr. De hoeveelheid te verwerken slib is 0,061 ton per ton fixeer, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,0027 m<sup>2</sup>\*jr per ton fixeer. Hierbij is het toegevoegde zaagsel buiten beschouwing gelaten, omdat wordt aangenomen dat reguliere verwerking van deze afvalstroom vergelijkbare milieu-ingrepen met zich meebrengt. In het geval slib uit de bioloog en de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,014 ton te verbranden slib met een bijbehorend ruimtebeslag van 0,0006 m<sup>2</sup>\*jr per ton fixeer.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen. AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Voor AVI-vliegas en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer op 0,022 m<sup>2</sup>\*jr (2,3 kg vliegas) en 0,857 m<sup>2</sup>\*j (61,2 kg rookgasreinigingsresidu). In het geval slib uit de bioloog en de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,003 m<sup>2</sup>\*jr (0,3 kg vliegas) en 0 m<sup>2</sup>\*j (geen toerekening van rookgasreinigingsresidu). In deze gevoeligheidsanalyse wordt voor de bepaling van het ruimtebeslag ten gevolge van het storten van het slib (gevoeligheidsanalyse) wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m en een soortelijke massa van 1 ton/m<sup>3</sup>. Voor de 0,064 ton per ton fixeer te storten slib (inclusief bijgemengd zaagsel) resulteert dit over de te beschouwen periode van 100 jaar in een ruimtebeslag van 0,427 m<sup>2</sup>\*j.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 5.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van zwart/wit-fixeer en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichtingen. De te vervoeren producten en reststoffen zijn per ton fixeer:

- 0,0034 ton ruw zilver naar Drijfhout;
- 0,991 ton permeaat naar VVM;
- 0,0055 ton sulfideslib naar JBR;
- 0,078 ton slib van VVM naar AVR. en in het kader van gevoeligheidsanalyse 0,014 ton slib van VVM naar AVR en 0,064 ton slib naar stort.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Het permeaat wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van de afstand vanaf een willekeurige plaats in Nederland, dus van 150 km heen en terug. Dezelfde afstand is aangehouden voor het transport van het verkregen ruw zilver

Het sulfideslib wordt per vrachtwagen naar JBR in Engeland vervoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde afstand tot JBR wordt uitgegaan 400 km watertransport en 800 km transport over de weg (beide heen en terug).

Voor de aanvoer van zaagsel (is afvalstof) wordt er van uitgegaan dat het transport naar de verwerker en het daardoor vermeden transport bij reguliere verwerking elkaar zullen opheffen. Zaagsel komt op veel plaatsen vrij en zal in beide gevallen in de regio worden afgezet.

De slibben van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd naar de AVR. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. Voor de transportafstand naar de AVR wordt 150 km genomen op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie in Nederland. Voor de transportafstand van VVM naar de stort is uitgegaan van 40 km op basis van 11-15 C3-stortplaatsen in Nederland.

Voor het transport van de AVI-reststoffen en het vermeden transport van zand vanwege de nuttige toepassing van AVI-slak wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.3).

Tabel 5.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	normaal			stort slib		
	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf
Aanvoer z/w-fixeer	1000	150	150	1000	150	150
Afvoer permeaat (naar VVM)	991	150	148,7	991	150	148,7
Afvoer sulfideslib (naar JBR)	5,5	800 (as) 400 (water)	4,4 2,2	5,5	800 (as) 400 (water)	4,4 2,2
Ruw zilver	3,4	150	0,51	3,4	150	0,51
Afvoer slib naar AVI	78	150	11,7	14	150	2,1
Afvoer slib naar stort	0	40	0	64	40	2,56
Chemicaliën Van Vlodrop (1)	0,85	75	0,06	0,85	75	0,06
Chemicaliën VVM (2)	0,01	75	0	0,01	75	0
Poederkool VVM	0,5	300	0,15	0,5	300	0,15
Chemicaliën smeltoven (3)	1,9	75	0,14	1,9	75	0,14
AVI-vliegas	2,3	130 (4)	0,30	0,3	130 (4)	0,04
rookgasreinigingsresidu	61,2	50	3,06	0	50	0
NaOH AVI (20%)	173,4	75	13	0	75	0
NH <sub>4</sub> OH (25%)	0,015	75	0	0,004	75	0
Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI	1,45	50 (land) 600 (water)	0,07 0,87	0	50 (land) 600 (water)	0 0
Afdekzand (stort rookgasreinigingsresidu)	45,9	35 (land) 50 (water)	1,61 2,30	0	35 (land) 50 (water)	0 0
Afvoer AVI-slak	28,3	75	2,12	4,1	75	0,31
Vermeden zand	28,3	35 (land) 50 (water)	0,99 1,42	4,1	35 (land) 50 (water)	0,14 0,21

(1) Het betreft hier NaOH (0,014 kg), Na<sub>2</sub>S (0,11 kg), Zepen (0,014 kg) en Citroenzuur (0,71 kg)

(2) Het betreft hier NaOH (0,007 kg), FeCl<sub>3</sub> (0,003); zaagsel is buiten beschouwing gelaten en poederkool apart vermeld

(3) Het betreft hier NaOH

(4) Inclusief aanvoer cement voor de immobilisatie (zie proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## 5.5 Verbruik energie

### Energieverbruik verwerking fixeer

Het energieverbruik per ton fixeer is bepaald op basis van energiegegevens van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999b) en kerncijfers van VVM (VVM, 2000).

De elektrolyse van zwart-wit fga kost 6,22 kWh elektriciteit per ton. Dit betreft een mengsel van fixeer en ontwikkelaar, ongeveer 1:1. De ontwikkelaar wordt toegevoegd ter correctie van de pH. Vanwege de lage zilverconcentratie vindt geen ontzilering van ontwikkelaar plaats in de elektrolyse. Daarom wordt het energieverbruik geheel toegerekend aan het fixeer. Dit resulteert in een elektriciteitsverbruik van 12,4 kWh per ton fixeer. De ultramembraanfiltratie (UF) van zwart-wit baden verbruikt 26,9 kWh elektriciteit per ton en 13,1 MJ energie per ton voor de verwarming van het spoelwater.



Het elektriciteitsverbruik voor de verwerking van het afvalwater bij VVM bestaat uit de volgende posten (gegevens per ton afvalwater; VVM, 2000):

Zeefbandpers: 0,15 kWh

Blowers bioloog: 1,5 kWh

Kamerfilterpers: 0,11 kWh

Persluchtgebruik: 3,5 kWh

In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 0,992 ton permeaat (hoeveelheid per ton fixeer) 5,3 kWh.

Volgens recente informatie van VVM (VVM, 2001) is het energieverbruik van de voorverdampers en de indampers samen 0,4 ton stoom per ton Fga, hetgeen overeenkomt met 357 MJ. Op basis van gegevens van VVM (VVM, 2000) verbruikt de indampers 0,25 ton stoom per ton afvalwater, oftewel 223 MJ per ton. Voor 0,992 ton Fga is dit dus 221 MJ.

#### Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

Het ruwe zilver uit de elektrolyse en het sulfideslib worden in een smeltoven opgewerkt. Op basis van recente gegevens van Argentia (Argentia, 2001) is het verbruik van de zilversmeltoven bepaald op 4,09 kWh per kg elektrolytisch zilver en 16,4 kWh per kg chemisch zilver (zie voor berekening paragraaf 6.5). Aangenomen is dat het sulfideslib wat betreft het energieverbruik vergelijkbaar is met chemisch zilver bij Argentia. Op basis van deze gegevens en de hoeveelheden van 3,4 kg ruw elektrolytisch zilver en 5,5 kg sulfideslib per ton fixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik  $4,09 \times 3,4 + 16,4 \times 5,5 = 104$  kWh per ton fixeer.

Het residu uit de voorverdampers (VVM) wordt afgevoerd ter verbranding in een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%). De netto elektriciteitsproductie bedraagt gemiddeld 22% van de calorische waarde.

Bij gebrek aan specifieke kennis op dit punt wordt aangenomen dat voor het residu het verbruik voor het voeden van de AVI (mengen en handling) niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van het slib wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton slib als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton slib. Voor een ton fixeer (0,061 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 3,1 kWh. In de gevoeligheidsanalyse toch storten slib betreft het 14 kg dat naar de AVI gaat ofwel een verbruik van 0,7 kWh. In beide gevallen is het zaagsel niet meegeteld omdat er vanuit gegaan is dat regulier verwerking vergelijkbare effecten met zich mee brengt.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstopen afval. Voor het slib wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (aannee o.b.v. de calorische waarde van het residu van de voorverdampers bij VVM; Aerts, 2000). Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat het residu nog een werkelijke bijdrage levert aan de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van het residu, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan het residu toegerekend op

basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 4 GJ/ton, 0,061 ton slib per ton (excl. zaagsel) z/w-fixeer en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 17,6 kWh elektriciteit per ton z/w-fixeer op.

Tabel 5.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton z/w-fixeer

	normaal	storten slibben	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	3,1	0,7	3,1
productie (kWh/ton)	0	0	17,6

Bovenstaande hoeveelheden energie behoeven dus niet m.b.v. primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. De vermeden milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van de primaire brandstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met database in SimaPro.

Met behulp van de proceskaarten uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 5.3b weergegeven.

Tabel 5.3b; Energie verwerking AVI-reststoffen (normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang in kg per ton z/w-fixeer	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton z/w-fixeer
Immobilisatie vliegias: elektriciteit	2,3 / 0,3	5,2 kWh	0,01 / 0 kWh
Stort vliegias: diesel	2,3 / 0,3	87 MJ	0,20 / 0,03 MJ
Stort rookgasreinigingsresidu: diesel	61,2/0	105 MJ	6,43/ 0 MJ

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is aangenomen dat de slibstromen uit de bioloog en de indamper worden gestort, samen 0,064 ton per ton fixeer. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Per ton fixeer is dit dus 3,8 MJ.

Het verzadigde kool uit het kooladsorptieproces wordt geregenereerd. Dit kost 25 MJ elektriciteit per kg kool (Chemviron, 1999). Voor de verwerking van fga wordt 0,5 kg kool per ton gebruikt (VVM, 2000). Dit resulteert in een elektriciteitsverbruik van 12,5 MJ per ton zwart/wit-fixeer.

#### Energieverbruik nuttige toepassing

Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrengen van regulier ophoogmateriaal.

Aangenomen is dat het energieverbruik bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 5.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking fixeer

Voor de elektrolyse van het z/w-fixeer worden geen bedrijfsmiddelen gebruikt.

Voor de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie worden de volgende hoeveelheden bedrijfsmiddelen per ton fixeer verbruikt (Van Vlodrop, 2000):

Natronloog (33%):	0,014 kg
Natriumsulfide (40%):	0,11 kg
Zepen:	0,014 kg
Citroenzuur:	0,71 kg
Water:	75 liter

Het bedrijfsmiddelenverbruik voor de zuivering van het permeaat bedraagt (VVM, 2000; TNO, 2000):

Natronloog (33%):	0,007 kg
FeCl <sub>3</sub> :	0,003 kg
Poederkool:	0,5 kg
Zaagsel:	17 kg
Flocculant:	0,0001 kg

### Bedrijfsmiddelenverbruik reststoffen

De rookgasreiniging van de smeltoven verbruikt natronloog: 0,22 m<sup>3</sup> per ton verwerkt ruw zilver (zie toelichting paragraaf 6.6). Voor de 3,4 kg ruw zilver en 5,5 kg sulfideslib uit fixeer is dit 1,9 liter natronloog.

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt NaOH (20%), Ca(OH)<sub>2</sub> en ammoniak (25% NH<sub>4</sub>OH). De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbanden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van fixeer (zie tabel 2.1) en het gebruikte AVI-model (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is het verbruik van natronloog en kalk te berekenen en dit komt op 173,kg respectievelijk 1,45kg per ton fixeer. Op basis van de aanname dat de halogenen en het zwavel in het fixeer geheel in het residu van de indamper komen (zie paragraaf 5.2), en overwegende dat de loog- en kalkgebruik van een AVI primair wordt bepaald door de hoeveelheden af te vangen halogenen en zwavel, wordt het toe te rekenen gebruik in de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib" voor beide bedrijfsmiddelen nul.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (0,061 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 8,8 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 15 gram per ton fixeer. In de gevoeligheidsanalyse "storten slib" betreft het 0,014 kg slib dat nog naar de AVI gaat, corresponderend met 2 g NO<sub>x</sub> en 3,5 g NH<sub>4</sub>OH (25%) per ton fixeer

De geproduceerde vlieggas wordt na immobilisatie gestort, en daarvoor is cement nodig en wel 100 kg per ton. Het rookgasreinigingsresidu wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van de proceskaarten in achtergronddocument A1 bij MER-LAP is voor het storten van rookgasreinigingsresidu per ton 3,3 kg big-bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Dit is voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "stort slib" uitgewerkt in tabel 5.4.

Tabel 5.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI (normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang reststroom in kg per ton z/w-fixeer	Hoeveelheid in kg per ton reststof	Hoeveelheid per ton z/w-fixeer (kg)
Immobilisatie vliegas - cement	2,3 / 0,3	100	0,23 / 0,03
Storten rookgasreinigingsresidu - big-bags - PE - zand	61,2/0	3,3 1,3 750	0,202/ 0 0,08 / 0 46,05 / 0

#### Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij de nuttige toepassing van AVI-slak worden geen (extra) bedrijfsmiddelen verbruikt.

### **5.7 Emissies naar lucht**

#### Emissies verwerking beekfixeer

Bij op- en overslag en verwerking van z/w-fixeer bij Van Vlodrop treden emissies naar lucht op. Het betreft hier met name emissies van ammoniak en azijnzuur. De maximale totale emissies voor het bedrijf zijn 0,53 ton/jaar ammoniak en 0,39 ton/jaar azijnzuur (Van Vlodrop, 1999). Er kan aangenomen worden dat de helft van de verwerkte hoeveelheid vloeibaar fga uit z/w-fixeer bestaat (6250 ton jaar), dat deze afvalstoffen - gelet op hun samenstelling - verantwoordelijk zijn voor deze emissies, en dat de emissies uit fixeer en bleekfixeer vergelijkbaar zijn (dit is aannemelijk gezien de vergelijkbare aanwezige concentraties). Dit resulteert in de volgende emissies:

- 0,085 kg ammoniak/ton z/w-fixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton z/w-fixeer.

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>/ton afvalwater, op basis van een maximale emissie van 400 g/uur, 16 uur/dag en 300 m<sup>3</sup> afvalwater per dag (VVM, 2001b). Deze waarde is ook aangehouden voor de fga-stromen, en dus ook voor z/w-fixeer.

Bij de indamping van het afvalwater (bij VVM) zullen bepaalde componenten meeverdampen met het water. Voorzover deze niet in de condensor weer condenseren, worden deze behandeld in de biologische zuivering (VVM, 2000). De emissies naar de lucht zijn verwaarloosbaar.

#### Emissies verwerking reststoffen

Het ruwe zilver wordt opgewerkt in een smeltoven bij Drijfhout. Het sulfideslib wordt opgewerkt in een smeltoven bij JBR. Voor beide smeltovens is als referentie-installatie de smeltoven van Argentia genomen.

De gassen uit de zilversmeltoven bestaan in hoofdzaak uit een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen zoals chloride, bromide, ammoniak, zwaveldioxide, zware metalen en stof. De gassen worden via een puntafzuiging naar de gaswasinstallatie geleid.

In opdracht van Argentia heeft Tauw metingen verricht (Tauw, 2000). De gemiddelde gemeten concentraties staan weergegeven in tabel 5.5. Deze zijn, uitgaande van het gegeven debiet (4.100 m<sup>3</sup>/hr) en de capaciteit van de smeltoven van 96 kg/uur (Argentia, 2000) omgerekend naar mg/kg verwerkt ruw zilver. Op basis van de verwerkte hoeveelheid van 8,9 kg ruw zilver/sulfideslib per ton z/w-fixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 5.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

Component	Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> )	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)
Ag	8,20 E-01	3,1 E+02
Cd	2,00 E-03	7,6 E-01
Cr	4,00 E-03	1,5 E+00
Ni	1,33 E-03	5,1 E-01
Stof	1,47 E+01	5,6 E+03
HCl	5,77 E+00	2,2 E+03
HBr	1,00 E+00	3,8 E+02
SO <sub>x</sub>	3,87 E+00	1,5 E+03
NH <sub>3</sub>	4,00 E+00	1,5 E+03

#### Emissies verbranding residu in een AVI

Verbranding van het residu uit de voorverdamer (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht.

Van belang hierbij is de samenstelling van het slib, en hiervoor is het volgende relevant:

- De calorische waarde van de slibben uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten aan zware metalen die per ton z/w-fixeer in het te verbranden slib terechtkomen, is van het volgende uitgegaan. De zware metalen worden voor het overgrote deel in de sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie uit het fga verwijderd. Naar schatting wordt minstens 90% van de zware metalen verwijderd, voor chroom is dit circa 50% (Van Vlodrop, 2001). De overblijvende metaalconcentraties in het permeaat (dat naar VVM wordt afgevoerd) zijn in tabel 5.6 weergegeven. Aangenomen wordt dat alle metalen uit het permeaat in het residu terechtkomen.
- Zoals in paragraaf 5.2 reeds aangegeven wordt voor de halogenen en het zwavel aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het permeaat volledig in de slibstromen terechtkomen. Deze componenten zullen vooral in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Deze worden dus geheel toegerekend aan het slib van de indamper.
- Voor de overige componenten wordt aangenomen dat deze vrijwel geheel via het permeaat in het residu terechtkomen. Hierbij is dus uitgegaan van de waarden in fixeer (zie tabel 2.1 samenstelling). Van de organische stoffen wordt bovendien aangenomen dat deze zich evenredig zullen verdelen over de slibstromen (de calorische waarde is hetzelfde voor de slibstromen).

Tabel 5.6; Componenten in permeaat en in slibstromen

Component	Concentratie in permeaat (mg/l)	Vracht in slibstromen (g/ton z/w-fixeer)
Ag	1	1
Cd	0,5	0,5
Co	0,5	0,5
Cr	2,5	2,5
Cu	0,5	0,5
Hg	0,5	0,5
Mn	0,5	0,5
Ni	0,5	0,5
Pb	0,5	0,5
Zn	0,5	0,5
Cl	2 E+03	2 E+03
S	7 E+04	7 E+04
C	1,5 E+04	1,5 E+04

Op basis van de calorische waarde van het residu, de vrachten zware metalen, chloor en zwavel en de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies bij verbranding vastgesteld. Een overzicht van de emissies staat in tabel 5.7.

Tabel 5.7; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

Component	Emissies naar lucht (mg/ton z/w-fixeer)	
	normaal	storten slib
Ag	0,7	0,7
Cd	2,5	2,5
Co	0,3	0,35
Cr	1,7	1,7
Cu	0,3	0,35
Hg	14,9	14,9
Mn	0,3	0,35
Ni	0,3	0,35
Pb	0,3	0,35
Zn	0,3	0,35
HCl	4000	-
SO <sub>2</sub>	420000	-
NO <sub>x</sub>	8780	2020
NH <sub>3</sub>	440	100
CO <sub>2</sub>	5,5*E+07	5,5*E+07
CO	2930	670
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	730	170
TCDD TEQ	7,32*E-06	1,68*E-06
fijn stof	460	120

(\*) In geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.

### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## **5.8 Emissies naar water**

### Emissies verwerking z/w-fixeer

Het spoelwater van de reiniging van UF-membranen wordt na zuivering door middel van ultramembraanfiltratie geloosd op de RWZI. De hoeveelheid spoelwater is 35 liter per ton behandeld fga. De emissies naar het water zijn bepaald op basis van de concentraties in het spoelwater zoals gegeven in de vergunningaanvraag van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999) en de rendementen van de RWZI (zie tabel 4.2). Een en ander is weergegeven in tabel 5.8.

Tabel 5.8; Emissies naar water door spoelwater na reiniging in RWZI

Component	Concentratie in spoelwater (mg/l)	Zuiveringsrendement (%)	Emissies (mg/ton z/w-fixeer)
Ag	5 E-01	75	4,4 E+00
Cd	1,85 E-03	72	1,8 E-02
Cr	1,65 E-01	89	6,4 E-01
Cu	3,05 E-01	92	8,5 E-01
Hg	1,65 E-02	91	5,2 E-02
Ni	1,05 E-02	46	2,0 E-01
Pb	1,05 E-01	91	3,3 E-01
Zn	1,35 E-01	75	1,2 E+00
CZV	9,80 E+03	90	3,4 E+04
N-kjeldahl	3,30 E+02	89	1,3 E+03

De emissies naar water na de afvalwaterbehandeling bij VVM staan weergegeven in tabel 5.9 (TNO, 2000). De cijfers betreffen algemene emissiecijfers voor het hele bedrijf. Omdat echter geen naar afvalstroom gedifferentieerde cijfers bekend zijn, zijn deze cijfers gebruikt voor de z/w-fixeerstroom.

Tabel 5.9; Emissies door lozing na afvalwaterbehandeling VVM

Component	Emissie (mg/ton afvalwater)
Zwevend stof	9,10 E+03
Chloride	2,88 E+04
Zwavel	2,82 E+02
CZV	1,72 E+05
BZV	3,72 E+03
N-kjeldahl	3,51 E+05
Fosfaat	2,21 E+03

### Emissies verwerking reststoffen

Bij het smeltproces treden geen emissies naar water op. De gaswasvloeistof van de smeltoven bij Argentia wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering. Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## **5.9 Emissies naar bodem**

Bij de stort van AVI-vliegas en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-rookgasreinigingsresidu wordt aangenomen dat geen uitloging plaatsvindt vanwege het storten in big-bags met extra afdekhoes waardoor water niet bij het materiaal kan komen. Op basis van de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu. Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 5.10.

Vanwege de aanname dat de zware metalen met name in het fysisch-chemisch slib terechtkomen zullen in het geval alleen dit slib wordt verbrand en het slib uit bioloog/indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) de emissies van de metalen niet anders zijn. Gezien de aanname over halogenen en zwavel zullen de emissies daarvan in dit geval verwaarloosbaar zijn.

Tabel 5.10; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

Component	Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton fixeer)		
	Slak	Vliegas	Totaal
Ag	0,43	0,14	0,56
Cd	0,12	0,22	0,35
Co	0,21	0,14	0,35
Cr	1,06	0,34	1,40
Cu	0,21	0,07	0,28
Hg	0,00	0,02	0,02
Mn	0,21	0,07	0,28
Ni	0,21	0,07	0,28
Pb	0,21	0,07	0,28
Zn	0,21	0,07	0,28
Cl	55565	12723	68288 (*)
SO4	1391565	153076	4633924 (*)

(\*) In geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.



In het kader van een gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van stort van slib uit de biooog en de indamper. Vanwege het feit dat de zware metalen voor het overgrote deel in de voorgaande stappen (sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie en fysisch/chemische zuivering) zijn verwijderd, zijn de gehalten in het te storten slib beperkt en daarmee ook de uitloging naar de bodem. Wel zullen emissies van halogenen en zwavel kunnen optreden. Hier zijn echter geen gegevens over beschikbaar (leemte in kennis)

### 5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door de terugwinning van zilver zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Per ton z/w-fixeer wordt in totaal 3 kg zilver (2,9 via elektrolyse en 0,1 via sulfideslib) teruggewonnen. Daarmee wordt de productie van deze hoeveelheid zilver bespaard.

Met de toepassing van AVI-slak, te weten 28,3 kg/ton fixeer in de normale situatie en 4,1 kg in het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib", wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

### 5.11 Finaal afval

In tabel 5.11 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In de proceskaarten voor de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.2) zijn per ton fixeer de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 5.11; Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton fixeer (kg)	
	normaal	storten slib
Slib biooog/indamper	0	64
AVI-vliegas	3,3 (1)	0,4 (1)
AVI-rookgasreinigingsresidu	61,4	0

(1) 2,3 resp. 0,3 kg vliegas geeft 3,3 resp. 0,4 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

### 5.12 Kennisleemten

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- De milieu-ingrepen van verwerking van het sulfideslib bij JBR. In dit MER is de smeltoven van Argentia als referentie genomen.
- De milieu-ingrepen bij VVM zijn voor het hele bedrijf gegeven. Bij VVM worden ook andere afvalwaterstromen verwerkt. Niet duidelijk is wat de specifieke bijdrage is van Fga.
- De verdeling van de verschillende componenten over de slibstromen die vrijkomen bij VVM en daarmee de daaruit volgende milieu-ingrepen zoals emissies bij verbranding of bij stort.
- De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.

## **6. Alternatief ZWF-2; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + indamping + AVI**

### **6.1 Procesbeschrijving**

Referentiebedrijven zijn voor de elektrolyse Argentia en voor de fysisch/chemisch/biologische zuivering VVM.

#### A. Aanvoer z/w-fixeer

Er zijn verschillende inzamelpunten voor fga verspreid over het hele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een belangrijke rol. De z/w-fixeer wordt per vrachtwagen aangevoerd.

#### B. Elektrolytische ontzilvering

Fixeerbaden bevatten een relatief hoog zilveragehalte en worden ontzilverd door middel van elektrolyse. De te ontzilveren vloeistof wordt op de juiste pH gebracht m.b.v. natronloog (of zwavelzuur). Bij z/w-fixeer wordt ook natriumbisulfiet toegevoegd ter verbetering van de kwaliteit en het rendement van het teruggewonnen zilver. De elektrolyse vindt zowel batchgewijs als continu plaats. Het zilver in oplossing slaat tijdens het elektrolyseproces als metallisch zilver neer op de kathode en wordt verzameld door dit van de elektrode af te slaan. Het zilveragehalte van de ontzilverde vloeistof is in ieder geval kleiner dan 50 mg/l.

De elektrolytisch ontzilverde fixeerbaden worden afgevoerd naar Verbrugge Ve rstraete Milieu (VVM) voor fysisch/chemische en biologische zuivering.

#### C. Opwerking zilver en afvoer zilver en slak

Het zilverhoudende slib uit de elektrolyse wordt verwerkt in smeltovens (temperatuur circa 1300 °C) voor de opwerking van zilver. Als eindproduct wordt 99,95% zuiver zilver verkregen.

De vrijkomende gassen worden afgezogen en naar een gaswasinstallatie geleid. Aan de wasvloeistof wordt natronloog toegevoegd voor de regeling van de pH (nodig vanwege de aanwezigheid van zwavelhoudende componenten). De gaswasvloeistof wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering.

De slak, waarin zich nog resten zilver bevinden, wordt naar een edelmetaalbedrijf afgevoerd.

#### D. Nuttige toepassing zilver en slak

Het zilver (99,95% zuiver) wordt nuttig toegepast ter vervanging van primair zilver. De slak wordt verwerkt in een edelmetaalbedrijf (Union Miniere), waar de laatste resten zilver worden teruggewonnen. De overblijvende slak wordt als bouwstof toegepast.

#### E. Fysisch/chemische en biologische zuivering (VVM) en afvoer slib

Indien de concentratie aan zware metalen in zwart-wit baden na de eerste fase ontzilvering te hoog is ( $Ag > 5 \text{ mg/l}$ ) wordt eerst een electroflocculatie en/of chemische precipitatie, door toevoeging van natriumsulfide, voorgeschakeld om de restconcentratie te verminderen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamfilterpers (tot 40% droge stof) en afgevoerd voor verbranding.

De baden worden vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. De eerste stap betreft de behandeling in het monozeefkoolfilter. Hierbij worden grote organische en metaalhoudende organische complexbinders aan het kool gebonden. Het kool wordt bij verzadiging geregenereerd en opnieuw gebruikt.

De vloeistof wordt vervolgens fysisch/chemisch gezuiverd d.m.v. flocculatie en flotatie. Als hulpstoffen worden natronloog, ijzerchloride en flocculant gebruikt. Hier vindt een verdere verwijdering van (on)opgeloste deeltjes plaats. Het slib wordt ontwaterd m.b.v. een zeefbandpers tot een droge stofgehalte van circa 35%<sup>3</sup>, waarna het gezamenlijk met het biologische slib wordt afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Hierna volgt de biologische (aërobe) zuivering, waarbij organische stoffen onder toevoer van zuurstof verder worden afgebroken en slib wordt afgescheiden. Voor biologische zuivering wordt een Sequential Batch Reactor (SBR) toegepast die geschikt is voor hoogbelaste stromen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamerfilterpers tot een droge stofgehalte van circa 40%<sup>3</sup> en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Het gezuiverde water wordt vervolgens naar de drietrapsverdamper geleid waar extra zuivering plaatsvindt.

#### F. Indamping (VVM) en afvoer slib

Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en het condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties. Het verdampen vindt plaats bij 70-85 °C en een onderdruk van 0,3 tot 0,6 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een watteringpomp, waarvoor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering ingeleid. Deze functioneert als gaswasser. Het condensaat wordt opnieuw in het proces van VVM ingezet of indien geen (schoon) proceswater nodig is, via de biologische zuivering van een buurbedrijf geloosd op oppervlaktewater. Het residu uit de verdampingsinstallatie wordt steekvast gemaakt door toevoeging van zaagsel<sup>3</sup> en afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

#### G. Verbranding slib/residu (AVI)

De slibstromen van VVM worden verbrand in een AVI. In een AVI wordt het afval gehomogeniseerd en daarna in een roosteroven gebracht. Hierin bewegen roosters onder een hellend vlak, waarbij het afval op een zodanige snelheid wordt getransporteerd dat een zo volledig mogelijke verbranding plaatsvindt. Aan het eind van het rooster blijven slakken over die worden opgewerkt, zodat ze voor nuttige toepassing geschikt zijn. De rookgassen worden gereinigd en gekoeld, waarbij energie wordt teruggewonnen in de vorm van elektriciteit en nuttig toepasbare stoom. Bij de reiniging ontstaat vliegias en rookgasreinigingsresidu.

Afhankelijk van de samenstelling kunnen de slibstromen uit de biooog en de indamper worden gestort in plaats van verbrand. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is deze optie meegenomen. Hierbij is uitgegaan van een C3-stort.

#### H. Afvoer en nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

---

<sup>3</sup> Recent zijn enkele proceswijzigingen tot stand gekomen, met name in de ontwatering van de slibstromen, waarbij hogere droge stofgehalten worden bereikt. Het residu uit de drietrapsverdamper wordt nu behandeld op een roterend vacuümfilter in plaats van opgemengd met zaagsel. De wijzigingen betekenen een sterke vermindering van de af te voeren hoeveelheden. Omdat specifieke gegevens over deze wijzigingen niet meer verwerkt konden worden, is uitgegaan van het oude proces.

### I. Afvoer en stort AVI-vliegas en -rookgasreinigingsresidu

AVI-vliegas wordt geïmmobiliseerd bij de VBM en het immobilisaat wordt gestort. AVI-rookgasreinigingsresidu wordt in big-bags gestort.

### 6.2 Massabalans

Tabel 6.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton z/w-fixeer bij Argentia (elektrolyse) en VVM (fysisch/chemisch en biologische zuivering). Op basis van cijfers van Argentia voor het jaar 2000 kunnen de volgende hoeveelheden worden bepaald. Uit de behandeling van 4.600 ton zilverhoudende fotobaden (m.n. z/w-fixeer) is 18 ton elektrolytisch ruw zilver (85% zuiver) teruggewonnen (Argentia, 2001). Gemiddeld is dit 3,9 kg per ton z/w-fixeer. In MER-LAP wordt echter, ten behoeve van de vergelijkbaarheid tussen alternatieven, uitgegaan van de samenstelling zoals weergegeven in tabel 2.1, te weten een gemiddelde concentratie van 3 g zilver per liter z/w-fixeer. Uitgaande van de eindconcentratie (na ontzilvering) van 0,05 g/l, is de hoeveelheid teruggewonnen zilver 2,95 kg (uit 3,4 kg ruw zilver) per ton z/w-fixeer.

De totale hoeveelheid slak uit de smeltoven bedroeg in 2000 circa 5 ton op een totale verwerkte hoeveelheid ruw zilver van 115 ton (Argentia, 2001). Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer is dit dus 0,15 kg slak.

Bij de behandeling van het ontzilverde fixeer bij VVM komen slibstromen vrij. Door VVM zijn voor de slibstromen gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000):

- 0,044 ton uit sulfideprecipitatie/electroflocculatie;
- 0,014 ton uit FFU;
- 0,004 ton uit bioloog;
- 0,043 ton uit indamper (met toevoeging 17 kg zaagsel: 0,060 ton).

Van deze waarden is uitgegaan voor z/w-fixeer.

Tabel 6.1: Massabalans verwerking zwart/wit-fixeer bij Argentia en VVM

<b>ARGENTIA</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Z/w-fixeer	1	
<b>OUTPUT</b>		
Zilver	0,0029	Nuttige toepassing
Slak	0,00015	Edelmetaalbedrijf
Ontzilverd bad	0,997	Zuivering (VVM)
<b>VVM</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Ontzilverd bad	0,997	
Zaagsel	0,017	
<b>OUTPUT</b>		
Slibben	0,122	Verbranding AVI (of stort)
Afvalwater	0,890	Lozing

Voor de hoeveelheden AVI-reststoffen die ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbanden fracties terechtkomen. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 6.6) en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt dat per ton slib 61,6 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Gezien het C-gehalte van z/w-fixeer (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof anorganisch materiaal is dat terechtkomt in de reststoffen. De totale droge stof hoeveelheid van de slibstromen is bepaald op basis van droge stofgehalten maal hoeveelheden slib:  $0,40 \cdot 0,044 + 0,35 \cdot 0,014 + 0,40 \cdot 0,004 + 0,65 \cdot 0,043 = 0,052$ . In totaal betekent dit dus 46,8 kg assen, verdeelt over 43,3 kg slak en 3,5 kg vliegas.

In het geval van stort van slib uit de biooog en de indamper (gevoeligheidsanalyse) is de te verbranden droge stof hoeveelheid  $0,40 \cdot 0,044 + 0,35 \cdot 0,014 = 0,023$  ton en opnieuw uitgaande van 90% anorganisch levert dit 20,7 kg as en dus 19,2 kg slak en 1,5 kg vliegas. Voor de bepaling van de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu is van belang te weten hoe met name de vracht aan zwavel zich verdeelt over de drie slibstromen (zwavel bepaalt voor een groot deel de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu door vorming van  $\text{CaSO}_4$ ). Voor de zowel de halogenen als het zwavel wordt aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het permeaat volledig in de slibstromen terechtkomen, en dat deze componenten vooral in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Zij worden dus geheel toegerekend aan het residu uit de indamper. Concreet betekent dit dat in de gevoeligheidsanalyse, waarbij deze slibstroom wordt gestort, de bijdrage van fixeer aan de vorming van rookgasreinigingsresidu in de AVI vrijwel nihil zal zijn. In de LCA wordt uitgegaan van een bijdrage van 0.

### 6.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag bij Argentia voor de vloeistofopslag en de elektrolyse/ontzilvering is 1348 m<sup>2</sup>, respectievelijk 125 m<sup>2</sup>. Het gebruik van de elektrolyse/ontzilvering is, afgemeten aan de hoeveelheid zilver, ongeveer half/half verdeeld over film en fotobaden. De verwerkte hoeveelheid fotobaden is circa 9 kton per jaar (Argentia, 2001). Op basis hiervan kan een ruimtebeslag voor opslag en ontzilvering worden berekend van  $(1348 + 0,5 \cdot 125) / 9000 = 0,16$  m<sup>2</sup>\*jr per ton z/w-fixeer.

Het ruimtebeslag van de zilversmelterij bij Argentia is 141 m<sup>2</sup> en de verwerkte hoeveelheid ruw zilver is 115 ton/jaar (Argentia, 2001). Dit resulteert in een ruimtebeslag van 1,2 m<sup>2</sup>\*jr per ton verwerkt ruw zilver. Per ton z/w-fixeer ontstaat in totaal 0,0034 ton ruw zilver dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,004 m<sup>2</sup>\*jr/ton z/w-fixeer.

De afvalwaterverwerkingsinstallatie bij VVM heeft een oppervlakte van ongeveer 10.000 m<sup>2</sup>. In totaal wordt circa 300 m<sup>3</sup> per dag, oftewel 110 kton per jaar aan afvalwater verwerkt. Dit resulteert in een ruimtebeslag van circa 0,09 m<sup>2</sup>\*jr per ton afvalwater. Aangenomen is dat dit tevens het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer is.

Verbranding in een AVI (oppervlak 2 ha, doorzet 450.000 ton per jaar) leidt per ton afval tot een fysiek ruimtebeslag van 0,044 m<sup>2</sup>\*jr. De hoeveelheid te verwerken slib is 0,105 ton per ton fixeer, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,005 m<sup>2</sup>\*jr per ton fixeer. Hierbij is het toegevoegde zaagsel buiten beschouwing gelaten, omdat wordt aangenomen dat reguliere verwerking van deze afvalstroom vergelijkbare milieu-ingrepen met zich meebrengt. In het geval slib uit de biooog en

de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,058 ton te verbranden slib met een bijbehorend ruimtebeslag van 0,003 m<sup>2</sup>/jr per ton fixeer.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen. AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Voor AVI-vliegase en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer op 0,034 m<sup>2</sup>/jr (3,5 kg vliegase) en 0,862 m<sup>2</sup>/j (61,6 kg rookgasreinigingsresidu). In het geval slib uit de biooog en de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,015 m<sup>2</sup>/jr (1,5 kg vliegase) en 0 m<sup>2</sup>/j (geen toerekening van rookgasreinigingsresidu). In deze gevoeligheidsanalyse wordt voor de bepaling van het ruimtebeslag ten gevolge van het storten van het slib (gevoeligheidsanalyse) wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m en een soortelijke massa van 1 ton/m<sup>3</sup>. Voor de 0,064 ton per ton fixeer te storten slib (inclusief bijgemengd zaagsel) resulteert dit over de te beschouwen periode van 100 jaar in een ruimtebeslag van 0,427 m<sup>2</sup>/j.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van zilvere en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

#### 6.4 Transport

Het transport van fga en hulpstoffen naar Argentia wordt beschouwd, alsmede het transport van reststoffen en producten van het fga-verwerkingsproces. De te vervoeren producten en reststoffen zijn per ton fixeer:

- 0,997 ton ontzilverde bad naar VVM;
- 0,122 ton slib van VVM naar AVR en in het kader van gevoeligheidsanalyse 0,058 ton slib van VVM naar AVR en 0,064 ton slib naar stort.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Het ontzilverde bad wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van de afstand vanaf een willekeurige plaats in Nederland, dus van 150 km heen en terug.

Voor de aanvoer van zaagsel (is afvalstof) wordt er van uitgegaan dat het transport naar de verwerker en het daardoor vermeden transport bij reguliere verwerking elkaar zullen opheffen. Zaagsel komt op veel plaatsen vrij en zal in beide gevallen in de regio worden afgezet.

De slibben van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd naar de AVR. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. Voor de transportafstand naar de AVR wordt 150 km genomen op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie in Nederland. Voor de transportafstand van VVM naar de stort is uitgegaan van 40 km op basis van 11-15 C3-stortplaatsen in Nederland.

Voor het transport van de AVI-reststoffen en het vermeden transport van zand vanwege de nuttige toepassing van AVI-slak wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.3).

Tabel 6.2: Overzicht transportafstanden

Materiaal	normaal			stort slib		
	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf
Aanvoer z/w-fixeer	1000	150	150	1000	150	150
Ontzilverd bad (naar VVM)	997	150	149,6	997	150	149,6
Afvoer slib naar AVI	122	150	18,3	58	150	8,7
Afvoer slib naar stort	0	40	0	64	40	2,56
Chemicaliën elektrolyse (1)	2,6	75	0,20	2,6	75	0,20
Chemicaliën VVM (2)	20,01	75	1,50	20,01	75	1,50
Poederkool VVM	0,5	300	0,15	0,5	300	0,15
Chemicaliën smeltoven (3)	0,74	75	0,06	0,74	75	0,06
AVI-vliegas	3,5	130 (4)	0,46	1,5	130 (4)	0,20
rookgasreinigingsresidu	61,6	50	3,08	0	50	0
NaOH AVI (20%)	174,5	75	13,09	0	75	0
NH <sub>4</sub> OH (25%)	0,026	75	0	0,014	75	0
Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI	1,46	50 (land) 600 (water)	0,07 0,88	0	50 (land) 600 (water)	0 0
Afdekszand (stort rookgasreinigingsresidu)	46,2	35 (land) 50 (water)	1,62 2,31	0	35 (land) 50 (water)	0 0
Afvoer AVI-slak	43,3	75	3,25	19,2	75	1,44
Vermeden zand	43,3	35 (land) 50 (water)	1,52 2,17	19,2	35 (land) 50 (water)	0,67 0,96

(1) Het betreft hier NaOH

(2) Het betreft hier NaOH (0,007 kg), FeCl<sub>3</sub> (0,003), flocculant (0,0001 + 5 kg) en Na<sub>2</sub>S (15 kg); zaagsel is buiten beschouwing gelaten en poederkool apart vermeld

(3) Het betreft hier NaOH

(4) Inclusief aanvoer cement voor de immobilisatie (zie proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## 6.5 Energie

### Energieverbruik verwerking fixeer

Het energieverbruik bij Argentia is bepaald op basis van door het bedrijf geleverde gegevens (Argentia, 2001) over het jaar 2000. In de geleverde informatie is een schatting gemaakt van de verdeling van het totale gas- en elektriciteitsverbruik over de verschillende processen.

Het elektriciteitsverbruik van de elektrolyse van ingezamelde vloeistoffen over 2000 is bepaald op 197.000 kWh/jaar. Op basis van de hoeveelheid verwerkte zilverhoudende baden (z/w-fixeer) in 2000 van 4.600 ton, is het verbruik 42,8 kWh per ton z/w-fixeer.

Het elektriciteitsverbruik voor het smelten van elektrolytisch en chemisch ruw zilver afkomstig van ingezamelde vloeistoffen en film, bedraagt in 2000 188.000 kWh/jaar. In 2000 is 38 ton elektrolytisch zilver (18 ton afkomstig van fotobaden en 20 ton afkomstig van film) en 2 ton chemisch zilver verwerkt, afkomstig van ingezamelde vloeistoffen en film. Uitgaande van het gegeven dat het energieverbruik voor het zuiveren van chemisch zilver circa viermaal zo hoog is als voor elektrolytisch zilver (Argentia, 2001), is het verbruik 4,09 kWh/ton elektrolytisch zilver en

16,4 kWh/ton chemisch zilver. Op basis van de hoeveelheid van 3,4 kg elektrolytisch ruw zilver per ton z/w-fixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik 13,9 kWh/ton z/w-fixeer.

Het elektriciteitsverbruik voor de verwerking van het afvalwater bij VVM bestaat uit de volgende posten (gegevens per ton afvalwater) (VVM, 2000):

Electroflocculatie: 80 kWh  
Zeefbandpers: 0,15 kWh  
Blowers bioloog: 1,5 kWh  
Kamerfilterpers: 0,11 kWh  
Persluchtgebruik: 3,5 kWh

In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 0,995 ton afvalwater (hoeveelheid per ton zwart/wit-fixeer) 85 kWh.

Volgens recente informatie van VVM (VVM, 2001) is het energieverbruik van de voorverdamer en de indamper samen 0,4 ton stoom per ton Fga, hetgeen overeenkomt met 357 MJ. Op basis van gegevens van VVM (VVM, 2000) verbruikt de indamper 0,25 ton stoom per ton afvalwater, oftewel 223 MJ per ton. Voor 0,997 ton Fga is dit dus 222 MJ.

#### Energieverbruik verwerking reststoffen

Bij de behandeling van het afvalwater bij VVM ontstaan slibstromen die worden afgevoerd ter verbranding in een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%). De netto elektriciteitsproductie bedraagt gemiddeld 22% van de calorische waarde.

Bij gebrek aan specifieke kennis op dit punt wordt aangenomen dat voor het residu het verbruik voor het voeden van de AVI (mengen en handling) niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van het slib wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton slib als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton slib. voor een ton fixeer (0,105 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 5,3 kWh. In de gevoeligheidsanalyse toch storten slib betreft het 58 kg dat naar de AVI gaat ofwel een verbruik van 1,4 kWh. In beide gevallen is het zaagsel niet meegeteld omdat er vanuit gegaan is dat regulier verwerking vergelijkbare effecten met zich mee brengt

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoffen afval. Voor het slib wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (aannee o.b.v. de calorische waarde van het residu van de voorverdamer bij VVM; Aerts,2000). Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat het residu nog een werkelijke bijdrage levert een de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van het residu, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan het residu toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 4 GJ/ton, 0,058 ton slib per ton z/w-fixeer en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 16,7 kWh elektriciteit per ton z/w-fixeer op.



Tabel 6.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton z/w-fixeer

	normaal	storten slibben	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	5,3	1,4	5,3
productie (kWh/ton)	0	0	16,7

Bovenstaande hoeveelheid energie behoeft dus niet m.b.v. primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. De vermeden milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van de primaire brandstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database.

Met behulp van de proceskaarten uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 6.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 6.3b weergegeven.

Tabel 5.3b; Energie verwerking AVI-reststoffen (normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang in kg per ton z/w-fixeer	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton z/w-fixeer
Immobilisatie vliegias: elektriciteit	3,5 / 1,5	5,2 kWh	0,02 / 0,01 kWh
Stort vliegias: diesel	3,5 / 1,5	87 MJ	0,30 / 0,13 MJ
Stort rookgasreinigingsresidu: diesel	61,6 / 0	105 MJ	6,47 / 0 MJ

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is aangenomen dat de slibstromen uit de bioloog en de indamper worden gestort, samen 0,064 ton per ton fixeer. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Per ton fixeer is dit dus 3,8 MJ.

Het verzadigde kool uit het kooladsorptieproces wordt geregenereerd. Dit kost 25 MJ elektriciteit per kg kool (Chemviron,1999). Voor de verwerking van fga wordt 0,5 kg kool per ton gebruikt (VVM, 2000). Dit resulteert in een elektriciteitsverbruik van 12,5 MJ per ton zwart/wit-fixeer.

#### Energieverbruik nuttige toepassing

Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrenge van regulier ophoogmateriaal.

Aangenomen wordt dat het energieverbruik bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 6.6 Bedrijfsmiddelen

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking fixeer

Bij de ontzilvering van fotobaden worden natronloog en zwavelzuur gebruikt voor de pH-correctie. Natronloog wordt tevens gebruikt in de rookgasreiniging van de smeltoven. Van deze hulpstoffen verbruikt Argentia de volgende totale hoeveelheden (Argentia, 2001):

Natronloog: 50 m<sup>3</sup>/jaar

Zwavelzuur: 22 m<sup>3</sup>/jaar

Aangenomen is dat t.b.v. de elektrolytische ontzilvering van z/w-fixeer voornamelijk natronloog wordt verbruikt en voor de chemische ontzilvering van o.a. ontwikkelaar zwavelzuur. Voor z/w-fixeer wordt derhalve geen zwavelzuur als bedrijfsmiddel in rekening gebracht. Verder is wegens gebrek aan gegevens hierover aangenomen dat het natronloogverbruik gelijk is verdeeld over elektrolyse en rookgasreiniging.

Het elektrolytisch ontzilverde z/w-fixeer wordt gebruikt voor de ontzilvering van film, waarna het weer elektrolytisch wordt ontzilverd. De toerekening van het natronloogverbruik aan z/w-fixeer en film is gedaan op basis van de hoeveelheid verkregen zilver, te weten 18 ton afkomstig van z/w-fixeer en 20 ton afkomstig van film (Argentia, 2001). Voor z/w-fixeer betekent dit een verbruik van 12 m<sup>3</sup> voor 4600 ton baden. Dit is 2,6 liter per ton.

In 2000 is in de smeltoven 115 ton ruw zilver verwerkt, hetgeen resulteert in een verbruik aan natronloog van  $25/115 = 0,22$  m<sup>3</sup> per ton ruw zilver. Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer is dit dus 0,74 liter.

Het bedrijfsmiddelenverbruik voor de zuivering van het permeaat bedraagt (VVM, 2000; TNO, 2000):

Natronloog (33%):	0,007 kg
FeCl <sub>3</sub> :	0,003 kg
Poederkool:	0,5 kg
Zaagsel:	17 kg
Flocculant:	0,0001 kg

Indien ook electroflocculatie/sulfideprecipitatie wordt toegepast wordt tevens per ton afvalwater verbruikt

Flocculant	5 kg
Na <sub>2</sub> S (40%)	15 kg

Voor z/w-fixeer is (in dit geval 0,997 ton ontzilverd fixeer) is van deze waarden uitgegaan.

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt NaOH (20%), Ca(OH)<sub>2</sub> en ammoniak (25% NH<sub>4</sub>OH). De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbanden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van fixeer (zie tabel 2.1) en het gebruikte AVI-model (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is het verbruik van natronloog en kalk te berekenen en dit komt op 174,5 kg respectievelijk 1,46 kg per ton fixeer. Op basis van de aanname dat de halogenen en het zwavel in het fixeer geheel in het residu van de indamper komen (zie paragraaf 6.2), en overwegende dat de loog- en kalkgebruik van een AVI primair wordt bepaald door de hoeveelheden af te vangen halogenen en zwavel, wordt het toe te rekenen gebruik in de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib" voor beide bedrijfsmiddelen nul.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (0,105 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 15,1 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 26 gram per ton fixeer. In de gevoeligheidsanalyse "storten slib" betreft het 0,058 kg slib dat nog naar de AVI gaat, corresponderend met 8,4 g NO<sub>x</sub> en 14,4 g NH<sub>4</sub>OH (25%) per ton fixeer

De geproduceerde vliegashoudende stof wordt na immobilisatie gestort, en daarvoor is cement nodig en wel 100 kg per ton. Het rookgasreinigingsresidu wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van de proceskaarten in achtergronddocument A1 bij MER-LAP is voor het storten van rookgasreinigingsresidu per ton 3,3 kg big-bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Dit is voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "stort slib" uitgewerkt in tabel 6.4.

Tabel 6.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI (normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang reststroom in kg per ton z/w-fixeer	Hoeveelheid in kg per ton reststof	Hoeveelheid per ton z/w-fixeer (kg)
Immobilisatie vliegashoudende stof - cement	3,5 / 1,5	100	0,35 / 0,15
Storten rookgasreinigingsresidu - big-bags - PE - zand	61,6 / 0	3,3 1,3 750	0,20 / 0 0,08 / 0 46,2 / 0

#### Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij de nuttige toepassing van AVI-slak worden geen (extra) bedrijfsmiddelen verbruikt.

## **6.7 Emissies naar lucht**

### Emissies verwerking zwart/wit-fixeer

Bij de elektrolyse ontstaan emissies van o.a. HCN, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, formaldehyde, azijnzuur en amines. De lucht boven de elektrolyse wordt afgezogen. Uit metingen aan deze bron blijken de emissies hiervan zeer gering te zijn vanwege het lage afgasdebiet (Argentia, 2000). Omdat kwantitatieve gegevens ontbreken zijn de emissiecijfers van Van Vlodrop genomen (het gaat hierbij om vergelijkbare processen van op- en overslag en ontzilvering). Deze emissies zijn:

- 0,085 kg ammoniak/ton z/w-fixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton z/w-fixeer.

De gassen uit de zilversmeltoven bestaan in hoofdzaak uit een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen zoals chloride, bromide, ammoniak, zwaveldioxide, zware metalen en stof. De gassen worden via een puntafzuiging naar de gaswasinstallatie geleid.

In opdracht van Argentia heeft Tauw metingen verricht (Tauw, 2000). De gemiddelde gemeten concentraties staan weergegeven in tabel 7.5. Deze zijn, uitgaande van het gegeven debiet (4.100 m<sup>3</sup>/hr) en de capaciteit van de smeltoven van 96 kg/uur (Argentia, 2000) omgerekend naar mg/kg verwerkt ruw zilver. Op basis van de verwerkte hoeveelheid van 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 6.5.

Tabel 6.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

Component	Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> )	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)
Ag	8,20 E-01	1,2 E+02
Cd	2,00 E-03	2,9 E-01
Cr	4,00 E-03	5,8 E-01
Ni	1,33 E-03	1,9 E-01
Stof	1,47 E+01	2,1 E+03
HCl	5,77 E+00	8,4 E+02
HBr	1,00 E+00	1,5 E+02
SO <sub>x</sub>	3,87 E+00	5,6 E+02
NH <sub>3</sub>	4,00 E+00	5,8 E+02

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>/ton afvalwater, op basis van een maximale emissie van 400 g/uur, 16 uur/dag en 300 m<sup>3</sup> afvalwater per dag (VVM, 2001b). Deze waarde is ook aangehouden voor de fga-stromen, en dus ook voor z/w-fixeer.

Bij de indamping van het afvalwater (bij VVM) zullen bepaalde componenten meeverdampen met het water. Voorzover deze niet in de condensor weer condenseren, worden deze behandeld in de biologische zuivering (VVM, 2000). De emissies naar de lucht zijn verwaarloosbaar.

#### Emissies verwerking reststoffen

Verbranding van het residu uit de voorverdamer (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht.

Van belang hierbij is de samenstelling van het slib, en hiervoor is het volgende relevant:

- De calorische waarde van de slibben uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten aan zware metalen die per ton z/w-fixeer in het te verbranden slib terechtkomen, is uitgegaan van de samenstelling van ontzilverd zwart/wit-fixeer, d.w.z. fixeer met een zilveragehalte van 50 mg/l. Aangenomen is dat alle zware metalen hieruit in het slib terechtkomen en wel vrijwel geheel in de slibstromen van de fysisch/chemische reiniging.
- Zoals in paragraaf 6.2 reeds aangegeven wordt voor de halogenen en het zwavel aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het ontzilverd fixeer volledig in de slibstromen terechtkomen. Deze componenten zullen vooral in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Deze worden dus geheel toegerekend aan het slib van de indamper.
- Voor de overige componenten wordt aangenomen dat deze vrijwel geheel in het slib terecht komen. Hierbij is dus uitgegaan van de waarden in fixeer (zie tabel 2.1 samenstelling). Van de organische stoffen wordt bovendien aangenomen dat deze zich evenredig zullen verdelen over de slibstromen (de calorische waarde is hetzelfde voor de slibstromen).

Tabel 6.6; Componenten in permeaat en in slibstromen

Component	Concentratie in ontzilverd fixeer (mg/l)	Vracht in slibstromen (g/ton z/w-fixeer)
Ag	50	50
Cd	5	5
Co	5	5
Cr	5	5
Cu	5	5
Hg	5	5
Mn	5	5
Ni	5	5
Pb	5	5
Zn	5	5
Cl	2000	2000
S	70000	70000
C	15000	15000

Op basis van de calorische waarde van het residu, de vrachten zware metalen, chloor en zwavel en de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies bij verbranding vastgesteld. Een overzicht van de emissies staat in tabel 5.7.

Tabel 6.7; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

Component	Emissies naar lucht (mg/ton z/w-fixeer)	
	normaal	storten slib uit bioloog en indamper
Ag	34,9	34,9
Cd	24,93	24,93
Cr	3,49	3,49
Co	3,49	3,49
Cu	3,49	3,49
Hg	149,55	149,55
Mn	3,49	3,49
Ni	3,49	3,49
Pb	3,49	3,49
Zn	3,49	3,49
HCl	3988	-
SO <sub>2</sub>	418740	-
NO <sub>x</sub>	15120	8350
NH <sub>3</sub>	760	420
CO <sub>2</sub>	5,5*E+07	5,5*E+07
CO	5040	2780
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	1260	700
TCDD TEQ	1,26*E-05	6,96*E-06
fijn stof	980	640

(\*) In geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.

### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## **6.8 Emissies naar water**

### Emissies verwerking z/w-fixeer

Bij elektrolyse en bij het smeltproces treden geen emissies naar water op. De gaswasvloeistof van de smeltoven wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering.

De emissies naar water na de afvalwaterbehandeling bij VVM staan weergegeven in tabel 6.8 (TNO, 2000). De cijfers betreffen algemene emissiecijfers voor het hele bedrijf. Omdat echter geen naar afvalstroom gedifferentieerde cijfers bekend zijn, zijn deze cijfers gebruikt voor de z/w-fixeerstroom.

Tabel 6.8; Emissies door lozing na afvalwaterbehandeling VVM

Component	Emissie (mg/ton afvalwater)
Zwevend stof	9,10 E+03
Chloride	2,88 E+04
Zwavel	2,82 E+02
CZV	1,72 E+05
BZV	3,72 E+03
N-kjeldahl	3,51 E+05
Fosfaat	2,21 E+03

### Emissies verwerking reststoffen

Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

## **6.9 Emissies naar bodem**

Bij de stort van AVI-vliegas en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-rookgasreinigingsresidu wordt aangenomen dat geen uitloging plaatsvindt vanwege het storten in big-bags met extra afdekhoes waardoor water niet bij het materiaal kan komen. Op basis van de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu. Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 6.10.

Vanwege de aanname dat de zware metalen met name in het fysisch-chemisch slib terechtkomen zullen in het geval alleen dit slib wordt verbrand en het slib uit bioloog/indamper wordt gestort (gevoelighedsanalyse) de emissies van de metalen niet anders zijn. Gezien de aanname over halogenen en zwavel zullen de emissies daarvan in dit geval verwaarloosbaar zijn.

Tabel 6.10; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

Component	Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton fixeer)		
	Slak	Vliegas	Totaal
Ag	21,32	6,83	28,15
Cd	1,25	2,24	3,49
Co	2,13	1,37	3,50
Cr	2,13	0,68	2,81
Cu	2,13	0,68	2,81
Hg	0,00	0,25	0,25
Mn	2,13	0,68	2,81
Ni	2,13	0,68	2,81
Pb	2,13	0,68	2,81
Zn	2,13	0,68	2,81
Cl	55732	12762	68494 (*)
SO4	4187295	460614	4647909 (*)

(\*) In geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van stort van slib uit de bioloog en de indamper. Vanwege het feit dat de zware metalen voor het overgrote deel in de voorgaande stappen (sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie en fysisch/chemische zuivering) zijn verwijderd, zijn de gehalten in het te storten slib beperkt en daarmee ook de uitloging naar de bodem. Wel zullen emissies van halogenen en zwavel kunnen optreden. Hier zijn echter geen gegevens over beschikbaar (leemte in kennis).

### 6.10 Uitgespaarde winning/productie grond-/brandstoffen

Door de terugwinning van zilver zijn er vermeden emissies door uitgespaarde winning en productie van zilver. Per ton fixeer wordt 2,95 kg zilver teruggewonnen. Daarmee wordt de productie van deze hoeveelheid zilver bespaard.

Met de toepassing van AVI-slak, te weten 43,3 kg/ton fixeer in de normale situatie en 19,2 kg in het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib uit bioloog en verdamper", wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

### 6.11 Finaal afval

In tabel 6.11 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In de proceskaarten voor de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 6.2) zijn per ton fixeer de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 6.11; Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton fixeer (kg)	
	normaal	storten slib
Slib bioloog/indamper	0	64
AVI-vliegas	5,1 (1)	2,2 (1)
AVI-rookgasreinigingsresidu	61,6	0

(1) 3,5 resp. 1,5 kg vliegas geeft 5,1 resp. 2,2 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## **6.12 Kennisleemten**

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- De milieu-ingrepen bij VVM zijn voor het hele bedrijf gegeven. Bij VVM worden ook andere afvalwaterstromen verwerkt. Niet duidelijk is wat de specifieke bijdrage is van Fga.
- De verdeling van de verschillende componenten over de slibstromen die vrijkomen bij VVM en daarmee de daaruit volgende milieu-ingrepen zoals emissies bij verbranding of bij stort.
- De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.



## 7. Alternatief ZWF-3; fysisch-chemische zuivering + pyrolyse + verglazing

### 7.1 Procesbeschrijving

De installatie van Edelchemie te Panheel is als referentie-installatie gehanteerd.

#### A. Aanvoer z/w-fixeer

De z/w-fixeer wordt per vrachtwagen aangevoerd.

#### B. Fysisch-chemische zuivering

De fixeerstroom worden vermengd met een deel van de ontwikkelaarstromen (circa 25% van de ontwikkelaar). Het mengsel wordt fysisch-chemisch gezuiverd in een ONO-installatie. Eerst vindt neutralisatie plaats met kalk tot een pH van 6-8. Daarna wordt een natrium(-poly-)sulfide oplossing gedoseerd om de aanwezige zware metalen neer te slaan (precipitatie). Het verkregen sulfideslib wordt gedeeltelijk ontwaterd en vervolgens in de pyrolyse-oven verwerkt. Een deel van de vloeistof wordt gebruikt voor de aanmaak van gaswasvloeistof; de rest van de vloeistof wordt in de pyrolyse-oven gebracht.

#### C. Ontzwaveling/aanmaak gaswasvloeistof

Een deel van de vloeistof uit de ONO-behandeling wordt gebruikt voor de aanmaak van gaswasvloeistof. Reden hiervoor is dat de ammoniakverbindingen in het fga resulteren in een reductie van stikstofdioxide.

Door toevoeging van zuur en kalkmelk ontstaat ontsulfateringsgips (zwavelhoudend slib). Na ontwatering wordt dit slib opgeslagen in afwachting van afvoer. In dit MER wordt uitgegaan van verwerking van het slib in de cementindustrie. In een gevoeligheidsanalyse wordt de optie van stort meegenomen.

Uiteindelijk ontstaat een vloeistof die ingezet wordt als gaswasvloeistof.

#### D. Pyrolyse/verbranding

Het sulfideslib en een deel van de vloeistof (deel dat niet als gaswasvloeistof wordt gebruikt) uit de ONO-behandeling worden verwerkt door een combinatie van pyrolyse en verbranding in een kameroven. De oventemperatuur bedraagt 1000-1450 °C.

De pyrolyse betreft een batchgewijs procédé met een ovenlading bestaande uit energierijke en -arme componenten. Een ovenlading heeft een totaalgewicht van 20 tot 50 ton en ziet er globaal als volgt uit:

- |  |                  |
|--|------------------|
| ▪ Goed brandbaar materiaal zoals vast filmafval      | 20-40%           |
| ▪ Papier en ander slechts matig brandbaar afval      | 30-50% (50% fga) |
| ▪ Slurries uit gaswassing en sulfideslib             | 10-20% (20% fga) |
| ▪ Verpakkingsmateriaal, pallets, shredderafval, etc. | 10-20% (10% fga) |

De totale ovenlading bestaat voor circa 50% uit fga (vloeibaar en vast), de rest is ander afval. De gemiddelde energie-inhoud van de ovenlading is 12 MJ/kg en het gehele proces duurt enkele dagen. Na circa 2 dagen gaat het pyrolyseproces langzaam over in het verbrandingsproces door geleidelijk luchtzuurstof toe te laten. Dan worden de vloeistoffen ingespoten zoals ontwikkelaar, gaswasvloeistof en vloeistof uit de ONO-behandeling.

Rookgassen worden afgezogen en de overgebleven assen/slakken met metaaloxiden, silicaten, sulfaten, halogenen, etc. worden ingezet in het verglazingsproces (smeltoven).

De bij de pyrolyse/verbranding gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps gaswasinstallatie. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en de uit het fga gemaakte gaswasvloeistof. De derde trap bevat een venturiwasser, druppelvanger en expansievat. De afgassen worden gezuiverd van vliegias, dampvormige metaalverbindingen, zwaveldioxide, stikstofoxiden, halogeniden en koolmonoxide. De ontstane neerslag wordt weer in de pyrolyse-oven verwerkt. De vloeistof wordt weer als geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

#### E. Verglazing in smeltoven

De assen/slakken afkomstig van het pyrolyseproces worden gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilialpeter, borax en glas) en via een lopende band in een smelt/verglazingsoven gebracht en verhit tot 1500 °C. Verwarming vindt plaats met restbrandstoffen (huisbrandolie) en een methanol-water mengsel. Door de verhitting wordt een metaallegering gevormd met hierop een slaklaag. De slaklaag wordt regelmatig afgetapt, gekoeld en gebroken. Daarna wordt het opgeslagen op het terrein ter verwerking.

De metaallegering wordt ongeveer elke 14 dagen afgetapt en tot anoden gegoten, die naar de elektrolyse-afdeling gaan voor verdere bewerking.

De bij het verglazingsproces gevormde rookgassen worden gereinigd m.b.v. een 3-traps gaswasinstallatie (analoog aan de gaswassing van de pyrolyse-oven).

#### F. Verwerking en zeven slak

De slak wordt op het terrein opgeslagen en ondergaat een verweringsproces, waarbij een afslibbaar product ontstaat bestaande uit metaalsulfiden. Na 6-12 maanden wordt de slak gewassen en gezeefd. Het slib wordt weer toegevoegd aan het te verglazen mengsel in de smeltoven. Het gezeefde product, synthetisch obsidiaan (= vulkanisch gesteente), wordt uiteindelijk opgeslagen in afwachting van nuttige toepassing. Het totale verweringsproces duurt 1 à 2 jaar.

#### G. Afvoer en nuttige toepassing

Het verglazingproduct obsidiaan kan nuttig worden toegepast als grindervanger in de bereiding van betonproducten of als bouwgrondstof. Vanwege de onzekerheid over de kwaliteit wordt in een gevoeligheidsanalyse uitgegaan van stort.

#### H. Elektrolyse en zuivering elektrolyet

De metaallegering (anodes) die ontstaat gedurende het verglazingsproces bevat circa 70% zilver, 20% lood en verder koper, nikkel, chroom, ijzer en andere metalen. De anodes worden met behulp van elektrolyse (met zilvernitraat als elektrolyet) opgelost, waarbij het elektrolyet steeds rijker wordt aan koper-lood-nikkel-chroom-ijzer-nitraat en binnen de anodefilters een onoplosbare slurry ontstaat. Het zilver slaat neer op de kathodes. Het ontstane NO<sub>x</sub> wordt afgezogen naar de gaswassing van de verbrandingsovens.

Het zilver wordt periodiek verwijderd en in smeltkroezen gesmolten. De slurry wordt in de smeltoven verwerkt. Het vervuilde elektrolysebad wordt eerst d.m.v. pH-correctie, waarbij metaalhydroxiden of -sulfaten neerslaan, en daarna m.b.v. natriumsulfide, waarbij metaalsulfiden neerslaan, ontdaan van metalen. De overblijvende vloeistof wordt gebruikt voor menging met de gaswasvloeistof of wordt ingespoten in de verbrandingsoven.

De metaalhydroxiden en -sulfaten worden afgevoerd ter nuttige toepassing. Het sulfideslib wordt in de pyrolyse ingebracht.

## I. Afvoer en nuttige toepassing metalen

Zilver, loodsulfaat, koper- en nikkelhydroxide worden afgevoerd ter nuttige toepassing.

### **7.2 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 z/w-fixeer. In de tabel is ook de bestemming aangegeven.

Edelchemie verwerkt naast fga ook andere afvalstromen. In totaal verwerkt het bedrijf ongeveer 12.000 ton, waarvan 5.000 ton baden, 4.500 ton materiaal zoals papier en film en 2.500 ton overig materiaal. De hoeveelheden geproduceerde producten en reststoffen, emissies en gebruikte energie en hulpstoffen zijn voor het hele bedrijf gegeven. Voor de toerekening van deze hoeveelheden aan de ingaande stromen zijn conform het TNO-rapport "Emissieprofielen Gevaarlijk Afval" (TNO, 2000) twee benaderingen gekozen:

- 1) In de normale beschrijving (allocatiemethode 1) is er geen onderscheid gemaakt tussen de afvalstoffen. De uitgaande stromen en milieu-ingrepen zijn verdeeld over de 12.000 ton input aan afvalstromen. Hierbij zijn alleen de gebruikte afvalolie en methanol als brandstof (hulpstof) beschouwd.
- 2) Als gevoeligheidsanalyse "alles alloceren aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2) wordt het afval dat als brandstof in de pyrolyse-ovens wordt ingezet (4.500 ton met name papier en film) wordt als hulpstof gezien. Dit houdt in dat de uitgaande stromen en milieu-ingrepen zijn toegerekend aan de overige 7.500 ton afval (dat voor ruim de helft uit vloeibaar fga bestaat).

Alleen de hoeveelheden zilver zijn in beide benaderingen volledig toegerekend aan de zilverhoudende fga-stromen op basis van de zilvergehaltenes.

Per ton z/w-fixeer met een zilvergehalte van 2 kg/ton wordt 1,91 kg teruggewonnen (TNO, 2000). Dit betekent een rendement van 95,5%. In dit MER wordt vanwege de vergelijkbaarheid voor alle verwerkingsalternatieven uitgegaan van een gehalte van 3 kg per ton z/w-fixeer (zie tabel 2.1). Dit resulteert in een hoeveelheid teruggewonnen zilver van circa 2,9 kg per ton z/w-fixeer.

In totaal ontstaan de volgende hoeveelheden producten/reststoffen (TNO, 2000):

- 21,7 ton lood (in de vorm van loodsulfaat)
- 6,5 ton koper (in de vorm van koperhydroxide)
- 1,9 ton nikkel (in de vorm van nikkelhydroxide)
- 500 ton obsidiaan
- 400 ton ontsulfateringsslib

In de massabalans zijn de hoeveelheden per ton fga gegeven voor de twee bovengenoemde allocatiemethoden.

Tabel 7.1; Massabalans z/w-fixeer verwerking Edelchemie

	Hoeveelheid (ton) per ton verwerkt z/w-fixeer		Bestemming
	normaal (allocatiemethode 1)	gev. anal. "alles op vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)	
<b>INPUT</b>			
Z/w-fixeer	1	1	
<b>OUTPUT</b>			
Zilver	0,0029	0,0029	Nuttige toepassing
Obsidiaan	0,042	0,067	Nuttige toepassing (stort)
Lood	0,0018	0,0029	Nuttige toepassing
Koper	0,00054	0,00087	Nuttige toepassing
Nikkel	0,00016	0,00025	Nuttige toepassing
Ontsulfateringsslib	0,033	0,053	Cementindustrie (stort)

### 7.3 Ruimtebeslag

Edelchemie heeft een verhard oppervlak van 3,5 ha en een totale capaciteit van 20.000 ton afval per jaar (Edelchemie, 2000). Ongeveer de helft van het verwerkte afval betreft fga. In het geval van de eerste allocatiemethode is het ruimtebeslag 1,75 m<sup>2</sup>\*j per ton afval, in dit geval z/w-fixeer. In het geval van de tweede allocatiemethode worden milieu-ingrepen toegerekend aan 7500/12000 deel van het verwerkte afval en is het ruimtebeslag dus 2,8 m<sup>2</sup>\*j per ton z/w-fixeer.

### 7.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van z/w-fixeer en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting. De te vervoeren producten en reststoffen zijn obsidiaan, ontsulfateringsslib, zilver, hulpstoffen en metalen.

Voor het transport van het fga naar de verwerker wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Voor de toepassing van het obsidiaan als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak, zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water). Uitgegaan is van vrachten van circa 20 ton.

Het ontsulfateringsslib (sulfaatslib) wordt per vrachtauto afgevoerd naar de cementindustrie. Uitgegaan wordt van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar de cementindustrie wordt uitgegaan van 300 km (heen en terug), op basis van de gemiddelde afstand van een willekeurige locatie in Nederland tot een willekeurige cementoven (Nederland, Duitsland, België).

In het geval van stort van obsidiaan en ontsulfateringsslib (sulfaatslib) is, uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Tabel 7.2; Overzicht transport

Materiaalstroom	omvang (kg)		Afstand (km)		Tonkilometers (tkm/ton)		
	normaal en toch storten	allocatie methode 2	normaal en allocatie methode 2	toch storten	normaal	toch storten	allocatie methode 2
Aanvoer z/w-fixeer	1000	1000	150	150	150	150	150
Afvoer obsidiaan	42	67	75	40	3,2	1,7	5,0
Kalk	4	6,4	50 (land) 600 (water)	50 (land) 600 (water)	0,2 2,4	0,2 2,4	0,32 3,9
Bedrijfsmiddelen (1)	25,8	41,2	75	75	1,94	1,94	3,09
Afvoer sulfaatslib	33	53	300	40	9,9	1,3	16
Vermeden grind	42	67	35 (land) 50 (water)	0 0	1,47 2,1	0 0	2,3 3,4

1) Som van salpeterzuur, ammoniak, natriumsulfide, chilisalpeter, borax en afvalglas (zie tabel 7.3)

## 7.5 Energie

### Energieverbruik verwerking z/w-fixeer

Het fga verwerkingsinstallatie van Edelchemie verbruikt energie, te weten in totaal:

- elektriciteit: 3960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg (TNO, 2000)) wordt ingezet in de smeltoven. De methanol (24,3 MJ/kg (TNO, 2000)) wordt ingezet in de smeltoven en voor een deel ook in de pyrolyse. Afhankelijk van de allocatiemethode is het elektriciteitsverbruik per ton fga 330 MJ (normaal; allocatiemethode 1) of 528 MJ (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) en het brandstoffenverbruik 2410 MJ (normaal; allocatiemethode 1) of 3850 MJ (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Daar als brandstoffen echter afvalstoffen worden ingezet, wordt zij niet in rekening gebracht<sup>4</sup>.

### Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat de toepassing van zilver, overige metalen en sulfaatslib geen extra energieverbruik met zich meebrengt t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Per ton z/w-fixeer ontstaat afhankelijk van de allocatiemethode 42 kg (normaal; allocatiemethode 1) of 67 kg (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) obsidiaan, en moet dus gerekend worden met een energieverbruik van 1,9 kWh, respectievelijk 3,0 kWh.

4 Hier wordt afgeweken van Emissieprofielen (TNO, 2000) waar wel de emissies uit deze brandstoffen aan fga werden toegerekend maar niet de bijbehorende energie-effecten (wel de lasten maar niet de lusten). Verwerking van de betreffende brandstoffen elders had zowel tot emissies als tot energieopbrengst geleid. Hier is er voor gekozen om beide effecten wel aan fga toe te rekenen of (zie paragraaf 7.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

### Energieverbruik verwerking reststoffen

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor 0,042 ton obsidiaan en 0,033 ton sulfaatslib betekent dit een energieverbruik van 2,5 MJ en 2,0 MJ.

## **7.6 Bedrijfsmiddelen**

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking z/w-fixeer

De inrichting van Edelchemie verbruikt diverse bedrijfsmiddelen. De totaal verbruikte hoeveelheden (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton z/w-fixeer bij de verschillende allocatiemethoden staan weergegeven in tabel 7.3. In de gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2) wordt ook de 4.500 ton in de pyrolyse ingezette papier en film als hulpstof beschouwd. Voor afvalglas en papier/film worden echter geen milieu-ingrepen door productie toegerekend, omdat het afvalstoffen betreft.

Tabel 7.3; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van z/w-fixeer

	Totaal verbruik (ton/jaar)	Verbruik (kg per ton z/w-fixeer) allocatiemethode 1	Verbruik (kg per ton z/w-fixeer) allocatiemethode 2
Water	17.000	1420	2270
Kalk	48	4	6,4
Salpeterzuur	65	5,4	8,7
Ammoniak	66	5,5	8,8
Natriumsulfide	46	3,8	6,1
Chilisalpeter	51	4,3	6,8
Borax	30	2,5	4,0
Afvalglas	10	0,83	1,33
Papier, film	4.500	-	600

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse "toch storten") worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

### Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen wordt dat voor de nuttige toepassing van zilver, overige metalen, obsidiaan en sulfaatslib geen extra bedrijfsmiddelen worden ingezet t.o.v. de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 7.7 Emissies naar lucht

### Emissies verwerking z/w-fixeer

De bij de pyrolyse/verbranding en bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, koolmono- en dioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie, waarbij ook een gedeelte van het ontzilverde vloeibare fga als reinigingsvloeistof wordt gebruikt. Reden hiervoor is dat de ammoniakverbindingen in het fga resulteren in een reductie van stikstofoxiden. Door toevoeging van kalkmelk aan de gaswasvloeistof ontstaat een sulfaatslib die wordt afgevoerd naar de cementindustrie.

Voor de emissies naar de lucht is uitgegaan van de cijfers uit (TNO, 2000). Deze zijn gebaseerd op metingen door de provincie en eigen opgaven van Edelchemie. De emissie van CO<sub>2</sub> ontbreekt in deze gegevens. Deze is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De totale energie-input is 7.000 ton brandbaar materiaal met een calorische waarde van 12 MJ/kg, is 84 TJ, plus 24,7 TJ afvalolie en 4,1 TJ methanol. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. De emissies per ton z/w-fixeer volgens de twee allocatiemethoden zijn weergegeven in tabel 7.4.

Tabel 7.4; Emissies naar lucht uit pyrolyse en smeltoven

Component	Emissies (mg/ton z/w-fixeer)	
	allocatiemethode 1	allocatiemethode 2
Ag	1,11 E+03 (1)	1,11 E+03 (1)
As	3,44 E+02	5,51 E+02
Cd	3,94 E+02	6,31 E+02
Co	1,94 E+02	3,11 E+02
Cr	4,25 E+03	6,80 E+03
Cu	2,05 E+03	3,28 E+03
Hg	9,92 E+01	1,59 E+02
Mn	3,60 E+03	5,76 E+03
Ni	1,80 E+03	2,88 E+03
Pb	2,67 E+04	4,27 E+04
Sb	1,41 E+03	2,25 E+03
Se	1,44 E+02	2,31 E+02
Sn	5,38 E+02	8,60 E+02
V	1,44 E+02	2,31 E+02
Zn	4,73 E+03	7,56 E+03
stof	1,72 E+06	2,75 E+06
HCl	5,29 E+04	8,47 E+04
HF	1,16 E+04	1,85 E+04
SO <sub>x</sub>	1,18 E+05	1,89 E+05
H <sub>2</sub> S	5,63 E+03	9,00 E+03
NO <sub>x</sub>	7,41 E+05	1,19 E+06
CO <sub>2</sub>	8,14 E+08	1,30 E+09
CO	6,62 E+05	1,06 E+06
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	1,57 E+05	2,51 E+05

1) De emissies van zilver zijn niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

### Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver, andere metalen en obsidiaan niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij toepassing van het sulfaatslib in een cementoven zullen vanwege de verontreinigende stoffen (met name zware metalen) emissies naar lucht optreden. Gelet op aard en samenstelling vervangt het slib in de cementoven de inzet van primair gips (en dus geen brandstof). Aangenomen is dat de vermeden emissies ten gevolge van dit gips verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de emissies van het sulfaatslib. Alleen de SO<sub>2</sub>-emissies zullen vergelijkbaar zijn; de emissies en vermeden emissies vallen voor deze stof dus tegen elkaar weg.

Op basis van de samenstellingsgegevens van ontsulfateringsgips (TNO, 2000) en de massabalans voor een cementoven (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies naar de lucht bepaald volgens de twee allocatiemethoden. Deze staan weergegeven in tabel 7.5. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Tabel 7.5 Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringslib in een cementoven

Component	Percentage van input naar lucht	normaal (allocatiemethode 1)		gevoeligheidsanalyse "alles toegerekend aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)	
		Input (mg/ton fixeer)	Emissie (mg/ton fixeer)	Input (mg/ton fixeer)	Emissie (mg/ton fixeer)
Ag	0,05	40.300 (1)	20 (1)	40.300 (1)	20 (1)
Cd	0,5	167	0,83	267	1,3
Cr	0,05	2.130	1,1	3.410	1,7
Cu	0,05	7.670	3,8	12.300	6,1
Hg	6	70	4,2	112	6,7
Mo	0,05	167	0,083	267	0,13
Ni	0,05	1.870	0,93	2.990	1,5
Pb	0,05	53.300	27	85.300	43
Sb	0,05	900	0,45	1.440	0,72
Sn	0,05	1330	0,67	2.130	1,1
Zn	0,05	17.700	8,8	28.300	14

1) De input van zilver naar sulfaatslib is niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

### **7.8 Emissies naar water**

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 7.6. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)<sup>5</sup> en zijn omgerekend naar mg/ton z/w-fixeer via de twee allocatiemethoden (normaal; allocatiemethode 1 en gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

5 Edelchemie heeft meer recente cijfers geleverd. Deze verschillen voor bepaalde componenten een factor 5 of 10 met de cijfers die door TNO zijn gebruikt, zonder dat de oorzaak hiervan duidelijk is. Daarom is er voor gekozen de TNO-cijfers te blijven gebruiken.



Tabel 7.6; Emissies naar water via lozing gaswasser op RWZI

Component	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)	
	normaal (allocatiemethode 1)	gevoeligheidsanalyse "alles toegerekend aan vloeibaar fga" (allocatiemethode 2)
Ag	4.700 (1)	4.700 (1)
Cd	34	54,7
Cr	465	744
Cu	537	859
Hg	3,08	4,93
Ni	1.960	3.130
Pb	4.830	7.730
Zn	1.670	2.670
SO <sub>4</sub>	5.410	8.650
CZV	969.000	1.550.000

1) De emissies van zilver zijn niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

#### Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies naar water bij de nuttige toepassing van zilver en andere metalen niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de toepassing van de overige metalen is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid (maar het betreft wel een leemte in kennis).

### **7.9 Emissies naar bodem**

#### Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissies vanuit de cement naar de bodem wanneer deze wordt toegepast. Uitlooggegevens onder praktijkcondities zijn niet bekend. Aangenomen mag worden dat de uitloging gering is omdat bij de cementproductie in feite sprake is van binding (immobilisatie) van de chemische componenten. Daarnaast geldt dat cement op diverse manieren wordt toegepast met een enorm scala aan producten die niet altijd aan uitloging worden blootgesteld. Derhalve wordt bodembelasting bij toepassing van cement in het kader van deze LCA als niet relevant beschouwd.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging" zal wel met een zekere bodembelasting worden gerekend gebaseerd op een diffusieproef op cementbeton (zie uitlogingspercentages in de proceskaart voor cement, achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Op basis van de massabalans van de cementoven en de input via het sulfaatslib zijn de fracties berekend die per component in het cement terechtkomen (zie achtergronddocument A1 van MER-LAP). Hieruit zijn met behulp van de uitlogingspercentages uit cement de emissies naar bodem berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 7.7.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton z/w-fixeer via de twee allocatiemethoden. De input van zilver is bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Tabel 7.7 Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

Component	Input in mg/ton fixeer (1)	Percentage van input naar cement	Percentage van cement naar bodem	Emissie in mg/ton fixeer
Ag	40.300 (2)	99,95	0,05	20 (2)
Cd	167	99,5	0,65	1,1
Cr	2.130	99,95	0,05	1,1
Cu	7.670	99,95	0,05	3,8
Hg	70	94	1,1	0,72
Mo	167	99,95	0,05	0,083
Ni	1.870	99,95	0,05	0,93
Pb	53.300	99,95	0,05	27
Sb	900	99,95	0,05	0,45
Sn	1330	99,95	0,80	11
Zn	17.700	99,95	0,05	8,8

(1) Uitgangspunt voor gevoeligheidsanalyses is allocatiemethode 1

(2) De input van zilver naar sulfaatslib is niet via een van de twee allocatiemethoden bepaald, maar o.b.v. de zilveragehalten in de fga-stromen

#### Emissies uit obsidiaan

Bij de toepassing van het synthetisch obsidiaan als bouwstof kunnen emissies naar bodem optreden. Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een thermische immobilisatie 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 van verglazingresiduen in de normale situatie op nul gesteld.

De uitloging uit obsidiaan is onderzocht (Witteveen en Bos, 1994). Uit kolomproeven is alleen de uitloging van antimoon en molybdeen aangetoond en lagen de waarden van de andere componenten onder de detectiegrens. Deze resultaten komen dus overeen met de algemeen in MER-LAP gehanteerde lijn dat verglaasde producten (vrijwel) geen uitloging vertonen. Voor z/w-fixeer is in dit kader ook nog relevant dat (zie tabel 2.1) Sb en Mo ook nog eens buiten beschouwing blijven bij gebrek aan informatie omtrent ingangconcentraties en andere emissies.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen, en wel op basis van beschikbaarheidstesten aan obsidiaan. In tabel 7.8 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton z/w-fixeer, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton z/w-fixeer. 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 milieu-effect zal zijn.

Tabel 7.8; Uitloging obsidiaan in gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

Component	Gehalte in obsidiaan (mg/kg)	Vracht in obsidiaan (mg/ton fga)	Beschikbaarheid (%)	Emissie naar bodem (mg/ton fga)
Ni	390	16380	2,4	393
Pb	1500	63000	0,04	25,2
Zn	3100	130200	5,3	6900
Sulfaat	90	3780	0,5	18,9

## 7.10 Uitgespaarde winning/productie grondstoffen

Door de terugwinning van zilver en andere metalen uit het fga, de toepassing van het verglaasd product (obsidiaan) als bouwstof of grindvervanger en de toepassing van het sulfaatslib in de cementindustrie wordt de winning/productie van primaire grondstoffen uitgespaard. Voor het obsidiaan wordt uitgegaan van de vervanging van grind als bouwstof. Voor het sulfaatslib wordt uitgegaan van de vervanging van gips. Op basis van een droge stofgehalte van 57% van het sulfaatslib (Witteveen en Bos, 1994) wordt gerekend met een vervangen hoeveelheid van  $0,57 \cdot 33 = 19$  kg (normaal; allocatiemethode 1) en  $0,57 \cdot 53 = 30$  kg (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). In tabel 7.9 staan de hoeveelheden weergegeven.

Tabel 7.9; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Soort	Hoeveelheid (kg/ton fga) allocatiemethode 1	Hoeveelheid (kg/ton fga) allocatiemethode 2
Zilver	2,9	2,9
Metalen		
Lood	1,8	2,9
Koper	0,54	0,87
Nikkel	0,16	0,25
Grind	42 (1)	67 (1)
Gips	19 (1)	30 (1)

1) in het geval van stort (gevoeligheidsanalyse) is de hoeveelheid nul.

## 7.11 Finaal afval

In het kader van een gevoeligheidsanalyse "toch storten" is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 7.10 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 7.10; Finaal afval

Te storten afval	Hoeveelheid (kg per ton z/w-fixeer)
Obsidiaan	42
Sulfaatslib	33

## 7.12 Kanttekeningen m.b.t. de balans en allocatievormen

Belangrijk om te realiseren is dat bij deze verwerkingsoptie er een groot aantal verschillende afvalstoffen samen in de installatie worden verwerkt, al dan niet als brandstof, en dus samen leiden tot emissies naar water bodem en lucht en tot verontreinigingen in de reststoffen. Zonder een gedegen kennis van de samenstelling van de verschillende afvalstromen en "afvalbrandstoffen" is het derhalve lastig te bepalen in hoeverre de gegevens die gelden voor de inrichting als geheel ook bruikbaar zijn voor de afvalstroom waar naar wordt gekeken, i.c. z/w-fixeer.

Een nadere analyse van de gegevens zoals die in dit hoofdstuk zijn afgeleid is gegeven in tabellen 7.11 (normaal; allocatiemethode 1) en 7.12 (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Hierbij geldt dat

- alles is gegeven in gram per ton z/w-fixeer;
- alles is teruggerekend naar de elementen (loodsulfaat naar lood, etc);
- in kolom 2 de ingangsamengstelling van tabel 2.1 is overgenomen;
- kolom 8 de som van de verschillende uitgaande stromen bevat; en
- in de laatste kolom de factor "som-uit/ingand" is gegeven.

Tabel 7.11; Balansoverzicht voor z/w-fixeer (normaal; allocatiemethode 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	input tabel 2.1	product par. 7.2	lucht tabel 7.4	naar slib tabel 7.5	water tabel 7.6	obsidiaan tabel 7.8	som uitgaand	uit/in
Ag	3000	2900	1,11	40,3	4,7		2946,11	1,0
Cd	5		0,394	0,167	0,034		0,60	0,12
Co	5		0,194				0,19	0,04
Cr	5		4,25	2,13	0,465		6,85	1,4
Cu	5	351,7	2,05	7,67	0,537		361,95	72
Hg	5		0,0992	0,07	0,00308	0,0083	0,18	0,04
Mn	5		3,6				3,6	0,72
Ni	5	104,2	1,8	1,87	1,96	16	125,84	25
Pb	5	1172,3	26,7	53,3	4,83	63	1320,14	264
Zn	5		4,73	17,7	7,67	130	160,10	32

Tabel 7.12; Balansoverzicht voor z/w-fixeer (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	input tabel 2.1	product par. 7.2	lucht tabel 7.4	naar slib tabel 7.5	water tabel 7.6	obsidiaan tabel 7.8	som uitgaand	uit/in
Ag	3000	2900	1,11	40,3	4,7		2946,11	1,0
Cd	5		0,631	0,267	0,0547		0,95	0,19
Co	5		0,311				0,31	0,06
Cr	5		6,8	3,41	0,744		10,95	2,2
Cu	5	566,6	3,28	12,3	0,859		583,05	117
Hg	5		0,159	0,112	0,00493	0,013	0,29	0,06
Mn	5		5,76				5,76	1,2
Ni	5	162,8	2,88	2,99	3,13	26	197,82	40
Pb	5	1888,7	4,27	85,3	7,73	100	2086,02	417
Zn	5		7,56	28,3	2,67	207	245,53	49

Uit deze tabellen blijkt dat er voor een aantal metalen veel meer het systeem verlaat dan er via z/w-fixeer in gaat, en dat dat met name geldt voor Cu, Ni en Pb waarvoor een hoeveelheid teruggewonnen metaal aan z/w-fixeer wordt toegerekend.

Zoals in paragraaf 7.2 reeds aangegeven is, analoog aan eerdere studies van TNO (TNO, 2000), primair gekozen voor het toerekenen van alle milieu-effecten van de inrichting aan het verwerkte fga. Dit betekent dus dat ook milieu-effecten die horen bij de verwerking van andere afvalstromen (en met name ook de afvalbrandstoffen hbo en methanol) aan fga toe te rekenen. Het gaat hierbij dan om zowel de emissies die dat met zich meebrengt als de productie van afzetbare metalen en secundaire energie. Het eerste effect (toerekenen van emissies) is vanuit het z/w-fixeer gezien nadelig, maar het benutten van energie en restproducten uit die andere afvalstromen is vanuit z/w-fixeer gezien juist weer voordelig. Deze keuzes vormen dan ook de verklaring voor het in tabel 7.11 en 7.12 weergegeven effect (meer uit dan in) omdat veel van de emissies zullen worden veroorzaakt door het inzetten van afvalbrandstoffen en het insmelten van andere (metallische) afvalstoffen.

De meest belangrijke reden voor het volgen van deze aanpak is dat deze verwerkingsmethode primair moet worden beschouwd als verwerkingsmethode voor fga, en dat alle bijbehorende emissies dus worden geacht "ten dienste te staan van de fga-verwerking". Als tegenargument tegen de gevolge aanpak kan echter worden aangevoerd dat de betreffende afvaloliën zonder deze

verwerkingsroute op een andere wijze verwerkt hadden moeten worden, hetgeen ook tot milieu-effecten had geleid, zowel negatieve (emissies) als positieve (levering van energie). Wel hadden deze milieu-effecten vermoedelijk wel anders dan bij inzet als brandstof zoals hier gebeurt.

Om het effect van de in paragraaf 7.2 beschreven allocatiekeuze te bezien is als extra gevoeligheidsanalyse echter wel gepoogd om het effect in beeld te brengen van de verwerking van z/w-fixeer zonder het tevens toerekenen van de effecten van metallische afvalstoffen, afvalolie en andere secundaire brandstoffen. In deze aanpak worden zowel de voordelen als de nadelen van het meeverwerken van andere afvalstoffen met het fga zo goed mogelijk verwijderd uit het milieuplaatje. In de LCA-berekeningen is dit als volgt vormgegeven

1. Er is uitgegaan van allocatiemethode 1 van paragraaf 7.2, d.w.z. er is gevarieerd met de "normale" beschrijving als uitgangspunt.
2. Alle emissies die met de samenstelling van het afval op componentniveau samenhangen voor de metalen Cr, Cu, Ni, Pb en Zn zijn verminderd met de factor die is afgeleid in de laatste kolom van de tabellen 7.11.
3. De emissies van componenten die ontbreken in tabel 2.1, en derhalve in deze benadering niet uit z/w-fixeer zelf kunnen komen, zijn geschrapt.
4. De geproduceerde Cu, Ni en Pb (tabel 7.9) zijn op eenzelfde wijze gecorrigeerd.
5. Het energiegebruik dat volgens paragraaf 9.5 niet aan fga is toegerekend omdat het uit een afvalstroom is geproduceerd wordt nu wel toegerekend. In verband hiermee zijn tevens de procesgebonden emissies die met het verstoken van afvalolie en methanol samenhangen geschrapt. De aan toe te rekenen emissies op dit punt worden in deze gevoeligheidsanalyse indirect in rekening gebracht middels de proceskaarten voor benodigde energie in SimaPro.

#### Ad. 2

De gedachte hier achter is dat de meeste componenten zich in de installatie zo zullen gedragen dat het niet echt van belang is via welke afvalstroom zijn in het systeem zijn gekomen. De emissiecijfers zijn als geheel dus wel bruikbaar voor de verhouding waarin de metalen zich zullen verdelen over de verschillende stromen. Deze correctie is dus niet doorgevoerd voor ruimtebeslag en energie, en ook niet voor zaken iets als chemicaliëngebruik (goede kennis op dit punt ontbreekt om een correctie door te voeren). Ook is afgezien van een correctie voor Cd. Zoals uit de tabellen 7.11 en 7.12 blijkt ontbreekt daar een deel van de input in de balans. Dit kan deels in de ontbrekende gegevens voor obsidiaan zitten, maar ook kan het gemiddelde afvalpakket dat bij Edelchemie wordt verwerkt gewoon minder Cd bevat dan voor z/w-fixeer als uitgangspunt is genomen. In het laatste geval zouden de emissies voor dit materiaal juist naar boven moeten worden bijgesteld (emissies die horen bij z/w-fixeer zijn hoger dan het gemiddelde), maar bij gebrek aan concrete gegevens omtrent een eventuele correctiefactor is dit verder achterwege gelaten.

#### Ad. 5

Wanneer niet de nadelen (emissies) uit de inzet van afvalbrandstof worden toegerekend moeten ook de bijbehorende voordelen. Zonder de effecten van de inzet van afvalbrandstof had de benodigde energie immers extern moeten worden geleverd).

### **7.13 Leemten in kennis**

Leemten in kennis betreffen de volgende zaken:

- 1) De gegevens van de milieu-ingrepen bij Edelchemie betreffen het hele bedrijf. Omdat meerdere afvalstromen worden behandeld, zijn de milieu-ingrepen dus niet gespecificeerd voor fga.
- 2) Het is onduidelijk of obsidiaan aan het Bouwstoffenbesluit voldoet en of nuttige toepassing dus mogelijk is.
- 3) Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen van verwerking van de teruggewonnen metalen (lood, koper, nikkel) verschillen vanwege het verschil in samenstelling met primaire grondstoffen.

## **8. Alternatief ZWF-4; elektrolyse + indamping/osmose + verglazing**

### **8.1 Procesbeschrijving**

De installatie van Argentia te Moerdijk is als referentie-installatie gehanteerd.

#### A. Aanvoer fga

Er zijn verschillende inzamel punten voor fga verspreid over het hele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een belangrijke rol. Het fga wordt per vrachtwagen aangevoerd.

#### B. Elektrolytische ontzilvering

Fixeerbaden bevatten een relatief hoog zilveragehalte en worden ontzilverd door middel van elektrolyse. De te ontzilveren vloeistof wordt op de juiste pH gebracht m.b.v. natronloog (of zwavelzuur). Bij z/w-fixeer wordt ook natriumbisulfiet toegevoegd ter verbetering van de kwaliteit en het rendement van het teruggewonnen zilver. De elektrolyse vindt zowel batchgewijs als continu plaats. Het zilver in oplossing slaat tijdens het elektrolyseproces als metallisch zilver neer op de kathode en wordt verzameld door dit van de elektrode af te slaan. Het zilveragehalte van de ontzilverde vloeistof is in ieder geval kleiner dan 100 mg/l.

#### C. Opwerking zilver in smeltovens en afvoer zilver en slak

Het zilverhoudende slib uit de elektrolyse wordt verwerkt in smeltovens (temperatuur circa 1300 °C) voor de opwerking van zilver. Als eindproduct wordt 99,95% zuiver zilver verkregen.

De vrijkomende gassen worden afgezogen en door een gaswasser geleid. Aan de wasvloeistof wordt natronloog toegevoegd voor de regeling van de pH (nodig vanwege de aanwezigheid van zwavelhoudende componenten). De gaswasvloeistof wordt in de indamp/omgekeerde osmose installatie verwerkt.

De slak wordt naar een edelmetaalbedrijf afgevoerd en daar verder verwerkt.

#### D. Indamping/omgekeerde osmose, verglazing en afvoer restproducten

De ontzilverde vloeistof uit de elektrolyse wordt geconcentreerd door middel van indamping. De dampfractie (destillaat) wordt verder gezuiverd door middel van omgekeerde osmose. Dit leidt tot een eluaat dat deels intern wordt hergebruikt als wasvloeistof voor vast fga (na gebruik wordt het waswater weer verwerkt in de indamping/omgekeerde osmose) en deels wordt geloosd. Het concentraat van de omgekeerde osmose wordt weer teruggevoerd naar de indampstap.

Het concentraat van de indampstap wordt onder toevoeging van afvalglas in een oven gesmolten/verglaasd. De verglazing heeft een rookgaswassing, waarvan de wasvloeistof als koelvloeistof in de verglazing wordt ingezet, daardoor sterk wordt geconcentreerd (bevat voornamelijk bromide en chloride) en vervolgens wordt afgevoerd ter verbranding (DTO). Daarnaast ontstaat zwavelzuur (98%) als restproduct.

#### E. Nuttige toepassing zilver en slak

Het zilver (99,95% zuiver) wordt nuttig toegepast ter vervanging van primair zilver. De slak wordt verwerkt in een edelmetaalbedrijf (Union Miniere), waar de laatste resten zilver worden teruggewonnen. Het overblijvende slak wordt nuttig toegepast als bouwstof.

#### F. Nuttig toepassen verglazingproduct

Het verglazingproduct wordt nuttig toegepast. Het wordt ingezet in beton.

### G. Nuttige toepassing zwavelzuur

Het zwavelzuur wordt nuttig toegepast ter vervanging van de primaire grondstof.

#### **8.2 Massabalans**

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 8.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton z/w-fixeer. In de tabel is ook de bestemming van de reststoffen en producten aangegeven.

Op basis van cijfers van Argentia voor het jaar 2000 kunnen de volgende hoeveelheden worden bepaald. Uit de behandeling van 4.600 ton zilverhoudende fotobaden (m.n. z/w-fixeer) is 18 ton elektrolytisch ruw zilver (85% zuiver) teruggewonnen (Argentia, 2001). Gemiddeld is dit 3,9 kg per ton z/w-fixeer. In MER-LAP wordt echter, ten behoeve van de vergelijkbaarheid tussen alternatieven, uitgegaan van de samenstelling zoals weergegeven in tabel 2.1, te weten een gemiddelde concentratie van 3 g zilver per liter z/w-fixeer. Uitgaande van de eindconcentratie (na ontzilvering) van 0,1 g/l, is de hoeveelheid teruggewonnen zilver 2,9 kg (uit 3,4 kg ruw zilver) per ton z/w-fixeer.

De totale hoeveelheid slak uit de smeltoven bedroeg in 2000 circa 5 ton op een totale verwerkte hoeveelheid ruw zilver van 115 ton (Argentia, 2001). Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer is dit dus 0,15 kg slak.

Voor de processtap indampen/omgekeerde osmose en verglazing zijn de cijfers over 1998 genomen (dit proces is niet meer operationeel). In de verglazing ontstaat 2.500 ton verglaasd residu bij een verwerkte hoeveelheid fga van 9 kton fotobaden (Argentia, 1999). Dit resulteert in 0,278 ton per ton fga. Dit verglaasd product bestaat uit de asrest van het fga en afvalglas.

Tevens ontstaat 700 m<sup>3</sup> zwavelzuur (98%) (TNO, 2000). Toerekening aan z/w-fixeer en ontwikkelaar is geschied op basis van de verwerkte hoeveelheden van 5100 respectievelijk en 3900 ton en de zwavelgehalten, te weten 7% (4 tot 10%) respectievelijk 1%. Dit resulteert voor z/w-fixeer in een hoeveelheid van  $700 \cdot (0,07 \cdot 5.100) / (0,07 \cdot 5100 + 0,01 \cdot 3.900) = 631 \text{ m}^3$ . Dit is circa 0,12 m<sup>3</sup> zwavelzuur per ton. Uitgaande van een dichtheid van 1,8 is dit 0,22 ton per ton.

Het afvalwater, op basis van het droge stofgehalte van z/w-fixeer geschat op 0,85 ton per ton wordt geloosd.

Gegevens over de hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof die wordt afgevoerd naar de DTO zijn niet beschikbaar. In dit MER moet dit worden aangemerkt als leemte in kennis.



Tabel 8.1; Massabalans verwerking z/w-fixeer

	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Z/w-fixeer	1	
Afvalglas	Onbekend	
<b>OUTPUT</b>		
Zilver	0,0029	Nuttige toepassing
Slak	0,00015	Edelmetaalbedrijf
Verglaasd residu	0,278 (inclusief afvalglas)	Nuttige toepassing
Zwavelzuur (98%)	0,22	Nuttige toepassing
Afvalwater	0,85	Lozing

### 8.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag bij Argentia voor de vloeistofopslag en de elektrolyse/ontzilvering is 1348 m<sup>2</sup>, respectievelijk 125 m<sup>2</sup>. Het gebruik van de elektrolyse/ontzilvering is, afgemeten aan de hoeveelheid zilver, ongeveer half/half verdeeld over film en fotobaden. De verwerkte hoeveelheid fotobaden is circa 9 kton per jaar (Argentia, 2001). Op basis hiervan kan een ruimtebeslag voor opslag en ontzilvering worden berekend van  $(1348 + 0,5 \cdot 125) / 9000 = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$  per ton fga.

Het ruimtebeslag van de zilversmelterij bij Argentia is 141 m<sup>2</sup> en de verwerkte hoeveelheid ruw zilver is 115 ton/jaar (Argentia, 2001). Dit resulteert in een ruimtebeslag van 1,2 m<sup>2</sup>·jr per ton verwerkt ruw zilver. Per ton z/w-fixeer ontstaat in totaal 0,0034 ton ruw zilver dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,004 m<sup>2</sup>·jr/ton z/w-fixeer.

Het ruimtebeslag van indamping/omgekeerde osmose en verglazing is bij elkaar circa 900 m<sup>2</sup> (Argentia, 2001). De hierin verwerkte hoeveelheden zijn 9000 ton fotobaden en 5000 ton spoelwater van de filmwasstraat<sup>6</sup> (Argentia, 1999). Per ton vloeistof, dus per ton z/w-fixeer, is het ruimtebeslag 0,064 m<sup>2</sup>·jr.

Over de hoeveelheid gaswasvloeistof die wordt verbrand in een DTO zijn geen gegevens. Het ruimtebeslag hiervan is dus niet bekend.

Ten aanzien van de nuttige toepassing van zilver, slak, verglaasd product en zwavelzuur wordt aangenomen dat het ruimtebeslag niet wezenlijk verschilt van het ruimtebeslag bij toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

<sup>6</sup> Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

## 8.4 Transport

Het transport van fga en hulpstoffen naar Argentia wordt beschouwd, alsmede het transport van producten en reststoffen van het fga-verwerkingsproces.

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Voor de aanvoer van afvalglas wordt er van uitgegaan dat het transport naar de verwerker en het daardoor vermeden transport bij reguliere verwerking elkaar zullen opheffen. Afvalglas komt op veel plaatsen vrij en zal in beide gevallen in de regio worden afgezet.

De hoeveelheid gaswasvloeistof die wordt afgevoerd naar een DTO is niet bekend.

Voor de toepassing van het verglazingresidu als bouwstof wordt uitgegaan van 75 km (in aansluiting op transportafstand bij toepassing van AVI-slak, zie hiervoor proceskaarten achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Ook is het vermeden transport van bouwstof (hiervoor uitgegaan van grind) meegenomen, waarbij voor de transportafstanden eveneens is aangesloten bij AVI-slak (35 km over land en 50 km over water).

Voor de toepassing van zwavelzuur is uitgegaan van de kleinste afstand van 35 km (op basis van vele afnemers).

Tabel 8.2; Overzicht transportafstanden

Materiaal	hoeveelheid (kg)	Afstand (km)	Tonkilometers per ton fixeer
Aanvoer z/w-fixeer	1000	150	150
Afvoer verglaasd product	278	75	20,85
Chemicaliën verwerking z/w-fixeer (1)	2,6	75	0,20
Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2)	0,74	75	0,06
Chemicaliën osmose (3)	3	75	0,23
Vermeden transport grind	278	35 (land) 50 (water)	9,7 14
Sec. zwavelzuur (98%)	209 (4)	35	7,32

1. Het betreft hier NaOH (2,6 kg)
2. Het betreft hier NaOH
3. Het betreft hier NaOH
4. Productie van 0,22 ton per ton gecorrigeerd voor eigen gebruik; zie paragraaf 8.6

## 8.5 Energie

### Energieverbruik verwerking z/w-fixeer

Het energieverbruik bij Argentia is bepaald op basis van door het bedrijf geleverde gegevens (Argentia, 2001) over de jaren 1998 en 2000. In de geleverde informatie is een schatting gemaakt van de verdeling van het totale gas- en elektriciteitsverbruik over de verschillende processen.

Het elektriciteitsverbruik van de elektrolyse van ingezamelde vloeistoffen over 2000 is bepaald op 197.000 kWh/jaar. Op basis van de hoeveelheid verwerkte zilverhoudende baden (z/w-fixeer) in 2000 van 4.600 ton, is het verbruik 42,8 kWh per ton z/w-fixeer.

Het elektriciteitsverbruik voor het smelten van elektrolytisch en chemisch ruw zilver afkomstig van ingezamelde vloeistoffen en film, bedraagt in 2000 188.000 kWh/jaar. In 2000 is 38 ton elektrolytisch zilver (18 ton afkomstig van fotobaden en 20 ton afkomstig van film) en 2 ton chemisch zilver verwerkt, afkomstig van ingezamelde vloeistoffen en film. Uitgaande van het gegeven dat het energieverbruik voor het zuiveren van chemisch zilver circa viermaal zo hoog is als voor elektrolytisch zilver, is het verbruik 4,086 kWh/ton elektrolytisch zilver. Op basis van de hoeveelheid van 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik 13,9 kWh/ton z/w-fixeer.

Voor het energieverbruik van indamping/omgekeerde osmose/verglazing zijn de cijfers over 1998 gebruikt. Het elektriciteitsverbruik hiervoor is volgens de geleverde gegevens 3.894.894 kWh/jaar. De verwerkte hoeveelheid is op basis van eerder door Argentia geleverde gegevens (Argentia, 1999) bepaald op 9.000 ton fga en 5.000 ton spoelwater afkomstig van film<sup>7</sup>. Dit resulteert in een verbruik van 278 kWh per ton vloeistof, in dit geval z/w-fixeer.

Het gasverbruik van de verglazingsoven is volgens de gegevens 568.304 m<sup>3</sup>/jaar. Bij een verwerkte hoeveelheid vloeistof van 14.000 ton is dit 40,6 m<sup>3</sup> gas/ton vloeistof, in dit geval z/w-fixeer.

### Energieverbruik verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. Aangenomen wordt dat deze vloeistof een verwaarloosbare calorische waarde heeft en dus geen energieproductie met zich meebrengt. Gelet op het gebrek aan kennis omtrent omvang moet eventueel bijbehorend energiegebruik als leemte in kennis worden aangemerkt.

### Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen is dat de toepassing van zilver, slak en zwavelzuur geen extra energieverbruik met zich meebrengt ten opzichte van de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Het verglaasd product moet alvorens gebruik als bouwstof verkleind worden. Het energieverbruik voor het verkleinen wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Dit resulteert in een energieverbruik van  $0,278 \cdot 45 = 13$  kWh per ton fixeer.

---

<sup>7</sup> Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

## 8.6 Bedrijfsmiddelen

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking z/w-fixeer

Bij de ontzilering van fotobaden worden natronloog en zwavelzuur gebruikt voor de pH-correctie. Natronloog wordt tevens gebruikt in de rookgasreiniging van de smeltoven. Van deze hulpstoffen verbruikt Argentia de volgende totale hoeveelheden (Argentia, 2001):

Natronloog: 50 m<sup>3</sup>/jaar

Zwavelzuur: 22 m<sup>3</sup>/jaar

Aangenomen is dat t.b.v. de elektrolytische ontzilering van z/w-fixeer voornamelijk natronloog wordt verbruikt (en voor de chemische ontzilering van o.a. ontwikkelaar zwavelzuur). Verder is wegens gebrek aan gegevens hierover aangenomen dat het natronloogverbruik gelijk is verdeeld over elektrolyse en rookgasreiniging. Het elektrolytisch ontzilverde z/w-fixeer wordt gebruikt voor de ontzilering van film, waarna het weer elektrolytisch wordt ontzilverd. De toerekening van het natronloogverbruik aan z/w-fixeer en film is gedaan op basis van de hoeveelheid verkregen zilver, te weten 18 ton afkomstig van z/w-fixeer en 20 ton afkomstig van film (Argentia, 2001). Voor z/w-fixeer betekent dit een verbruik van 12 m<sup>3</sup> voor 4.600 ton baden, is 2,6 liter per ton.

In de smeltoven is in 2000 115 ton ruw zilver verwerkt, resulterend in een natronloogverbruik van  $25/115 = 0,22$  m<sup>3</sup> per ton ruw zilver. Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton z/w-fixeer is dit dus 0,74 liter.

In de indamping/osmose/verglazingsstap wordt tevens natronloog en zwavelzuur verbruikt. Het totale verbruik in 1998 was 87 m<sup>3</sup> natronloog en 77 m<sup>3</sup> zwavelzuur (Argentia, 2001). Aangenomen is dat het verschil met het verbruik in 2000, het verbruik van de betreffende processtappen is, te weten Natronloog: 27 m<sup>3</sup>/jaar en Zwavelzuur: 55 m<sup>3</sup>/jaar. Bij een verwerkte hoeveelheid van 9 kton fotobaden (Argentia, 1999) zijn de verbruikte hoeveelheden per ton fotobad, in dit geval fixeer Natronloog: 0,003 m<sup>3</sup> en Zwavelzuur: 0,006 m<sup>3</sup>

In het geval zwavelzuur wordt geproduceerd (in 1998 niet het geval) zal dit intern kunnen worden gebruikt. Dit betekent dat er netto geen verbruik van zwavelzuur is en dat de nettoproductie per ton z/w-fixeer circa 209 kg zal zijn (220 min 0,006\*1,8).

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

De hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof die wordt verbrand in een DTO is niet bekend, dus ook niet het hiermee gepaard gaande bedrijfsmiddelenverbruik. Gezien het feit dat de vloeistof voornamelijk chloor en broom bevat gaat het hierbij vooral om kalk. De hoogte van het verbruik kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald (leemte in kennis).

### Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing van zilver, slak, verglaasd product en zwavelzuur niet verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 8.7 Emissies naar lucht

### Emissies verwerking beekfixeer

Bij de elektrolyse ontstaan emissies van ondermeer HCN, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, formaldehyde, azijnzuur en amines. De lucht boven de elektrolyse wordt afgezogen. Uit metingen aan deze bron blijken de emissies hiervan zeer gering te zijn vanwege het lage afgasdebiet (Argentia, 2000). Omdat kwantitatieve gegevens ontbreken zijn de emissiecijfers van Van Vlodrop genomen (het gaat hierbij om vergelijkbare processen van op- en overslag en ontzilvering). Deze emissies zijn:

- 0,085 kg ammoniak/ton z/w-fixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton z/w-fixeer.

De gassen uit de zilversmeltoven bestaan in hoofdzaak uit een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen zoals chloride, bromide, ammoniak, zwaveldioxide, zware metalen en stof. De gassen worden via een puntafzuiging naar de gaswasinstallatie geleid. In opdracht van Argentia heeft Tauw metingen verricht (Tauw, 2000). De gemiddelde gemeten concentraties staan weergegeven in tabel 10.3. Deze zijn, uitgaande van het gegeven debiet (4.100 m<sup>3</sup>/hr) en de capaciteit van de smeltoven van 96 kg/uur (Argentia, 2000) omgerekend naar mg/kg verwerkt ruw zilver. Op basis van de verwerkte hoeveelheid van 3,4 kg ruw zilver/sulfideslib per ton z/w-fixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 8.3.

Tabel 8.3; Emissies via afgas zilversmeltoven

Component	Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> )	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)
Ag	8,20 E-01	1,2 E+02
Cd	2,00 E-03	2,9 E-01
Cr	4,00 E-03	5,8 E-01
Ni	1,33 E-03	1,9 E-01
Stof	1,47 E+01	2,1 E+03
HCl	5,77 E+00	8,4 E+02
HBr	1,00 E+00	1,5 E+02
SO <sub>x</sub>	3,87 E+00	5,6 E+02
NH <sub>3</sub>	4,00 E+00	5,8 E+02

Bij de indamping en omgekeerde osmose komen geen noemenswaardige emissies naar de lucht vrij. De dampfractie van de indamping wordt ter verdere zuivering naar de omgekeerde osmose geleid.

In opdracht van Argentia zijn in 1998 emissiemetingen verricht aan de verglazingsoven (Tauw, 1998). De gemeten emissies (gereinigde massastroom in g/uur) staan weergegeven in tabel 10.4. Op basis van een bedrijfstijd van 8640 uur/jaar (volcontinu) en 9 kton fotobaden per jaar zijn deze omgerekend naar mg/ton fga, in dit geval fixeer. De waarden staan weergegeven in tabel 10.4. De emissies worden geheel toegerekend aan de fotobaden. Ook spoelwater afkomstig van de filmwasstraat wordt via indampen/omgekeerde osmose verwerkt in de verglazingsstap. Maar gezien het feit dat de ontzilverde film geen noemenswaardige verontreinigingen bevat, zal deze een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de emissies.

De CO<sub>2</sub>-emissies uit de oven zijn niet gegeven. Deze zijn berekend op basis van het C-gehalte van z/w-fixeer: circa 1,5% (zie tabel 2.1 samenstelling), waarbij is aangenomen is dat alle C wordt omgezet in CO<sub>2</sub>.

Tabel 8.4; Emissies via afgas verglazingsoven

Component	Massastroom glassmeltoven (g/uur)	Emissie (mg/ton fixeer)
As	0,003	2,9
Cd	0,0027	2,6
Co	0,078	75
Cr	2,3	2250
Hg	0,30	291
Ni	6,5	6210
Pb	0,16	149
HCl	8	7680
HF	0,3	288
SO <sub>2</sub>	1680	1,61 E+06
NO <sub>x</sub>	883	8,48 E+05
CO	19	1,79 E+04
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	8,3	8,00 E+03
TCDD TEQ	1,64E-08	1,58 E-05
CO <sub>2</sub>	-	5,5 E+07

#### Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De bij verbranding vrijkomende emissies zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

#### Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van zilver, slak, verglaasd product en zwavelzuur niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

### **8.8 Emissies naar water**

#### Emissies verwerking z/w-fixeer

Bij elektrolyse en bij het smeltproces treden geen emissies naar water op.

De emissies naar water afkomstig van de indamping/osmose-stap zijn gebaseerd op cijfers van Argentia over 1997 zoals verstrekt aan het Hoogheemraadschap West-Brabant. Het betreft jaarvrachten voor zware metalen. Op basis van een totale doorzet van 9.000 ton zijn de cijfers omgerekend naar vrachten per ton vloeistof (in dit geval z/w-fixeer). De emissies worden geheel toegerekend aan de fotobaden. Ook spoelwater afkomstig van de filmwasstraat wordt verwerkt in de indamp/omgekeerde osmosestap. Maar gezien het feit dat de ontzilverde film geen noemenswaardige verontreinigingen bevat, zal deze een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de emissies.

Tabel 8.5; Emissies naar water indamping/osmoseproces

Component	Jaarvracht afvalwater (kg/jaar)	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)
Cr	0,37	4,1 E+01
Cu	0,26	2,8 E+01
Hg	0,06	6,2
Ni	0,34	3,8 E+01
Pb	2,45	2,7 E+02
Zn	0,94	1,1 E+02

#### Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De bij verbranding vrijkomende emissies zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

#### Emissies nuttige toepassing

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van zilver, slak, verglaasd product en zwavelzuur niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

### **8.9 Emissies naar bodem**

#### Emissies verwerking reststoffen

De gaswasvloeistof wordt verbrand in een DTO. De hoeveelheid en samenstelling zijn niet bekend. Wel is bekend dat het voornamelijk om chloor en broom gaat. De via de DTO-reststoffen vrijkomende emissies naar bodem zullen dan ook vooral deze componenten betreffen. De hoogte van de emissies kan wegens gebrek aan gegevens echter niet worden bepaald.

#### Emissies nuttige toepassing

Het verglaasde product wordt nuttig toegepast als bouwstof. Hierbij kunnen emissies naar bodem optreden. Uitlogingsgegevens zijn verkregen in door Argentia verricht onderzoek (TNO, 2000). In tabel 8.6 zijn de waarden in mg per kg verglazingsproduct weergegeven.

Deze zijn omgerekend naar emissies per ton z/w-fixeer op basis van

- een toepassingshoogte van 0,2 meter
- een infiltratie van 300 mm
- een soortelijke massa 1500 kg/m<sup>3</sup> (aanname)
- een tijdshorizon van 100 jaar (1 jaar voor anionen) en
- 278 kg product per ton z/w-fixeer.

Zoals verwacht voor een verglazingsproduct is de uitloging beperkt en ligt deze voor een groot aantal metalen zelfs onder de a-waarde uit het Bouwstoffenbesluit (in de tabel deze gevallen aangegeven met "-") De uitloging betreft een niet-vormgegeven toepassing. In de praktijk zal bij toepassing als grindvervanger in beton (vormgegeven toepassing) de uitloging minder zijn.

Tabel 8.6; Emissies naar bodem uit verglazingsproduct

Component	Uitloging (mg/kg verglazingsproduct)	mg/m <sup>2</sup>	Emissie naar bodem (mg/ton z/w-fixeer)
As	0,1	-	-
Cd	0,004	-	-
Co	0,2	7	6,4
Cr	0,0475	-	-
Cu	0,1	-	-
Hg	0,00065	-	-
Ni	0,1	-	-
Pb	0,16	-	-
Zn	-	-	-
Br	2	-	-
Cl	50	-	-
F	1	-	-
SO <sub>4</sub>	150	2816	2525

### 8.10 Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen

Door de terugwinning van zilver via elektrolyse zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Per ton z/w-fixeer wordt 2,9 kg zilver teruggewonnen. Daarmee wordt de productie van deze hoeveelheid primair zilver bespaard.

Door de productie van het verglazingsproduct, 278 kg per ton z/w-fixeer, en de toepassing als bouwstof wordt de productie van primaire bouwstoffen uitgespaard. Uitgegaan wordt van de vervanging van een even grote hoeveelheid grind.

Door de productie van zwavelzuur zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van (primair) zwavelzuur. Per ton z/w-fixeer wordt 209 kg zwavelzuur geproduceerd.

### 8.11 Finaal afval

De verwerking van z/w-fixeer door middel van elektrolyse, indamping/ omgekeerde osmose en verglazing van het concentraat levert geen te storten afvalstromen op.

### 8.12 Leemten in kennis

De leemten in kennis betreffen de volgende zaken:

- 1) De hoeveelheid en samenstelling van de gaswasvloeistof en daarmee de milieu-ingrepen bij verbranding hiervan.
- 2) De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.



## 9. Alternatief ZWF-5; elektrolyse + toepassing als NO<sub>x</sub>-reductievloeistof

Dit verwerkingsalternatief behelst de productie van NO<sub>x</sub>-reductievloeistof uit fga ten behoeve van de inzet in een cementoven. De in het fga aanwezige ammonium- en amineverbindingen zorgen daarbij voor de NO<sub>x</sub>-verwijdering.

Omtrent dit alternatief bestaan echter dusdanige onzekerheden, dat ook de resultaten van een LCA erg onzeker zouden zijn. Daarom is besloten deze techniek niet mee te nemen in dit MER. Tevens is van belang dat uit praktijkproeven bij de Nederlandse cementindustrie niet is gebleken dat het verwerkingsalternatief is te realiseren. DoOr de negatieve resultaten is de cementindustrie gestopt met de proeven.

De onzekerheden ten aanzien van het alternatief hebben betrekking op de volgende zaken (Tauw, 1998; Baumann, 1999; Argentia, 2000):

- Onduidelijkheid bestaat over de concentratie werkzame bestanddelen (ammonium- en amineverbindingen) in fga en over de benodigde concentratie hiervan bij toepassing als NO<sub>x</sub>-reductiemiddel. In verschillende bronnen worden uiteenlopende concentraties genoemd. Daarmee is onzeker hoeveel werkzaam bestanddeel (zoals ureum) moet worden toegevoegd en hoeveel regulier NO<sub>x</sub>-reductiemiddel uiteindelijk wordt bespaard.
- Fga bevat naast de werkzame bestanddelen andere stoffen (organische verbindingen, zwavelverbindingen (sulfaat, thiosulfaat, sulfiet), halogenen (chloride, bromide), metalen, natrium en kalium) die mogelijk schadelijke effecten veroorzaken zoals emissies naar lucht, corrosie of verslechtering van de cementkwaliteit. Ten aanzien van deze eventuele effecten bestaan onvoldoende gegevens.  
Zo bestaat onzekerheid over de mate van afbraak van de organische verbindingen. Dit hangt ook samen met de plaats van injectie (zie hieronder) die bepalend is voor de verbrandingstemperatuur en de verblijftijd. Bij onvolledige verbranding van de organische verbindingen treden emissies van organische stoffen en CO op.  
Ten aanzien van de zwavelverbindingen is onzeker in hoeverre deze in de klinker terechtkomen. Dit betekent dat er mogelijk SO<sub>2</sub>-emissies naar de lucht optreden.  
Ook voor chloride en bromide is onduidelijk hoe hoog de emissies naar lucht zullen zijn. De verwachting is dat deze stoffen, evenals Na en K, grotendeels in het cement terechtkomen. Dit heeft echter een mogelijk schadelijke invloed op de cementkwaliteit.
- Met betrekking tot bepaalde componenten (met name hydrochinon in ontwikkelaar) bestaat onzekerheid over een mogelijk positieve invloed op de werking van fga als NO<sub>x</sub>-reductiemiddel. Zowel over de concentratie hydrochinon als over de werking bestaat onduidelijkheid. Dit betekent dat het de vraag is in hoeverre menging van fixeer met ontwikkelaar zinvol is bij de productie van het reductiemiddel.
- De vraag is waar het NO<sub>x</sub>-reductiemiddel in de cementoven wordt geïnjecteerd (in de vlam, na de vlam of na de vuurhaard). Dit heeft met name consequenties voor de mate van afbraak van de organische verbindingen.

## **10. Alternatief ZWF-6; elektrolyse + fysisch-chemisch zuiveren + fysisch/chemisch/biologische zuivering en indamping + AVI**

### **10.1 Procesbeschrijving**

De installatie van Interchemic te Maasbracht is als referentie-installatie gehanteerd voor de elektrolyse en ONO-behandeling. Voor de fysisch/chemisch/biologische zuivering en indamping is VVM het referentiebedrijf.

#### A. Aanvoer zwart/wit-fixeer

Vloeibaar fga wordt door Interchemic zelf opgehaald bij de ontdoeners in het gehele land en getransporteerd naar Maasbracht. Ook Kga inzamelaars spelen een rol bij de inzameling. Het fga wordt aangevoerd per vrachtwagen.

#### B. Elektrolytische ontzilvering en afvoer ruw zilver

Fixeerbaden bevatten een relatief hoog zilveragehalte en worden ontzilverd d.m.v. elektrolyse. De elektrolyse vindt batchgewijs plaats in een reactievat. Het zilver in oplossing slaat tijdens het elektrolyseproces als metallisch zilver neer op de kathode en wordt verzameld door dit van de elektrode af te slaan. Het ruwe zilver wordt afgevoerd ter opwerking. De zilverarme restvloeistof (zilverconcentratie minder dan 50 ppm) wordt gemengd met andere reststromen en vervolgens gezuiverd.

#### C. Opwerking zilver

Het verzamelde ruwe zilver uit de elektrolyse wordt in een smeltoven verwerkt. Als referentie-installatie is de smeltoven van Argentia genomen.

#### D. Zuiveringsproces

De ontzilverde zwart/wit-fixeer wordt in een bepaalde verhouding gemengd met andere zilverarme baden, zoals zwart-wit ontwikkelbaden. Deze oplossing wordt vervolgens behandeld in een ONO-installatie in batches van 9 m<sup>3</sup>. Hierbij wordt de vloeistof eerst belucht en vervolgens wordt met natronloog of zwavelzuur de pH ingesteld tussen 8 en 9. Daarna worden de aanwezige zware metalen neergeslagen door toevoeging van natriumsulfide en enkele hulpstoffen zoals ijzerchloride, kalk en polyelectrolyet. Hierna laat men het slib bezinken op de bodem van de tank en wordt de heldere bovenstaande vloeistof afgelaten in een buffertank.

De vloeistof (restzilverconcentratie 2 mg/l) wordt afgevoerd ter zuivering (als referentie-installatie is VVM genomen).

#### E. Zilverterugwinning uit sulfideslib

Het geprecipiteerde slib wordt via een slibindikker ontwaterd met behulp van een kamerfilterpers. Het ontwaterde sulfideslib wordt afgevoerd naar Antwerpen (Union Miniere) voor zilver- en zwavelterugwinning. Bij Union Miniere te Antwerpen wordt door een verbrandingsproces metallisch zilver teruggewonnen uit het sulfideslib. Hierbij ontstaat ook zwavelzuur. De overblijvende slak wordt als bouwstof toegepast in België. Wegens gebrek aan gegevens van het proces bij Union Miniere, wordt de smeltoven bij Argentia als referentie-installatie genomen.

#### F. Nuttige toepassing zilver, slak en zwavelzuur

Het teruggewonnen zilver, slak uit de smeltoven en het zwavelzuur worden nuttig toegepast ter vervanging van primaire grondstoffen.

### G. Fysisch/chemische en biologische zuivering bij VVM en afvoer slib

Indien de concentratie aan zware metalen in zwart-wit baden na de eerste fase ontzilvering te hoog is ( $Ag > 5 \text{ mg/l}$ ) wordt eerst een electroflocculatie en/of chemische precipitatie, door toevoeging van natriumsulfide, voorgeschakeld om de restconcentratie te verminderen. Het slib hiervan wordt verbrand (AVR). Aangenomen wordt dat de baden afkomstig van Interchemic deze bewerking niet ondergaan vanwege het lage zilveragehalte.

De baden worden fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. De eerste stap betreft de behandeling in het monozeefkoolfilter. Hierbij worden grote organische en metaalhoudende organische complexbinders aan het kool gebonden. Het kool wordt bij verzadiging geregenererd en opnieuw gebruikt.

De vloeistof wordt vervolgens fysisch/chemisch gezuiverd d.m.v. flocculatie en flotatie. Hier vindt een verdere verwijdering van (on)opgeloste deeltjes plaats. Het slib wordt ontwaterd m.b.v. een zeefbandpers tot een droge stofgehalte van circa 35%, waarna het gezamenlijk met het biologische slib wordt afgevoerd naar de AVR voor verbranding.

Hierna volgt de biologische (aërobe) zuivering, waarbij organische stoffen onder toevoer van zuurstof verder worden afgebroken en slib wordt afgescheiden. Voor biologische zuivering wordt een Sequential Batch Reactor (SBR) toegepast die geschikt is voor hoogbelaste stromen. Het slib wordt gescheiden van de waterfase waarna het wordt ontwaterd m.b.v. een kamerfilterpers tot een droge stofgehalte van circa 40% en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

Het gezuiverde water wordt vervolgens naar de drietrapsverdamper geleid waar extra zuivering plaatsvindt.

### H. Indamping bij VVM en afvoer residu

Het verwerkingsprincipe bestaat uit het indampen van de vloeistoffase m.b.v. indirecte stoomverhitting onder vacuüm. Hierbij ontstaat een scheiding tussen het achterblijvende residu met onder meer hoogkokende (an)organische stoffen en het condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties. Het verdampen vindt plaats bij 70-85 °C en een onderdruk van 0,3 tot 0,6 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een waterringpomp, waarvoor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering ingeleid. Deze functioneert als gaswasser. Het condensaat wordt opnieuw in het proces van VVM ingezet of indien geen (schoon) proceswater nodig is, via de biologische zuivering van een buurbedrijf geloosd op oppervlaktewater. Het residu uit de verdampingsinstallatie wordt steekvast gemaakt door toevoeging van zaagsel en afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

### I. Verbranding slib/residu (AVI)

De slibstromen van VVM worden verbrand in een AVI. In een AVI wordt het afval gehomogeniseerd en daarna in een roosteroven gebracht. Hierin bewegen roosters onder een hellend vlak, waarbij het afval op een zodanige snelheid wordt getransporteerd dat een zo volledig mogelijke verbranding plaatsvindt. Aan het eind van het rooster blijven slakken over die worden opgewerkt, zodat ze voor nuttige toepassing geschikt zijn. De rookgassen worden gereinigd en gekoeld, waarbij energie wordt teruggewonnen in de vorm van elektriciteit en nuttig toepasbare stoom. Bij de reiniging ontstaat vliegias en rookgasreinigingsresidu.

Afhankelijk van de samenstelling kunnen de slibstromen uit de bioloog en de indamper worden gestort in plaats van verbrand. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is deze optie meegenomen. Hierbij is uitgegaan van een C3-stort.

#### L. Afvoer en nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

#### M. Afvoer en stort AVI-vliegas en -rookgasreinigingsresidu

AVI-vliegas wordt geïmmobiliseerd bij de VBM en het immobilisaat wordt gestort. AVI-rookgasreinigingsresidu wordt in big-bags gestort.

### **10.2 Massabalans**

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 10.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton zwart/wit-fixeer. In de tabel is ook de bestemming van de producten en reststoffen aangegeven.

Voor de hoeveelheid teruggewonnen zilver wordt ten behoeve van de vergelijkbaarheid tussen alternatieven, uitgegaan van de gemiddelde samenstelling zoals weergegeven in tabel 2.1, te weten een gemiddelde concentratie van 3 g zilver per liter fixeer. Uitgaande van de eindconcentratie na elektrolyse van 0,05 g/l, is de hoeveelheid teruggewonnen zilver 2,95 kg. Uitgaande van een zuiverheid van elektrolytisch zilver van 85% (Argentia, 2001) is dit 3,47 kg ruw zilver per ton fixeer.

Bij de zuivering van vloeibaar fga in de ONO bij Interchemic ontstaat 7 kg sulfideslib per ton fga (TNO, 2000). De hoeveelheid toegevoegde hulpstoffen (NaOH en Na<sub>2</sub>S) per ton fixeer is 28 kg.

Bij de behandeling van het afvalwater bij VVM ontstaan drie slibstromen. Door VVM zijn hiervoor gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000):

- 14 kg slib uit de FFU/zeefbandpers;
- 4 kg slib uit de bioloog/zeefbandpers;
- 43 kg residu uit de indamper (wordt opgemengd met zaagsel tot 60 kg).

Van deze waarden is uitgegaan voor z/w-fixeer.

Tabel 10.1: Massabalans verwerking zwart/wit-fixeer bij Interchemic / VVM

<b>INTERCHEMIC</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Z/w-fixeer	1	
Hulpstoffen (NaOH, Na <sub>2</sub> S)	0,028	
<b>OUTPUT</b>		
Ruw zilver	0,0035	Opwerking
Sulfideslib	0,007	Zilver en zwavelterugwinning
Afvalwater	1,02	Zuivering (VVM)
<b>VVM</b>		
	Hoeveelheid per ton verwerkt z/w-fixeer (ton)	Bestemming
<b>INPUT</b>		
Afvalwater	1,02	
Zaagsel	0,017	
<b>OUTPUT</b>		
Slib	0,078	Verbranding AVI (of stort)
Afvalwater	0,97	Lozing

Voor de hoeveelheden AVI-reststoffen die ontstaan wordt de volgende afleiding aangehouden:

1. Rookgasreinigingsresidu bestaat primair uit de afgevangen Zwavel, afgevangen Fluor en Chloor en verder uit de som van de afgevangen metalen. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fracties terecht komen. Deze componenten zullen voor het overgrote deel in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 10.6) en de voor de AVI afgeleide balans (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt dat per ton slib 13,5 kg rookgasreinigingsresidu.
2. De aanwezige asrest zal zich verdelen over AVI-slakken en AVI-vliegas in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegas. Voor de bepaling van de hoeveelheden reststoffen is ervan uitgegaan dat 90% van het droge stof uit het slib in de reststoffen komt. Het slib zal voor het grootste deel uit anorganisch materiaal bestaan dat in de reststoffen terecht komt. De totale droge stof hoeveelheid van de slibstromen is bepaald op basis van droge stofgehalten maal hoeveelheden slib:  $0,35 \cdot 0,014 + 0,40 \cdot 0,004 + 0,65 \cdot 0,043 = 0,034$ . In totaal betekent dit dus 30,6 kg assen, verdeelt over 28,3 kg slak en 2,3 kg vliegas.

In het geval van stort van slib uit de biooog en de indamper (gevoeligheidsanalyse) is de te verbranden droge stof hoeveelheid  $0,35 \cdot 0,014 = 0,0049$  ton en opnieuw uitgaande van 90% anorganisch levert dit 4,4 kg as en dus 4,1 kg slak en 0,3 kg vliegas. Voor de bepaling van de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu is van belang te weten hoe met name de vracht aan zwavel zich verdeelt over de drie slibstromen (zwavel bepaalt voor een groot deel de hoeveelheid rookgasreinigingsresidu door vorming van CaSO<sub>4</sub>). Voor de zowel de halogenen als het zwavel wordt aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het permeaat volledig in de slibstromen terecht komen, en dat deze componenten vooral in de indampstap (als zouten) worden verwijderd. Zij worden dus geheel toegerekend aan het residu uit de indamper. Concreet betekent dit dat in de gevoeligheidsanalyse, waarbij deze slibstroom wordt gestort, de bijdrage van fixeer aan de vorming van rookgasreinigingsresidu in de AVI vrijwel nihil zal zijn. In de LCA wordt uitgegaan van een bijdrage van 0.

### 10.3 Ruimtebeslag

Voor de verwerking van fga wordt bij Interchemic circa 500 m<sup>2</sup> gebruikt. Bij een capaciteit van 2000 ton fga-baden per jaar is dit 0,25 m<sup>2</sup>j per ton fga (Interchemic, 2000/2001).

Het ruimtebeslag van de zilversmelterij bij Argentia is 141 m<sup>2</sup> en de verwerkte hoeveelheid ruw zilver is 115 ton/jaar (Argentia, 2001). Dit resulteert in een ruimtebeslag van 1,2 m<sup>2</sup>\*jr per ton verwerkt ruw zilver. Per ton z/w-fixeer ontstaat in totaal 0,0105 ton ruw zilver/sulfideslib dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,013 m<sup>2</sup>\*jr per ton z/w-fixeer.

De afvalwaterverwerkingsinstallatie bij VVM heeft een oppervlakte van ongeveer 10.000 m<sup>2</sup>. In totaal wordt circa 300 m<sup>3</sup> per dag, oftewel 110 kton per jaar aan afvalwater verwerkt (VVM, 2001b). Dit resulteert in een ruimtebeslag van circa 0,09 m<sup>2</sup>\*jr per ton afvalwater. Aangenomen is dat dit tevens het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer is.

Verbranding in een AVI (oppervlak 2 ha, doorzet 450.000 ton per jaar) leidt per ton afval tot een fysiek ruimtebeslag van 0,044 m<sup>2</sup>\*jr. De hoeveelheid te verwerken slib is 0,061 ton per ton fixeer, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,0027 m<sup>2</sup>\*jr per ton fixeer. Hierbij is het toegevoegde zaagsel buiten beschouwing gelaten, omdat wordt aangenomen dat reguliere verwerking van deze afvalstroom vergelijkbare milieu-ingrepen met zich meebrengt. In het geval slib uit de biooog en de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,014 ton te verbranden slib met een bijbehorend ruimtebeslag van 0,0006 m<sup>2</sup>\*jr per ton fixeer.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen. AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Voor AVI-vliegas en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton z/w-fixeer op 0,022 m<sup>2</sup>\*jr (2,3 kg vliegas) en 0,189 m<sup>2</sup>\*j (13,5 kg rookgasreinigingsresidu). In het geval slib uit de biooog en de indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) gaat het om 0,003 m<sup>2</sup>\*jr (0,3 kg vliegas) en 0 m<sup>2</sup>\*j (geen toerekening van rookgasreinigingsresidu). In deze gevoeligheidsanalyse wordt voor de bepaling van het ruimtebeslag ten gevolge van het storten van het slib (gevoeligheidsanalyse) wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m en een soortelijke massa van 1 ton/m<sup>3</sup>. Voor de 0,064 ton per ton fixeer te storten slib (inclusief bijgemengd zaagsel) resulteert dit over de te beschouwen periode van 100 jaar in een ruimtebeslag van 0,427 m<sup>2</sup>j.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 10.4 Transport

Het transport van fga en hulpstoffen naar Interchemic wordt beschouwd, alsmede het transport van reststoffen en producten van het fga-verwerkingsproces. De te vervoeren producten en reststoffen zijn per ton fixeer:

- 1 ton fixeer naar Interchemic;
- 1,02 ton afvalwater naar VVM;
- 0,078 ton slib van VVM naar AVR. en in het kader van gevoeligheidsanalyse 0,014 ton slib van VVM naar AVR en 0,064 ton slib naar stort

Voor het transport van het fga naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die fga door heel Nederland (alle verwerkers hebben landelijk recht om in te zamelen) inzamelt en derhalve van een gemiddelde transportafstand van 150 km heen en terug. Het fga wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12 ton per vracht.

Voor de aanvoer van NaOH wordt uitgegaan van 75 km. NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven die zich verspreid in Nederland op verschillende locaties bevinden (in ieder geval Botlek, Groningen en Twente).

Het afvalwater wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. Voor de gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van de afstand vanaf een willekeurige plaats in Nederland, dus van 150 km heen en terug.

Voor de aanvoer van zaagsel (is afvalstof) wordt er van uitgegaan dat het transport naar de verwerker en het daardoor vermeden transport bij reguliere verwerking elkaar zullen opheffen. Zaagsel komt op veel plaatsen vrij en zal in beide gevallen in de regio worden afgezet.

De slibben van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd naar de AVR. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. Voor de transportafstand naar de AVR wordt 150 km genomen op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie in Nederland. Voor de transportafstand van VVM naar de stort is uitgegaan van 40 km op basis van 11-15 C3-stortplaatsen in Nederland.

Voor het transport van de AVI-reststoffen en het vermeden transport van zand vanwege de nuttige toepassing van AVI-slak wordt uitgegaan van de proceskaarten hiervan (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 10.3).

Tabel 10.2 Overzicht transportafstanden

Materiaal	normaal			stort slib		
	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf	hoeveelh. (kg)	Afstand (km)	tkm per ton zwf
Aanvoer z/w-fixeer	1000	150	150	1000	150	150
Chemicaliën Interchemic (1)	28	75	2,1	28	75	2,1
Afvoer water (naar VVM)	1020	150	153	1020	150	153
Afvoer slib naar AVI	78	150	11,7	14	150	2,1
Afvoer slib naar stort	0	40	0	64	40	2,56
Chemicaliën VVM (2)	0,01	75	0	0,01	75	0
Poederkool VVM	0,5	300	0,15	0,5	300	0,15
Chemicaliën smeltoven (3)	2,3	75	0,17	2,3	75	0,17
AVI-vliegas	2,3	130 (4)	0,30	0,3	130 (4)	0,04
rookgasreinigingsresidu	13,5	50	0,68	0	50	0
NaOH AVI (20%)	33,1	75	2,48	0	75	0
NH <sub>4</sub> OH (25%)	0,015	75	0	0,004	75	0
Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI	1,47	50 (land) 600 (water)	0,073 0,879	0	50 (land) 600 (water)	0 0
Afdeksand (stort rookgasreinigingsresidu)	10,2	35 (land) 50 (water)	0,355 0,508	0	35 (land) 50 (water)	0 0
Afvoer AVI-slak	28,3	75	2,12	4,1	75	0,31
Vermeden zand	28,3	35 (land) 50 (water)	0,99 1,42	4,1	35 (land) 50 (water)	0,14 0,21

(1) Het betreft hier NaOH (25 kg) en Na<sub>2</sub>S (3 kg)

(2) Het betreft hier NaOH (0,007 kg), FeCl<sub>3</sub> (0,003); zaagsel is buiten beschouwing gelaten en poederkool apart vermeld

(3) Het betreft hier NaOH

(4) Inclusief aanvoer cement voor de immobilisatie (zie proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## 10.5 Energie

### Energieverbruik verwerking fixeer

De Fga verwerkingsinstallatie van Interchemic verbruikt elektriciteit, te weten per ton fixeer (TNO, 2000):

- 16 kWh voor de ontzilvering
- 20 kWh voor de ONO-behandeling

Het elektriciteitsverbruik voor de verwerking van het afvalwater bij VVM bestaat uit de volgende posten (gegevens per ton afvalwater; VVM, 2000):

Zeefbandpers: 0,15 kWh  
Blowers bioloog: 1,5 kWh  
Kamerfilterpers: 0,11 kWh  
Persluchtgebruik: 3,5 kWh

In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 1,02 ton afvalwater (hoeveelheid per ton fixeer) 5,3 kWh.

Volgens recente informatie van VVM (VVM, 2001) is het energieverbruik van de voorverdamer en de indamper samen 0,4 ton stoom per ton Fga, hetgeen overeenkomt met 357 MJ. Op basis van gegevens van VVM (VVM, 2000) verbruikt de indamper 0,25 ton stoom per ton afvalwater, oftewel 223 MJ per ton. Voor 1,02 ton Fga is dit dus 222 MJ.



### Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

Uit het ruwe zilver en het sulfideslib wordt zilver teruggewonnen. Vanwege gebrek aan gegevens en vanwege de vergelijkbaarheid met andere verwerkingsalternatieven wordt uitgegaan van het proces bij Argentia. Op basis van recente gegevens van Argentia (Argentia, 2001) is het verbruik van de zilversmeltoven bepaald op 4,09 kWh per kg elektrolytisch zilver en 16,4 kWh per kg chemisch zilver (zie voor berekening paragraaf 6.5). Aangenomen is dat het sulfideslib wat betreft het energieverbruik vergelijkbaar is met chemisch zilver bij Argentia. Op basis van deze gegevens en de hoeveelheden van 3,5 kg ruw elektrolytisch zilver en 7 kg sulfideslib per ton fixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik  $4,09 \cdot 3,5 + 16,4 \cdot 7 = 131$  kWh per ton fixeer.

Het residu uit de voorverdampers (VVM) wordt afgevoerd ter verbranding in een AVI. Een gemiddelde AVI verbruikt ongeveer 100 kWh elektrische energie per ton afval. Daarnaast kan bij een gemiddelde stookwaarde van 10,5 MJ/kg circa 750 kWh elektrische energie per ton afval worden teruggewonnen (ongeveer 26%). De netto elektriciteitsproductie bedraagt gemiddeld 22% van de calorische waarde.

Bij gebrek aan specifieke kennis op dit punt wordt aangenomen dat voor het slib het verbruik voor het voeden van de AVI (mengen en handling) niet zal afwijken van het verbruik dat geldt voor de gemiddelde AVI-voeding. Op basis van de veel lagere calorische waarde zal verbranden van het slib wel tot aanzienlijk minder rookgassen leiden waardoor het toe te rekenen energieverbruik van de rookgasreiniging onder het gemiddelde zal liggen. Samengevat wordt het energieverbruik per ton slib als geheel dus lager ingeschat dan de 100 kWh per ton die geldt voor de gemiddelde AVI-voeding en gerekend wordt met 50 kWh per ton slib. Voor een ton fixeer (0,061 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 3,1 kWh. In de gevoeligheidsanalyse toch storten slib betreft het 14 kg dat naar de AVI gaat ofwel een verbruik van 0,7 kWh. In beide gevallen is het zaagsel niet meegeteld omdat er vanuit gegaan is dat reguliere verwerking vergelijkbare effecten met zich mee brengt.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoken afval. Voor het slib wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (aannee o.b.v. de calorische waarde van het residu van de voorverdampers bij VVM; Aerts, 2000). Feitelijk is deze warmte-inhoud zo laag dat redelijkerwijs niet kan worden verondersteld dat het residu nog een werkelijke bijdrage levert aan de energieproductie van de AVI. Het stoken van een AVI met afval van een dergelijke lage stookwaarde zal in praktijk niet eens als goed zelfstandig verbrandingsproces blijven lopen. Als uitgangspunt wordt, gelet op deze lage stookwaarde van het residu, dan ook afgezien van het toerekenen van een bijdrage van de elektriciteitsproductie. Teneinde de relevantie van deze keuze op de uitkomst van de LCA-vergelijking te kunnen toetsen wordt als gevoeligheidsanalyse (gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen van energie") alsnog een deel van de energieproductie aan het residu toegerekend op basis van het hierboven genoemde bruto-rendement van de AVI. Uitgaande van een calorische waarde van 4 GJ/ton, 0,061 ton slib per ton z/w-fixeer (excl. zaagsel) en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 17,6 kWh elektriciteit per ton fixeer op.

Tabel 10.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton z/w-fixeer

	normaal	storten slibben	toch toerekenen van energie
gebruik (kWh/ton)	3,1	0,7	3,1
productie (kWh/ton)	0	0	17,6

Bovenstaande hoeveelheden energie behoeven dus niet m.b.v. primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. De vermeden milieu-ingrepen bij de winning, het transport en het gebruik van de primaire brandstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met database in SimaPro.

Met behulp van de proceskaarten uit achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 10.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 10.3b weergegeven.

Tabel 10.3b; Energie verwerking AVI-reststoffen (normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang in kg per ton z/w-fixeer	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton z/w-fixeer
Immobilisatie vliegaselektrische	2,3 / 0,3	5,2 kWh	0,01 / 0 kWh
Stort vliegaselektrische	2,3 / 0,3	87 MJ	0,20 / 0,03 MJ
Stort rookgasreinigingsresidu: diesel	13,5 / 0	105 MJ	1,42 / 0 MJ

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is aangenomen dat de slibstromen uit de biologische en de indamper worden gestort, samen 0,064 ton per ton fixeer. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Per ton fixeer is dit dus 3,8 MJ.

Het verzadigde kool uit het kooladsorptieproces wordt geregenereerd. Dit kost 25 MJ elektriciteit per kg kool (Chemviron, 1999). Voor de verwerking van fga wordt 0,5 kg kool per ton gebruikt (VVM, 2000). Dit resulteert in een elektriciteitsverbruik van 12,5 MJ per ton zwart/wit-fixeer.

#### Energieverbruik nuttige toepassing

Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrengen van regulier ophoogmateriaal.

Aangenomen is dat het energieverbruik bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## **10.6 Bedrijfsmiddelen**

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking fixeer

De inrichting van Interchemic verbruikt per ton zwart/wit-fixeer de volgende hoeveelheden bedrijfsmiddelen (TNO, 2000):

Natronloog (33%): 25 kg  
Na<sub>2</sub>S (40%) : 3 kg

Het bedrijfsmiddelenverbruik voor de zuivering van het afvalwater bedraagt (VVM, 2000; TNO, 2000):

Natronloog (33%): 0,007 kg  
FeCl<sub>3</sub> : 0,003 kg  
Poederkool: 0,5 kg  
Zaagsel: 17 kg  
Flocculant: 0,0001 kg

Voor fga (in dit geval 1,02 ton ontzilverd fixeer) is van deze waarden uitgegaan.

#### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen

De rookgasreiniging van de smeltoven verbruikt natronloog: 0,22 m<sup>3</sup> per ton verwerkt ruw zilver (zie toelichting paragraaf 10.6). Voor de 3,5 kg ruw zilver en 7 kg sulfideslib uit fixeer is dit 2,3 liter natronloog.

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt NaOH (20%), Ca(OH)<sub>2</sub> en ammoniak (25% NH<sub>4</sub>OH). De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Aangenomen is dat alle in het fga aanwezige halogenen en zwavel in de te verbranden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van het te verbranden slib (zie tabel 10.6) en het gebruikte AVI-model (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is het verbruik van natronloog en kalk te berekenen en dit komt op 33,1 kg respectievelijk 1,47 kg per ton fixeer. Op basis van de aanname dat de halogenen en het zwavel in het fixeer geheel in het residu van de indamper komen (zie paragraaf 10.2), en overwegende dat de loog- en kalkgebruik van een AVI primair wordt bepaald door de hoeveelheden af te vangen halogenen en zwavel, wordt het toe te rekenen gebruik in de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib" voor beide bedrijfsmiddelen nul.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (0,061 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 8,8 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 15 gram per ton fixeer. In de gevoeligheidsanalyse "storten slib" betreft het 0,014 kg slib dat nog naar de AVI gaat, corresponderend met 2 g NO<sub>x</sub> en 3,5 g NH<sub>4</sub>OH (25%) per ton fixeer.

De geproduceerde vliegashoudende stof wordt na immobilisatie gestort, en daarvoor is cement nodig en wel 100 kg per ton. Het rookgasreinigingsresidu wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van de proceskaarten in achtergronddocument A1 bij MER-LAP is voor het storten van rookgasreinigingsresidu per ton 3,3 kg big-bag, 1,3 kg PE-hoes en 750 kg zand nodig. Dit is voor zowel de normale situatie als de gevoeligheidsanalyse "stort slib" uitgewerkt in tabel 10.4.

Tabel 10.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI  
(normaal/gevoeligheidsanalyse "stort slib")

Verwerking	omvang reststroom in kg per ton z/w-fixeer	Hoeveelheid in kg per ton reststof	Hoeveelheid per ton z/w-fixeer (kg)
Immobilisatie vliegashoudende stof - cement	2,3 / 0,3	100	0,23 / 0,03
Storten rookgasreinigingsresidu - big-bags - PE - zand	13,5 / 0	3,3 1,3 750	0,045 / 0 0,018 / 0 10,2 / 0

#### Bedrijfsmiddelenverbruik nuttige toepassing

Aangenomen is dat het bedrijfsmiddelenverbruik bij de toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieuingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

Bij de nuttige toepassing van AVI-slak worden geen (extra) bedrijfsmiddelen verbruikt.

## 10.7 Emissies naar lucht

### Emissies verwerking zwart/wit-fixeer

Omdat kwantitatieve gegevens van de emissies naar lucht bij Interchemic ontbreken zijn de emissiecijfers van Van Vlodrop genomen (het gaat hierbij om vergelijkbare processen van op- en overslag en ontzilvering). Deze emissies zijn:

- 0,085 kg ammoniak/ton fixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton fixeer.

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>/ton afvalwater, op basis van een maximale emissie van 400 g/uur, 16 uur/dag en 300 m<sup>3</sup> afvalwater per dag (VVM, 2001b). Deze waarde is ook aangehouden voor de fga-stromen, en dus ook voor z/w-fixeer.

Bij de indamping van het afvalwater (bij VVM) zullen bepaalde componenten meeverdampen met het water. Voorzover deze niet in de condensor weer condenseren, worden deze behandeld in de biologische zuivering (VVM, 2000). De emissies naar de lucht zijn verwaarloosbaar.

### Emissies verwerking ruw zilver en sulfideslib

Voor de zilverterugwinning uit het ruwe zilver en het sulfideslib wordt de smeltoven van Argentia als referentie genomen. De gassen uit de zilversmeltoven bestaan in hoofdzaak uit een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen zoals chloride, bromide, ammoniak, zwaveldioxide, zware metalen en stof. De gassen worden via een puntafzuiging naar de gaswasinstallatie geleid.

In opdracht van Argentia heeft Tauw metingen verricht (Tauw, 2000). De gemiddelde gemeten concentraties staan weergegeven in tabel 5.5. Deze zijn, uitgaande van het gegeven debiet (4.100 m<sup>3</sup>/hr) en de capaciteit van de smeltoven van 96 kg/uur (Argentia, 2000) omgerekend naar mg/kg verwerkt ruw zilver. Op basis van de verwerkte hoeveelheid van 10,5 kg ruw zilver/sulfideslib per ton z/w-fixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 5.5.

Tabel 10.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

Component	Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> )	Emissie (mg/ton z/w-fixeer)
Ag	8,20 E-01	3,7 E+02
Cd	2,00 E-03	8,9 E-01
Cr	4,00 E-03	1,8 E+00
Ni	1,33 E-03	6,0 E-01
Stof	1,47 E+01	6,6 E+03
HCl	5,77 E+00	2,6 E+03
HBr	1,00 E+00	4,5 E+02
SO <sub>x</sub>	3,87 E+00	1,7 E+03
NH <sub>3</sub>	4,00 E+00	1,8 E+03

Emissies verbranding residu in AVI

Verbranding van het residu uit de voorverdamer (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht.

Van belang hierbij is de samenstelling van het slib, en hiervoor is het volgende relevant:

- De calorische waarde van de slibben uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten aan zware metalen, chloor en zwavel die per ton zwart/wit-fixeer in het te verbranden slib terechtkomen, is uitgegaan van de in (TNO, 2000) gerapporteerde concentraties in de afvalwaterstromen van Interchemic. Deze zijn in tabel 10.6 weergegeven. Voor de metalen die in dat rapport niet zijn vermeld maar wel in MER-LAP worden meegenomen is aangenomen dat het gedrag vergelijkbaar zal zijn met de andere metalen, ofwel dat van de 5 mg/l in de oorspronkelijke fixeer er na de ONO-behandeling 2 mg/l in het afwater zal resulteren
- Aangenomen wordt dat vrijwel alle metalen uit het afvalwater in de slibstromen van de fysisch/chemische reiniging terechtkomen. Voor de halogenen en het zwavel wordt aangenomen dat de aanwezige hoeveelheden in het fixeer via het afvalwater volledig in de slibstromen terechtkomen. Deze componenten zullen voor het overgrote deel in de indampstap (als zouten) worden verwijderd.
- De ONO-behandeling heeft weinig invloed op de concentratie organische stoffen (TNO, 2000). Het C-gehalte in de afvalwaterstroom wordt gelijkgesteld met die in het fixeer: circa 1,5% (zie tabel 2.1 samenstelling). De organische stoffen zullen ook vrijwel allemaal in de slibstromen terechtkomen. aangenomen is dat deze evenredig worden verdeeld.

Tabel 10.6; Componenten in afvalwater en in slibstromen

Component	Concentratie in afvalwater (mg/l)	Vracht in slibstromen (g/ton z/w-fixeer)
Ag	2	2
Cd	2 (*)	2
Co	2 (*)	2
Cr	2	2
Cu	2	2
Hg	2 (*)	2
Mn	2 (*)	2
Ni	2	2
Pb	2 (*)	2
Zn	2	2
Cl	37500 (**)	2000 (**)
Br	3000 (**)	0
S	13000 (***)	13000
C	15000	15000

(\*) Niet ontleend aan TNO, 2000 maar toegevoegd onder aanname van vergelijkbaar gedrag

(\*\*) De opgegeven 40,5 g halogenen per liter ligt ver boven de hoeveelheid van tabel 2.1. De herkomst ervan en de vraag in hoeverre dit inderdaad aan ontwikkelaar is toe te rekenen. In MER-LAP is er vanuitgegaan dat maximaal 2 g per liter aan de ontwikkelaar met de samenstelling van tabel 2.1 kan worden toegerekend.

(\*\*\*) Dit is de som van S plus de S-gehalten in de stromen sulfaat, sulfiet en thiosulfaat zoals gerapporteerd door TNO, 2000

Op basis van de calorische waarde van het residu, de vrachten zware metalen, chloor en zwavel en de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de emissies bij verbranding vastgesteld. Een overzicht van de emissies staat in tabel 10.7.

Tabel 10.7; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

Component	Emissies naar lucht (mg/ton z/w-fixeer)	
	normaal	storten slib
Ag	1,4	1,4
Cd	10	10
Cr	1,4	1,4
Co	1,4	1,4
Cu	1,4	1,4
Hg	60	60
Mn	1,4	1,4
Ni	1,4	1,4
Pb	1,4	1,4
Zn	1,4	1,4
HCl	4000	-
SO <sub>2</sub>	79300	-
NO <sub>x</sub>	8780	2020
NH <sub>3</sub>	440	100
CO <sub>2</sub>	5,5*E+07	5,5*E+07
CO	2930	670
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	730	170
TCDD TEQ	7,32*E-06	1,68*E-06
fijn stof	520	180

(\*) In geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.

#### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies naar lucht bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheidslak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 10.8 Emissies naar water

### Emissies verwerking fixeer

Er treden geen emissies naar water op bij de verwerking van fixeer bij Interchemic. Het ontzilverde en in de ONO behandelde fixeer wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering.

De emissies naar water na de afvalwaterbehandeling bij VVM staan weergegeven in tabel 5.9 (TNO, 2000). De cijfers betreffen algemene emissiecijfers voor het hele bedrijf. Omdat echter geen naar afvalstroom gedifferentieerde cijfers bekend zijn, zijn deze cijfers gebruikt voor de z/w-fixeerstroom.

Tabel 5.9; Emissies door lozing na afvalwaterbehandeling VVM

Component	Emissie (mg/ton afvalwater)
Zwevend stof	9,10 E+03
Chloride	2,88 E+04
Zwavel	2,82 E+02
CZV	1,72 E+05
BZV	3,72 E+03
N-kjeldahl	3,51 E+05
Fosfaat	2,21 E+03

### Emissies verwerking reststoffen

Bij het smeltproces treden geen emissies naar water op. De gaswasvloei stof van de smeltoven bij Argentia wordt afgevoerd naar VVM ter zuivering. Verwerking van het residu in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een afvalwatervrije rookgasreiniging (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

### Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

Aangenomen is dat de emissies bij de nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet verschillen van die bij de toepassing van primaire grondstoffen. Voor de verwerking van slak bij een edelmetaalbedrijf is dit echter onzeker. Niet duidelijk is in hoeverre de milieu-ingrepen verschillen vanwege het verschil in samenstelling tussen het slak en primaire grondstoffen. De eventuele effecten hiervan zullen echter klein zijn vanwege de relatief geringe hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 10.9 Emissies naar bodem

Bij de stort van AVI-vliegas en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-rookgasreinigingsresidu wordt aangenomen dat geen uitloging plaatsvindt vanwege het storten in big-bags met extra afdekhoes waardoor water niet bij het materiaal kan komen. Op basis van de massabalans voor een AVI (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu. Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 10.10.

Vanwege de aanname dat de zware metalen met name in het fysisch-chemisch slib terecht komen zullen in het geval alleen dit slib wordt verbrand en het slib uit biooog/indamper wordt gestort (gevoeligheidsanalyse) de emissies van de metalen niet anders zijn. Gezien de aanname over halogenen en zwavel zullen de emissies daarvan in dit geval verwaarloosbaar zijn.

Tabel 10.10; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

Component	Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton fixeer)		
	Slak	Vliegas	Totaal
Ag	0,86	0,27	1,13
Cd	0,50	0,90	1,40
Co	0,86	0,55	1,40
Cr	0,86	0,27	1,13
Cu	0,86	0,27	1,13
Hg	0,00	0,10	0,10
Mn	0,86	0,27	1,13
Ni	0,86	0,27	1,13
Pb	0,86	0,27	1,13
Zn	0,86	0,27	1,13
Cl	55900	12800	68700 (*)
SO4	793123	78246	880369 (*)

(\*) in geval van stort slib bioloog/indamper worden geen emissies van Cl en S gerekend; deze componenten zullen zich met name in het indampresidu bevinden.

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van stort van slib uit de bioloog en de indamper. Vanwege het feit dat de zware metalen voor het overgrote deel in de voorgaande stappen (sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie en fysisch/chemische zuivering) zijn verwijderd, zijn de gehalten in het te storten slib beperkt en daarmee ook de uitlozing naar de bodem. Wel zullen emissies van halogenen en zwavel kunnen optreden. Hier zijn echter geen gegevens over beschikbaar (leemte in kennis)

### 10.10 Uitgespaarde winning/productie grond-/brandstoffen

Door de terugwinning van zilver via elektrolyse en uit het sulfideslib zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Per ton fixeer wordt in totaal 3 kg zilver (beginconcentratie 3 g/l, eindconcentratie 2 mg/l) teruggewonnen. Daarmee wordt de productie van deze hoeveelheid zilver bespaard.

Met de toepassing van AVI-slak, te weten 28,3 kg/ton fixeer in de normale situatie en 4,1 kg in het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten slib", wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

### 10.11 Finaal afval

In tabel 10.11 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In de proceskaarten voor de AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.2) zijn per ton fixeer de te storten hoeveelheden afval bepaald.



Tabel 10.11; Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton fixeer (kg)	
	normaal	storten slib
Slib bioloog/indamper	0	64
AVI-vliegas	3,3 (1)	0,4 (1)
AVI-rookgasreinigingsresidu	13,5	0

(1) 2,3 resp. 0,3 kg vliegas geeft 3,3 resp. 0,4 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## 10.12 Kennisleemten

Leemten in kennis zijn er met betrekking tot de volgende zaken:

- De herkomst van de relatief grote hoeveelheden Chloor en Broom in het afvalwater van Interchemic zijn onzuidelijk, evenals de vraag of dit allemaal aan fixeer moet worden toegerekend. Er is gekozen voor een correctie op basis van de samenstelling van het fga.
- De milieu-ingrepen bij VVM zijn voor het hele bedrijf gegeven. Bij VVM worden ook andere afvalwaterstromen verwerkt. Niet duidelijk is wat de specifieke bijdrage is van Fga.
- De verdeling van de verschillende componenten over de slibstromen die vrijkomen bij VVM en daarmee de daaruit volgende milieu-ingrepen zoals emissies bij verbranding of bij stort.
- De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.

## BIJLAGE 1:

## OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

<b>Verwerkingstechniek: ZWF-1</b>					
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gev. analyse (a)</b>	
				<b>1 (b)</b>	<b>2(c)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar)	elektrolyse/sulfideprec./UF zilversmelten afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu stort slibben	0,11 0,01 0,09 0,0027 0,022 0,857 0	0,11 0,01 0,09 0,0006 0,003 0 0,427	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer z/w-fixeer Afvoer permeaat (naar VVM) Afvoer sulfideslib (as) (water) Ruw zilver Afvoer slib naar AVI Afvoer slib naar stort Chemicaliën Van Vlodrop Chemicaliën VVM Poederkool VVM Chemicaliën smeltoven AVI-vliegas rookgasreinigingsresidu NaOH (20%) voor AVI NH4OH (25%) voor AVI Ca(OH)2 voor AVI (as) (water) zand (stort rgrrr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 148,7 (29) 4,4 (25) 2,2 (-) 0,51 (10) 11,7 (25) 0 (25) 0,06 (10) 0 (10) 0,15 (30) 0,14 (10) 0,30 (10) 3,06 (10) 13 (10) 0 (10) 0,07 (10) 0,87 (-) 1,61 (20) 2,30 (-) 2,12 (10)	150 148,7 4,4 2,2 0,51 (10) 2,1 2,56 0,06 0 0,15 0,14 0,04 0 0 0 0 0 0 0 0,31	als normaal
3.	Energiegebruik	elektrolyse ultramembraanfiltratie verwarming spoelwater elek. afvalwaterverwerking stoom afvalwaterverwerking zilversmeltoven regeneratie kool voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgrrr (diesel) stort slibben (diesel)	12,4 kWh 26,9 kWh 13,1 MJ 5,3 kWh 221 MJ 104 kWh 12,5 MJ 3,1 kWh 0,01 kWh 0,20 MJ 6,43 MJ 0 MJ	12,4 26,9 13,1 5,3 221 104 12,5 0,7 0 0,03 0 3,8 MJ	als normaal

Verwerkingstechniek: ZWF-1					
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)		
			1 (b)	2(c)	
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>sulfideprec./UF:</u> natronloog (33%) natriumsulfide (40%) zepen citroenzuur water <u>zuivering afvalwater</u> natronloog (33%) FeCl3 poederkool flocculant <u>smeltoven:</u> natronloog (33%) <u>AVI:</u> natronloog (20%) kalk (Ca(OH)2) NH4OH (25%) <u>verwerking AVI-reststoffen:</u> cement big bags PE-hoezen zand	0,014 kg 0,11 kg 0,014 kg 0,71 kg 75 liter 7 g 3 g 0,5 kg 0,1 g 1,9 liter 173,4 kg 1,45 kg 15 g 0,23 kg 0,202 kg 0,08 kg 45,9 kg	0,014 0,11 0,014 0,71 75 7 3 0,5 0,1 1,9 liter 0 0 3,5 g 0,03 0 00 0	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	<u>elektrolyse/sulfideprec./UF:</u> ammoniak azijnzuur <u>afvalwaterverwerking:</u> CxHy <u>smeltoven:</u> Ag Cd Cr Ni Stof HCl HBr SOx NH3 <u>AVI:</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO2 NOx NH3 CO2 CO CxHy TCDD TEQ fijn stof	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 3,1 E+02 7,6 E-01 1,5 E+00 5,1 E-01 5,6 E+03 2,2 E+03 3,8 E+02 1,5 E+03 1,5 E+03 0,7 2,5 0,35 1,7 0,35 14,9 0,35 0,35 0,35 0,35 0,35 4000 420000 8780 440 5,5*E+07 2930 730 7,32*E-06 460	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 3,1 E+02 7,6 E-01 1,5 E+00 5,1 E-01 5,6 E+03 2,2 E+03 3,8 E+02 1,5 E+03 1,5 E+03 0,7 2,5 0,35 1,7 0,35 14,9 0,35 0,35 0,35 0,35 0,35 0 0 2020 100 5,5*E+07 670 170 1,68*E-06 120	als normaal

Verwerkingstechniek: ZWF-1					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
				1 (b)	2(c)
6.	Emissie water (mg)	<u>spoelwater UF:</u> Ag Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn CZV N-kjeldahl <u>afvalwaterverwerking:</u> Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	4,4 E+00 1,8 E-02 6,4 E-01 8,5 E-01 5,2 E-02 2,0 E-01 3,3 E-01 1,2 E+00 3,4 E+04 1,3 E+03  9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	<u>AVI-reststoffen</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO4	0,56 0,35 0,35 1,40 0,28 0,02 0,28 0,28 0,28 0,28 0,28 68288 4633924	0,56 0,35 0,35 1,40 0,28 0,02 0,28 0,28 0,28 0,28 0 0	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu slib bioloog / indamper	3,3 kg 61,2 kg 0 kg	0,4 0 64	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	vermeden zand (as) (water)	0,99 (20) 1,42 (-)	0,14 0,21	als normaal
10.	Vermeden energie	energieopbrengst AVI	0 kWh	als normaal	17,6
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver zand	3 kg 28,3 kg	3 kg 4,1 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren spoelwater (d)	35 liter	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 "stort deel slib"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen energie"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

<b>Verwerkingstechniek: ZWF-2</b>					
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gev. analyse (a)</b>	
				<b>1 (b)</b>	<b>2(c)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar)	elektrolyse zilversmelten afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu stort slibben	0,16 0,004 0,09 0,005 0,034 0,862 0	0,16 0,004 0,09 0,003 0,015 0 0,427	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer z/w-fixeer Afvoer bad (naar VVM) Afvoer slib naar AVI Afvoer slib naar stort Chemicaliën elektrolyse Chemicaliën VVM Poederkool VVM Chemicaliën smeltoven AVI-vliegas Rookgasreinigingsresidu NaOH (20%) voor AVI NH4OH (25%) voor AVI Ca(OH)2 voor AVI (as) (water) Zand (stort rgr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 149,6 (29) 18,3 (25) 0 (25) 0,20 (10) 1,5 (10) 0,15 (30) 0,06 (10) 0,46 (10) 3,08 (10) 13,09 (10) 0 (10) 0,07 (10) 0,88 (-) 1,62 (20) 2,31 (-) 3,25 (10)	150 149,6 8,7 2,56 0,20 1,50 0,15 0,06 0,20 0 0 0 0 0 0 0 1,44	als normaal
3.	Energiegebruik	elektrolyse zilversmeltoven elek. afvalwaterverwerking stoom afvalwaterverwerking regeneratie kool voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgr (diesel) stort slibben (diesel)	42,8 kWh 13,9 kWh 85 kWh 222 MJ 12,5 MJ 5,3 kWh 0,02 kWh 0,30 MJ 6,47 MJ 0 MJ	42,8 13,9 85 222 12,5 1,4 0,01 0,13 0 3,8	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>elektrolyse</u> natronloog (33%) <u>smeltoven:</u> natronloog (33%) <u>zuivering afvalwater</u> natronloog (33%) FeCl3 poederkool floculant Na2S (40%) <u>AVI:</u> natronloog (20%) kalk (Ca(OH)2) NH4OH (25%) <u>verwerking AVI-reststoffen:</u> cement big bags PE-hoezen zand	2,6 liter 0,74 liter 7 g 3 g 0,5 kg 5 kg 15 kg 174,5 kg 1,46 kg 26 g 0,35 kg 0,203 kg 0,08 kg 46,2 kg	2,6 0,74 7 3 0,5 5 15 0 0 14,4 g 0,15 0 0 0	als normaal

Verwerkingstechniek: ZWF-2						
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)			
			1 (b)	2(c)		
5.	Emissie lucht (mg)	<u>elektrolyse</u> ammoniak azijnzuur <u>afvalwaterverwerking:</u> CxHy <u>smeltoven:</u> Ag Cd Cr Ni Stof HCl HBr SOx NH3 <u>AVI:</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO2 NOx NH3 CO2 CO CxHy TCDD TEQ fijn stof	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 1,2 E+02 2,9 E-01 5,8 E-01 1,9 E-01 2,1 E+03 8,4 E+02 1,5 E+02 5,6 E+02 5,8 E+02 34,9 24,93 3,49 3,49 3,49 149,55 3,49 3,49 3,49 3,49 3988 418740 15120 760 5,5*E+07 5040 1260 1,26*E-05 980	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 1,2 E+02 2,9 E-01 5,8 E-01 1,9 E-01 2,1 E+03 8,4 E+02 1,5 E+02 5,6 E+02 5,8 E+02 34,9 24,93 3,49 3,49 3,49 149,55 3,49 3,49 3,49 3,49 - - 8350 420 5,5*E+07 2780 700 6,96*E-06 640	als normaal	
6.	Emissie water (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u> Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal	als normaal	
7.	Emissie bodem (mg)	<u>AVI-reststoffen</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO4	28,15 3,49 3,50 2,81 2,81 0,25 2,81 2,81 2,81 2,81 2,81 2,81 2,81 68494 4647909	28,15 3,49 3,50 2,81 2,81 0,25 2,81 2,81 2,81 2,81 2,81 2,81 0 0	als normaal	

Verwerkingstechniek: ZWF-2					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
				1 (b)	2(c)
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegass AVI-rookgasreinigingsresidu slib bioloog / indamper	5,1 kg 61,6 kg 0 kg	2,2 0 64	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	vermeden zand (as) (water)	1,52 (20) 2,17 (-)	0,67 0,96	als normaal
10.	Vermeden energie	energieopbrengst AVI	0 kWh	als normaal	16,7
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver zand	3 kg 43,3 kg	3 kg 19,2 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren spoelwater	-	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 "stort deel slib"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen energie"



<b>Verwerkingstechniek: ZWF-3</b>							
<b>ASPECT (specificatie)</b>			<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>			
				<b>1 (b)</b>	<b>2 (c)</b>	<b>3 (d)</b>	<b>4 (e)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jr)	installatie	1,75	2,8	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	z/w-fixeer	150 (12)	150	als	150	als
		obsidiaan	3,2 (20)	5,0	normaal	1,7	normaal
		sulfaatslib	9,9 (20)	16		1,3	
		kalk (as) (water)	0,2 (10) 2,4 (-)	0,32 3,9		0,2 2,4	
		chemicaliën	1,94 (10)	3,09		1,94	
3.	Energiegebruik	installatie, elektr.	330 MJ	330	330	330	als
		installatie brandstof	0 MJ	0	2410	0	normaal
		stort obsidiaan (diesel)	0 MJ	0	0	2	
		stort sulfaatslib (diesel)	0 MJ	0	0	2,5	
		verkleining obsidiaan	1,9 kWh	3,0	1,9	0	
4.	Bedrijfsmiddelen	water	1420 kg	2270	als	als	als
		kalk	4 kg	6,4	normaal	normaal	normaal
		salpeterzuur	5,4 kg	8,7			
		ammoniak	5,5 kg	8,8			
		natriumsulfide (40%)	3,8 kg	6,1			
		chilisalpeter	4,3 kg	6,8			
		borax	2,5 kg	4,0			

Verwerkingstechniek: ZWF-3								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	
5.	Emissie lucht (mg)	<u>installatie</u>						
		Ag	1,11 E+03	1,11 E+03	1,11 E+03			
		As	3,44 E+02	5,51 E+02	0			
		Cd	3,94 E+02	6,31 E+02	3,94 E+02	als	als	
		Co	1,94 E+02	3,11 E+02	1,94 E+02	normaal	normaal	
		Cr	4,25 E+03	6,80 E+03	3,04 E+03			
		Cu	2,05 E+03	3,28 E+03	28,5			
		Hg	9,92 E+01	1,59 E+02	9,92 E+01			
		Mn	3,60 E+03	5,76 E+03	3,60 E+03			
		Ni	1,80 E+03	2,88 E+03	72			
		Pb	2,67 E+04	4,27 E+04	101,1			
		Sb	1,41 E+03	2,25 E+03	0			
		Se	1,44 E+02	2,31 E+02	0			
		Sn	5,38 E+02	8,60 E+02	0			
		V	1,44 E+02	2,31 E+02	0			
		Zn	4,73 E+03	7,56 E+03	147,8			
		stof	1,72 E+06	2,75 E+06	0			
		HCl	5,29 E+04	8,47 E+04	5,29 E+04			
		HF	1,16 E+04	1,85 E+04	1,16 E+04			
		SOx	1,18 E+05	1,89 E+05	0			
		H2S	5,63 E+03	9,00 E+03	5,63 E+03			
		NOx	7,41 E+05	1,19 E+06	0			
		CO2	8,14 E+08	1,30 E+09	5,5 E+07			
		CO	6,62 E+05	1,06 E+06	0			
		CxHy	1,57 E+05	2,51 E+05	0			
			<u>cementoven</u>					
			Ag	20	20	20		
			Cd	0,83	1,3	0,83		
			Cr	1,1	1,7	0,79		
			Cu	3,8	6,1	0,05		
	Hg	4,2	6,7	4,2				
	Mo	0,083	0,13	0,083				
	Ni	0,93	1,5	0,04				
	Pb	27	43	0,1				
	Sb	0,45	0,72	0				
	Sn	0,67	1,1	0				
	Zn	8,8	14	0,28				
6.	Emissie water (mg)	Ag	4.700	4.700	4.700	als	als	
		Cd	34	54,7	34	normaal	normaal	
		Cr	465	744	332			
		Cu	537	859	7,46			
		Hg	3,08	4,93	3,08			
		Ni	1.960	3.130	78,4			
		Pb	4.830	7.730	18,3			
		Zn	1.670	2.670	52,2			
		SO4	5.410	8.650	5.410			
		CZV	969.000	1.550.000	969.000			

Verwerkingstechniek: ZWF-3							
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)			
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)
7.	Emissie bodem (alles in mg)	<u>cement:</u> Ag Cd Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Zn <u>obsidiaan:</u> Ni Pb Zn sulfaat	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0				20 1,1 1,1 3,8 0,72 0,083 0,93 27 0,45 11 8,8 393 25,2 6900 18,9
8.	Finaal afval / te storten rest	obsidiaan sulfaatslib	0 kg 0 kg	als normaal	als normaal	42 33	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	grind (as) (water)	1,47 2,1	2,3 3,4	als normaal	0 0	als normaal
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver loodsulfaat koperhydroxide nikkelhydroxide grind gips	2900 g 1800 g 540 g 160 g 42000 g 19000 g	2900 2900 870 250 67000 30000	2900 6,8 7,5 6,4 42000 19000	2900 1800 540 160 0 0	als normaal
15.	Overig		geen	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

- (b) 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.
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "allocatie geheel op vloeibaar fga"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

<b>Verwerkingstechniek: ZWF-4</b>		
<b>ASPECT</b>	<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP (a)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	elektrolyse 0,16 zilversmelten 0,004 indamping/omg. osmose/verglazing 0,064
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer z/w-fixeer 150 Afvoer verglaasd product 20,85 Chemicaliën verwerking 0,20 Chemicaliën gasreiniging smeltoven 0,06 Chemicaliën osmose 0,23
3.	Energiegebruik	elektrolyse 42,8 kWh zilversmeltoven 13,9 kWh elektriciteit indamping/omg. osmose/verglazing 278 kWh gasgebruik indamping/omg. osmose/verglazing 40,6 Nm <sup>3</sup> verkleining verglaasd product 13 kWh
4.	Bedrijfsmiddelen	elektrolyse: natronloog (33%) 2,6 liter smeltoven: natronloog (33%) 0,74 liter indamping/omg. osmose/verglazing natronloog (33%) 3 liter
5.	Emissie lucht (mg)	elektrolyse: ammoniak 8,5 E+04 azijnzuur 6,2 E+04 smeltoven: Ag 1,2 E+02 Cd 2,9 E-01 Cr 5,8 E-01 Ni 1,9 E-01 Stof 2,1 E+03 HCl 8,4 E+02 HBr 1,5 E+02 SOx 5,6 E+02 NH3 5,8 E+02 verglazingsoven: As 2,9 Cd 2,6 Co 75 Cr 2250 Hg 291 Ni 6210 Pb 149 HCl 7680 HF 288 SO2 1,61 E+06 NOx 8,48 E+05 CO 1,79 E+04 CxHy 8,00 E+03 TCDD TEQ 1,58 E-05 CO2 5,5 E+07
6.	Emissie water (mg)	indamping/omg. osmose: Cr 41 Cu 28 Hg 6,2 Ni 38 Pb 270 Zn 110

<b>Verwerkingstechniek: ZWF-4</b>		
<b>ASPECT</b>	<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP (a)</b>
7.	Emissie bodem (mg)	<u>verglazingsproduct:</u> Co SO4
		6,4 2525
8.	Finaal afval / te storten rest	geen
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	Vermeden grind (as) (water) Sec. zwavelzuur (98%)
		9,7 14 7,32
10.	Vermeden energie	geen
11.	Vermeden emissie lucht	geen
12.	Vermeden emissie water	geen
13.	Vermeden emissie bodem	geen
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver grind sec. zwavelzuur (98%)
		2,9 kg 278 kg 209 kg
15.	Overig	geen

- (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: ZWF-6					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
				1 (b)	2(c)
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar)	Interchemic zilversmelten afvalwaterverwerking AVI AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu stort slibben	0,25 0,013 0,09 0,0027 0,022 0,189 0	0,25 0,013 0,09 0,0006 0,003 0 0,427	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	Aanvoer z/w-fixeer Chemicaliën Interchemic Afvoer bad (naar VVM) Afvoer slib naar AVI Afvoer slib naar stort Chemicaliën VVM Poederkool VVM Chemicaliën smeltoven AVI-vliegas Rookgasreinigingsresidu NaOH (20%) voor AVI NH <sub>4</sub> OH (25%) voor AVI Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI (as) (water) Zand (stort rgr) (as) (water) Afvoer AVI-slak	150 (12) 2,1 (10) 153 (29) 11,7 (25) 0 (25) 0 (10) 0,15 (30) 0,17 (10) 0,30 (10) 0,68 (10) 2,48 (10) 0 (10) 0,073 (10) 0,879 (-) 0,305 (20) 0,508 (-) 2,12 (10)	150 2,1 153 2,1 2,56 0 0,15 0,17 0,04 0 0 0 0 0 0 0 0,31	als normaal
3.	Energiegebruik	ontzilvering ONO-behandeling elek. afvalwaterverwerking stoom afvalwaterverwerking zilversmeltoven voeding AVI immobilisatie AVI-vliegas stort AVI-vliegas (diesel) stort AVI-rgr (diesel) stort slibben (diesel) regeneratie kool	16 kWh 20 kWh 5,3 kWh 222 MJ 131 kWh 3,1 kWh 0,01 kWh 0,20 MJ 1,42 MJ 0 MJ 12,5 MJ	16 20 5,3 222 131 0,7 kWh 0 0,03 0 3,8 12,5	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	<u>ontzilvering en ONO</u> natronloog (33%) Na <sub>2</sub> S (40%) <u>zuivering afvalwater</u> natronloog (33%) FeCl <sub>3</sub> poederkool <u>smeltoven:</u> natronloog (33%) <u>AVI:</u> natronloog (20%) kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) NH <sub>4</sub> OH (25%) <u>verwerking AVI-reststoffen:</u> cement big bags PE-hoezen zand	25 kg 3 kg 7 g 3 g 0,5 kg 2,3 liter 33,1 kg 1,47 kg 15 g 0,23 kg 0,045 kg 0,018 kg 10,2 kg	25 3 7 3 0,5 2,3 0 0 3,5 0,03 0 0 0	als normaal

Verwerkingstechniek: ZWF-6						
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)			
			1 (b)	2(c)		
5.	Emissie lucht (mg)	<u>elektrolyse</u> ammoniak azijnzuur <u>afvalwaterverwerking:</u> CxHy <u>smeltoven:</u> Ag Cd Cr Ni Stof HCl HBr SOx NH3 <u>AVI:</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn HCl SO2 NOx NH3 CO2 CO CxHy TCDD TEQ fijn stof	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 3,7 E+02 8,9 E-01 1,8 E+00 6,0 E-01 6,6 E+03 2,6 E+03 4,5 E+02 1,7 E+03 1,8 E+03 1,4 10 1,4 1,4 1,4 60 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 4000 79300 8780 440 5,5*E+07 2930 730 7,32*E-06 520	8,5 E+04 6,2 E+04 2,0 E+4 3,7 E+02 8,9 E-01 1,8 E+00 6,0 E-01 6,6 E+03 2,6 E+03 4,5 E+02 1,7 E+03 1,8 E+03 1,4 10 1,4 1,4 1,4 60 1,4 1,4 1,4 1,4 1,4 - - 2020 100 5,5*E+07 670 170 1,68*E-06 180	als normaal	
6.	Emissie water (mg)	<u>afvalwaterverwerking:</u> Zwevend stof Chloride Zwavel CZV BZV N-kjeldahl Fosfaat	9,10 E+03 2,88 E+04 2,82 E+02 1,72 E+05 3,72 E+03 3,51 E+05 2,21 E+03	als normaal	als normaal	
7.	Emissie bodem (mg)	<u>AVI-reststoffen</u> Ag Cd Co Cr Cu Hg Mn Ni Pb Zn Cl SO4	1,13 1,40 1,40 1,13 1,13 0,10 1,13 1,13 1,13 1,13 1,13 68700 880369	1,13 1,40 1,40 1,13 1,13 0,10 1,13 1,13 1,13 1,13 1,13 0 0	als normaal	

Verwerkingstechniek: ZWF-6					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gev. analyse (a)	
				1 (b)	2(c)
8.	Finaal afval / te storten rest	AVI-vliegas AVI-rookgasreinigingsresidu slib bioloog / indamper	3,3 kg 13,5 kg 0 kg	0,4 0 64	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	vermeden zand (as) (water)	0,99 (20) 1,42 (-)	0,14 0,21	als normaal
10.	Vermeden energie	energieopbrengst AVI	0 kWh	als normaal	17,6
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zilver zand	3 kg 28,3 kg	3 kg 4,1 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren spoelwater	-	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 "stort deel slib"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch toerekenen energie"



## BIJLAGE 2:

## LITERATUUR

Aerts, 2000

"LCA-vergelijking waarbij het verwerken van vloeibaar Fga afkomstig van kleur fotografie langs een alternatieve route wordt vergeleken met de minimumstandaard uit het MJP-GA II".

Argentia, 1999

Brief aan TNO-STB d.d. 28-5-1999 betreffende "Emissieprofiel Argentia".

Argentia, 2000.

"Aanvraag om een Wet milieubeheervergunning Argentia B.V., Moerdijk".

Argentia, 2001

Faxbericht aan OpdenKamp Adviesgroep d.d. 20-9-2001 betreffende "Gegevens Argentia t.b.v. MER-LAP".

Baumann, 1999.

"Negative Konsequenzen, Am beispiel der Entsorgung verbrauchter Entwicklerbäder werden die Folgen unklarer Formulierungen des KrW-/AbfG deutlich" in Müllmagazin 2/1999.

Chemviron, 1999

"Faxbericht aan VVM, d.d. 1-7-1999 betreffende "Milieurendementen".

Edelchemie, 2000

Bijlage bij brief aan Iwaco (ref 42/2000/LN/kc, d.d. 13-8-2000) betreffende "F.G.A.-verwerking en vergelijking verwerkingstechnieken".

Interchemic 2000/2001

Door Interchemic t.b.v. MER-LAP beschikbaar gestelde informatie.

Tauw, 1998

Emissie-onderzoek Argentia BV te Moerdijk, metingen 19-12-1998.

Tauw, 1998a.

"Beoordeling van het gebruik van Renoxal als reagens voor NOx-verwijdering in cementovens"  
R3652130.001

Tauw, 2000

Emissie-onderzoek 2000 Argentia", metingen 25-2-2000.

TNO, 2000

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

Van Vlodrop, 1999

Wm-vergunningaanvraag 1999

Van Vlodrop, 1999b

Informatie betreffende elektrolyse, precipitatie en membraanfiltratie naar aanleiding van het onderzoek "Emissieprofielen", 28 mei 1999.

Van Vlodrop, 2000

Melding bewerking kleur FGA inzake art. 8.19, tweede lid WM door Van Vlodrop Holding BV", april 2000.

Van Vlodrop, 2001

Mondelinge informatie de heer P.R. de Munck, Van Vlodrop.

VVM, 2000

Bijlage bij faxbericht aan Iwaco d.d. 1-8-2000 betreffende "Onderzoek Fga verwerking bij VVM".

VVM, 2001

Kwantitatieve LCA-vergelijking waarbij het verwerken van vloeibaar Fga afkomstig van kleur fotografie langs een alternatieve route wordt vergeleken met de minimumstandaard uit het MJP-GA II (concept).

VVM, 2001b

Mondelinge informatie de heer E. van Duyn, VVM.

Witteveen en Bos, 1994

Rapportage milieuhygiënische kwaliteit van obsidiaan in relatie tot hergebruik".

Zuiveringsschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"