

**MILIEUEFFECTRAPPORT  
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A7  
Uitwerking “fga; bleekfixeer”**

Afval Overleg Orgaan  
2002



## INHOUDSOPGAVE

|  | blz. |
|--|------|
| 1. Inleiding   | 6    |
| 2. Samenstelling bleekfixeer   | 7    |
| 3. Verwerkingsalternatieven en referentie-installaties   | 8    |
| 4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen  | 9    |
| 5. Alternatief BF-1; elektrolyse + sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI       | 11   |
| 5.1 Procesbeschrijving   | 11   |
| 5.2 Massabalans  | 13   |
| 5.3 Ruimtebeslag   | 15   |
| 5.4 Transport  | 15   |
| 5.5 Verbruik energie   | 17   |
| 5.6 Verbruik bedrijfsmiddelen  | 19   |
| 5.7 Emissies naar lucht  | 20   |
| 5.8 Emissies naar water  | 22   |
| 5.9 Emissies naar bodem  | 23   |
| 5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen   | 24   |
| 5.11 Finaal afval  | 24   |
| 5.12 Leemten in kennis   | 24   |
| 6. Alternatief BF-2 elektrolyse + sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing | 25   |
| 6.1 Procesbeschrijving   | 25   |
| 6.2 Massabalans  | 26   |
| 6.3 Ruimtebeslag   | 26   |
| 6.4 Transport  | 27   |
| 6.5 Energie  | 28   |
| 6.6 Bedrijfsmiddelen   | 28   |
| 6.7 Emissies naar lucht  | 29   |
| 6.8 Emissies naar water  | 31   |
| 6.9 Emissies naar bodem  | 32   |
| 6.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen   | 34   |
| 6.11 Finaal afval  | 34   |
| 6.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.  | 35   |
| 6.13 Leemten in kennis   | 35   |
| 7. Alternatief BF-3; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI  | 36   |
| 7.1 Procesbeschrijving   | 36   |
| 7.2 Massabalans  | 38   |
| 7.3 Ruimtebeslag   | 39   |
| 7.4 Transport  | 40   |
| 7.5 Verbruik energie   | 41   |
| 7.6 Verbruik bedrijfsmiddelen  | 43   |
| 7.7 Emissies naar lucht  | 44   |
| 7.8 Emissies naar water  | 47   |
| 7.9 Emissies naar bodem  | 47   |
| 7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen   | 48   |
| 7.11 Finaal afval  | 48   |
| 7.12 Leemten in kennis   | 48   |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 8.    | Alternatief BF-4; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing | 49 |
| 8.1   | Procesbeschrijving  | 49 |
| 8.2   | Massabalans   | 50 |
| 8.3   | Ruimtebeslag  | 50 |
| 8.4   | Transport   | 51 |
| 8.5   | Energie   | 51 |
| 8.6   | Bedrijfsmiddelen  | 52 |
| 8.7   | Emissies naar lucht   | 53 |
| 8.8   | Emissies naar water   | 55 |
| 8.9   | Emissies naar bodem   | 56 |
| 8.10  | Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen                                     | 57 |
| 8.11  | Finaal afval  | 58 |
| 8.12  | Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.                    | 58 |
| 8.13  | Leemten in kennis   | 58 |
| 9.    | Alternatief BF-5; fysisch-chemische zuivering + Pyrolyse + verglazing               | 59 |
| 9.1   | Procesbeschrijving  | 59 |
| 9.2   | Massabalans   | 61 |
| 9.3   | Ruimtebeslag  | 62 |
| 9.4   | Transport   | 62 |
| 9.5   | Energie   | 63 |
| 9.6   | Bedrijfsmiddelen  | 64 |
| 9.7   | Emissies naar lucht   | 64 |
| 9.8   | Emissies naar water   | 66 |
| 9.9   | Emissies naar bodem   | 67 |
| 9.10  | Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen                                     | 69 |
| 9.11  | Finaal afval  | 69 |
| 9.12  | Kanttekeningen m.b.t. de balans en allocatievormen                                  | 69 |
| 9.13  | Leemten in kennis   | 72 |
| 10.   | Alternatief BF-6; elektrolyse + indamping/osmose + verglazing                       | 73 |
| 10.1  | Procesbeschrijving  | 73 |
| 10.2  | Massabalans   | 74 |
| 10.3  | Ruimtebeslag  | 75 |
| 10.4  | Transport   | 75 |
| 10.5  | Energie   | 76 |
| 10.6  | Bedrijfsmiddelen  | 77 |
| 10.7  | Emissies naar lucht   | 78 |
| 10.8  | Emissies naar water   | 80 |
| 10.9  | Emissies naar bodem   | 81 |
| 10.10 | Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen                                     | 82 |
| 10.11 | Finaal afval  | 82 |
| 10.12 | Leemten in kennis   | 82 |
| 11.   | Alternatief BF-7; elektrolyse + toepassing als NO <sub>x</sub> -reductievloeistof   | 83 |
| 12.   | Alternatief BF-8; hergebruik  | 84 |
| 12.1  | Procesbeschrijving  | 84 |
| 12.2  | Massabalans   | 84 |
| 12.3  | Ruimtebeslag  | 85 |
| 12.4  | Transport   | 85 |
| 12.5  | Verbruik energie  | 86 |
| 12.6  | Verbruik bedrijfsmiddelen   | 86 |

|   |    |
|---|----|
| 12.7 Emissies naar lucht                              | 87 |
| 12.8 Emissies naar water                              | 88 |
| 12.9 Emissies naar bodem                              | 88 |
| 12.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen | 88 |
| 12.11 Finaal afval                                    | 88 |
| 12.12 Leemten in kennis                               | 88 |

## 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 milieucompartmenten 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 milieucompartment "lucht" via de rookgassen van een verbrandingsinstallatie of het milieucompartment "bodem" via uitloging bij het storten of nuttig toepassen van reststoffen na afvalverwerking.

Om de emissies van componenten naar de milieucompartmenten 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 "**bleekfixeer**". 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 bleekfixeer

Onder fotografisch afval wordt verstaan afvalstoffen die vrijkomen bij de productie of toepassing van fotochemicaliën en bij het ontwikkelen en afdrukken 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 bleekfixeer 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 bleekfixeer

| 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 waterstof                                  | 10 %          | n.v.t.                |
| Aandeel stikstof                                   | 1-2 %         | n.v.t.                |
| Aandeel zwavel                                     | 4-10 %        | 70 g/l                |
| Acetaat  | 0,1-5%        | n.v.t.                |
| Ammoniumthiosulfaat                                | 1-20%         | zit in zwavel         |
| Ethylglycol  | < 0,01%       | n.v.t.                |
| Carbonaat  | 0,1-0,5%      | n.v.t.                |
| Sulfiet  | 0,1-5%        | zit in zwavel         |
| Sulfaat  | 0,1-1%        | zit in zwavel         |
| Fe(III)ammonium-EDTA                               | 10%           | n.v.t.                |
| Thiocyanaat  | 0,1-0,5%      | 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 bleekfixeer 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 bleekfixeer

| Alternatief | Verwerking   | Referentie-installaties            |
|-------------|--|------------------------------------|
| BF-1        | elektrolyse, sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranden/stort | Van Vlodrop<br>VVM<br>AVI / derden |
| BF-2        | elektrolyse, sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verglazen        | Van Vlodrop<br>VVM<br>Edelchemie   |
| BF-3        | elektrolyse voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verbranden/stort   | Argentia<br>VVM<br>AVI / derden    |
| BF-4        | elektrolyse voorverdampen, fysisch/chemisch/biologisch zuiveren en indampen verglazen  | Argentia<br>VVM<br>Edelchemie      |
| BF-5        | fysisch-chemisch zuiveren, pyrolyse, verglazen   | Edelchemie                         |
| BF-6        | elektrolyse, indampen en omgekeerde osmose, verglazen  | Argentia                           |
| BF-7        | elektrolyse, mengen inzet als reductiemiddel   | Argentia<br>cementindustrie        |
| BF-8        | hergebruik   | Van Vlodrop                        |



#### 4. Procesbeschrijvingen en systeemgrenzen

In het totale afvalbeheerstraject voor bleekfixeer 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 meegenomen.

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

In het kader van deze studie wordt derhalve uitgegaan van de in tabel 4.1 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Hierbij wordt uitgegaan van ‘aantal locaties’ hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen 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 BF-1; elektrolyse + sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + 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 bleekfixeer

Bleekfixeer wordt door de verwerker (Van Vlodrop) direct ingezameld bij de ondoeners in het gehele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een rol. Transport geschiedt per vrachtwagen.

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

Bleekfixeerbaden 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 bleekfixeerbaden 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 < 10 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. Voorverdamping (VVM) en afvoer residu

De voorbewerkte baden worden vanwege de aanwezigheid van toxische en moeilijk afbreekbare organische componenten eerst ingedampt in de vierde trap van de verdampingsinstallatie. 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 condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties (met name azijnzuur, diethylamine en ontledingsproducten van citroenzuur).

Het verdampen vindt plaats bij 45-50 °C en een onderdruk van 0,7 tot 0,9 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een watteringpomp, waar voor een koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp. Het condensaat wordt gemengd met andere waterige stromen, waaronder (voorbehandelde) zwart-wit baden en vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. Het residu (droge stofgehalte ongeveer 65%) wordt afgevoerd ter verbranding.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering (zie hieronder) ingeleid. Deze functioneert als gaswasser.

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

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. 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>2</sup> en afgevoerd naar de AVR voor verbranding. Afhankelijk van de samenstelling is stort een optie.

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

Gezien de voorverdamping van bleekfixeer, waarin grote organische verbindingen en metaalzouten worden verwijderd en alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp meekomen, leveren deze stappen nauwelijks een bijdrage aan de zuivering. De hoeveelheid vrijkomend slib uit de fysisch/chemische stap is verwaarloosbaar en de hoeveelheid slib uit de bioloog minimaal.

### I. 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.

In de voorverdamping van bleekfixeer worden de grote organische verbindingen en metaalzouten verwijderd en komen alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp mee, die in de biologische zuivering grotendeels worden afgebroken. Als gevolg hiervan zal de indampingsstap zo goed als geen bijdrage aan de zuivering leveren. De hoeveelheid residu is in dit geval verwaarloosbaar.

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

Het residu uit de voorverdamping en het slib uit de biooog wordt 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.

### K. Nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

### L. 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 bleekfixeer bij Van Vlodrop (elektrolyse, sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie) en VVM (fysisch/chemisch en biologische zuivering).

Volgens gegevens van Van Vlodrop ontstaat bij de elektrolyse van bleekfixeer gemiddeld 2,15 kg zilver per ton bleekfixeer, op basis van een beginconcentratie van 2,25 g/l en een eindconcentratie van 0,1 g/l (Van Vlodrop, 1999b). Uitgaande van een zuiverheid van elektrolytisch zilver van 85% (Argentia, 2001) is dit een hoeveelheid ruw zilver van ongeveer 2,5 kg/ton bleekfixeer. In MER-

---

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.

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 bleekfixeer. Uitgaande van de eindconcentratie van 0,1 g/l na elektrolyse, is de hoeveelheid zilver 2,9 kg, oftewel 3,4 kg ruw zilver per ton bleekfixeer.

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). Uitgaande 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 ontzilverde bleekfixeer bij VVM komt residu uit de voorverdamer vrij. Door VVM zijn voor de slibstromen gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000). Per ton afvalwater is dit 160 kg residu uit de voorverdamer. Voor 0,991 ton ontzilverd bleekfixeer (hoeveelheid per ton bleekfixeer) is dit dus 0,16 ton residu. De slibstromen uit de andere stappen in de zuivering bij VVM worden, gelet op de geringe mate waarin dit aan bleekfixeer kan worden toegerekend, verwaarloosd (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving).

Tabel 5.1; Massabalans verwerking bleekfixeer bij Van Vlodrop (VV) en VVM

| <b>VV</b>           |  |                          |
|---------------------|--|--------------------------|
|                     | Hoeveelheid per ton verwerkt bleekfixeer (ton) | Bestemming               |
| <b>INPUT</b>        |  |                          |
| Bleekfixeer         | 1  |                          |
| <b>OUTPUT</b>       |  |                          |
| Ruw zilver          | 0,0034   | Opwerking (Drijfhout)    |
| Sulfideslib         | 0,0055   | Zilverterugwinning (JBR) |
| Ontzilverd bad      | 0,991  | Zuivering (VVM)          |
| <b>VVM</b>          |  |                          |
|                     | Hoeveelheid per ton verwerkt bleekfixeer (ton) | Bestemming               |
| <b>INPUT</b>        |  |                          |
| Ontzilverd bad      | 0,991  |                          |
| <b>OUTPUT</b>       |  |                          |
| Residu voorverdamer | 0,160  | Verbranding (AVI)        |
| Afvalwater          | 0,830  | 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 fractie 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 61,8 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 bleekfixeer (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof (65%) anorganisch materiaal is dat terechtkomt in de reststoffen. Voor 160 kg slib per ton betekent dit 93,6 kg assen, verdeelt over 86,7 kg slak en 6,9 kg vliegas.

### 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 bleekfixeer 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 bleekfixeer.

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 bleekfixeer 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 residu is 0,16 ton per ton bleekfixeer, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,007 m<sup>2</sup>\*jr per ton bleekfixeer.

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-vliegias en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton bleekfixeer op 0,067 m<sup>2</sup>\*jr (6,9 kg vliegias), respectievelijk 0,865 m<sup>2</sup>\*j (61,8 kg rookgasreinigingsresidu).

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 bleekfixeer en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichtingen. De te vervoeren producten en reststoffen zijn per ton bleekfixeer:

- 0,0034 ton ruw zilver naar Drijfhout;
- 0,0055 ton sulfideslib naar JBR;
- 0,991 ton ontzilverde baden naar VVM;
- 0,160 ton residu van VVM naar AVI.

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 fga wordt afgevoerd naar VVM in tankauto's, waarbij wordt uitgegaan van 20 à 25 ton per vracht. De gemiddelde transportafstand naar VVM is uitgegaan van 150 km heen en terug (op basis van afvoer vanaf een willekeurige plaats in Nederland). 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 van 400 km watertransport en 800 km transport over de weg (beide heen en terug).

De slibben van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. In het geval van de verwerking van ontzilverde bleekfixeer gaat het om 0,160 ton residu per ton bleekfixeer dat wordt afgevoerd naar de AVR ter verbranding. Voor de transportafstand naar de AVR is uitgegaan van 150 km op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie 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                                  | Gemiddeld transport |                           |                                |
|--|---------------------|---------------------------|--------------------------------|
|  | hoeveelheid (kg)    | Afstand (km)              | Tonkilometers (tkm per ton bf) |
| Aanvoer bleekfixeer                        | 1000                | 150                       | 150                            |
| Afvoer sulfideslib                         | 5,5                 | 800 (land)<br>400 (water) | 4,4<br>2,2                     |
| Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)           | 991                 | 150                       | 149                            |
| Afvoer ruw zilver                          | 3,4                 | 150                       | 0,51                           |
| Afvoer residu VVM (naar AVR)               | 160                 | 150                       | 24                             |
| Chemicaliën verwerking bleekfixeer (1)     | 0,86                | 75                        | 0,06                           |
| Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2)     | 1,9                 | 75                        | 0,14                           |
| AVI-vliegass                               | 6,9                 | 130 (3)                   | 0,90                           |
| AVI-rookgasreinigingsresidu                | 61,8                | 50                        | 3,09                           |
| NaOH (20%)                                 | 175                 | 75                        | 13,13                          |
| NH <sub>4</sub> OH (25%)                   | 0,04                | 75                        | 0,003                          |
| Kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) voor de AVI    | 1,47                | 50 (land)<br>600 (water)  | 0,07<br>0,88                   |
| Afdekkzand (stort rookgasreinigingsresidu) | 46,35               | 35 (land)<br>50 (water)   | 1,62<br>2,32                   |
| Afvoer AVI-slak                            | 86,7                | 75                        | 6,5                            |
| Vermeden zand                              | 86,7                | 35 (land)<br>50 (water)   | 3,03<br>4,34                   |

(1) Het betreft hier NaOH (0,014 kg), Na<sub>2</sub>S (0,121 kg), Zepen (0,014 kg) en Citroenzuur (0,71 kg)

(2) Het betreft hier NaOH

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



## 5.5 Verbruik energie

### Energieverbruik verwerking bleekfixeer

Het energieverbruik per ton bleekfixeer is bepaald op basis van energiegegevens van Van Vlodrop (Van Vlodrop, 1999b) en kerncijfers van VVM (VVM, 2000). De elektrolyse van bleekfixeer kost 46,3 kWh elektriciteit per ton<sup>3</sup>. 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. Aangenomen wordt dat dit ook geldt voor kleurbaden.

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

De energie voor de zeefbandpers en de kamerfilterpers worden niet meegenomen bij de verwerking van bleekfixeer, gezien het feit dat de hoeveelheid slib uit de fysisch/chemische en biologische zuiveringsstappen, verwaarloosbaar is (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving). In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 0,991 ton ontzilvend bleekfixeer (hoeveelheid per ton bleekfixeer) dus 5,0 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. Voor 0,991 ton bleekfixeer is dit dus 354 MJ.

### Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

Het ruwe zilver en het sulfideslib uit de elektrolyse wordt in een smeltoven opgewerkt. Hiervoor wordt de smeltoven van Argentia als referentie-installatie genomen. 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 voor chemisch zilver (zie voor berekening paragraaf 7.5). Er is aangenomen 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 bleekfixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik  $4,09 \cdot 3,4 + 16,4 \cdot 5,5 = 104$  kWh per ton bleekfixeer.

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. Per een ton bleekfixeer (0,160 ton slib naar de

---

3 Het verschil in energieverbruik met de elektrolyse van zwart-wit fixeer heeft te maken met het hoge gehalte aan ijzer in bleekfixeer.

AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 8 kWh.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoken afval. Voor het residu wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (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, 0,160 ton residu per ton bleekfixeer en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 46,2 kWh elektriciteit per ton bleekfixeer op.

Tabel 5.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton bleekfixeer

|                     | normaal | toch toerekenen van energie |
|---------------------|---------|-----------------------------|
| gebruik (kWh/ton)   | 8       | 8                           |
| productie (kWh/ton) | 0       | 46,2                        |

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 voor reststoffen in 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; Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

| Verwerking                            | omvang in kg per ton bleekfixeer | Verbruik per ton reststof | Verbruik per ton bleekfixeer |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Immobilisatie vliegias: elektriciteit | 6,9                              | 5,2 kWh                   | 0,04 kWh                     |
| Stort vliegias: diesel                | 6,9                              | 87 MJ                     | 0,60 MJ                      |
| Stort rookgasreinigingsresidu: diesel | 61,8                             | 105 MJ                    | 6,49 MJ                      |

#### 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 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 bleekfixeer

Voor de elektrolyse van het bleekfixeer worden geen bedrijfsmiddelen gebruikt.

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

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| Natronloog (33%):     | 0,014 kg |
| Natriumsulfide (40%): | 0,121 kg |
| Zepen:                | 0,014 kg |
| Citroenzuur:          | 0,71 kg  |
| Water:                | 75 liter |

De bij VVM gebruikte hulpstoffen voor de fysisch/chemische en biologische zuivering en voor de naverdamper worden hier niet meegenomen vanwege het feit dat deze stappen vrijwel geen bijdrage leveren aan de zuivering van het bleekfixeer (zie paragraaf 5.1 procesbeschrijving).

### Bedrijfsmiddelenverbruik reststoffen

De rookgasreiniging van de smeltoven (referentie-installatie Argentia) verbruikt natronloog, en wel 0,22 m<sup>3</sup> NaOH-oplossing per ton verwerkt ruw zilver (zie toelichting paragraaf 7.6). Voor de 8,9 kg ruw zilver/sulfideslib uit bleekfixeer 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 verbranden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van bleekfixeer (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 175 kg respectievelijk 1,47 kg per ton bleekfixeer.

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 (160 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 23 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 40 gram per ton bleekfixeer.

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 6,9 kg vliegashoudende stof en 61,8 kg rookgasreinigingsresidu verder uitgewerkt in tabel 5.4.

Tabel 5.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI

| Verwerking  | omvang reststroom in kg per ton bleekfixeer | Hoeveelheid in kg per ton reststof | Hoeveelheid per ton bleekfixeer (kg) |
|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| Immobilisatie vliegias<br>- cement                              | 6,9   | 100                                | 0,69                                 |
| Storten rookgasreinigingsresidu<br>- big-bags<br>- PE<br>- zand | 61,8  | 3,3<br>1,3<br>750                  | 0,204<br>0,08<br>46,35               |

#### 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 (bleek)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 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 bleekfixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton bleekfixeer.

De emissies bij de fysisch/chemische verwerking van fga bij VVM worden geschat op maximaal 20 g  $C_xH_y$ /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 bleekfixeer.

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 bleekfixeer 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 bleekfixeer) |
|-----------------|---|------------------------------|
| 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 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.

De calorische waarde van het residu uit de voorverdamer is 4 MJ/kg (Aerts, 2000). Voor de bepaling van de vrachten aan zware metalen die per ton bleekfixeer 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. 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 bleekfixeer (zie tabel 2.1 samenstelling).

Tabel 5.6; Componenten in permeaat en in slibstromen

| Component | Concentratie in permeaat (mg/l) | Vracht in slibstromen (g/ton bleekfixeer) |
|-----------|---------------------------------|---|
| Ag        | 10                              | 10  |
| 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 bleekfixeer) |
|-------------------------------|--|
| Ag                            | 6,9                                      |
| Cd                            | 2,5                                      |
| Co                            | 0,35                                     |
| Cr                            | 1,7                                      |
| Cu                            | 0,35                                     |
| Hg                            | 14,9                                     |
| Mn                            | 0,35                                     |
| Ni                            | 0,35                                     |
| Pb                            | 0,35                                     |
| Zn                            | 0,35                                     |
| HCl                           | 4000                                     |
| SO <sub>2</sub>               | 420000                                   |
| NO <sub>x</sub>               | 22830                                    |
| NH <sub>3</sub>               | 1140                                     |
| CO <sub>2</sub>               | 5,5 E+07                                 |
| CO                            | 7610                                     |
| C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | 1900                                     |
| TCDD TEQ                      | 1,9 E-05                                 |
| fijn stof                     | 1170                                     |

#### 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).

## **5.8 Emissies naar water**

#### Emissies verwerking bleekfixeer

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 bleekfixeer) |
|------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 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 bleekfixeer.

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).

### **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.

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        | 4,24  | 1,36     | 5,60     |
| 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   | 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        | 5,59E+04  | 1,28E+04 | 6,87E+04 |
| SO4       | 4,20E+06  | 4,62E+05 | 4,66E+06 |

### 5.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Door de terugwinning van zilver zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Per ton bleekfixeer 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 86,7 kg/ton bleekfixeer, 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 bleekfixeer de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 5.11; Hoeveelheden te storten afval

| Te storten afval            | Hoeveelheid per ton bleekfixeer (kg) |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| AVI-vliegas                 | 10 (1)                               |
| AVI-rookgasreinigingsresidu | 61,8                                 |

(1) 6,9 kg vliegas geeft 10,0 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

### 5.12 Leemten in kennis

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 milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire erts.



## **6. Alternatief BF-2 elektrolyse + sulfideprecipitatie/ultramembraanfiltratie + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing**

### **6.1 Procesbeschrijving**

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 5.1. Het enige verschil is dat het residu van de voorverdamer van VVM niet ter verbranding wordt afgevoerd, maar wordt verglaasd. Als referentie-installatie is Edelchemie genomen.

#### A. Verglazing in smeltoven

Het residu van de voorverdamer wordt gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilisalpeter, 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. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en uit fga gemaakt 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 geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

#### B. Ontzwaveling gaswasvloeistof

Door toevoeging van zuur en kalkmelk aan de gaswasvloeistof 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. De vloeistof wordt weer ingezet als gaswasvloeistof.

#### C. 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.

#### D. Afvoer en nuttige toepassing

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

#### E. Elektrolyse en zuivering elektroliet

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 elektroliet) opgelost, waarbij het elektroliet steeds rijker wordt

aan koper-lood-nikkel-chroom-ijzer-nitrat en binnen de anodefilters een onoplosbare slurry ontstaat. Het zilver slaat neer op de kathodes. Het ontstane  $\text{NO}_x$  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.

#### F. Afvoer en nuttige toepassing metalen

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

### **6.2 Massabalans**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.2 met als wijziging in tabel 5.1: het residu uit de voorverdampers (0,16 ton) heeft bestemming verglazing (Edelchemie) in plaats van verbranding (AVI).

In hoofdstuk 9, waarin de verwerking van bleekfixeer bij Edelchemie wordt behandeld, worden twee allocatiemethoden toegepast (zie paragraaf 9.2). Hier wordt alleen allocatiemethode 1 gebruikt, omdat het pyrolyseproces hier nagenoeg geen rol speelt.

Voor de meeste milieu-ingrepen is gerekend met de waarden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie (bijvoorbeeld emissies en hoeveelheden reststoffen). Het gaat daarbij namelijk om ingrepen die afhangen van de hoeveelheden verontreinigingen in bleekfixeer en die komen nagenoeg geheel in het residu terecht. Andere milieu-ingrepen, zoals ruimtebeslag en elektriciteitsverbruik, die meer van de totale hoeveelheid afval dan van de aanwezige verontreinigingen afhangen, zijn berekend door de waarde per ton verwerkt afval te vermenigvuldigen met 0,16 ton (hoeveelheid residu).

De hoeveelheid obsidiaan en sulfaatslib die ontstaan bij de verwerking van het residu wordt gelijkgesteld aan de hoeveelheden die ontstaan bij de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie, te weten 42 kg/ton bleekfixeer, respectievelijk 33 kg/ton bleekfixeer.

### **6.3 Ruimtebeslag**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag van verbranding in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt. Toegevoegd wordt het ruimtebeslag van verwerking van het residu bij Edelchemie. Dit is  $1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton verwerkt afval (zie paragraaf 9.3). Voor 0,16 ton residu is dit dus  $0,28 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$ .

In de gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen" wordt uitgegaan van het storten van zowel het ontsulfateringsgips als het obsidiaan. Met een dichtheid van 1500 kg/ton (aanneme) en een storthoogte van 15 meter kan per vierkante meter 22,5 ton wordt gestort. Over een periode van 100 jaar betekent dit per ton te bergen materiaal een ruimtebeslag van  $4,44 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ , ofwel per ton bleekfixeer (77 kg te storten materiaal) een ruimtebeslag van  $0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ .

## 6.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.4 met als wijzigingen dat de afvoer van het residu naar de AVR en afvoer AVI-reststoffen vervallen, terwijl toegevoegd worden:

- afvoer residu naar Edelchemie
- afvoer obsidiaan
- afvoer sulfaatslib

De transportafstand tussen VVM en Edelchemie is circa 370 km heen en terug.

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 6.1; Transportafstanden

| Materiaal                              | Gemiddeld transport |                           |                                |                |
|--|---------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------|
|  | hoeveelheid (kg)    | Afstand (km)              | Tonkilometers (tkm per ton bf) |                |
|  |                     |                           | normaal                        | toch stort (*) |
| Aanvoer bleekfixeer                    | 1000                | 150                       | 150                            | 150            |
| Afvoer sulfideslib                     | 5,5                 | 800 (land)<br>400 (water) | 4,4<br>2,2                     | 4,4<br>2,2     |
| Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)       | 991                 | 150                       | 149                            | 149            |
| Afvoer residu VVM (naar Edelchemie)    | 160                 | 370                       | 59,2                           | 59,2           |
| Chemicaliën verwerking bleekfixeer (1) | 0,86                | 75                        | 0,06                           | 0,06           |
| Chemicaliën gasreiniging smeltoven (1) | 1,9                 | 75                        | 0,14                           | 0,14           |
| Afvoer obsidiaan                       | 42                  | 75 (40*)                  | 3,2                            | 1,7            |
| Afvoer ontsulfateringsslib             | 33                  | 300 (40*)                 | 9,9                            | 1,3            |
| Vermeden grind (obsidiaan)             | 42                  | 35 (land)<br>50 (water)   | 1,47<br>2,1                    | 0<br>0         |
| Aanvoer kalk Edelchemie (**)           | 4                   | 50 (land)<br>600 (water)  | 0,2<br>2,4                     | 0,2<br>2,4     |
| Overige chemicaliën Edelchemie (***)   | 23,9                | 75                        | 1,79                           | 1,79           |

(1) Zie tabel 5.2

(\*) Gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen"

(\*\*) Zie tabel 6.2

(\*\*\*) Het betreft de som van alle chemicaliën van tabel 6.2 m.u.v. kalk en water

## 6.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.5 met als wijziging dat het energieverbruik/-productie van verwerking residu in AVI en verwerking AVI-reststoffen vervalt, en dat wordt toegevoegd het energieverbruik van verwerking residu bij Edelchemie:

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

- elektriciteit: 3.960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24.776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4.131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg; TNO, 2000) en tweederde van de methanol (24,3 MJ/kg; TNO, 2000) worden ingezet in de smeltoven, in totaal dus 27500 GJ. Onbekend is hoeveel afval er totaal in de smeltoven wordt verwerkt. Daarom is voor het brandstofverbruik in het smeltproces uitgegaan van de waarde die is genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie, te weten 27500 GJ gedeeld door 12 kton totaal verwerkt afval, is 2290 MJ/ton afval, in dit geval bleekfixeer. Omdat deze energie wordt geproduceerd uit afval wordt deze niet in rekening gebracht, maar in een separate gevoeligheidsanalyse wordt dit alsnog gedaan (zie paragrafen 6.12 en 9.12)<sup>4</sup>.

Het elektriciteitsverbruik per ton afval is 330 MJ. Voor de 0,16 ton residu is dit dus 53 MJ.

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Voor de 42 kg obsidiaan is dit dus 1,9 kWh.

In het geval van stort van obsidiaan en sulfaatslib wordt energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor het te storten obsidiaan en het sulfaatslib komt dit in totaal op 4,6 MJ.

### Energieverbruik nuttige toepassing

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).

## 6.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.6 met als wijzigingen dat het bedrijfsmiddelenverbruik van verwerking van het residu in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt, terwijl toegevoegd wordt het bedrijfsmiddelenverbruik bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

Voor dit laatste is uitgegaan van de hoeveelheden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer (zie paragraaf 9.6), gezien het feit dat alle processen waarbij deze hulpstoffen worden ingezet ook noodzakelijk zijn bij de verwerking van het residu. Alleen de ONO-behandeling waarbij een deel van de natriumsulfide wordt ingezet, is niet noodzakelijk voor verwerking van het residu. Natriumsulfide wordt tevens ingezet voor zuivering van het

---

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 6.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

elektrolysebad. Bij gebrek aan gegevens hierover wordt aangenomen dat het verbruik van natriumsulfide gelijk verdeeld is over de twee processen. Bij de verwerking van het residu wordt dus slechts de helft van de hoeveelheid verbruikt die nodig is bij de verwerking van het bleekfixeer.

De totaal verbruikte hoeveelheden bedrijfsmiddelen (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton bleekfixeer staan weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van residu uit bleekfixeer

|                | Totaal verbruik (ton/jaar) | Verbruik (kg/ton-bleekfixeer) |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Water          | 17.000                     | 1420                          |
| Kalk           | 48                         | 4                             |
| Salpeterzuur   | 65                         | 5,4                           |
| Ammoniak       | 66                         | 5,5                           |
| Natriumsulfide | 46                         | 1,9                           |
| Chilisalpeter  | 51                         | 4,3                           |
| Borax          | 30                         | 2,5                           |
| Afvalglas      | 10                         | 0,83                          |

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse) 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).

### **6.7 Emissies naar lucht**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.7 met als wijzigingen dat de emissies van verbranding van het residu in een AVI vervallen (evenals de emissies die horen bij de verdere verwerking van de AVI-reststoffen). Daar tegenover wordende emissies van verwerking van het residu bij Edelchemie toegevoegd, inclusief de vervolgbewerking van het sulfaatslib in cementovens.

De bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, kooldioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie. 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> is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van ontzilverd bleekfixeer. Uitgaande van een 10/2000 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.3; Emissies naar lucht uit smeltoven bij verwerking residu bleekfixeer

| Component                     | Emissies smeltoven totaal (ton/jaar) | Emissies residu (mg/ton-bf) |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Ag                            | 0,0042                               | 2,7                         |
| As                            | 0,003                                | 2,5 E+02                    |
| Cd                            | 0,0036                               | 3,0 E+02                    |
| Co                            | 0,0012                               | 1,0 E+02                    |
| Cr                            | 0,042                                | 3,5 E+03                    |
| Cu                            | 0,0156                               | 1,3 E+03                    |
| Hg                            | 0,00006                              | 5                           |
| Mn                            | 0,0072                               | 6,0 E+02                    |
| Ni                            | 0,0126                               | 1,1 E+03                    |
| Pb                            | 0,228                                | 1,9 E+04                    |
| Sb                            | 0,00006                              | 5                           |
| Se                            | 0,0006                               | 5,0 E+01                    |
| Sn                            | 0,0042                               | 3,5 E+02                    |
| V                             | 0,0006                               | 5,0 E+01                    |
| Zn                            | 0,0342                               | 2,9 E+03                    |
| stof                          | 6,6                                  | 5,5 E+05                    |
| HCl                           | 0,0498                               | 4,2 E+03                    |
| HF                            | 0,0042                               | 3,5 E+02                    |
| SO <sub>x</sub>               | 0,36                                 | 3,0 E+04                    |
| NO <sub>x</sub>               | 4,86                                 | 4,1 E+05                    |
| CO <sub>2</sub>               | 2382                                 | 2,0 E+08                    |
| C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | 0,3                                  | 2,5 E+04                    |

#### 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). Er is aangenomen 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. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daar bovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 10/2000 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) zijn het gehalte in het sulfaatslib en daarmee de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.4; Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsslib in een cementoven

| Component | Input (mg/ton fga) | Percentage van input naar lucht (%) | Emissie (mg/ton fga) |
|-----------|--------------------|-------------------------------------|----------------------|
| Ag        | 200                | 0,05                                | 0,1                  |
| Cd        | 167                | 0,5                                 | 0,83                 |
| Cr        | 2.130              | 0,05                                | 1,1                  |
| Cu        | 7.670              | 0,05                                | 3,8                  |
| Hg        | 70                 | 6                                   | 4,2                  |
| Mo        | 167                | 0,05                                | 0,083                |
| Ni        | 1.870              | 0,05                                | 0,93                 |
| Pb        | 53.300             | 0,05                                | 27                   |
| Sb        | 900                | 0,05                                | 0,45                 |
| Sn        | 1330               | 0,05                                | 0,67                 |
| Zn        | 17.700             | 0,05                                | 8,8                  |

### 6.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies naar water bij AVI vervalt, terwijl toegevoegd worden de emissies naar water bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 6.5. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)<sup>5</sup> en zijn omgerekend naar mg/ton bleekfixeer. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van ontzilverd bleekfixeer. Uitgaande van een 10/2000 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 6.5; Emissies naar water via lozing gaswasser op RWZI

| Component                        | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|----------------------------------|------------------------------|
| Ag                               | 24                           |
| Cd                               | 34                           |
| Cr                               | 465                          |
| Cu                               | 537                          |
| Hg                               | 3,08                         |
| Ni                               | 1.960                        |
| Pb                               | 4.830                        |
| Zn                               | 1.670                        |
| SO <sub>4</sub> /SO <sub>2</sub> | 5.410                        |
| CZV                              | 969.000                      |

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.

### 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).

## **6.9 Emissies naar bodem**

### Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissies vanuit de cement naar de bodem wanneer deze wordt toegepast. Uitloggegevens 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 6.6.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton bleekfixeer. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daarbovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 10/2000 zo klein zilveragehalte (10 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.



Tabel 6.6; Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

| Component | Input (mg/ton bleekfixeer) | Percentage van input naar cement | Percentage van cement naar bodem | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|-----------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Ag        | 200                        | 99,95                            | 0,05                             | 0,1                          |
| Cd        | 167                        | 99,5                             | 0,65                             | 1,1                          |
| Cr        | 2130                       | 99,95                            | 0,05                             | 1,1                          |
| Cu        | 7670                       | 99,95                            | 0,05                             | 3,8                          |
| Hg        | 70                         | 94                               | 1,1                              | 0,72                         |
| Mo        | 167                        | 99,95                            | 0,05                             | 0,083                        |
| Ni        | 1870                       | 99,95                            | 0,05                             | 0,93                         |
| Pb        | 53300                      | 99,95                            | 0,05                             | 27                           |
| Sb        | 900                        | 99,95                            | 0,05                             | 0,45                         |
| Sn        | 1330                       | 99,95                            | 0,80                             | 11                           |
| Zn        | 17700                      | 99,95                            | 0,05                             | 8,8                          |

In de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt dit slib niet verwerkt in een cementoven, maar afgevoerd naar een stortplaats. Zonder het immobiliserende effect van cement is emissie naar het stortpercolaat niet uit te sluiten en is dus sprake van een mogelijke emissies naar bodem (lek door onderafdichting) en water (zuivering afgevangen percolaat). Omdat zowel over de wijze van storten als over de uitloging van dit slib betrouwbare gegevens ontbreken wordt dit verder buiten beschouwing gelaten (leemte in kennis).

#### 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 bleekfixeer 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 6.7 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton bleekfixeer, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton bleekfixeer. 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 6.7; 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                            |

## 6.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.10 met als wijziging dat de uitsparing van zand door nuttige toepassing van AVI-slak vervalt. Toegevoegd worden de uitgespaarde hoeveelheden primaire grondstoffen door productie van secundaire grondstoffen bij Edelchemie.

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.

De hoeveelheid teruggewonnen zilver is bepaald op basis van de input van zilver in het residu van 10 mg per kg bleekfixeer en een terugwinningsrendement van 95,5% (zie paragraaf 9.2).

De hoeveelheden teruggewonnen lood, koper en nikkel zijn gemiddelde hoeveelheden per ton verwerkt afval bij Edelchemie. Deze cijfers zijn ook genomen voor de verwerking van bleekfixeer bij Edelchemie (zie paragraaf 9.2). Voor het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer zullen de teruggewonnen hoeveelheden lager zijn vanwege de relatief lage gehalten. Onduidelijk is echter in welke mate.

Tabel 6.8; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

| Soort   | normaal (kg/ton fga) | gev. anal. storten (kg/ton fga) |
|---------|----------------------|---------------------------------|
| Zilver  | 0,0096 (1)           | 0,0096 (1)                      |
| Metalen |                      |                                 |
| Lood    | 1,8                  | 1,8                             |
| Koper   | 0,54                 | 0,54                            |
| Nikkel  | 0,16                 | 0,16                            |
| Grind   | 42                   | 0                               |
| Gips    | 19                   | 0                               |

(1) Dit betreft alleen dat deel dat bij de Edelchemie-bewerking is teruggewonnen; samen met de elektrolyse wordt bijna 3 kg teruggewonnen.

## 6.11 Finaal afval

De beschrijving in paragraaf 5.11 vervalt.

Toegevoegd worden de hoeveelheden finaal afval bij verwerking van het residu bij Edelchemie. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 6.9 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 6.9; Finaal afval

| Te storten afval | Hoeveelheid (kg/ton fga) |
|------------------|--------------------------|
| Obsidiaan        | 42                       |
| Sulfaatslib      | 33                       |

### 6.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.

Onder verwijzing naar paragraaf 9.12, waar op het aspect "balansen op componentenniveau" i.r.t. de verwerking bij Edelchemie wordt ingegaan, wordt opgemerkt dat zich in dit geval een vergelijkbaar iets voordoet omdat een deel van de verwerking bij Edelchemie plaatsvindt. Ook hier geldt dat voor dat deel zowel de emissies als de productie van afzetbare metalen mede wordt bepaald door de keuze om alle effecten van de inrichting van Edelchemie toe te rekenen aan het verwerkte fga. Ook hier geldt dat de emissies naar lucht (tabel 6.3), de vrachten naar obsidiaan en sulfaatslib (tabel 6.4 en 6.7), de emissies naar water (tabel 6.5) en de productie van metalen als lood, nikkel en koper (tabel 6.8) hoger liggen dan er middels de input van een ton bleekfixeer zelf mogelijk is. Ook hier is dus een extra gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin is gekozen voor een andere wijze van toerekening. Verder wordt verwezen naar paragraaf 9.12.

In dit kader wordt nog opgemerkt wordt nog dat tabellen 6.3, 6.4 en 6.6 tevens componenten bevatten die ontbreken in tabel 2.1. Deze zijn toch meegenomen omdat zij (kunnen) worden veroorzaakt door het meeverwerken van andere afvalstromen bij Edelchemie en aan de verwerking van bleekfixeer worden toegerekend. Voor verdere beschouwing op dit punt, en voor variatie hiervan in de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval" wordt verwezen naar de paragraaf 9.12.

### 6.13 Leemten in kennis

Identiek aan beschrijving in paragraaf 5.12 en 9.13 met de volgende toevoeging:

- Onduidelijk is wat het effect op de emissies is van de lagere gehalten aan zware metalen in het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer.
- Onduidelijk is wat de emissies is van het sulfideslib van Edelchemie in het geval het wordt gestort (gevoeligheidsanalyse "toch storten").

## **7. Alternatief BF-3; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + AVI**

### **7.1 Procesbeschrijving**

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

#### A. Aanvoer bleekfixeer

Er zijn verschillende inzamel punten voor fga verspreid over het hele land. Ook Kga-inzamelaars spelen een belangrijke rol. De bleekfixeer 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 bleekfixeer 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.

Ontzilverd bleekfixeer wordt gebruikt als ontzilveringsvloeistof voor filmafval (zie bij vast fga; achtergronddocument A9 bij MER-LAP). Na de ontzilvering van de film wordt de vloeistof weer elektrolytisch ontzilverd. De elektrolytisch ontzilverde fixeerbaden worden afgevoerd naar Verbrugge Verstraete 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. Voorverdamping (VVM) en afvoer residu

Voorbewerkte baden worden vanwege de aanwezigheid van toxische en moeilijk afbreekbare organische componenten eerst ingedampt in de vierde trap van de verdampingsinstallatie. 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 condensaat met waterdamp en eventueel aanwezige lichte organische fracties (met name azijnzuur, diethylamine en ontledingsproducten van citroenzuur).

Het verdampen vindt plaats bij 45-50 °C en een onderdruk van 0,7 tot 0,9 bar. Voor het onderhouden van de onderdruk wordt gebruik gemaakt van een watteringpomp, waar voor een

koeler is geplaatst voor condensatie van de waterdamp. Het condensaat wordt gemengd met andere waterige stromen, waaronder (voorbehandelde) zwart-wit baden en vervolgens fysisch/chemisch en biologisch gezuiverd. Het residu (slib) wordt afgevoerd ter verbranding.

Het afgezogen luchtmengsel wordt in de biologische zuivering (zie hieronder) ingeleid. Deze functioneert als gaswasser.

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

De eerste stap betreft de behandeling in het monozeeffkoolfilter. 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>6</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>6</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.

Gezien de voorverdamper van bleekfixeer, waarin grote organische verbindingen en metaalzouten worden verwijderd en alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp meekomen, leveren deze stappen nauwelijks een bijdrage aan de zuivering. De hoeveelheid vrijkomend slib uit de fysisch/chemische stap is verwaarloosbaar en de hoeveelheid slib uit de bioloog minimaal.

#### G. 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>6</sup> en

---

6 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

afgevoerd ter verbranding of naar de stort.

In de voorverdamping van bleekfixeer worden de grote organische verbindingen en metaalzouten verwijderd en komen alleen enkele laagkokende organische verbindingen met de waterdamp mee, die in de biologische zuivering grotendeels worden afgebroken. Als gevolg hiervan zal de indampingsstap zo goed als geen bijdrage aan de zuivering leveren. De hoeveelheid residu is in dit geval verwaarloosbaar.

#### H. Afvoer residu/slib

Het residu uit de voorverdamping en het slib uit de biooog worden afgevoerd ter verbranding in een AVI.

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

Het residu uit de voorverdamping en het slib uit de biooog 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.

#### J. Afvoer AVI-reststoffen

De AVI-slak wordt afgevoerd ter nuttige toepassing.

Het vliegias en het rookgasreinigingsresidu worden afgevoerd om te worden gestort.

#### K. Nuttige toepassing AVI-slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

#### L. Stort AVI-vliegias en -rookgasreinigingsresidu

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

## **7.2 Massabalans**

Tabel 7.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer 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. fixeer) is 18 ton elektrolytisch ruw zilver (85% zuiver) teruggewonnen (Argentia, 2001). Gemiddeld is dit 3,9 kg/ton 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 bleekfixeer. 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 bleekfixeer.

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 bleekfixeer is dit dus 0,15 kg slak.

Bij de behandeling van het ontzilverde bleekfixeer bij VVM komt residu uit de voorverdamer vrij. Door VVM zijn voor de slibstromen gemiddelde waarden per ton afvalwater gegeven (VVM, 2000). Per ton afvalwater is dit 160 kg residu uit de voorverdamer. Voor 0,997 ton ontzilverd bleekfixeer (hoeveelheid per ton bleekfixeer) is dit dus 0,16 ton residu. De slibstromen uit de andere stappen in de zuivering bij VVM zijn, gelet op de geringe mate waarin dit aan bleekfixeer kan worden toegerekend, verwaarloosbaar (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving).

Tabel 7.1; Massabalans verwerking bleekfixeer bij Argentia en VVM

| <b>ARGENTIA</b>     |  |                    |
|---------------------|--|--------------------|
|                     | Hoeveelheid per ton verwerkt bleekfixeer (ton) | Bestemming         |
| <b>INPUT</b>        |  |                    |
| Bleekfixeer         | 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 bleekfixeer (ton) | Bestemming         |
| <b>INPUT</b>        |  |                    |
| Ontzilverd bad      | 0,997  |                    |
| <b>OUTPUT</b>       |  |                    |
| Residu voorverdamer | 0,160  | Verbranding (AVI)  |
| Afvalwater          | 0,840  | 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 fractie terecht komen. Op basis van de samenstelling van het slib (zie tabel 7.6) 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-vliegias in de verhouding 92,6% van het asrest naar de slakken en 7,4% naar het vliegias. Gezien het C-gehalte van bleekfixeer (circa 1,5%; zie tabel 2.1) en de lage calorische waarde van het residu is ervan uitgegaan dat 90% van de droge stof (65%) anorganisch materiaal is dat terecht komt in de reststoffen. Voor 160 kg slib per ton betekent dit 93,6 kg assen, verdeelt over 86,7 kg slak en 6,9 kg vliegias.

### 7.3 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 bleekfixeer.

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  $1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$  per ton verwerkt ruw zilver. Per ton bleekfixeer ontstaat in totaal 0,0034 ton ruw zilver dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van  $0,004 \text{ m}^2 \cdot \text{jr} / \text{ton}$  bleekfixeer.

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 bleekfixeer is.

Verbranding in een AVI (gemiddeld: 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 residu is 0,16 ton per ton bleekfixeer, hetgeen resulteert in een ruimtebeslag van 0,007 m<sup>2</sup>\*jr per ton bleekfixeer.

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-vliegass en AVI-rookgasreinigingsresidu komt het ruimtebeslag per ton bleekfixeer op 0,067 m<sup>2</sup>\*jr (6,9 kg vliegass), respectievelijk 0,862 m<sup>2</sup>\*j (61,6 kg rookgasreinigingsresidu).

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).

#### **7.4 Transport**

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van bleekfixeer en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting.

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.

Het ontzilverde fga 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 150 km heen en terug (op basis van afvoer vanaf een willekeurige plaats in Nederland).

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 slibben/residuen van VVM worden per vrachtwagen afgevoerd. Uitgegaan wordt van 25 ton per vracht. In het geval van de verwerking van ontzilverd bleekfixeer gaat het om 0,16 ton residu per ton bleekfixeer dat wordt afgevoerd naar de AVR ter verbranding. Voor de transportafstand naar de AVR is uitgegaan van 150 km op basis van de afstand vanaf een willekeurige locatie 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 7.3).



Tabel 7.2; Overzicht transportafstanden

| Materiaal                                 | Gemiddeld transport |                          |                                   |
|---|---------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|   | hoeveelheid<br>(kg) | Afstand<br>(km)          | Tonkilometers<br>(tkm per ton bf) |
| Aanvoer bleekfixeer                       | 1000                | 150                      | 150                               |
| Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)          | 997                 | 150                      | 150                               |
| Afvoer residu VVM (naar AVR)              | 160                 | 150                      | 24                                |
| Chemicaliën verwerking bleekfixeer (1)    | 8,1                 | 75                       | 0,61                              |
| Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2)    | 0,74                | 75                       | 0,06                              |
| AVI-vliegas                               | 6,9                 | 130 (3)                  | 0,90                              |
| AVI-rookgasreinigingsresidu               | 61,6                | 50                       | 3,08                              |
| NaOH (20%)                                | 174,5               | 75                       | 13,09                             |
| NH <sub>4</sub> OH (25%)                  | 0,04                | 75                       | 0,003                             |
| Kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) voor de AVI   | 1,46                | 50 (land)<br>600 (water) | 0,07<br>0,88                      |
| Afdekzand (stort rookgasreinigingsresidu) | 46,22               | 35 (land)<br>50 (water)  | 1,62<br>2,31                      |
| Afvoer AVI-slak                           | 86,7                | 75                       | 6,5                               |
| Vermeden zand                             | 86,7                | 35 (land)<br>50 (water)  | 3,03<br>4,34                      |

1) Het betreft hier NaOH (2,6 kg) en natriumbisulfiet (5,5 kg)

2) Het betreft hier NaOH

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

## 7.5 Verbruik energie

### Energieverbruik verwerking bleekfixeer

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 (fixeer) in 2000 van 4.600 ton, is het verbruik 42,8 kWh per ton 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 bleekfixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik 13,9 kWh/ton bleekfixeer.

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

Zeebandpers: 0,15 kWh

Blowers bioloog: 1,5 kWh

Kamerfilterpers: 0,11 kWh

Persluchtgebruik: 3,5 kWh

De energie voor de zeebandpers en de kamerfilterpers worden niet meegenomen bij de verwerking

van bleekfixeer, gezien het feit dat de hoeveelheid slib uit de fysisch/chemische en biologische zuiveringsstappen, verwaarloosbaar is (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving). In totaal is het elektriciteitsverbruik voor 0,997 ton ontzilverd bleekfixeer dus 5 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. Voor 0,997 ton fga is dit dus 356 MJ.

#### Energieverbruik/-productie verwerking reststoffen

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. Per een ton bleekfixeer (0,160 ton slib naar de AVI) betekent dit een toe te rekenen verbruik van 8 kWh.

De exacte toerekening van de geproduceerde energie dient plaats te vinden op basis van de calorische waarde van het te verstoken afval. Voor het residu wordt de calorische waarde geschat op ongeveer 4 MJ/kg (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, 0,160 ton residu per ton bleekfixeer en een bruto elektrisch rendement van 26% levert dit netto 46,2 kWh elektriciteit per ton bleekfixeer op.

Tabel 7.3a; Energiegebruik en productie voor residu in de AVI per ton bleekfixeer

|                     | normaal | toch toerekenen van energie |
|---------------------|---------|-----------------------------|
| gebruik (kWh/ton)   | 8       | 8                           |
| productie (kWh/ton) | 0       | 46,2                        |

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 de SimaPro-database.

Met behulp van de proceskaarten voor reststoffen in achtergronddocument A1 bij MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 7.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 7.3b weergegeven.

Tabel 7.3b; Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

| Verwerking                            | Omvang in kg per ton bleekfixeer | Verbruik per ton reststof | Verbruik per ton bleekfixeer |
|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Immobilisatie vliegias: elektriciteit | 6,9                              | 5,2 kWh                   | 0,04 kWh                     |
| Stort vliegias: diesel                | 6,9                              | 87 MJ                     | 0,60 MJ                      |
| Stort rookgasreinigingsresidu: diesel | 61,6                             | 105 MJ                    | 6,47 MJ                      |

#### 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 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).

## 7.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

#### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking bleekfixeer

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

Bij de elektrolyse van bleekfixeer wordt tevens natriumbisulfiet toegevoegd ter verbetering van het rendement. Het jaarverbruik is 41 m<sup>3</sup> (Argentia, 2001). De toerekening hiervan aan bleekfixeer en film is gedaan op basis van de hoeveelheid verkregen zilver. Aangenomen is dat de verwerkte hoeveelheden zwart-wit fixeer en bleekfixeer ongeveer gelijk zijn, evenals de hoeveelheden hieruit verkregen zilver. Dit betekent een hoeveelheid van 9 ton zilver uit 2300 ton bleekfixeer. Uit film wordt 20 ton zilver verkregen. Het verbruik van natriumbisulfiet voor 2300 ton bleekfixeer is dus  $9/29 \cdot 41 = 13 \text{ m}^3$ . Dit is 5,5 liter per ton bleekfixeer.

In 2000 is in de smeltoven 115 ton ruw zilver verwerkt, hetgeen resulteert in een natronloogverbruik van  $25/115 = 0,22 \text{ m}^3$  per ton ruw zilver. Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton bleekfixeer is dit dus 0,74 liter.

De bij VVM gebruikte hulpstoffen voor de fysisch/chemische en biologische zuivering en voor de naverdamper worden hier niet meegenomen vanwege het feit dat deze stappen vrijwel geen bijdrage leveren aan de zuivering van het bleekfixeer (zie paragraaf 7.1 procesbeschrijving).

#### Bedrijfsmiddelenverbruik 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 verbranden fractie terecht komen. Uitgaande van de samenstelling van bleekfixeer (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 bleekfixeer.

Naast kalk en natronloog wordt ook gebruik gemaakt van ammoniak ter reductie van de NO<sub>x</sub>-emissies. Uitgaande van een verwijderingsrendement van 50% door de SNCR en de hoeveelheid residu (160 kg) en een calorische waarde van 4 GJ/ton van het residu is er sprake van de verwijdering van 23 gram NO<sub>x</sub> door de SNCR, hetgeen betekent een verbruik aan NH<sub>4</sub>OH (25%) van 40 gram per ton bleekfixeer.

De geproduceerde vliegias 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 6,9 kg vliegias en 61,6 kg rookgasreinigingsresidu verder uitgewerkt in tabel 7.4.

Tabel 7.4; Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI

| Verwerking                         | omvang reststroom in kg per ton bleekfixeer | Hoeveelheid in kg per ton reststof | Hoeveelheid per ton bleekfixeer (kg) |
|------------------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| Immobilisatie vliegias<br>- cement | 6,9   | 100                                | 0,69                                 |
| Storten rookgasreinigingsresidu    | 61,6  |                                    |                                      |
| - big-bags                         |   | 3,3                                | 0,203                                |
| - PE                               |   | 1,3                                | 0,08                                 |
| - zand                             |   | 750                                | 46,22                                |

#### 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.

## 7.7 Emissies naar lucht

### Emissies verwerking beekfixeer

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 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 bleekfixeer.

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.

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 bleekfixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 7.5.

Tabel 7.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

| Component       | Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> ) | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|-----------------|---|------------------------------|
| 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                     |

### Emissies verwerking reststoffen

Verbranding van het residu uit de voorverdamp(er) (VVM) in een AVI leidt tot emissies naar lucht, en van belang hierbij is de samenstelling van het slib.

- De calorische waarde van het residu uit de voorverdamp(er) is 4 MJ/kg (Aerts, 2000).
- Voor de bepaling van de vrachten die per ton bleekfixeer in het te verbranden slib terechtkomen, is uitgegaan van de samenstelling van ontzilverd bleekfixeer, d.w.z. bleekfixeer met een zilveragehalte van 100 mg/l. Aangenomen is dat de componenten (met name zware metalen, halogenen, zwavel en koolstof) vrijwel geheel in het te verbranden slib terechtkomen. In tabel 7.6 staat een en ander weergegeven.

Tabel 7.6; Vrachten in ontzilverd fixeer en in residu

| Component | Concentratie in ontzilverd bleekfixeer (mg/l) | Vracht in residu (g/ton bleekfixeer) |
|-----------|---|--------------------------------------|
| Ag        | 100   | 100                                  |
| Cd        | 5   | 5                                    |
| Cr        | 5   | 5                                    |
| Cu        | 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 slib, de vrachten voor de verschillende componenten 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 7.7.

Tabel 7.7; Emissies naar lucht door verbranding residu in AVI

| Component                     | Emissies naar lucht (mg/ton bleekfixeer) |
|-------------------------------|--|
| Ag                            | 70                                       |
| Cd                            | 25                                       |
| Co                            | 3,5                                      |
| Cr                            | 3,5                                      |
| Cu                            | 3,5                                      |
| Hg                            | 149,6                                    |
| Mn                            | 3,5                                      |
| Ni                            | 3,5                                      |
| Pb                            | 3,5                                      |
| Zn                            | 3,5                                      |
| HCl                           | 3988                                     |
| SO <sub>2</sub>               | 418740                                   |
| NO <sub>x</sub>               | 22970                                    |
| NH <sub>3</sub>               | 1150                                     |
| CO <sub>2</sub>               | 54835 E+03                               |
| CO                            | 7660                                     |
| C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | 1910                                     |
| TCDD TEQ                      | 1,9 E-05                                 |
| fijn stof                     | 1420                                     |

#### 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 hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## 7.8 Emissies naar water

### Emissies verwerking bleekfixeer

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 7.8 (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 bleekfixeer.

Tabel 7.8; 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).

## 7.9 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 7.9.

Tabel 7.9; Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen door verbranding slib

| Component | Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen (mg/ton bleekfixeer) |          |          |
|-----------|--|----------|----------|
|           | Slak   | Vliegas  | Totaal   |
| Ag        | 42,64  | 13,66    | 56,30    |
| 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  | 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        | 5,57E+04   | 1,28E+04 | 6,85E+04 |
| SO4       | 4,19E+06   | 4,61E+05 | 4,65E+06 |

## 7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

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

Met de toepassing van AVI-slak, 86,7 kg per ton bleekfixeer, wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

## 7.11 Finaal afval

In tabel 7.11 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 7.2) zijn per ton bleekfixeer de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 7.11; Hoeveelheden te storten afval

| Te storten afval            | Hoeveelheid per ton bleekfixeer (kg) |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| AVI-vliegas                 | 10 (1)                               |
| AVI-rookgasreinigingsresidu | 61,6                                 |

(1) 6,9 kg vliegas geeft 10,0 kg immobilisaat (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP)

## 7.12 Leemten in kennis

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 milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.



## **8. Alternatief BF-4; elektrolyse + fysisch/chemisch/biologische zuivering + verglazing**

### **8.1 Procesbeschrijving**

De procesbeschrijving is nagenoeg identiek aan de procesbeschrijving in paragraaf 7.1. Het enige verschil is dat het residu van de voorverdampers van VVM niet ter verbranding wordt afgevoerd, maar wordt verglaasd. Als referentie-installatie is Edelchemie genomen.

#### A. Verglazing in smeltoven

Het residu van de voorverdampers wordt gemengd met daarvoor geschikte toeslagstoffen (chilispeter, 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. De eerste twee trappen van de gaswassing betreffen venturiwassers waaraan diverse hulpstoffen worden toegevoegd waaronder ammoniak en uit fga gemaakt 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 geschikt gemaakt als gaswasvloeistof (ontsulfatering). Een deel van het water uit de derde trap wordt geloosd naar een RWZI.

#### B. Ontzwaveling gaswasvloeistof

Door toevoeging van zuur en kalkmelk aan de gaswasvloeistof 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. De vloeistof wordt weer ingezet als gaswasvloeistof.

#### C. 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.

#### D. Afvoer en nuttige toepassing

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

#### E. Elektrolyse en zuivering elektroliet

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 elektroliet) opgelost, waarbij het elektroliet 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  $\text{NO}_x$  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.

#### F. Afvoer en nuttige toepassing metalen

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

### **8.2 Massabalans**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.2 met als wijziging dat het residu voorverdamper (0,16 ton) bestemming verglazing heeft (Edelchemie) in plaats van verbranding (AVI)

In hoofdstuk 9, waarin de verwerking van bleekfixeer bij Edelchemie wordt behandeld, worden twee allocatiemethoden toegepast (zie paragraaf 9.2). Hier wordt alleen allocatiemethode 1 gebruikt, omdat het pyrolyseproces hier nagenoeg geen rol speelt.

Voor de meeste milieu-ingrepen is gerekend met de waarden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie (bijvoorbeeld emissies en hoeveelheden reststoffen). Het gaat daarbij namelijk om ingrepen die afhangen van de hoeveelheden verontreinigingen in bleekfixeer en die komen nagenoeg geheel in het residu terecht. Andere milieu-ingrepen, zoals ruimtebeslag en elektriciteitsverbruik, die meer van de totale hoeveelheid afval dan van de aanwezige verontreinigingen afhangen, zijn berekend door de waarde per ton verwerkt afval te vermenigvuldigen met 0,16 ton (hoeveelheid residu).

De hoeveelheid obsidiaan en sulfaatslib die ontstaan bij de verwerking van het residu wordt gelijkgesteld aan de hoeveelheden die ontstaan bij de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie, te weten 42 kg/ton bleekfixeer, respectievelijk 33 kg/ton bleekfixeer.

### **8.3 Ruimtebeslag**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.3 met als wijziging dat het ruimtebeslag van verbranding in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt.

Toegevoegd wordt het ruimtebeslag van verwerking van het residu bij Edelchemie. Dit is  $1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton verwerkt afval (zie paragraaf 9.3). Voor 0,16 ton residu is dit dus  $0,28 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$ .

In de gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen" wordt uitgegaan van het storten van zowel het ontsulfateringsgips als het obsidiaan. Met een dichtheid van 1500 kg/ton (aanneme) en een storthoogte van 15 meter kan per vierkante meter 22,5 ton wordt gestort. Over een periode van 100 jaar betekent dit per ton te bergen materiaal een ruimtebeslag van  $4,44 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ , ofwel per ton bleekfixeer (77 kg te storten materiaal) een ruimtebeslag van  $0,34 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$ .

## 8.4 Transport

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.4 met als wijzigingen dat afvoer van residu naar de AVR en afvoer AVI-reststoffen vervallen, terwijl toegevoegd worden:

- afvoer residu naar Edelchemie
- afvoer obsidiaan
- afvoer sulfaatslib

De transportafstand tussen VVM en Edelchemie is circa 370 km heen en terug.

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 8.1; Overzicht transport

| Materiaal                              | hoeveelheid (kg) | Afstand (km)              | Tonkilometers (tkm per ton bf) |                |
|--|------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------|
|  |                  |                           | normaal                        | toch stort (*) |
| Aanvoer bleekfixeer                    | 1000             | 150                       | 150                            | 150            |
| Afvoer sulfideslib                     | 5,5              | 800 (land)<br>400 (water) | 4,4<br>2,2                     | 4,4<br>2,2     |
| Afvoer ontzilverd bad (naar VVM)       | 991              | 150                       | 149                            | 149            |
| Afvoer residu VVM (naar Edelchemie)    | 160              | 370                       | 59,2                           | 59,2           |
| Chemicaliën verwerking bleekfixeer (1) | 8,1              | 75                        | 0,61                           | 0,61           |
| Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2) | 0,74             | 75                        | 0,06                           | 0,06           |
| Afvoer obsidiaan                       | 42               | 75 (40*)                  | 3,2                            | 1,7            |
| Afvoer ontsulfateringsslib             | 33               | 300 (40*)                 | 9,9                            | 1,3            |
| Vermeden grind (obsidiaan)             | 42               | 35 (land)<br>50 (water)   | 1,47<br>2,1                    | 0<br>0         |
| Aanvoer kalk Edelchemie (**)           | 4                | 50 (land)<br>600 (water)  | 0,2<br>2,4                     | 0,2<br>2,4     |
| Overige chemicaliën Edelchemie (***)   | 23,9             | 75                        | 1,79                           | 1,79           |

1) Het betreft hier NaOH (2,6 kg) en natriumbisulfiet (5,5 kg)

2) Het betreft hier NaOH

(\*) Gevoeligheidsanalyse "stort reststoffen"

(\*\*) Zie tabel 8.2

(\*\*\*) Het betreft de som van alle chemicaliën van tabel 8.2 m.u.v. kalk en water

## 8.5 Energie

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.5 met als wijziging dat het energieverbruik/-productie van verwerking residu in AVI en verwerking AVI-reststoffen vervalt. Toegevoegd wordt het energieverbruik van verwerking residu bij Edelchemie.

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

- elektriciteit: 3.960 GJ (TNO, 2000)
- (afval)olie (HBO): 24.776 GJ (TNO, 2000)
- (afval)methanol: 4.131 GJ (TNO, 2000)

De afvalolie (38,9 MJ/kg (TNO, 2000)) en tweederde van de methanol (24,3 MJ/kg (TNO, 2000)) worden ingezet in de smeltoven, in totaal dus 27500 GJ. Onbekend is hoeveel afval er totaal in de smeltoven wordt verwerkt. Daarom is voor het brandstofverbruik in het smeltproces uitgegaan van de waarde die is genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Edelchemie, te weten 27500 GJ gedeeld door 12.000 ton totaal verwerkt afval, is 2.290 MJ/ton afval, in dit geval bleekfixeer. Omdat deze energie wordt geproduceerd uit afval wordt deze niet in rekening gebracht<sup>7</sup>, maar in een separate gevoeligheidsanalyse wordt dit alsnog gedaan (zie paragrafen 8.12 en 9.12).

Het elektriciteitsverbruik per ton afval is 330 MJ. Voor de 0,16 ton residu is dit dus 53 MJ.

Voor de toepassing van obsidiaan zal verkleining noodzakelijk zijn. Het energieverbruik hiervoor wordt geraamd op circa 45 kWh per ton. Voor de 42 kg obsidiaan is dit dus 1,9 kWh.

In het geval van stort van obsidiaan en sulfaatslib wordt energie verbruikt bij het opbrengen. Het energieverbruik voor stort (diesel) is 60 MJ per ton gestort materiaal. Voor het te storten obsidiaan is het energieverbruik dus 2,5 MJ en voor het te storten sulfaatslib 2,0 MJ.

### Energieverbruik nuttige toepassing

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).

## 8.6 Bedrijfsmiddelen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.6 met als wijzigingen dat het bedrijfsmiddelenverbruik van verwerking van het residu in een AVI en van verwerking van de AVI-reststoffen vervalt, terwijl toegevoegd wordt het bedrijfsmiddelenverbruik bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

Voor dit laatste is uitgegaan van de hoeveelheden die ook zijn genomen voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer (zie paragraaf 9.6), gezien het feit dat alle processen waarbij deze hulpstoffen worden ingezet ook noodzakelijk zijn bij de verwerking van het residu. Alleen de ONO-behandeling waarbij een deel van de natriumsulfide wordt ingezet, is niet noodzakelijk voor

---

<sup>7</sup> 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 8.12) beide effecten niet aan fga toe te rekenen, maar niet een deel wel en een ander deel niet.

verwerking van het residu. Natriumsulfide wordt tevens ingezet voor zuivering van het elektrolysebad. Bij gebrek aan gegevens hierover wordt aangenomen dat het verbruik van natriumsulfide gelijk verdeeld is over de twee processen. Bij de verwerking van het residu wordt dus slechts de helft van de hoeveelheid verbruikt die nodig is bij de verwerking van het bleekfixeer.

De totaal verbruikte hoeveelheden bedrijfsmiddelen (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton bleekfixeer staan weergegeven in tabel 8.2.

Tabel 8.2; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van residu uit bleekfixeer

|                | Totaal verbruik (ton/jaar) | Verbruik (kg/ton bleekfixeer) |
|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| Water          | 17.000                     | 1420                          |
| Kalk           | 48                         | 4                             |
| Salpeterzuur   | 65                         | 5,4                           |
| Ammoniak       | 66                         | 5,5                           |
| Natriumsulfide | 46                         | 1,9                           |
| Chilisalpeter  | 51                         | 4,3                           |
| Borax          | 30                         | 2,5                           |
| Afvalglas      | 10                         | 0,83                          |

Voor de stort van obsidiaan en sulfaatslib (in het kader van gevoeligheidsanalyse) 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).

### **8.7 Emissies naar lucht**

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.7 met als wijzigingen dat de emissies van verbranding van het residu in een AVI vervallen (evenals de emissies die horen bij de verdere verwerking van de AVI-reststoffen). Daar tegenover wordende emissies van verwerking van het residu bij Edelchemie toegevoegd, inclusief de vervolgbewerking van het sulfaatslib in cementovens

De bij de verglazing gevormde rookgassen bestaan in hoofdzaak uit stikstofoxiden, zwaveldioxide, kooldioxide en waterdamp. Daarnaast bevatten de rookgassen nog een aantal specifiek aan het afval gerelateerde stoffen. De rookgassen worden gereinigd m.b.v. een gaswasinstallatie. 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> is berekend op basis van de totale energie-input en de aanname van 85,6 g/MJ (TNO, 2000). De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van ontzilverd bleekfixeer. Uitgaande van een 100/2000 zo klein zilveragehalte (100 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. De emissies per ton bleekfixeer zijn weergegeven in tabel 8.3.

Tabel 8.3; Emissies naar lucht uit smeltoven bij verwerking residu bleekfixeer

| Component                     | Emissies smeltoven totaal (ton/jaar) | Emissies residu (mg/ton bleekfixeer) |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Ag                            | 0,0042                               | 27                                   |
| As                            | 0,003                                | 250                                  |
| Cd                            | 0,0036                               | 300                                  |
| Co                            | 0,0012                               | 100                                  |
| Cr                            | 0,042                                | 3500                                 |
| Cu                            | 0,0156                               | 1300                                 |
| Hg                            | 0,00006                              | 5                                    |
| Mn                            | 0,0072                               | 600                                  |
| Ni                            | 0,0126                               | 1050                                 |
| Pb                            | 0,228                                | 19000                                |
| Sb                            | 0,00006                              | 5                                    |
| Se                            | 0,0006                               | 50                                   |
| Sn                            | 0,0042                               | 350                                  |
| V                             | 0,0006                               | 50                                   |
| Zn                            | 0,0342                               | 2850                                 |
| stof                          | 6,6                                  | 5,5 E+05                             |
| HCl                           | 0,0498                               | 4150                                 |
| HF                            | 0,0042                               | 350                                  |
| SO <sub>x</sub>               | 0,36                                 | 3,0 E+04                             |
| NO <sub>x</sub>               | 4,86                                 | 4,1 E+05                             |
| CO <sub>2</sub>               | 2382                                 | 2,0 E+08                             |
| C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | 0,3                                  | 2,5 E+04                             |

#### 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. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daar bovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu van ontzilverd bleekfixeer betreft. Uitgaande van een 100/2000 zo klein zilveragehalte (100 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) zijn het gehalte in het sulfaatslib en daarmee de emissie evenredig verlaagd. De emissies staan weergegeven in tabel 8.4. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 8.4; Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsslib in een cementoven

| Component | Percentage van input naar lucht | Input (mg/ton bleekfixeer) | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|-----------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Ag        | 0,05                            | 2000                       | 1,0                          |
| Cd        | 0,5                             | 167                        | 0,83                         |
| Cr        | 0,05                            | 2.130                      | 1,1                          |
| Cu        | 0,05                            | 7.670                      | 3,8                          |
| Hg        | 6                               | 70                         | 4,2                          |
| Mo        | 0,05                            | 167                        | 0,083                        |
| Ni        | 0,05                            | 1.870                      | 0,93                         |
| Pb        | 0,05                            | 53.300                     | 27                           |
| Sb        | 0,05                            | 900                        | 0,45                         |
| Sn        | 0,05                            | 1330                       | 0,67                         |
| Zn        | 0,05                            | 17.700                     | 8,8                          |

### 8.8 Emissies naar water

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.8 met als wijziging dat de opmerking over emissies naar water bij AVI vervalt, terwijl toegevoegd worden de emissies naar water bij verwerking van het residu bij Edelchemie.

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 8.5. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)<sup>8</sup> en zijn omgerekend naar mg/ton bleekfixeer. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Op de emissies van zilver die in het TNO-rapport zijn berekend is een correctie aangebracht, aangezien het residu betreft van ontzilverd bleekfixeer. Uitgaande van een 100/2000 zo klein zilveragehalte (100 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd.

Tabel 8.5; Emissies naar water via lozing gaswasser op RWZI

| Component                        | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|----------------------------------|------------------------------|
| Ag                               | 235                          |
| Cd                               | 34                           |
| Cr                               | 465                          |
| Cu                               | 537                          |
| Hg                               | 3,08                         |
| Ni                               | 1.960                        |
| Pb                               | 4.830                        |
| Zn                               | 1.670                        |
| SO <sub>4</sub> /SO <sub>2</sub> | 5.410                        |
| CZV                              | 969.000                      |

#### 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

<sup>8</sup> 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.

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).

## 8.9 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 uitlozing 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 uitlozing 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 uitlozing" 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 8.6.

De input vanuit het sulfaatslib is gebaseerd op de samenstelling van het sulfaatslib (TNO, 2000) en is omgerekend naar vracht per ton bleekfixeer. De input van zilver in het sulfaatslib is, evenals in het TNO-rapport bij de emissies is gedaan, bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen. Daarbovenop is voor zilver een correctie aangebracht vanwege het feit dat het residu (afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer) een zeer laag gehalte bevat. Uitgaande van een 100/2000 zo klein zilveragehalte (100 mg/l in dit MER t.o.v. 2 g/l als waarde in TNO-rapport) is de emissie evenredig verlaagd. Ook voor de andere zware metalen zullen de emissies lager zijn, maar onbekend is echter hoe groot dit effect zal zijn.

Tabel 8.6; Emissies naar bodem uit cement ten gevolge van toepassing sulfaatslib

| Component | Input<br>(mg/ton bleekfixeer) | Percentage van<br>input naar cement | Percentage van<br>cement naar bodem | Emissie<br>(mg/ton bleekfixeer) |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Ag        | 2000                          | 99,95                               | 0,05                                | 1,0                             |
| Cd        | 167                           | 99,5                                | 0,65                                | 1,08                            |
| Cr        | 2130                          | 99,95                               | 0,05                                | 1,07                            |
| Cu        | 7670                          | 99,95                               | 0,05                                | 3,83                            |
| Hg        | 70                            | 94                                  | 1,1                                 | 0,72                            |
| Mo        | 167                           | 99,95                               | 0,05                                | 0,08                            |
| Ni        | 1.870                         | 99,95                               | 0,05                                | 0,93                            |
| Pb        | 53300                         | 99,95                               | 0,05                                | 26,65                           |
| Sb        | 900                           | 99,95                               | 0,05                                | 0,45                            |
| Sn        | 1330                          | 99,95                               | 0,80                                | 10,66                           |
| Zn        | 17700                         | 99,95                               | 0,05                                | 8,83                            |

### 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 bleekfixeer 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 8.7 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton bleekfixeer, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton bleekfixeer. 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 8.7; 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                            |

## 8.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.10 met als wijziging dat de uitsparing van zand door nuttige toepassing van AVI-slak vervalt. Toegevoegd worden de uitgespaarde hoeveelheden primaire grondstoffen door productie van secundaire grondstoffen bij Edelchemie.

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.

De hoeveelheid teruggewonnen zilver is bepaald op basis van de input van zilver in het residu van 10 mg per kg bleekfixeer en een terugwinningsrendement van 95,5% (zie paragraaf 9.2).

De hoeveelheden teruggewonnen lood, koper en nikkel zijn gemiddelde hoeveelheden per ton verwerkt afval bij Edelchemie. Deze cijfers zijn ook genomen voor de verwerking van bleekfixeer bij Edelchemie (zie paragraaf 9.2). Voor het residu afkomstig van bij Van Vlodrop behandeld bleekfixeer zullen de teruggewonnen hoeveelheden lager zijn vanwege de relatief lage gehalten. Onduidelijk is echter in welke mate.

Tabel 8.8; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

| Soort   | normaal (kg/ton fga) | gev. anal. storten (kg/ton fga) |
|---------|----------------------|---------------------------------|
| Zilver  | 0,0096 (1)           | 0,0096 (1)                      |
| Metalen |                      |                                 |
| Lood    | 1,8                  | 1,8                             |
| Koper   | 0,54                 | 0,54                            |
| Nikkel  | 0,16                 | 0,16                            |
| Grind   | 42                   | 0                               |
| Gips    | 19                   | 0                               |

(1) Dit betreft alleen dat deel dat bij de Edelchemie-bewerking is teruggewonnen; samen met de elektrolyse wordt bijna 3 kg teruggewonnen.

### 8.11 Finaal afval

De beschrijving in paragraaf 7.11 vervalt. Toegevoegd worden de hoeveelheden finaal afval bij verwerking van het residu bij Edelchemie. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is met de stort van obsidiaan en sulfaatslib i.p.v. nuttige toepassing gerekend. In tabel 8.9 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 8.9; Finaal afval

| Te storten afval | Hoeveelheid (kg/ton fga) |
|------------------|--------------------------|
| Obsidiaan        | 42                       |
| Sulfaatslib      | 33                       |

### 8.12 Aanvullende opmerkingen m.b.t. de balansen op componentenniveau.

Onder verwijzing naar paragraaf 9.12, waar op het aspect "balansen op componentenniveau" i.r.t. de verwerking bij Edelchemie wordt ingegaan, wordt opgemerkt dat zich in dit geval een vergelijkbaar iets voordoet omdat een deel van de verwerking bij Edelchemie plaatsvindt. Ook hier geldt dat voor dat deel zowel de emissies als de productie van afzetbare metalen mede wordt bepaald door de keuze om alle effecten van de inrichting van Edelchemie toe te rekenen aan het verwerkte fga. Ook hier geldt dat de emissies naar lucht (tabel 8.3), de vrachten naar obsidiaan en sulfaatslib (tabel 8.4 en 8.7), de emissie naar water (tabel 8.5) en de productie van metalen als lood, nikkel en koper (tabel 8.8) hoger liggen dan er middels de input van een ton bleekfixeer zelf mogelijk is. Ook hier is dus een extra gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin is gekozen voor een andere wijze van toerekening. Verder wordt verwezen naar paragraaf 9.12.

In dit kader wordt nog opgemerkt wordt nog dat tabellen 8.3, 8.4 en 8.6 tevens componenten bevatten die ontbreken in tabel 2.1. Deze zijn toch meegenomen omdat zij (kunnen) worden veroorzaakt door het meeverwerken van andere afvalstromen bij Edelchemie en aan de verwerking van bleekfixeer worden toegerekend. Voor verdere beschouwing op dit punt, en voor variatie hiervan in de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval" wordt verwezen naar de paragraaf 9.12.

### 8.13 Leemten in kennis

Identiek aan beschrijving in paragraaf 7.12 en 9.13.

## 9. Alternatief BF-5; fysisch-chemische zuivering + Pyrolyse + verglazing

### 9.1 Procesbeschrijving

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

#### A. Aanvoer bleekfixeer

De bleekfixeer wordt per vrachtwagen aangevoerd.

#### B. Fysisch-chemische zuivering

De fixeerstromen 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 stikstofoxiden.

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 vlieggas, 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 (chilisalpeter, 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 grindvervanger 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 elektroliet

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 elektroliet) opgelost, waarbij het elektroliet 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.

### **9.2 Massabalans**

De verwerking van afval resulteert in producten en/of reststoffen. Tabel 9.1 bevat een overzicht van de hoeveelheden producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton bleekfixeer. 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) 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 zilveragehaltes.

Per ton fixeer met een zilveragehalte 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/ton fixeer (zie tabel 2.1). Dit resulteert in een hoeveelheid teruggewonnen zilver van circa 2,9 kg/ton 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 9.1; Massabalans bleekfixeer verwerking Edelchemie

|                    | Hoeveelheid (ton) per ton verwerkt bleekfixeer |  | Bestemming                 |
|--------------------|--|--|----------------------------|
|                    | normaal<br>(allocatiemethode 1)                | gev. anal. "alles op<br>vloeibaar fga"<br>(allocatiemethode 2) |                            |
| <b>INPUT</b>       |  |  |                            |
| Bleekfixeer        | 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         |
| Ontsulfateringslib | 0,033  | 0,053  | Cementindustrie (stort)    |

### 9.3 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 bleekfixeer. 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 bleekfixeer.

### 9.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt transport per as plaats van bleekfixeer en van producten en reststoffen van de afvalverwerkingsinrichting. De te vervoeren producten en reststoffen zijn obsidiaan, ontsulfateringslib, 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 ontsulfateringslib (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 ontsulfateringslib (sulfaatslib) is, uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Tabel 9.2; Overzicht transport

| Materiaalstroom      | omvang (kg)                |                        | Afstand (km)                         |                          | Tonkilometers (tkm/ton) |              |                        |
|----------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------|------------------------|
|                      | normaal en<br>toch storten | allocatie<br>methode 2 | normaal en<br>allocatie<br>methode 2 | toch storten             | normaal                 | toch storten | allocatie<br>methode 2 |
| Aanvoer bleekfixeer  | 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)<br>600 (water)             | 50 (land)<br>600 (water) | 0,2<br>2,4              | 0,2<br>2,4   | 0,32<br>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)<br>50 (water)              | 0<br>0                   | 1,47<br>2,1             | 0<br>0       | 2,3<br>3,4             |

1) Som van salpeterzuur, ammoniak, natriumsulfide, chilisalpeter, borax en afvalglas (zie tabel 9.3)

## 9.5 Energie

### Energieverbruik verwerking bleekfixeer

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 (gevoelighedsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) en het brandstoffenverbruik 2410 MJ (normaal; allocatiemethode 1) of 3850 MJ (gevoelighedsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Daar als brandstoffen echter afvalstoffen worden ingezet, wordt zij niet in rekening gebracht<sup>9</sup> (zie echter ook paragraaf 9.12).

### 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 bleekfixeer ontstaat afhankelijk van de allocatiemethode 42 kg (normaal; allocatiemethode 1) of 67 kg (gevoelighedsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2) obsidiaan, en moet dus gerekend worden met een energieverbruik van 1,9 kWh, respectievelijk 3,0 kWh.

<sup>9</sup> 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 9.12) 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.

## **9.6 Bedrijfsmiddelen**

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking bleekfixeer

De inrichting van Edelchemie verbruikt diverse bedrijfsmiddelen. De totaal verbruikte hoeveelheden (TNO, 2000) en de hoeveelheden per ton bleekfixeer bij de verschillende allocatiemethoden staan weergegeven in tabel 9.3. 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 9.3; Hoeveelheden bedrijfsmiddelen bij de verwerking van bleekfixeer

|                | Totaal verbruik (ton/jaar) | Verbruik (kg/ton bleekfixeer) allocatiemethode 1 | Verbruik (kg/ton bleekfixeer) 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).

## **9.7 Emissies naar lucht**

### Emissies verwerking bleekfixeer

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 bleekfixeer volgens de twee allocatiemethoden zijn weergegeven in tabel 9.4.

Tabel 9.4; Emissies naar lucht uit pyrolyse en smeltoven

| Component                     | Emissies (mg/ton bleekfixeer) |                    |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
|                               | 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 9.5. De emissies van zilver zijn bepaald op basis van de massaverhouding zilver in de fga-stromen.

Tabel 9.5 Emissies naar lucht bij toepassing ontsulfateringsslib 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

## 9.8 Emissies naar water

De emissies naar water via de lozing van afvalwater uit de gaswasser staan vermeld in tabel 9.6. De emissies zijn gebaseerd op cijfers van jaarvrachten van Edelchemie (TNO, 2000)<sup>10</sup> en zijn omgerekend naar mg/ton bleekfixeer 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.

<sup>10</sup> 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 9.6; Emissies naar water via lozing gaswaster op RWZI

| Component       | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |   |
|-----------------|------------------------------|---|
|                 | 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).

### **9.9 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 9.7.

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

Tabel 9.7 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 bleekfixeer 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 9.8 is tevens weergegeven wat dat betekent per ton bleekfixeer, uitgaande van 42 kilo obsidiaan per ton bleekfixeer. 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 9.8; 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                            |

## 9.10 Uitgespaarde winning/productie van 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 9.9 staan de hoeveelheden weergegeven.

Tabel 9.9; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

| Soort   | Hoeveelheid (kg/ton fga)<br>allocatiemethode 1 | Hoeveelheid (kg/ton fga)<br>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.

## 9.11 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 9.10 staan de te storten hoeveelheden weergegeven.

Tabel 9.10; Finaal afval

| Te storten afval | Hoeveelheid (kg/ton bleekfixeer) |
|------------------|----------------------------------|
| Obsidiaan        | 42                               |
| Sulfaatslib      | 33                               |

## 9.12 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. bleekfixeer.

Een nadere analyse van de gegevens zoals die in dit hoofdstuk zijn afgeleid is gegeven in tabellen 9.11 (normaal; allocatiemethode 1) en 9.12 (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2). Hierbij geldt dat:

- alles is gegeven in gram per ton bleekfixeer;
- 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/ingaaand" is gegeven.

Tabel 9.11; Balansoverzicht voor bleekfixeer (normaal; allocatiemethode 1)

| 1  | 2                  | 3                   | 4                  | 5                      | 6                  | 7                      | 8               | 9           |
|----|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|    | input<br>tabel 2.1 | product<br>par. 9.2 | lucht<br>tabel 9.4 | naar slib<br>tabel 9.5 | water<br>tabel 9.6 | obsidiaan<br>tabel 9.8 | som<br>uitgaand | uit/in      |
| Ag | 3000               | 2900                | 1,11               | 40,3                   | 4,7                |                        | 2946,11         | <b>1,0</b>  |
| Cd | 5                  |                     | 0,394              | 0,167                  | 0,034              |                        | 0,60            | <b>0,12</b> |
| Co | 5                  |                     | 0,194              |                        |                    |                        | 0,19            | <b>0,04</b> |
| Cr | 5                  |                     | 4,25               | 2,13                   | 0,465              |                        | 6,85            | <b>1,4</b>  |
| Cu | 5                  | 351,7               | 2,05               | 7,67                   | 0,537              |                        | 361,95          | <b>72</b>   |
| Hg | 5                  |                     | 0,0992             | 0,07                   | 0,00308            | 0,0083                 | 0,18            | <b>0,04</b> |
| Mn | 5                  |                     | 3,6                |                        |                    |                        | 3,6             | <b>0,72</b> |
| Ni | 5                  | 104,2               | 1,8                | 1,87                   | 1,96               | 16                     | 125,84          | <b>25</b>   |
| Pb | 5                  | 1172,3              | 26,7               | 53,3                   | 4,83               | 63                     | 1320,14         | <b>264</b>  |
| Zn | 5                  |                     | 4,73               | 17,7                   | 7,67               | 130                    | 160,10          | <b>32</b>   |

Tabel 9.12; Balansoverzicht voor bleekfixeer (gevoeligheidsanalyse "alles toerekenen aan vloeibaar fga"; allocatiemethode 2)

| 1  | 2                  | 3                   | 4                  | 5                      | 6                  | 7                      | 8               | 9           |
|----|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|    | input<br>tabel 2.1 | product<br>par. 9.2 | lucht<br>tabel 9.4 | naar slib<br>tabel 9.5 | water<br>tabel 9.6 | obsidiaan<br>tabel 9.8 | som<br>uitgaand | uit/in      |
| Ag | 3000               | 2900                | 1,11               | 40,3                   | 4,7                |                        | 2946,11         | <b>1,0</b>  |
| Cd | 5                  |                     | 0,631              | 0,267                  | 0,0547             |                        | 0,95            | <b>0,19</b> |
| Co | 5                  |                     | 0,311              |                        |                    |                        | 0,31            | <b>0,06</b> |
| Cr | 5                  |                     | 6,8                | 3,41                   | 0,744              |                        | 10,95           | <b>2,2</b>  |
| Cu | 5                  | 566,6               | 3,28               | 12,3                   | 0,859              |                        | 583,05          | <b>117</b>  |
| Hg | 5                  |                     | 0,159              | 0,112                  | 0,00493            | 0,013                  | 0,29            | <b>0,06</b> |
| Mn | 5                  |                     | 5,76               |                        |                    |                        | 5,76            | <b>1,2</b>  |
| Ni | 5                  | 162,8               | 2,88               | 2,99                   | 3,13               | 26                     | 197,82          | <b>40</b>   |
| Pb | 5                  | 1888,7              | 4,27               | 85,3                   | 7,73               | 100                    | 2086,02         | <b>417</b>  |
| Zn | 5                  |                     | 7,56               | 28,3                   | 2,67               | 207                    | 245,53          | <b>49</b>   |

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

Zoals in paragraaf 9.2 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 zijn toegerekend. 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 bleekfixeer gezien nadelig, maar het benutten van energie en restproducten uit die andere afvalstromen is vanuit bleekfixeer gezien juist weer voordelig. Deze keuzes vormen dan ook de verklaring voor het in tabel 9.11 en 9.12 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 gevolgde 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 geweest dan bij inzet als brandstof zoals hier gebeurt.

Om het effect van de in paragraaf 9.2 beschreven allocatiekeuze te bezien is als extra gevoeligheidsanalyse echter wel gepoogd om het effect in beeld te brengen van de verwerking van bleekfixeer 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 9.2, 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 tabel 9.11.
3. De emissies van componenten die ontbreken in tabel 2.1, en derhalve in deze benadering niet uit bleekfixeer zelf kunnen komen, zijn geschrapt.
4. De geproduceerde Cu, Ni en Pb (tabel 9.9) 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 zij 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 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 9.11 en 9.12 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 bleekfixeer als uitgangspunt is genomen. In het laatste geval zouden de emissies voor dit materiaal juist naar boven moeten worden bijgesteld (emissies die horen bij bleekfixeer 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 buiten beschouwing blijven. Zonder de effecten van de inzet van afvalbrandstof had de benodigde energie immers extern moeten worden geleverd).

### **9.13 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.



## **10. Alternatief BF-6; elektrolyse + indamping/osmose + verglazing**

### **10.1 Procesbeschrijving**

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

#### A. Aanvoer fga

Er zijn verschillende inzamelpunten 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 bleekfixeer 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.

Ontzilverd bleekfixeer wordt gebruikt als ontzilveringsvloeistof voor filmafval (zie bij vast fga; achtergronddocument A9 bij MER-LAP). Na de ontzilvering van de film wordt de vloeistof weer elektrolytisch ontzilverd.

#### 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.

#### 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.

### **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 bleekfixeer. 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. fixeer) is 18 ton elektrolytisch ruw zilver (85% zuiver) teruggewonnen (Argentia, 2001). Gemiddeld is dit 3,9 kg/ton 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 bleekfixeer. 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 bleekfixeer.

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 bleekfixeer 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  $700 \text{ m}^3$  zwavelzuur (98%) (TNO, 2000). Toerekening aan bleekfixeer en ontwikkelaar is geschied op basis van de verwerkte hoeveelheden van 5100 respectievelijk en 3900 ton en de zwavelgehaltes, te weten 7% (4 tot 10%) respectievelijk 1%. Dit resulteert voor fixeer in een hoeveelheid van  $700 * (0,07 * 5.100) / (0,07 * 5100 + 0,01 * 3.900) = 631 \text{ m}^3$ . Dit is circa  $0,12 \text{ m}^3$  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 bleekfixeer 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 10.1; Massabalans verwerking bleekfixeer

|                  | Hoeveelheid per ton<br>verwerkt bleekfixeer (ton) | Bestemming         |
|------------------|---|--------------------|
| <b>INPUT</b>     |   |                    |
| Bleekfixeer      | 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             |

### 10.3 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 bleekfixeer 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 bleekfixeer.

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>11</sup> (Argentia, 1999). Per ton vloeistof, dus per ton bleekfixeer, 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>11</sup> Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

## 10.4 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 10.2; Overzicht transportafstanden

| Materiaal                              | hoeveelheid (kg) | Afstand (km)            | Tonkilometers per ton fixeer |
|--|------------------|-------------------------|------------------------------|
| Aanvoer bleekfixeer                    | 1000             | 150                     | 150                          |
| Afvoer verglaasd product               | 278              | 75                      | 20,85                        |
| Chemicaliën verwerking bleekfixeer (1) | 8,1              | 75                      | 0,61                         |
| Chemicaliën gasreiniging smeltoven (2) | 0,74             | 75                      | 0,06                         |
| Chemicaliën osmose (3)                 | 3                | 75                      | 0,23                         |
| Vermeden transport grind               | 278              | 35 (land)<br>50 (water) | 9,7<br>14                    |
| Sec. zwavelzuur (98%)                  | 209 (4)          | 35                      | 7,32                         |

1. Het betreft hier NaOH (2,6 kg) en natriumbisulfiet (5,5 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 10.6

## 10.5 Energie

### Energieverbruik verwerking bleekfixeer

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 (fixeer) in 2000 van 4.600 ton, is het verbruik 42,8 kWh per ton 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 bleekfixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik 13,9 kWh/ton bleekfixeer.

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>12</sup>. Dit resulteert in een verbruik van 278 kWh per ton vloeistof, in dit geval bleekfixeer.

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 bleekfixeer.

#### 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.

## **10.6 Bedrijfsmiddelen**

#### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking bleekfixeer

Bij de ontzilving 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 ontzilving van fixeer voornamelijk natronloog wordt verbruikt (en voor de chemische ontzilving van o.a. ontwikkelaar zwavelzuur). Verder is wegens gebrek aan gegevens hierover aangenomen dat het natronloogverbruik gelijk is verdeeld over

---

<sup>12</sup> Conform het TNO-rapport 'Emissieprofielen Gevaarlijk Afval' zijn de stromen gaswasvloeistof en schrobwater niet meegerekend, omdat deze aan de inputs moeten worden toegerekend.

elektrolyse en rookgasreiniging. Het elektrolytisch ontzilverde bleekfixeer wordt gebruikt voor de ontzilvering van film, waarna het weer elektrolytisch wordt ontzilverd. De toerekening van het natronloogverbruik aan fixeer en film is gedaan op basis van de hoeveelheid verkregen zilver, te weten 18 ton afkomstig van fixeer en 20 ton afkomstig van film (Argentia, 2001). Voor fixeer betekent dit een verbruik van  $12 \text{ m}^3$  voor 4.600 ton baden, is 2,6 liter per ton.

Bij de elektrolyse van bleekfixeer wordt tevens natriumbisulfiet toegevoegd ter verbetering van het rendement. Het jaarverbruik is  $41 \text{ m}^3$  (Argentia, 2001). De toerekening hiervan aan bleekfixeer en film is gedaan op basis van de hoeveelheid verkregen zilver. Aangenomen is dat de verwerkte hoeveelheden zwart-wit fixeer en bleekfixeer ongeveer gelijk zijn, evenals de hoeveelheden hieruit verkregen zilver. Dit betekent een hoeveelheid van 9 ton zilver uit 2.300 ton bleekfixeer. Uit film wordt 20 ton zilver verkregen. Het verbruik van natriumbisulfiet voor 2.300 ton bleekfixeer is dus  $9/29 \cdot 41 = 13 \text{ m}^3$ . Dit is 5,5 liter per ton bleekfixeer.

In de smeltoven is in 2000 115 ton ruw zilver verwerkt, resulterend in een natronloogverbruik van  $25/115 = 0,22 \text{ m}^3$  per ton ruw zilver. Voor de 3,4 kg ruw zilver per ton bleekfixeer is dit dus 0,74 liter.

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

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 fixeer circa 209 kg zal zijn ( $220 \text{ min } 0,006 \cdot 1,8$ ).

#### 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).

## 10.7 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 fixeer;
- 0,062 kg azijnzuur/ton 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 bleekfixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 10.3.

Tabel 10.3; Emissies via afgas zilversmeltoven

| Component       | Concentratie afgas (mg/m <sup>3</sup> ) | Emissie (mg/ton 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 bleekfixeer: circa 1,5% (zie tabel 2.1 samenstelling), waarbij is aangenomen is dat alle C wordt omgezet in CO<sub>2</sub>.

Tabel 10.4; 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).

### **10.8 Emissies naar water**

#### Emissies verwerking bleekfixeer

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 bleekfixeer). 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 10.5; Emissies naar water indamping/osmoseproces

| Component | Jaarvracht afvalwater (kg/jaar) | Emissie (mg/ton bleekfixeer) |
|-----------|---------------------------------|------------------------------|
| 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).

### **10.9 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 10.6 zijn de waarden in mg per kg verglazingsproduct weergegeven.

Deze zijn omgerekend naar emissies per ton bleekfixeer 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 bleekfixeer.

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 10.6; Emissies naar bodem uit verglazingsproduct

| Component       | Uitloging (mg/kg verglazingsproduct) | mg/m <sup>2</sup> | Emissie naar bodem (mg/ton bleekfixeer) |
|-----------------|--------------------------------------|-------------------|---|
| 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                                    |

### 10.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

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

Door de productie van het verglazingsproduct, 278 kg/ton bleekfixeer, 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 bleekfixeer wordt 209 kg zwavelzuur geproduceerd.

### 10.11 Finaal afval

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

### 10.12 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.

## 11. Alternatief BF-7; 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.

## 12. Alternatief BF-8; hergebruik

### 12.1 Procesbeschrijving

#### A. Aanvoer fga

Bleekfixeer 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. De ingezamelde fga wordt na keuring verwerkt in de installatie. Afgekeurde partijen (minder dan 1%) worden afgevoerd naar een erkende verwerker waar het wordt verwerkt.

#### B. Elektrolyse

De aangevoerde bleekfixeer wordt op het zilveragehalte en verontreinigingen gecontroleerd. Bij goedgekeurde partijen wordt de bleekfixeer na voorconditionering m.b.v. elektrolyse ontzilverd tot 0,5 g/l. 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.

#### C. Beluchting en toevoeging chemicaliën

De restvloeistof wordt in een beluchtingsvat belucht en vervolgens in een aanmaakvat gepompt. In dit vat worden chemicaliën gedoseerd voor het terugbrengen van de afgenomen concentraties op het oorspronkelijke niveau.

#### D. Controle en afzet

De bleekfixeer wordt vervolgens getest op verschillende eigenschappen. Partijen die niet aan de gestelde eisen voldoen worden teruggevoerd in het productieproces of, indien dit niet mogelijk is, afgevoerd naar een verwerker. Indien aan de voorwaarden wordt voldaan dan wordt de vloeistof als RA4-bleekfixeer op de markt gebracht.

#### E. 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. Als referentie-installatie wordt echter de smeltoven van Argentia genomen (i.v.m. beschikbare kennis). 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.

#### 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 Minière), waar de laatste resten zilver worden teruggewonnen. De overblijvende slak wordt als bouwstof toegepast.

### 12.2 Massabalans

Tabel 12.1 bevat de massabalans voor de verwerking van 1 ton bleekfixeer bij Van Vlodrop (Van Vlodrop, 2000b). Uitgaande van bleekfixeer met een zilveragehalte van gemiddeld 3 g/l (zie tabel 2.1) en een eindconcentratie na ontzilvering van 0,5 g/l, is de teruggewonnen hoeveelheid zilver 2,5 kg per ton bleekfixeer. Op basis van een zilveragehalte van ruw elektrolytisch zilver van 85%

ontstaat dus een hoeveelheid ruw zilver van 2,9 kg per ton bleekfixeer.

Tabel 12.1: Massabalans verwerking bleekfixeer voor hergebruik bij VV

|                         | Hoeveelheid per ton verwerkt bleekfixeer (ton) | Bestemming |
|-------------------------|--|------------|
| <b>INPUT</b>            |  |            |
| Bleekfixeer             | 1  |            |
| Toegevoegde chemicaliën | 0,036  |            |
| <b>OUTPUT</b>           |  |            |
| Bleekfixeer             | 1  | Hergebruik |
| Ruw Zilver              | 0,0029   | Opwerking  |

### 12.3 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 bleekfixeer ontstaat in totaal 0,0029 ton ruw zilver dat wordt verwerkt in een smeltoven. Dit komt overeen met een ruimtebeslag van 0,004 m<sup>2</sup>\*jr/ton bleekfixeer.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van zilver en slak uit de smeltoven niet 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).

### 12.4 Transport

In het beschouwde verwerkingsalternatief vindt aanvoer per as plaats van bleekfixeer en hulpstoffen en afvoer van het product en reststoffen.

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.

Aangenomen wordt dat de afvoer van het product en het vermeden transport door de uitgespaarde hoeveelheid product elkaar opheffen.

Voor de gebruikte chemicaliën is bij gebrek aan gegevens uitgegaan van een transportafstand van 75 km.

Tabel 12.2 Overzicht transportafstanden

| Materiaal             | omvang (kg) | Afstand (km) | Tonkilometers (tkm/t fga) |
|-----------------------|-------------|--------------|---------------------------|
| Aanvoer bleekfixeer   | 1000        | 150          | 150                       |
| Aanvoer chemicaliën   | 36          | 75           | 2,7                       |
| Ruw zilver            | 2,9         | 150          | 0,44                      |
| Chemicaliën smeltoven | 0,63        | 75           | 0,05                      |
| Vermeden chemicaliën  | 240         | 75           | 18                        |

## 12.5 Verbruik energie

### Energieverbruik verwerking bleekfixeer

De elektrolyse van bleekfixeer kost 46,3 kWh (167 MJ) elektriciteit per ton (Van Vlodrop, 1999b).

Het ruwe zilver wordt in een smeltoven opgewerkt. Hiervoor wordt de smeltoven van Argentia als referentie-installatie genomen. Op basis van recente gegevens van Argentia (Argentia, 2001) is het verbruik van de zilversmeltoven bepaald op 4,09 kWh per kg elektrolytisch zilver (zie voor berekening paragraaf 7.5). Op basis van dit gegeven en de hoeveelheid van 2,9 kg ruw elektrolytisch zilver per ton bleekfixeer bedraagt het elektriciteitsverbruik  $4,09 \times 2,9 = 12$  kWh per ton bleekfixeer.

### Energieverbruik nuttige toepassing

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).

Het energiegebruik voor de hergebruikstechniek is 7 kWh/ton fga (Van Vlodrop, 2000). Er is echter aangenomen dat deze energie voor het opwaarderen van de vloeistof tot afzetbaar bleekfixeer (met name mengen en roeren) vergelijkbaar is met de vermeden energie van het niet te hoeven produceren van primair bleekfixeer. Deze 7 kWh wordt dan ook niet in rekening gebracht.

## 12.6 Verbruik bedrijfsmiddelen

### Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking bleekfixeer

Voor de elektrolyse van het bleekfixeer worden geen bedrijfsmiddelen gebruikt.

De afgenomen concentraties van de verschillende componenten in de gereinigde bleekfixeer worden op het oorspronkelijk niveau teruggebracht. De toevoeging bestaat uit 36 kg chemicaliën/componenten per ton fga (Van Vlodrop, 2000). Exacte kennis omtrent deze chemicaliën ontbreekt (geheim). Wel is bekend dat circa 26 van de 36 kg bestaat uit natriumbisulfiet. Er wordt in dit MER gerekend met 36 kg natriumbisulfiet.

### Bedrijfsmiddelenverbruik reststoffen

De rookgasreiniging van de smeltoven (referentie-installatie Argentia) verbruikt natronloog: 0,22 m<sup>3</sup> per ton verwerkt ruw zilver (zie toelichting paragraaf 7.6). Voor de 2,9 kg ruw zilver/sulfideslib uit bleekfixeer is dit 0,63 liter natronloog.

### 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 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).

## 12.7 Emissies naar lucht

Bij op- en overslag en verwerking van fixeer 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). Aangenomen kan worden dat de helft van de verwerkte hoeveelheid vloeibaar fga uit 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 fixeer;
- 0,062 ton azijnzuur/ton fixeer.

### Emissies verwerking reststoffen

Het ruwe zilver wordt opgewerkt in een smeltoven bij Drijfhout. Als referentie-installatie is 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 2,9 kg ruw zilver per ton bleekfixeer zijn de emissies bepaald. Deze staan weergegeven in tabel 11.5.

Tabel 11.5; Emissies via afgas zilversmeltoven

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

### 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 hoeveelheid slak (maar het betreft wel een leemte in kennis).

## **12.8 Emissies naar water**

Bij de verwerking van bleekfixeer voor hergebruik komt geen afvalwater vrij en vinden dus geen emissies naar water plaats.

## **12.9 Emissies naar bodem**

Bij de verwerking van bleekfixeer voor hergebruik worden geen stoffen op de bodem gebracht en treden dan ook geen emissies naar bodem op.

## **12.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen**

Door het hergebruik van bleekfixeer wordt de productie van een ongeveer even grote hoeveelheid bleekfixeer uitgespaard. Ten aanzien van het productieproces voor bleekfixeer geldt dat hier geen sprake is van vermeden effecten omdat het opwerken van de verkregen vloeistof en het vermeden productieproces van primair bleekfixeer vergelijkbaar zijn. Wel worden chemicaliën vermeden die normaal voor de productie van een ton bleekfixeer worden gebruikt. De exacte vermeden chemicaliën zijn niet bekend (geheim) maar wel bekend is dat de gebruikte 36 kg aan chemicaliën grotendeels dient als aanvulling van de oorspronkelijk aanwezige chemicaliën. Het betreft hier 10 tot 20% van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid. Uitgaande van 36 kg natriumbisulfiet en een percentage van 15% betekent dit dat hiermee ongeveer 240 kg bisulfiet wordt vermeden die anders voor de productie van primair bleekfixeer zou zijn gebruikt.

Door de terugwinning van zilver zijn er vermeden emissies door uitgespaarde productie van primair zilver. Per ton bleekfixeer wordt in totaal 2,5 kg zilver teruggewonnen. Daarmee wordt de productie van deze hoeveelheid zilver bespaard.

## **12.11 Finaal afval**

Bij de verwerking van bleekfixeer voor hergebruik ontstaan geen te storten afvalstoffen.

## **12.12 Leemten in kennis**

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

- 1) De milieu-effecten van verwerking van slak uit de smeltoven bij een edelmetaalbedrijf in vergelijking met de verwerking van primaire ertsen.
- 2) De exacte aard en samenstelling van gebruikte en uitgespaarde chemicaliën.



## BIJLAGE 1:

## OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

| <b>Verwerkingstechniek: BF-1</b> |                                     |  |   |                         |
|----------------------------------|-------------------------------------|--|---|-------------------------|
| <b>ASPECT</b>                    |                                     | <b>(specificatie)</b>  | <b>INGREEP</b>  | <b>Gev. analyse (a)</b> |
|                                  |                                     |  |   | <b>1 (b)</b>            |
| 1.                               | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar) | elektrolyse/sulfideprec./UF<br>zilversmelten<br>afvalwaterverwerking<br>AVI<br>AVI-vliegas<br>AVI-rookgasreinigingsresidu  | 0,11<br>0,01<br>0,09<br>0,007<br>0,067<br>0,865   | als normaal             |
| 2.                               | Transport in tkm<br>(ton/vracht)    | bleekfixeer<br>sulfideslib (as)<br>(water)<br>ontzilverd bad<br>ruw zilver<br>residu<br>chemicaliën verwerking<br>chemicaliën smeltoven<br>AVI-vliegas<br>AVI-rgr<br>NaOH (20%)<br>NH <sub>4</sub> OH (25%)<br>Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI (as)<br>(water)<br>Afdeksand (stort rgr)<br>(as)<br>(water)<br>Afvoer AVI-slak   | 150 (12)<br>4,4 (25)<br>2,2 (-)<br>149 (20)<br>0,51 (10)<br>24 (25)<br>0,06 (10)<br>0,14 (10)<br>0,90 (10)<br>3,09 (10)<br>13,13 (10)<br>0,003 (10)<br>0,07 (10)<br>0,88 (-)<br>1,62 (20)<br>2,32 (-)<br>6,5 (10) | als normaal             |
| 3.                               | Energiegebruik                      | elektrolyse<br>ultramembraanfiltratie<br>verwarming spoelwater<br>elek. afvalwaterverwerking<br>stoom afvalwaterverwerking<br>zilversmeltoven<br>voeding AVI<br>immobilisatie AVI-vliegas<br>stort AVI-vliegas (diesel)<br>stort AVI-rgr (diesel)  | 46,3 kWh<br>26,9 kWh<br>13,1 MJ<br>5,0 kWh<br>354 MJ<br>104 kWh<br>8 kWh<br>0,04 kWh<br>0,60 MJ<br>6,49 MJ  | als normaal             |
| 4.                               | Bedrijfsmiddelen                    | <u>sulfideprec./UF:</u><br>natronloog (33%)<br>natriumsulfide (40%)<br>zepen<br>citroenzuur<br>water<br><u>smeltoven:</u><br>natronloog (33%)<br><u>AVI:</u><br>natronloog (20%)<br>kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )<br>NH <sub>4</sub> OH (25%)<br><u>verwerking AVI-reststoffen:</u><br>cement<br>big bags<br>PE-hoezen<br>zand | 0,014 kg<br>0,121 kg<br>0,014 kg<br>0,71 kg<br>75 liter<br>1,9 liter<br>175 kg<br>1,47 kg<br>0,04 kg<br>0,69 kg<br>0,204 kg<br>0,08 kg<br>46,35 kg  | als normaal             |

| <b>Verwerkingstechniek: BF-1</b> |                       |   |                         |
|----------------------------------|-----------------------|---|-------------------------|
| <b>ASPECT</b>                    | <b>(specificatie)</b> | <b>INGREEP</b>  | <b>Gev. analyse (a)</b> |
|                                  |                       |   | <b>1 (b)</b>            |
| 5.                               | Emissie lucht (mg)    | <u>elektrolyse/sulfideprec./UF:</u><br>ammoniak 8,5 E+04<br>azijnzuur 6,2 E+04<br><u>afvalwaterverwerking:</u><br>CxHy 2,0 E+4<br><u>smeltoven:</u><br>Ag 3,1 E+02<br>Cd 7,6 E-01<br>Cr 1,5 E+00<br>Ni 5,1 E-01<br>Stof 5,6 E+03<br>HCl 2,2 E+03<br>HBr 3,8 E+02<br>SOx 1,5 E+03<br>NH <sub>3</sub> 1,5 E+03<br><u>AVI:</u><br>Ag 6,9<br>Cd 2,5<br>Co 0,3<br>Cr 1,7<br>Cu 0,35<br>Hg 14,9<br>Mn 0,35<br>Ni 0,35<br>Pb 0,35<br>Zn 0,35<br>HCl 4000<br>SO <sub>2</sub> 420000<br>NOx 22830<br>NH <sub>3</sub> 1140<br>CO <sub>2</sub> 5,5 E+07<br>CO 7610<br>CxHy 1900<br>TCDD TEQ 1,9 E-05<br>fijn stof 1170 | als normaal             |
| 6.                               | Emissie water (mg)    | <u>spoelwater UF:</u><br>Ag 4,4 E+00<br>Cd 1,8 E-02<br>Cr 6,4 E-01<br>Cu 8,5 E-01<br>Hg 5,2 E-02<br>Ni 2,0 E-01<br>Pb 3,3 E-01<br>Zn 1,2 E+00<br>CZV 3,4 E+04<br>N-kjeldahl 1,3 E+03<br><u>afvalwaterverwerking:</u><br>Zwendend stof 9,10 E+03<br>Chloride 2,88 E+04<br>Zwavel 2,82 E+02<br>CZV 1,72 E+05<br>BZV 3,72 E+03<br>N-kjeldahl 3,51 E+05<br>Fosfaat 2,21 E+03  | als normaal             |



**Afvalstroom: fotografisch gevaarlijk afval (bleekfixeer)**

| <b>Verwerkingstechniek: BF-2</b> |                                    |  |   |  |              |   |
|----------------------------------|------------------------------------|--|---|--|--------------|---|
| <b>ASPECT</b>                    | <b>(specificatie)</b>              |  | <b>INGREEP</b>  | <b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>   |              |   |
|                                  |                                    |  |   | <b>1 (b)</b>   | <b>2 (c)</b> | <b>3 (d)</b>  |
| 1.                               | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar) | elektrolyse/sulfideprec./UF<br>zilversmelten<br>afvalwaterverwerking<br>verglazing<br>stort reststoffen  | 0,11<br>0,01<br>0,09<br>0,28<br>0   | 0,11<br>0,01<br>0,09<br>0,28<br>0,34   | als normaal  | als normaal   |
| 2.                               | Transport in tkm<br>(ton/vracht)   | bleekfixeer<br>sulfideslib (as)<br>(water)<br>ontzilverd bad<br>ruw zilver<br>residu<br>chemicaliën verwerking<br>chemicaliën smeltoven<br>kalk Edelchemie (as)<br>(water)<br>chemicaliën Edelchemie<br>obsidiaan<br>sulfaatslib                         | 150 (12)<br>4,4 (25)<br>2,2 (-)<br>149 (20)<br>0,51 (10)<br>59,2 (25)<br>0,06 (10)<br>0,14 (10)<br>0,2 (10)<br>2,4 (-)<br>1,79 (10)<br>3,2 (20)<br>9,9 (20) | 150<br>4,4<br>2,2<br>149<br>0,51<br>59,2<br>0,06<br>0,14<br>0,2<br>2,4<br>1,79<br>1,7<br>1,3 | als normaal  | als normaal   |
| 3.                               | Energiegebruik                     | elektrolyse<br>ultramembraanfiltratie<br>verwarming spoelwater<br>elek. afvalwaterverw.<br>stoom afvalwaterverw.<br>zilversmeltoven<br>elektr. verglazing residu<br>brandstof verglazing residu<br>verkleining obsidiaan<br>stort reststoffen (diesel)   | 46,3 kWh<br>26,9 kWh<br>13,1 MJ<br>5,0 kWh<br>354 MJ<br>104 kWh<br>53 MJ<br>0 MJ<br>1,9 kWh<br>0 MJ   | 46,3<br>26,9<br>13,1<br>5,0<br>354<br>104<br>53<br>0<br>-<br>4,6 MJ                          | als normaal  | 46,3<br>26,9<br>13,1<br>5,0<br>354<br>104<br>53<br>2290<br>1,9<br>0 |
| 4.                               | Bedrijfsmiddelen                   | <u>SP/UF:</u><br>natronloog (33%)<br>natriumsulfide (40%)<br>zepen<br>citroenzuur<br>water<br><u>smeltoven:</u><br>natronloog (33%)<br><u>verglazing residu</u><br>water<br>kalk<br>salpeterzuur<br>ammoniak<br>natriumsulfide<br>chilisalpeter<br>borax | 0,014 kg<br>0,121 kg<br>0,014 kg<br>0,71 kg<br>75 liter<br>1,9 liter<br>1420 kg<br>4 kg<br>5,4 kg<br>5,5 kg<br>1,9 kg<br>4,3 kg<br>2,5 kg                   | als normaal  | als normaal  | als normaal   |

| Verwerkingstechniek: BF-2 |                    |                                    |                           |          |             |
|---------------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|----------|-------------|
| ASPECT                    | (specificatie)     | INGREEP                            | Gevoeligheidsanalyses (a) |          |             |
|                           |                    |                                    | 1 (b)                     | 2 (c)    | 3 (d)       |
| 5.                        | Emissie lucht (mg) | <u>elektrolyse/sulfideprec/UF:</u> |                           |          |             |
|                           |                    | ammoniak                           | 8,5 E+04                  | 8,5 E+04 |             |
|                           |                    | azijnzuur                          | 6,2 E+04                  | 6,2 E+04 | als normaal |
|                           |                    | <u>afvalwaterverwerking:</u>       |                           |          |             |
|                           |                    | CxHy                               | 2,0 E+4                   | 2,0 E+4  |             |
|                           |                    | <u>smeltoven:</u>                  |                           |          |             |
|                           |                    | Ag                                 | 3,1 E+02                  | 3,1 E+02 |             |
|                           |                    | Cd                                 | 7,6 E-01                  | 7,6 E-01 |             |
|                           |                    | Cr                                 | 1,5 E+00                  | 1,5 E+00 |             |
|                           |                    | Ni                                 | 5,1 E-01                  | 5,1 E-01 |             |
|                           |                    | Stof                               | 5,6 E+03                  | 5,6 E+03 |             |
|                           |                    | HCl                                | 2,2 E+03                  | 2,2 E+03 |             |
|                           |                    | HBr                                | 3,8 E+02                  | 3,8 E+02 |             |
|                           |                    | SOx                                | 1,5 E+03                  | 1,5 E+03 |             |
|                           |                    | NH <sub>3</sub>                    | 1,5 E+03                  | 1,5 E+03 |             |
|                           |                    | <u>verglazing residu:</u>          |                           |          |             |
|                           |                    | Ag                                 | 2,7                       | 2,7      |             |
|                           |                    | As                                 | 2,5 E+02                  | 2,5 E+02 |             |
|                           |                    | Cd                                 | 3,0 E+02                  | 3,0 E+02 |             |
|                           |                    | Co                                 | 1,0 E+02                  | 1,0 E+02 |             |
|                           |                    | Cr                                 | 3,5 E+03                  | 3,5 E+03 |             |
|                           |                    | Cu                                 | 1,3 E+03                  | 1,3 E+03 |             |
|                           |                    | Hg                                 | 5                         | 5        |             |
|                           |                    | Mn                                 | 6,0 E+02                  | 6,0 E+02 |             |
|                           |                    | Ni                                 | 1,1 E+03                  | 1,1 E+03 |             |
|                           |                    | Pb                                 | 1,9 E+04                  | 1,9 E+04 |             |
|                           |                    | Sb                                 | 5                         | 5        |             |
|                           |                    | Se                                 | 5,0 E+01                  | 5,0 E+01 |             |
|                           |                    | Sn                                 | 3,5 E+02                  | 3,5 E+02 |             |
|                           |                    | V                                  | 5,0 E+01                  | 5,0 E+01 |             |
|                           |                    | Zn                                 | 2,9 E+03                  | 2,9 E+03 |             |
|                           |                    | stof                               | 5,5 E+05                  | 5,5 E+05 |             |
|                           |                    | HCl                                | 4,2 E+03                  | 4,2 E+03 |             |
|                           |                    | HF                                 | 3,5 E+02                  | 3,5 E+02 |             |
|                           |                    | SOx                                | 3,0 E+04                  | 3,0 E+04 |             |
|                           |                    | NOx                                | 4,1 E+05                  | 4,1 E+05 |             |
|                           |                    | CO <sub>2</sub>                    | 2,0 E+08                  | 2,0 E+08 |             |
|                           |                    | CxHy                               | 2,5 E+04                  | 2,5 E+04 |             |
|                           |                    | <u>cementoven</u>                  |                           |          |             |
|                           |                    | Ag                                 | 0,10                      | 0        |             |
| Cd                        | 0,83               | 0                                  |                           |          |             |
| Cr                        | 1,1                | 0                                  |                           |          |             |
| Cu                        | 3,8                | 0                                  |                           |          |             |
| Hg                        | 4,2                | 0                                  |                           |          |             |
| Mo                        | 0,083              | 0                                  |                           |          |             |
| Ni                        | 0,93               | 0                                  |                           |          |             |
| Pb                        | 27                 | 0                                  |                           |          |             |
| Sb                        | 0,45               | 0                                  |                           |          |             |
| Sn                        | 0,67               | 0                                  |                           |          |             |
| Zn                        | 8,8                | 0                                  |                           |          |             |

| Verwerkingstechniek: BF-2        |                           |                          |                           |             |             |             |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| ASPECT                           | (specificatie)            | INGREEP                  | Gevoeligheidsanalyses (a) |             |             |             |
|                                  |                           |                          | 1 (b)                     | 2 (c)       | 3 (d)       |             |
| 6.                               | Emissie water (mg)        | <u>spoelwater UF:</u>    |                           |             |             |             |
|                                  |                           | Ag                       | 4,4 E+00                  |             |             | 4,4 E+00    |
|                                  |                           | Cd                       | 1,8 E-02                  | als normaal | als normaal | 1,8 E-02    |
|                                  |                           | Cr                       | 6,4 E-01                  |             |             | 6,4 E-01    |
|                                  |                           | Cu                       | 8,5 E-01                  |             |             | 8,5 E-01    |
|                                  |                           | Hg                       | 5,2 E-02                  |             |             | 5,2 E-02    |
|                                  |                           | Ni                       | 2,0 E-01                  |             |             | 2,0 E-01    |
|                                  |                           | Pb                       | 3,3 E-01                  |             |             | 3,3 E-01    |
|                                  |                           | Zn                       | 1,2 E+00                  |             |             | 1,2 E+00    |
|                                  |                           | CZV                      | 3,4 E+04                  |             |             | 3,4 E+04    |
|                                  |                           | N-kjeldahl               | 1,3 E+03                  |             |             | 1,3 E+03    |
|                                  |                           | <u>afvalwaterverw.:</u>  |                           |             |             |             |
|                                  |                           | Zwevend stof             | 9,10 E+03                 |             |             | 9,10 E+03   |
|                                  |                           | Chloride                 | 2,88 E+04                 |             |             | 2,88 E+04   |
|                                  |                           | Zwavel                   | 2,82 E+02                 |             |             | 2,82 E+02   |
|                                  |                           | CZV                      | 1,72 E+05                 |             |             | 1,72 E+05   |
|                                  |                           | BZV                      | 3,72 E+03                 |             |             | 3,72 E+03   |
|                                  |                           | N-kjeldahl               | 3,51 E+05                 |             |             | 3,51 E+05   |
|                                  |                           | Fosfaat                  | 2,21 E+03                 |             |             | 2,21 E+03   |
|                                  |                           | <u>verglazing residu</u> |                           |             |             |             |
|                                  |                           | Ag                       | 24                        |             |             | 24          |
|                                  |                           | Cd                       | 34                        |             |             | 34          |
|                                  |                           | Cr                       | 465                       |             |             | 332         |
|                                  |                           | Cu                       | 537                       |             |             | 7,5         |
|                                  |                           | Hg                       | 3,08                      |             |             | 3,08        |
|                                  |                           | Ni                       | 1960                      |             |             | 78,4        |
|                                  |                           | Pb                       | 4830                      |             |             | 18,3        |
| Zn                               | 1670                      |                          |                           | 52,2        |             |             |
| SO <sub>4</sub> /SO <sub>2</sub> | 5410                      |                          |                           | 5410        |             |             |
| CZV                              | 969000                    |                          |                           | 969000      |             |             |
| 7.                               | Emissie bodem (mg)        | <u>cement:</u>           |                           |             |             |             |
|                                  |                           | Ag                       | 0                         |             | 0,1         |             |
|                                  |                           | Cd                       | 0                         | als normaal | 1,1         | als normaal |
|                                  |                           | Cr                       | 0                         |             | 1,1         |             |
|                                  |                           | Cu                       | 0                         |             | 3,8         |             |
|                                  |                           | Hg                       | 0                         |             | 0,72        |             |
|                                  |                           | Mo                       | 0                         |             | 0,083       |             |
|                                  |                           | Ni                       | 0                         |             | 0,93        |             |
|                                  |                           | Pb                       | 0                         |             | 27          |             |
|                                  |                           | Sb                       | 0                         |             | 0,45        |             |
|                                  |                           | Sn                       | 0                         |             | 11          |             |
|                                  |                           | Zn                       | 0                         |             | 8,8         |             |
|                                  |                           | <u>obsidiaan:</u>        |                           |             |             |             |
|                                  |                           | Ni                       | 0                         |             | 393         |             |
|                                  |                           | Pb                       | 0                         |             | 25,2        |             |
|                                  |                           | Zn                       | 0                         |             | 6900        |             |
| Sulfaat                          | 0                         |                          | 18,9                      |             |             |             |
| 8.                               | Finaal afval              | obsidiaan                | 0 kg                      | 42          | als normaal | als normaal |
|                                  |                           | sulfaatslib              | 0 kg                      | 33          |             |             |
| 9.                               | Vermeden transport in tkm | vermeden grind (as)      | 1,47 (20)                 | 0           | als normaal | als normaal |
|                                  |                           | (water)                  | 2,1 (-)                   | 0           |             |             |
| 10.                              | Vermeden energie          |                          | geen                      | als normaal | als normaal | als normaal |
| 11.                              | Vermeden emissie lucht    |                          | geen                      | als normaal | als normaal | als normaal |
| 12.                              | Vermeden emissie water    |                          | geen                      | als normaal | als normaal | als normaal |
| 13.                              | Vermeden emissie bodem    |                          | geen                      | als normaal | als normaal | als normaal |

| Verwerkingstechniek: BF-2 |                              |                         |          |                           |             |       |
|---------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|-------------|-------|
| ASPECT                    |                              | (specificatie)          | INGREEP  | Gevoeligheidsanalyses (a) |             |       |
|                           |                              |                         |          | 1 (b)                     | 2 (c)       | 3 (d) |
| 14.                       | Vermeden<br>bedrijfsmiddelen | zilver                  | 3000 g   | 3000                      | als normaal | 3000  |
|                           |                              | loodsulfaat             | 1800 g   | 1800                      |             | 6,1   |
|                           |                              | koperhydroxide          | 540 g    | 540                       |             | 7,5   |
|                           |                              | nikkelhydroxide         | 160 g    | 160                       |             | 6,4   |
|                           |                              | grind                   | 42000g   | 0                         |             | 42000 |
|                           |                              | gips                    | 19000 g  | 0                         |             | 19000 |
| 15.                       | Overig                       | zuiveren spoelwater (e) | 35 liter |                           |             |       |

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"
- (e) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"



**Afvalstroom: fotografisch gevaarlijk afval (bleekfixeer)**

| <b>Verwerkingstechniek: BF-3</b> |                                    |   |   |             |
|----------------------------------|------------------------------------|---|---|-------------|
| <b>ASPECT</b>                    | <b>(specificatie)</b>              | <b>INGREEP</b>  | <b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>  |             |
|                                  |                                    |   | <b>1 (b)</b>  |             |
| 1.                               | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar) | elektrolyse<br>zilversmelten<br>afvalwaterverwerking<br>AVI<br>AVI-vliegas<br>AVI-rookgasreinigingsresidu   | 0,16<br>0,004<br>0,09<br>0,007<br>0,067<br>0,862  | als normaal |
| 2.                               | Transport in tkm<br>(ton/vracht)   | bleekfixeer<br>ontzilverd bad<br>residu<br>chemicaliën verwerking<br>chemicaliën smeltoven<br>AVI-vliegas<br>AVI-rgr<br>NaOH (20%)<br>NH <sub>4</sub> OH (25%)<br>Ca(OH) <sub>2</sub> voor AVI (as)<br>(water)<br>Afdekszand (stort rgr) (as)<br>(water)<br>Afvoer AVI-slak               | 150 (12)<br>150 (20)<br>24 (25)<br>0,61 (10)<br>0,06 (10)<br>0,90 (10)<br>3,08 (10)<br>13,09 (10)<br>0,003 (10)<br>0,07 (10)<br>0,88 (-)<br>1,62 (20)<br>2,31 (-)<br>6,5 (10) | als normaal |
| 3.                               | Energiegebruik                     | elektrolyse<br>smeltoven elek.<br>elektr. afvalwaterverw.<br>stoom afvalwaterverw.<br>voeding AVI<br>immobilisatie AVI-vliegas<br>stort AVI-vliegas (diesel)<br>stort AVI-rgr (diesel)  | 42,8 kWh<br>13,9 kWh<br>5,0 kWh<br>356 MJ<br>8 kWh<br>0,04 kWh<br>0,60 MJ<br>6,47 MJ  | als normaal |
| 4.                               | Bedrijfsmiddelen                   | <u>elektrolyse:</u><br>natronloog (33%)<br>natriumbisulfiet (40%)<br><u>smeltoven:</u><br>natronloog (33%)<br><u>AVI:</u><br>natronloog (20%)<br>kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )<br>NH <sub>4</sub> OH (25%)<br><u>verwerking AVI-reststoffen:</u><br>cement<br>big bags<br>PE-hoezen<br>zand | 2,6 liter<br>5,5 liter<br><br>0,74 liter<br><br>174,5 kg<br>1,46 kg<br>0,04 kg<br><br>0,69 kg<br>0,203 kg<br>0,08 kg<br>46,22 kg  | als normaal |

| Verwerkingstechniek: BF-3 |                                |   |                           |
|---------------------------|--------------------------------|---|---------------------------|
| ASPECT                    | (specificatie)                 | INGREEP   | Gevoeligheidsanalyses (a) |
|                           |                                |   | 1 (b)                     |
| 5.                        | Emissie lucht (mg)             | <u>elektrolyse:</u><br>ammoniak 8,5 E+04<br>azijnzuur 6,2 E+04<br><u>afvalwaterverwerking:</u><br>CxHy 2,0 E+4<br><u>smeltoven:</u><br>Ag 1,2 E+02<br>Cd 2,9 E-01<br>Cr 5,8 E-01<br>Ni 1,9 E-01<br>Stof 2,1 E+03<br>HCl 8,4 E+02<br>HBr 1,5 E+02<br>SOx 5,6 E+02<br>NH <sub>3</sub> 5,8 E+02<br><u>AVI:</u><br>Ag 70<br>Cd 25<br>Co 3,5<br>Cr 3,5<br>Cu 3,5<br>Hg 149,6<br>Mn 3,5<br>Ni 3,5<br>Pb 3,5<br>Zn 3,5<br>HCl 3988<br>SO <sub>2</sub> 418740<br>NOx 22970<br>NH <sub>3</sub> 1150<br>CO <sub>2</sub> 5,5 E+07<br>CO 7660<br>CxHy 1910<br>TCDD TEQ 1,9 E-05<br>fijn stof 1420 | als normaal               |
| 6.                        | Emissie water (mg)             | <u>afvalwaterverwerking:</u><br>Zwevend stof 9,10 E+03<br>Chloride 2,88 E+04<br>Zwavel 2,82 E+02<br>CZV 1,72 E+05<br>BZV 3,72 E+03<br>N-kjeldahl 3,51 E+05<br>Fosfaat 2,21 E+03   | als normaal               |
| 7.                        | Emissie bodem (mg)             | <u>AVI-reststoffen</u><br>Ag 56,30<br>Cd 3,49<br>Co 3,50<br>Cr 2,81<br>Cu 2,81<br>Hg 0,25<br>Mn 2,81<br>Ni 2,81<br>Pb 2,81<br>Zn 2,81<br>Cl 6,85E+04<br>SO <sub>4</sub> 4,65E+06  | als normaal               |
| 8.                        | Finaal afval / te storten rest | AVI-vliegias 10 kg<br>AVI-rookgasreinigingsresidu 61,6 kg   | als normaal               |

| <b>Verwerkingstechniek: BF-3</b> |  |                             |                       |                                  |
|----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>ASPECT</b>                    |  | <b>(specificatie)</b>       | <b>INGREEP</b>        | <b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b> |
|                                  |  |                             |                       | <b>1 (b)</b>                     |
| 9.                               | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | zand (land)<br>(water)      | 3,03 (20)<br>4,34 (-) | als normaal                      |
| 10.                              | Vermeden energie                       | elektriciteitsproductie AVI | 0 kWh                 | 46,2                             |
| 11.                              | Vermeden emissie lucht                 |                             | geen                  | als normaal                      |
| 12.                              | Vermeden emissie water                 |                             | geen                  | als normaal                      |
| 13.                              | Vermeden emissie bodem                 |                             | geen                  | als normaal                      |
| 14.                              | Vermeden bedrijfsmiddelen              | zilver<br>zand              | 2,9 kg<br>86,7 kg     | als normaal                      |
| 15.                              | Overig                                 |                             | geen                  | 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 "elektriciteitsproductie AVI"

**Afvalstroom: fotografisch gevaarlijk afval (bleekfixeer)**

| <b>Verwerkingstechniek: BF-4</b> |                                     |   |  |  |              |   |
|----------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|--------------|---|
| <b>ASPECT</b>                    |                                     | <b>(specificatie)</b>   | <b>INGREEP</b>   | <b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>   |              |   |
|                                  |                                     |   |  | <b>1 (b)</b>   | <b>2 (c)</b> | <b>3 (d)</b>  |
| 1.                               | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar) | elektrolyse<br>zilversmelten<br>afvalwaterverw.<br>verglazing residu<br>stort reststoffen   | 0,16<br>0,004<br>0,09<br>0,28<br>0   | 0,16<br>0,004<br>0,09<br>0,28<br>0,34  | als normaal  | als normaal   |
| 2.                               | Transport in tkm<br>(ton/vracht)    | Aanvoer bleekfixeer<br>Afvoer sulfideslib (as)<br>(water)<br>Afvoer ontzilverd bad<br>Afvoer residu VVM<br>Chemicaliën verwerking<br>Chemicaliën smeltoven<br>Afvoer obsidiaan<br>Afvoer ontsulfateringsslib<br>Kalk Edelchemie (as)<br>(water)<br>Chemicaliën Edelchemie | 150 (12)<br>4,4 (25)<br>2,2 (-)<br>149 (20)<br>59,2 (25)<br>0,61 (10)<br>0,06 (10)<br>3,2 (20)<br>9,9 (20)<br>0,2 (10)<br>2,4 (-)<br>1,79 (10) | 150<br>4,4<br>2,2<br>149<br>59,2<br>0,61<br>0,06<br>1,7<br>1,3<br>0,2<br>2,4<br>1,79 | als normaal  | als normaal   |
| 3.                               | Energiegebruik                      | elektrolyse<br>smeltoven elek.<br>stoom afvalwaterverw.<br>elektr. afvalwaterverw.<br>elektr. verglazing residu<br>brandstof verglazing residu<br>verkleining obsidiaan<br>stort reststoffen (diesel)   | 42,8 kWh<br>5,0 kWh<br>356 MJ<br>13,9 kWh<br>53 MJ<br>0 MJ<br>1,9 kWh<br>0 MJ  | 42,8<br>5,0<br>356<br>13,9<br>53<br>0<br>1,9<br>4,5                                  | als normaal  | 42,8<br>5,0<br>356<br>13,9<br>53<br>2.290<br>1,9<br>0 |
| 4.                               | Bedrijfsmiddelen                    | <u>elektrolyse:</u><br>natronloog (33%)<br>natriumbisulfiet (40%)<br><u>smeltoven:</u><br>natronloog (33%)<br><u>verglazing residu</u><br>water<br>kalk<br>salpeterzuur<br>ammoniak<br>natriumsulfide<br>chilisalpeter<br>borax   | 2,6 liter<br>5,5 liter<br>0,74 liter<br>1420 kg<br>4 kg<br>5,4 kg<br>5,5 kg<br>1,9 kg<br>4,3 kg<br>2,5 kg                                      | als normaal  | als normaal  | als normaal   |

| Verwerkingstechniek: BF-4 |                    |                              |                           |          |             |          |
|---------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|----------|-------------|----------|
| ASPECT                    | (specificatie)     | INGREEP                      | Gevoeligheidsanalyses (a) |          |             |          |
|                           |                    |                              | 1 (b)                     | 2 (c)    | 3 (d)       |          |
| 5.                        | Emissie lucht (mg) | <u>elektrolyse:</u>          |                           |          | als normaal |          |
|                           |                    | ammoniak                     | 8,5 E+04                  | 8,5 E+04 |             | 8,5 E+04 |
|                           |                    | azijnzuur                    | 6,2 E+04                  | 6,2 E+04 |             | 6,2 E+04 |
|                           |                    | <u>afvalwaterverwerking:</u> |                           |          |             |          |
|                           |                    | CxHy                         | 2,0 E+4                   | 2,0 E+4  |             | 2,0 E+4  |
|                           |                    | <u>smeltoven:</u>            |                           |          |             |          |
|                           |                    | Ag                           | 1,2 E+02                  | 1,2 E+02 |             | 1,2 E+02 |
|                           |                    | Cd                           | 2,9 E-01                  | 2,9 E-01 |             | 2,9 E-01 |
|                           |                    | Cr                           | 5,8 E-01                  | 5,8 E-01 |             | 5,8 E-01 |
|                           |                    | Ni                           | 1,9 E-01                  | 1,9 E-01 |             | 1,9 E-01 |
|                           |                    | Stof                         | 2,1 E+03                  | 2,1 E+03 |             | 2,1 E+03 |
|                           |                    | HCl                          | 8,4 E+02                  | 8,4 E+02 |             | 8,4 E+02 |
|                           |                    | HBr                          | 1,5 E+02                  | 1,5 E+02 |             | 1,5 E+02 |
|                           |                    | SOx                          | 5,6 E+02                  | 5,6 E+02 |             | 5,6 E+02 |
|                           |                    | NH <sub>3</sub>              | 5,8 E+02                  | 5,8 E+02 |             | 5,8 E+02 |
|                           |                    | <u>verglazing residu:</u>    |                           |          |             |          |
|                           |                    | Ag                           | 27                        | 27       |             | 27       |
|                           |                    | As                           | 250                       | 250      |             | 0        |
|                           |                    | Cd                           | 300                       | 300      |             | 300      |
|                           |                    | Co                           | 100                       | 100      |             | 100      |
|                           |                    | Cr                           | 3500                      | 3500     |             | 2500     |
|                           |                    | Cu                           | 1300                      | 1300     |             | 18       |
|                           |                    | Hg                           | 5                         | 5        |             | 5        |
|                           |                    | Mn                           | 600                       | 600      |             | 600      |
|                           |                    | Ni                           | 1050                      | 1050     |             | 42       |
|                           |                    | Pb                           | 19000                     | 19000    |             | 72       |
|                           |                    | Sb                           | 5                         | 5        |             | 0        |
|                           |                    | Se                           | 50                        | 50       |             | 0        |
|                           |                    | Sn                           | 350                       | 350      |             | 0        |
|                           |                    | V                            | 50                        | 50       |             | 0        |
|                           |                    | Zn                           | 2850                      | 2850     |             | 89       |
|                           |                    | stof                         | 5,5 E+05                  | 5,5 E+05 |             | 0        |
|                           |                    | HCl                          | 4150                      | 4150     |             | 4,2 E+03 |
|                           |                    | HF                           | 350                       | 350      |             | 3,5 E+02 |
|                           |                    | SOx                          | 3,0 E+04                  | 3,0 E+04 |             | 0        |
|                           |                    | NOx                          | 4,1 E+05                  | 4,1 E+05 |             | 0        |
| CO <sub>2</sub>           | 2,0 E+08           | 2,0 E+08                     | 5,5 E+07                  |          |             |          |
| CxHy                      | 2,5 E+04           | 2,5 E+04                     | 0                         |          |             |          |
| <u>Cementoven</u>         |                    |                              |                           |          |             |          |
| Ag                        | 1,0                | 0                            | 0,10                      |          |             |          |
| Cd                        | 0,83               | 0                            | 0,83                      |          |             |          |
| Cr                        | 1,1                | 0                            | 0,79                      |          |             |          |
| Cu                        | 3,8                | 0                            | 0,05                      |          |             |          |
| Hg                        | 4,2                | 0                            | 4,2                       |          |             |          |
| Mo                        | 0,083              | 0                            | 0,083                     |          |             |          |
| Ni                        | 0,93               | 0                            | 0,038                     |          |             |          |
| Pb                        | 27                 | 0                            | 0,10                      |          |             |          |
| Sb                        | 0,45               | 0                            | 0,45                      |          |             |          |
| Sn                        | 0,67               | 0                            | 0,67                      |          |             |          |
| Zn                        | 8,8                | 0                            | 0,28                      |          |             |          |

| Verwerkingstechniek: BF-4 |  |  |   |                                      |   |  |
|---------------------------|--|--|---|--------------------------------------|---|--|
| ASPECT                    | (specificatie)                         | INGREEP  | Gevoeligheidsanalyses (a)   |                                      |   |  |
|                           |  |  | 1 (b)   | 2 (c)                                | 3 (d)   |  |
| 6.                        | Emissie water (mg)                     | <u>afvalwaterverw.:</u><br>Zwevend stof<br>Chloride<br>Zwavel<br>CZV<br>BZV<br>N-kjeldahl<br>Fosfaat<br><u>verglazing residu</u><br>Ag<br>Cd<br>Cr<br>Cu<br>Hg<br>Ni<br>Pb<br>Zn<br>SO <sub>4</sub><br>CZV | 9,10 E+03<br>2,88 E+04<br>2,82 E+02<br>1,72 E+05<br>3,72 E+03<br>3,51 E+05<br>2,21 E+03<br><br>235<br>34<br>465<br>537<br>3,08<br>1.960<br>4.830<br>1.670<br>5.410<br>969.000 | als normaal                          | als normaal   | 9,10 E+03<br>2,88 E+04<br>2,82 E+02<br>1,72 E+05<br>3,72 E+03<br>3,51 E+05<br>2,21 E+03<br><br>235<br>34<br>332<br>7,5<br>3,08<br>78,4<br>18,3<br>52,2<br>5410<br>969000 |
| 7.                        | Emissie bodem (mg)                     | <u>cement:</u><br>Ag<br>Cd<br>Cr<br>Cu<br>Hg<br>Mo<br>Ni<br>Pb<br>Sb<br>Sn<br>Zn<br><u>obsidiaan:</u><br>Ni<br>Pb<br>Zn<br>Sulfaat   | 0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0<br>0  | als normaal                          | 1,0<br>1,1<br>1,1<br>3,8<br>0,72<br>0,083<br>0,93<br>27<br>0,45<br>11<br>8,8<br><br>393<br>25,2<br>6900<br>18,9 | als normaal  |
| 8.                        | Finaal afval / te storten rest         | obsidiaan<br>sulfaatslib   | 0 kg<br>0 kg  | 42<br>33                             | als normaal   | als normaal  |
| 9.                        | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | grind (land)<br>(water)  | 1,47 (20)<br>2,1 (-)  | 0<br>0                               | als normaal   | als normaal  |
| 10.                       | Vermeden energie                       |  | geen  | als normaal                          | als normaal   | als normaal  |
| 11.                       | Vermeden emissie lucht                 |  | geen  | als normaal                          | als normaal   | als normaal  |
| 12.                       | Vermeden emissie water                 |  | geen  | als normaal                          | als normaal   | als normaal  |
| 13.                       | Vermeden emissie bodem                 |  | geen  | als normaal                          | als normaal   | als normaal  |
| 14.                       | Vermeden bedrijfsmiddelen              | zilver<br>loodsulfaat<br>koperhydroxide<br>nikkelhydroxide<br>grind<br>gips  | 3000 g<br>1800 g<br>540 g<br>160 g<br>42000g<br>19000 g   | 3000<br>1800<br>540<br>160<br>0<br>0 | als normaal   | 3000<br>6,1<br>7,5<br>6,4<br>42000<br>19000  |
| 15.                       | Overig                                 |  | geen  | als normaal                          | als normaal   | als normaal  |

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

- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"

**Afvalstroom: fotografisch gevaarlijk afval (bleekfixeer)**

| Verwerkingstechniek: BF-5 |                                   |   |   |  |  |   |                |
|---------------------------|-----------------------------------|---|---|--|--|---|----------------|
| ASPECT (specificatie)     |                                   |   | INGREEP   | Gevoeligheidsanalyses (a)  |  |   |                |
|                           |                                   |   |   | 1 (b)  | 2 (c)  | 3 (d)                                   | 4 (e)          |
| 1.                        | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jr) | installatie   | 1,75  | 2,8  | als<br>normaal   | als<br>normaal                          | als<br>normaal |
| 2.                        | Transport in tkm<br>(ton/vracht)  | bleekfixeer<br>obsidiaan<br>sulfaatslib<br>kalk (as)<br>(water)<br>chemicaliën  | 150 (12)<br>3,2 (20)<br>9,9 (20)<br>0,2 (10)<br>2,4 (-)<br>1,94 (10)  | 150<br>5,0<br>16<br>0,32<br>3,9<br>3,09  | als<br>normaal   | 150<br>1,7<br>1,3<br>0,2<br>2,4<br>1,94 | als<br>normaal |
| 3.                        | Energiegebruik                    | installatie, elektr.<br>installatie brandstof<br>stort obsidiaan (diesel)<br>stort sulfaatslib (diesel)<br>verkleining obsidiaan  | 330 MJ<br>0 MJ<br>0 MJ<br>0 MJ<br>1,9 kWh   | 330<br>0<br>0<br>0<br>3,0  | 330<br>2410<br>0<br>0<br>1,9   | 330<br>0<br>2<br>2,5<br>0               | als<br>normaal |
| 4.                        | Bedrijfsmiddelen                  | water<br>kalk<br>salpeterzuur<br>ammoniak<br>natriumsulfide<br>chilisalpeter<br>borax   | 1420 kg<br>4 kg<br>5,4 kg<br>5,5 kg<br>3,8 kg<br>4,3 kg<br>2,5 kg   | 2270<br>6,4<br>8,7<br>8,8<br>6,1<br>6,8<br>4,0   | als<br>normaal   | als<br>normaal                          | als<br>normaal |
| 5.                        | Emissie lucht (mg)                | <u>installatie</u><br>Ag<br>As<br>Cd<br>Co<br>Cr<br>Cu<br>Hg<br>Mn<br>Ni<br>Pb<br>Sb<br>Se<br>Sn<br>V<br>Zn<br>stof<br>HCl<br>HF<br>SOx<br>H <sub>2</sub> S<br>NOx<br>CO <sub>2</sub><br>CO<br>C <sub>x</sub> H <sub>y</sub><br><u>cementoven</u><br>Ag<br>Cd<br>Cr<br>Cu<br>Hg<br>Mo<br>Ni<br>Pb<br>Sb<br>Sn<br>Zn | 1,11 E+03<br>3,44 E+02<br>3,94 E+02<br>1,94 E+02<br>4,25 E+03<br>2,05 E+03<br>9,92 E+01<br>3,60 E+03<br>1,80 E+03<br>2,67 E+04<br>1,41 E+03<br>1,44 E+02<br>5,38 E+02<br>1,44 E+02<br>4,73 E+03<br>1,72 E+06<br>5,29 E+04<br>1,16 E+04<br>1,18 E+05<br>5,63 E+03<br>7,41 E+05<br>8,14 E+08<br>6,62 E+05<br>1,57 E+05<br>20<br>0,83<br>1,1<br>3,8<br>4,2<br>0,083<br>0,93<br>27<br>0,45<br>0,67<br>8,8 | 1,11 E+03<br>5,51 E+02<br>6,31 E+02<br>3,11 E+02<br>6,80 E+03<br>3,28 E+03<br>1,59 E+02<br>5,76 E+03<br>2,88 E+03<br>4,27 E+04<br>2,25 E+03<br>2,31 E+02<br>8,60 E+02<br>2,31 E+02<br>7,56 E+03<br>2,75 E+06<br>8,47 E+04<br>1,85 E+04<br>1,89 E+05<br>9,00 E+03<br>1,19 E+06<br>1,30 E+09<br>1,06 E+06<br>2,51 E+05<br>20<br>1,3<br>1,7<br>6,1<br>6,7<br>0,13<br>1,5<br>43<br>0,72<br>1,1<br>14 | 1,11 E+03<br>0<br>3,94 E+02<br>1,94 E+02<br>3,04 E+03<br>28,5<br>9,92 E+01<br>3,60 E+03<br>72<br>101,1<br>0<br>0<br>0<br>147,8<br>0<br>5,29 E+04<br>1,16 E+04<br>0<br>5,63 E+03<br>0<br>5,5 E+07<br>0<br>0<br>0,28 | als<br>normaal                          | als<br>normaal |



| Verwerkingstechniek: BF-5 |  |                   |           |                           |                |                |                |  |
|---------------------------|--|-------------------|-----------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|--|
| ASPECT                    |  | (specificatie)    | INGREEP   | Gevoeligheidsanalyses (a) |                |                |                |  |
|                           |  |                   |           | 1 (b)                     | 2 (c)          | 3 (d)          | 4 (e)          |  |
| 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           |                |                |  |
|                           |  | SO <sub>4</sub>   | 5.410     | 8.650                     | 5.410          |                |                |  |
|                           |  | CZV               | 969.000   | 1.550.000                 | 969.000        |                |                |  |
| 7.                        | Emissie bodem<br>(alles in mg)         | <u>cement:</u>    |           |                           |                |                |                |  |
|                           |  | Ag                | 0         | als                       | als            | als            | 20             |  |
|                           |  | Cd                | 0         | normaal                   | normaal        | normaal        | 1,1            |  |
|                           |  | Cr                | 0         |                           |                |                | 1,1            |  |
|                           |  | Cu                | 0         |                           |                |                | 3,8            |  |
|                           |  | Hg                | 0         |                           |                |                | 0,72           |  |
|                           |  | Mo                | 0         |                           |                |                | 0,083          |  |
|                           |  | Ni                | 0         |                           |                |                | 0,93           |  |
|                           |  | Pb                | 0         |                           |                |                | 27             |  |
|                           |  | Sb                | 0         |                           |                |                | 0,45           |  |
|                           |  | Sn                | 0         |                           |                |                | 11             |  |
|                           |  | Zn                | 0         |                           |                |                | 8,8            |  |
|                           |  | <u>obsidiaan:</u> |           |                           |                |                |                |  |
|                           |  | Ni                | 0         |                           |                |                | 393            |  |
|                           |  | Pb                | 0         |                           |                |                | 25,2           |  |
|                           |  | Zn                | 0         |                           |                |                | 6900           |  |
| sulfaat                   | 0                                      |                   |           |                           | 18,9           |                |                |  |
| 8.                        | Finaal afval / te storten rest         | obsidiaan         | 0 kg      | als                       | als            | 42             | als            |  |
|                           |  | sulfaatslib       | 0 kg      | normaal                   | normaal        | 33             | normaal        |  |
| 9.                        | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | grind (as)        | 1,47 (20) | 2,3                       | als            | 0              | als            |  |
|                           |  | (water)           | 2,1 (-)   | 3,4                       | normaal        | 0              | normaal        |  |
| 10.                       | Vermeden energie                       |                   | geen      | als<br>normaal            | als<br>normaal | als<br>normaal | als<br>normaal |  |
| 11.                       | Vermeden emissie lucht                 |                   | geen      | als<br>normaal            | als<br>normaal | als<br>normaal | als<br>normaal |  |
| 12.                       | Vermeden emissie water                 |                   | geen      | als<br>normaal            | als<br>normaal | als<br>normaal | als<br>normaal |  |
| 13.                       | Vermeden emissie bodem                 |                   | geen      | als<br>normaal            | als<br>normaal | als<br>normaal | als<br>normaal |  |
| 14.                       | Vermeden bedrijfsmiddelen              | zilver            | 2900 g    | 2900                      | 2900           | 2900           | als            |  |
|                           |  | loodsulfaat       | 1800 g    | 2900                      | 6,8            | 1800           | normaal        |  |
|                           |  | koperhydroxide    | 540 g     | 870                       | 7,5            | 540            |                |  |
|                           |  | nikkelhydroxide   | 160 g     | 250                       | 6,4            | 160            |                |  |
|                           |  | grind             | 42000 g   | 67000                     | 42000          | 0              |                |  |
|                           |  | gips              | 19000 g   | 30000                     | 19000          | 0              |                |  |
| 15.                       | Overig                                 |                   | geen      | als<br>normaal            | als<br>normaal | als<br>normaal | als<br>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 "allocatie geheel op vloeibaar fga"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "exclusief effect ander afval"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"

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

| <b>Verwerkingstechniek: BF-6</b> |  |  |                                 |
|----------------------------------|--|--|---------------------------------|
| <b>ASPECT</b>                    | <b>(specificatie)</b>                  | <b>INGREEP (a)</b>                                 |                                 |
| 7.                               | Emissie bodem (mg)                     | verglazingsproduct:<br>Co<br>SO <sub>4</sub>       | 6,4<br>2525                     |
| 8.                               | Finaal afval / te storten rest         |  | geen                            |
| 9.                               | Vermeden transport in tkm (ton/vracht) | Vermeden grind (as)<br>(water)<br>Zwavelzuur (98%) | 9,7 (20)<br>14 (-)<br>7,32 (10) |
| 10.                              | Vermeden energie                       |  | geen                            |
| 11.                              | Vermeden emissie lucht                 |  | geen                            |
| 12.                              | Vermeden emissie water                 |  | geen                            |
| 13.                              | Vermeden emissie bodem                 |  | geen                            |
| 14.                              | Vermeden bedrijfsmiddelen              | zilver<br>grind<br>Zwavelzuur (98%)                | 2,9 kg<br>278 kg<br>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.

**Afvalstroom: fotografisch gevaarlijk afval (bleekfixeer)**

| <b>Verwerkingstechniek: BF-8</b> |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| <b>ASPECT</b>                    |   | <b>(specificatie)</b>   | <b>INGREEP (a)</b>   |
| 1.                               | Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)        | elektrolyse/aanmaak bleekfixeer<br>zilversmelten  | 0,11<br>0,004  |
| 2.                               | Transport in tkm<br>(ton/vracht)          | bleekfixeer<br>chemicaliën hergebruik<br>chemicaliën smeltoven<br>ruw zilver  | 150 (12)<br>2,7 (10)<br>0,05 (10)<br>0,44 (10)   |
| 3.                               | Energiegebruik                            | elektrolyse<br>smeltoven  | 46,3 kWh<br>12 kWh   |
| 4.                               | Bedrijfsmiddelen                          | <u>aanmaak bleekfixeer:</u><br>natriumbisulfiet (40%)<br><u>smeltoven:</u><br>natronloog (33%)  | 36 kg<br>0,63 liter  |
| 5.                               | Emissie lucht (mg)                        | <u>elektrolyse/sulfideprec./UF:</u><br>ammoniak<br>azijnzuur<br><u>smeltoven:</u><br>Ag<br>Cd<br>Cr<br>Ni<br>Stof<br>HCl<br>HBr<br>SOx<br>NH <sub>3</sub> | 8,5 E+04<br>6,2 E+04<br>1,0 E+02<br>2,5 E-01<br>5,0 E-01<br>1,7 E-01<br>1,8 E+03<br>7,1 E+02<br>1,2 E+02<br>4,8 E+02<br>5,0 E+02 |
| 6.                               | Emissie water (mg)                        |   | geen   |
| 7.                               | Emissie bodem (mg)                        |   | geen   |
| 8.                               | Finaal afval / te storten rest            |   | geen   |
| 9.                               | Vermeden transport in tkm<br>(ton/vracht) | natriumbisulfiet (40%)  | 18 (10)  |
| 10.                              | Vermeden energie                          |   | geen   |
| 11.                              | Vermeden emissie lucht                    |   | geen   |
| 12.                              | Vermeden emissie water                    |   | geen   |
| 13.                              | Vermeden emissie bodem                    |   | geen   |
| 14.                              | Vermeden bedrijfsmiddelen                 | natriumbisulfiet (40%)<br>zilver  | 240 kg<br>2,5 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.

## 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.

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".

Tauw, 1998.

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

Tauw, 1998a.

"Beoordeling van het gebruik van Renoxal als reagens voor NO<sub>x</sub>-verwijdering in cementovens"  
R3652130.001

Tauw, 2000.

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

TNO, 2000.

TNO-rapport STB-00-06; "Emissieprofielen Verwijderingstechnologieën Gevaarlijk Afval".

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, 2000b.

Bijlage B bij brief aan Iwaco, d.d. 7-7-2000, betreffende "Verwerkingstechniek hergebruik van kleurbaden".

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"