

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A13
Uitwerking “Gebruikte chemicaliën verpakkingen”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	5
2. SAMENSTELLING	6
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	8
4. SYSTEEMGRENZEN	10
5. ALTERNATIEF SHREDDEREN EN CRYOGEEN SCHEIDEN	12
5.1 Procesbeschrijving	12
5.2 Massabalans	13
5.3 Ruimtebeslag	14
5.4 Transport	16
5.5 Energie	18
5.6 Bedrijfsmiddelen	20
5.7 Emissies naar lucht	21
5.8 Emissies naar water	26
5.9 Emissies naar bodem	27
5.10 Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen	28
5.11 Finaal afval	30
5.12 Leemten in kennis	30
6. ALTERNATIEF SHREDDEREN EN SPOELEN	31
6.1 Procesbeschrijving	31
6.2 Massabalans	32
6.3 Ruimtebeslag	33
6.4 Transport	35
6.5 Energie	38
6.6 Bedrijfsmiddelen	41
6.7 Emissies naar lucht	42
6.8 Emissies naar water	44
6.9 Emissies naar bodem	46
6.10 Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen	47
6.11 Finaal afval	47
6.12 Leemten in kennis	48
7. ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN	49
7.1 Procesbeschrijving	49
7.2 Massabalans	52
7.3 Ruimtebeslag	57
7.4 Transport	57
7.5 Energie en bedrijfsmiddelen	59
7.6 Bedrijfsmiddelen	63
7.7 Emissies naar lucht	65
7.8 Emissies naar water	66
7.9 Emissies naar bodem	67
7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen	68
7.11 Finaal afval	69
7.12 Leemten in kennis	69
8. ALTERNATIEF VERBRANDEN IN EEN DTO	70
8.1 Procesbeschrijving	70
8.2 Massabalans	71

8.3	Ruimtebeslag	71
8.4	Transport	72
8.5	Energie	73
8.6	Bedrijfsmiddelen	75
8.7	Emissies naar lucht	76
8.8	Emissies naar water	77
8.9	Emissies naar bodem	77
8.10	Finaal afval	78
8.11	Uitgespaarde winning/productie grond- en brandstoffen	78
9.	Literatuurlijst GCV	101

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.

Om LCA-berekeningen te kunnen uitvoeren, dient onder meer de volgende informatie beschikbaar te zijn:

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

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

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

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

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

2. SAMENSTELLING

Onder gebruikte chemicaliënverpakking (GCV's) wordt verstaan alle gebruikte verpakking met restanten verf en drukinkt, lijmen, kitten en harsen en overige chemicaliën. Het verpakkingsmateriaal van drukinkt en verfafval (grootste aandeel) bevat belangrijke hoeveelheden metaal, terwijl het verpakkingsmateriaal van de overige stromen voor een groot deel uit kunststof bestaat.

In 1998 bedroeg het aanbod van GCV 43 kton, als volgt verdeeld (VROM, 2000):

- GCV met restanten verf- en drukinkt : 35,3 kton
- GCV met restanten lijm, kitten, harsen: 4,3 kton
- Overig GCV: 3,4 kton.

In deze LCA is uitgegaan van een gemiddelde GCV-samenstelling, d.w.z. zowel metaalhoudend als kunststofhoudend GCV: hier na te noemen gemengd GCV. De emissiedata die door verschillende bedrijven zijn verstrekt maken hier ook geen onderscheid in. Daarnaast is, evenals in het (TNO, 1996), apart gekeken naar kunststofhoudend GCV.

De globale samenstelling is weergegeven in tabel 2.1. De cijfers zijn afkomstig van de bij het MER van ATM horende LCA voor GCV (TNO, 2000b; ATM, 2000). De C-, H- en O-gehalten van de brandbare fractie zijn afkomstig van Gibros PEC en betreffen gegevens zoals gebruikt in het milieu-effectrapport voor de PEC Groningen (GibrosPEC, 2000). Voor kunststofhoudend GCV is, wegens gebrek aan gegevens, uitgegaan van hetzelfde percentage verfslib als in gemengd GCV.

Voor de samenstelling van gemengd GCV en kunststofhoudend GCV wordt in deze uitwerking gebruik gemaakt van de samenstelling zoals weergegeven in tabel 2.1. Er wordt niet gewerkt met een variatie in de samenstelling. Partijen chemicaliënverpakkingen zullen best in samenstelling variëren, maar over de mate waarin variaties zullen optreden is geen informatie bekend en variaties worden dus buitenbeschouwing gelaten.

Tabel 2.1: Samenstelling GCV

Component	Samenstelling (ton/ton)			
	Verfslib	Kunststof	Gemengd GCV	Kunststofhoudend GCV
			verfslib 57,5%	verfslib 57,5%
			kunststof 22,5%	kunststof 42,5%
			metaal 20%	
Brandbare stof	2,40E-01	9,00E-01	3,41E-01	5,21E-01
C *)	1,80E-01	6,66E-01	2,53E-01	3,87E-01
H *)	3,60E-02	1,89E-01	6,32E-02	1,01E-01
O *)	2,40E-02	4,50E-02	2,39E-02	3,29E-02
Asrest	5,50 E-01	1,00 E-01	3,39 E-01	3,59 E-01
Water	2,10 E-01	0	1,21 E-01	1,21 E-01
As	1,25 E-06	2,00 E-06	1,17 E-06	1,57 E-06
Cd	1,50 E-05	1,00 E-05	1,09 E-05	1,29 E-05
Cr	2,25 E-04	1,00 E-04	1,52 E-04	1,72 E-04
Cu	2,25 E-03	3,00 E-04	1,36 E-03	1,42 E-03
Hg	2,25 E-06	4,00 E-07	1,38 E-06	1,46 E-06
Ni	1,13 E-04	2,00 E-05	6,95 E-05	7,35 E-05
Pb	3,38 E-03	8,00 E-04	2,12 E-03	2,28 E-03
Zn	9,00 E-03	2,00 E-03	5,63 E-03	6,03 E-03
Cl	6,00 E-04	0,00 E+00	3,45 E-04	3,45 E-04
S	1,13 E-03	0,00 E+00	6,50 E-04	6,50 E-04
Stookwaarde (GJ)	7,5	40	13,3	21,3

*) op basis van door Gibros PEC geleverde C-,H- en O-gehalten voor de brandbare stof in verfslib: 75%, 15% en 10% en kunststof: 74%, 21% en 5%

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

In Nederland is een drietal verwerkingsopties operationeel op het gebied van het verwerken van GCV. Daarnaast is een vijfde verwerkingsoptie in voorbereiding (PEC-installatie). De verwerkingsopties zijn:

- LETO, Almelo

Bij LETO vindt cryogene behandeling van versnipperd GCV plaats waarbij door sterke afkoeling van GCV een scheiding plaatsvindt van metaal-, kunststof- en verfractie. Na een fysische (zeef) en ferromagnetische scheiding wordt de metaalfraction hergebruikt als schroot. De kunststoffraction en verfslib worden nuttig toegepast als brandstof in de cementovens.

- ATM, Moerdijk

Bij ATM vond een cryogene en spoelbehandeling met (afval)oplosmiddelen en water van versnipperd GCV plaats, met hergebruik van het metaal als schroot en verbranding van de kunststof- en verfractie (huidige minimumstandaard). Deze techniek wordt door ATM op dit moment echter niet meer uitgevoerd. Omdat het hier de huidige minimumstandaard betreft is deze optie wel meegenomen.

In plaats van de spoeltechniek heeft ATM een nieuwe verwerkingstechniek opgezet, te weten pyrolyse van GCV. Het is proefinstallatie waarvoor een vergunningsaanvraag in voorbereiding is. Het milieueffectrapport ten behoeve van de vergunning is inmiddels opgesteld. Deze verwerkingsoptie is echter vanwege grote onzekerheden hieromtrent niet meegenomen in de LCA. De onzekerheden komen naar voren bij vergelijking van gegevens in het MER en meer recente meetresultaten en betreffen data van emissies, energierendement, kwaliteit pyrolyseresidu en –gas. Zowel tussen de gegevens in het milieueffectrapport en de meetresultaten als tussen de meetresultaten onderling bestaan dermate grote verschillen dat hieruit geen representatieve gemiddelden zijn te halen. Bovendien zouden, in het geval de optie wel wordt meegenomen, de onzekerheden er toe leiden dat deze optie toch niet als minimumstandaard zou kunnen worden aangemerkt.

Een extra argument voor het niet meenemen van de verwerkingsoptie betreft de onzekerheid over de kwaliteit van het te storten restproduct. Deze bevat mogelijk een zodanig hoog gehalte organisch stof dat het niet gestort mag worden. Dit zou betekenen dat de verwerkingsoptie alleen realistisch is na een aanpassing in de zin van thermisch verwerking van het restproduct in plaats van stort. Het ligt niet voor de hand een dergelijke aanpassing in het kader van dit MER te doen.

- AVR, Rotterdam

Bij AVR kunnen GCV worden verbrand in een draaitrommel oven. De alhier ontstane verbrandingsresiduen worden verder be- en verwerkt.

- PEC-installatie

De PEC-installatie is een geïntegreerde verwerkingsinstallatie (Gibros-PEC concept) waar diverse afvalstromen worden verwerkt tot onder andere de herbruikbare componenten synthesegas en basalt. In Nederland zijn op dit moment drie PEC-installaties voorzien, te weten in Delfzijl (RUN-project North Refinery), in Groningen en op de Maasvlakte bij Rotterdam. Geen van de installaties is gerealiseerd. Wel zijn de verschillende onderdelen van het verwerkingsconcept op praktijkschaal getest en ook reeds operationeel.

Tabel 3.1: Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

Verwerkingstechniek	Referentie-installatie
Shredderen en cryogene scheiding	LETO
Shredderen en spoelen	ATM
Pyrolyse smelten	PEC
Verbranden in DTO	AVR

Voor de in tabel 3.1 opgenomen verwerkingstechnieken geldt overigens dat, met uitzondering van PEC, in alle gevallen na verwerking van GCV nog een nabehandeling van reststromen in andere afvalverwerkingsinstallaties moet plaatsvinden. De vorm van nabehandeling wordt beschreven bij de uitwerking van de technieken.

De vernoemde installaties hanteren elk hun eigen naverwerkingstraject. LETO bijvoorbeeld laat reststromen in de cementindustrie meebranden. ATM daarentegen verwerkt zoveel mogelijk in haar eigen installaties om uiteindelijk de reststromen in verbrandingsinstallaties (AVI en DTO) te laten verwerken of zoals bij pyrolyse te storten.

Bij de rechtstreekse verbranding in een DTO geldt een naverwerking van de verbrandingsresiduen.

Kortom het naverwerkingstraject kan van invloed zijn op de LCA. Dit aspect is ten eerste in beschouwing genomen bij onderhavig LCA-studie en de daaruit te trekken conclusies.

4. SYSTEEMGRENZEN

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

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

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-installaties niet bepalend is voor de transportafstand, omdat deze installaties alleen worden 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 recyclingsbedrijven.

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

Tabel 4.1: Gestandaardiseerde transportafstanden

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

Emissies naar water

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

In alle gevallen, dus ook bij kleine waterstromen, is er echter vanuit gegaan dat de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren. Dit is dus uitsluitend gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is ook bij kleine waterstromen dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreep pakket gehanteerd) en zijn de in tabel 4.2 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt (Zuiveringsschap Limburg, 1998).

Tabel 4.2: Zuiveringsrendementen voor resulterende waterstromen

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

5. ALTERNATIEF SHREDDEREN EN CRYOGEEN SCHEIDEN

Metaalhoudend en kunststofhoudend GCV wordt cryogeen behandeld. De installatie van LETO wordt als referentieinstallatie gebruikt.

5.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer GCV

GCV wordt verspreid over het land ingezameld. Kga/kca – inzamelaars spelen hierbij een belangrijke rol. Transport naar de verwerker geschiedt in grote volumina.

B. Bewerking in VBI

In cryogene verfbehandelingsinstallaties (VBI) wordt het GCV via een transportband naar de toevoertrechter (stamper) van de shredderinstallatie geleid. Vloeibare stikstof wordt toegevoegd voor inertisatie van het afval. Hier worden de diverse GCV-stromen versnipperd, ontdaan van vloeistoffractie (sludge) en in een koudebehandelingsseenheid gevoerd. Deze bestaat uit een koeltoren en tunnel, waar met vloeibare stikstof het materiaal wordt diepgekoeld (-196°C). Hierdoor wordt de inhoud van de GCV hard en door verschil in uitzettingscoëfficiënten van de verschillende stoffen neemt de hechting af.

Vervolgens wordt door afslaan met een hamermolen de inhoud van de emballage gescheiden, waarna de uit elkaar geslagen delen over een schudzeef geleid worden. Hierbij wordt een scheiding bewerkstelligd tussen de metaal-/kunststoffractie en een sludge. De metaalfractie wordt verzameld door een ferromagnetische scheiding.

C. Afvoer reststoffen/producten

De metaalfractie wordt afgevoerd ten behoeve van recycling.

De kunststoffractie en de sludge worden (na toevoeging van het absorptiemiddel zaagsel (om transport en verwerking in de cementoven mogelijk te maken)) in de regel nuttig toegepast in een cementoven. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar verwerking van de kunststoffractie en de sludge in een AVI, respectievelijk DTO.

D. Recycling metaal

Het metaal wordt bij Corus Staal opnieuw gesmolten en samen met primaire grondstoffen verwerkt tot nieuw staal.

E. Toepassing in cementindustrie

In de cementindustrie wordt de sludge en de kunststoffractie ingezet als secundaire brandstof. Hiermee wordt primaire brandstof vervangen. Uit de rookgasreiniging bij de cementindustrie komen vliegassen vrij die worden teruggevoerd in het proces van cementbereiding.

In de cementindustrie wordt eerst een klinker geproduceerd die wordt fijngemalen tot cement. Voor de milieu-ingrepen is het bedrijf CimENTS D'Obourg als referentie genomen. Daarbij is aangesloten bij de keuze van TNO in het kader van de studie Emissieprofielen Gevaarlijk Afval (TNO, 2000a).

F. Transport cement

Het cement wordt afgevoerd voor toepassing.

G. Toepassing cement

Eenmaal op de plaats van bestemming wordt de cement toegepast. Hierbij is sprake van diverse toepassingmogelijkheden. In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een standaardbeton.

Alternatieve route in het kader van een gevoeligheidsanalyse:

H. Verbranding reststromen

Naast de hierboven beschreven verwerkingsroute van de reststromen van de GCV behandeling (in de cementindustrie) bestaat ook de mogelijkheid deze stromen te verwerken in een AVI (kunststoffen) en een DTO (sludge).

In het kader van een gevoeligheidsanalyse zijn voor deze verwerkingsroutes eveneens de milieu-ingrepen bepaald. (zie voor de procesbeschrijvingen hoofdstuk 6 (AVI) en hoofdstuk 8 (DTO))

5.2 Massabalans

Tabel 5.1 bevat de massabalans van de verwerkingsinstallatie van LETO, uitgaande van 1 ton GCV. De hoeveelheden reststoffen/producten die uit de GCV ontstaan zijn gebaseerd op (TNO, 2000a). Bij het proces wordt 0,17 ton zaagsel (afvalstof) per ton GCV als absorptiemiddel gebruikt voor de sludge. Daarnaast wordt per ton GCV 0,67 ton vloeibaar stikstof gebruikt. De stikstof verdwijnt na gebruik in de lucht en is niet meegenomen in de massabalans.

Voor kunststofhoudend GCV is een aparte massabalans opgesteld, uitgaande van de samenstelling zoals in hoofdstuk 2 gegeven.

Tabel 5.1: Massabalans cryogene verwerking

	Gemengd GCV (ton/ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (ton/ton GCV)	Bestemming	
			normaal	gevoeligheids- analyse
Input				
GCV	1	1		
Zaagsel (absorptie)	0,17	0,17		
Output				
Sludge (verfslib)	0,745	0,745	Cementind	DTO
Metaalfractie	0,2	0	Recycling	Recycling
Kunststoffractie	0,225	0,425	Cementind	AVI

De beschikbare gegevens over milieu-ingrepen van de cryogene verwerking bij LETO betreffen gemengd GCV. Wegens gebrek aan meer specifieke gegevens is aangenomen dat deze voor kunststofhoudend GCV vergelijkbaar zijn.

Bij het bepalen van de milieu-ingrepen van de verwerking van de reststoffen is het zaagselgedeelte in het sludge niet meegenomen (er is dus gerekend met 0,575 ton sludge/ton GCV). Aangenomen is dat reguliere verwerking van zaagsel een vergelijkbaar emissieprofiel heeft. Daarmee heffen de milieu-ingrepen van de hier beschreven verwerking en de vermeden milieu-ingrepen bij reguliere verwerking elkaar op.

De verwerking van de reststoffen in een cementoven resulteert niet in vaste reststoffen (de vlieg-as uit de electrofilter wordt aan de klinker toegevoegd en wordt dus als onderdeel van het product afgevoerd).

Voor de massabalans van de cementoven is relevant dat in dit MER van de in tabel 5.2 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over het cement en de lucht. Voor de totstandkoming van deze tabel wordt verwezen naar achtergronddocument A1 bij het MER-LAP.

Tabel 5.2 Overzicht verdeling componenten (in procenten) voor de cementoven

Component	Lucht (%)	Cement (%)
As	0,05	99,95
Co	0,05	99,95
Cr	0,05	99,95
Cu	0,05	99,95
Hg	6	94
Ni	0,05	99,95
Pb	0,05	99,95
Se	0,05	99,95
V	0,05	99,95
Zn	0,05	99,95
Cl	0,6	99,4
S	3,6	96,4

5.3 Ruimtebeslag

Verwerking bij LETO

Het ruimtebeslag van de verwerkingsinstallatie van LETO bedraagt circa 800 m² (inclusief opslag). De capaciteit van de installatie is 17.500 ton GCV op jaarbasis. Het fysiek ruimtebeslag per ton GCV bedraagt derhalve $800/17.500 = 0,046$ m²/jr.

Verwerking in cementoven

Het ruimtebeslag van de verwerking van de reststromen in een cementoven wordt niet meegenomen. De verwerking heeft namelijk primair tot doel de cementproductie en niet de verwerking van afval. Verder wordt er van uitgegaan dat er geen verschil is in ruimtebeslag tussen toepassing van deze stromen als secundaire brandstof en toepassing van primaire brandstoffen.

Onduidelijk is in hoeverre het vervangen van primaire brandstoffen wel leidt tot een aanpassing van het ruimtebeslag tengevolge van opslagfaciliteiten. Vanwege een verschil in stookwaarden zijn de benodigde hoeveelheden verschillend. Wegens gebrek aan informatie op dit punt wordt dit buiten beschouwing gelaten en aangemerkt als een leemte in kennis.

Gevoeligheidsanalyse

Naast de verwerkingsroute van de reststromen in een cementoven bestaat de mogelijkheid deze stromen te verwerken in een AVI (kunststoffen) en in een DTO (sludge). In het kader van een gevoeligheidsanalyse zijn voor deze verwerkingsroute eveneens de milieu-ingrepen bepaald.

Verwerking sludge in DTO

Zoals uit hoofdstuk 8 blijkt, resulteert verbranding in een DTO in een fysiek ruimtebeslag van 0,4 m²/jr per ton afval. Dus voor de verbranding van 0,575 ton sludge geldt een fysiek ruimtebeslag van 0,23 m²/jr.

Verwerking kunststof in AVI

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 m²jr. De verbranding van 0,225 ton kunststof (voor gemengd GCV) en van 0,425 ton kunststof (voor kunststofhoudend GCV) leidt hiermee tot een fysiek ruimtebeslag van 0,0099 m²jr, respectievelijk 0,019 m²jr.

Verwerking DTO-reststoffen

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit de DTO wordt uitgegaan van achtergronddocument A1 en de hoeveelheden reststoffen. De hoeveelheden reststoffen zijn bepaald op basis van de gemiddelde verdeling van de asrest in afval over de reststoffen. Volgens deze verdeling komt 80% als slak, 20% als vlieggas (83% droge stof). Verder is voor RgRR aangenomen dat er 20 kg per ton verwerkt afval ontstaat. Op basis van de asrest van het verfslib (zie tabel 2.1 samenstelling) zijn de hoeveelheden reststoffen bepaald.

In tabel 5.3 staat het ruimtebeslag van de verschillende verwerkingsstappen van de DTO-reststoffen aangegeven.

Tabel 5.3 Ruimtebeslag van verwerking DTO-reststoffen

Verwerking	Ruimtebeslag per ton afval/reststof (m ² jaar)	Ruimtebeslag per ton GCV (m ² jaar)
Stort slak	8	2,0
Immobilisatie + stort vlieggas	7,81	0,49
Immobilisatie + stort RgRR	7,31	0,084

Verwerking AVI-reststoffen

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van achtergronddocument A1 van het MER-LAP en de hoeveelheden reststoffen. De hoeveelheden reststoffen zijn bepaald op basis van de gemiddelde verdeling van de asrest in afval over de reststoffen. Volgens deze verdeling komt 92,6% als slak en 7,4% als vlieggas. Op basis van de asrest van het kunststof (zie tabel 2.1 samenstelling) zijn de hoeveelheden reststoffen bepaald.

AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Het ruimtebeslag is dus op nul gesteld.

In tabel 5.4 staat het ruimtebeslag van de verschillende verwerkingsstappen van de AVI-reststoffen aangegeven.

Tabel 5.4 Ruimtebeslag van verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	Ruimtebeslag per ton afval/reststof (m ² jaar)	Ruimtebeslag per ton gemengd GCV (m ² jaar)	Ruimtebeslag per ton kunststofhoudend GCV (m ² jaar)
Nuttige toepassing slak	0	0	0
Immobilisatie + stort vlieggas	9,71	0,016	0,031
Stort RgRR (big bags)	14	0,00074	0,00014

5.4 Transport

In de beschouwde verwerkingsoptie vindt transport per as plaats van GCV naar de inrichting voor verwerking. Tevens worden de bedrijfsmiddelen, met name zaagsel (0,17 ton per ton GCV) en stikstof (0,67 ton per ton GCV) per as aangevoerd (zie paragraaf 5.6 bedrijfsmiddelen). Daarnaast is het transport voor de verwerking van de producten/reststoffen van belang.

Aanvoer GCV

Voor het transport van het GCV naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die GCV 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 GCV wordt per vrachtauto getransporteerd waarbij wordt uitgegaan van ongeveer 12,5 ton per vracht (ATM, 2000).

Aanvoer bedrijfsmiddelen

Zie voor de hoeveelheden bedrijfsmiddelen paragraaf 5.6. Vloeibare stikstof wordt in Nederland op twee locaties geproduceerd. De gemiddelde afstand voor de aanvoer is daarmee 100 km. Stikstof wordt aangevoerd in tankwagens, waarbij wordt uitgegaan van 25 ton per vracht (ATM, 2000).

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

De hoeveelheid actief kool is dermate klein ten opzichte van de totale hoeveelheid getransporteerd materiaal dat de effecten van dit transport verwaarloosbaar worden geacht.

Afvoer producten/reststoffen

Daarnaast worden producten/reststoffen afgevoerd. Hierbij is van belang dat voor gemengd GCV 0,97 ton/ton GCV en voor kunststofhoudend GCV 1,17 ton/ton GCV aan reststoffen naar de cementindustrie wordt afgevoerd. Voorts wordt bij gemengd GCV 0,2 ton per ton GCV naar de metaalsector afgevoerd. Aangenomen is dat, evenals bij het alternatief shredderen/spoelen (zie hoofdstuk 6, paragraaf 6.4), de sludge in vrachten van 25 ton en de kunststof- en metaalfraction in vrachten van 20 ton worden afgevoerd.

Voor de transportafstand naar een metaalrecyclingbedrijf wordt uitgegaan van 150 km op basis van afvoer van het metaal van een willekeurige plaats in Nederland naar Corus Staal.

Door het niet aanvoeren van primair metaal is er ook vermeden transport. De omvang daarvan wordt meegenomen in de SimaPro-database. Voor de 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).

Door het niet aanvoeren van uitgespaarde brandstoffen bij de cementoven is er ook vermeden transport. Uitgegaan wordt van een afstand van 200 km (heen en terug) voor de aanvoer van kolen of stookolie (op basis van het transport van een havenlocatie tot aan de cementoven). In paragraaf 5.10 zijn de uitgespaarde hoeveelheden kolen en stookolie (in het kader van een gevoeligheidsanalyse) gegeven. Voor de gemiddelde belading van een vrachtauto wordt voor kolen en stookolie uitgegaan van circa 16 ton per vracht.

Gevoeligheidsanalyse: verwerking sludge in DTO en kunststof in AVI

In het kader van een gevoeligheidsanalyse zijn ook de milieu-ingrepen van verwerking van de reststoffen in een AVI en een DTO bepaald. Voor de afvoer van de kunststoffractie naar een AVI (0,225 ton/ton in het geval van gemengd GCV en 0,425 ton/ton in het geval van kunststofhoudend GCV) is uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 40 km (heen en terug) op basis van 11-15 AVI's. Voor de afvoer van de 0,575 ton sludge/ton GCV naar een DTO is de gemiddelde transportafstand van een willekeurige plaats in Nederland naar de AVR genomen, te weten 150 km (heen en terug).

De aanvoer van de bedrijfsmiddelen voor de DTO en de AVI is niet meegenomen gezien de geringe hoeveelheden (zie paragraaf 5.6). De effecten van transport hiervan zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de totale getransporteerde hoeveelheden materiaal.

De uit de verbrandingsinstallaties afkomstige reststoffen (slak, vliegas en rookgasreinigingsresidu) worden afgevoerd voor immobilisatie en/of stort of, in het geval van AVI-slak voor nuttige toepassing. De transporthoeveelheden (tonkm) en -afstanden zijn afgeleid uit de proceskaarten voor de verwerking van DTO- en AVI-reststoffen (zie achtergronddocument A1). Op basis van deze transportgegevens en de hoeveelheden slak, vliegas en RgRR (zie paragraaf 5.3) zijn de hoeveelheden tonkm's per ton gemengd en per ton kunststofhoudend bepaald (zie tabel 5.5). De hoeveelheden getransporteerde AVI-vliegas en rookgasreinigingsresidu zijn te verwaarlozen ten opzichte van de totale getransporteerde hoeveelheden.

Overzicht transport

In tabel 5.5 staan de transportafstanden en aantal tonkilometers voor de verschillende materiaalstromen. Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de door proceskaarten in de SimaPro-database.

Tabel 5.5 Overzicht transport per ton GCV

Materiaalstroom	Gemiddeld transport		
	Afstand (km)	Gemengd GCV (tkm / ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (tkm/ton GCV)
Aanvoer GCV	150	150	150
Aanvoer vloeibare stikstof	100	67	67
Afvoer metaal	150	30	-
Afvoer sludge/kunststof	300	291	351
Vermeden transport primaire brandstof	200	-148 ¹⁾ -66 ²⁾	-220 ¹⁾ -92 ²⁾
Gevoeligheidsanalyse verwerking reststoffen in DTO/AVI:			
Afvoer sludge naar DTO	150	112	112
Afvoer kunststof naar AVI	40	9	17
Afvoer DTO-slakken	10	2,5	2,5
Afvoer DTO-vliegas	10	0,63	0,63
Afvoer DTO-rgr	10	0,12	0,12
Aanvoer cement DTO-vliegas	300	1,8	1,8
Aanvoer cement DTO-rgr	300	0,35	0,35
Afvoer AVI-slak	75	1,6	3,0
Vermeden transport zand			
land	35	0,73	1,4
water	50	1,04	1,97

1) in geval van kolen als brandstof

2) in geval van stookolie als brandstof (gevoeligheidsanalyse)

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

5.5 Energie

Verwerking bij LETO

Voor de gehele GCV verwerkingsinrichting gelden de volgende energieverbruiken (per ton GCV) gebaseerd op informatie van LETO (Touw, 2000):

- elektriciteitsverbruik cryogene behandelingsinstallatie: 31 kWh
- aardgasverbruik verwarming ruimten: 2,3 MJ.

Verwerking reststoffen in cementoven

Aangenomen is dat de verwerking van de reststromen kunststof en sludge in de cementoven, oftewel de toepassing hiervan als secundaire brandstof, geen energieverbruik met zich meebrengt. Onduidelijk is in hoeverre het energieverbruik van de voorbereiding, mengen van brandstof en grondstof, zal afwijken van de situatie waarin een reguliere brandstof wordt gebruikt. Zie voor vermeden primaire brandstoffen paragraaf 5.10.

Gevoeligheidsanalyse: verwerking reststoffen in DTO en AVI

Voor het energieverbruik en de energieproductie bij de verwerking van afval in een DTO wordt verwezen naar hoofdstuk 8, paragraaf 8.6. Hieruit blijkt dat per ton afval 1595 MJ elektriciteit en 6,1 m³ gedestilleerd water worden geproduceerd, bij een gemiddelde stookwaarde van 15 MJ/kg.

Per ton GCV komt 0,575 ton sludge vrij. Op basis van de calorische waarde van de sludge van 7,5 MJ/kg is de elektriciteitsproductie $(7,5/15)*1595*0,575$ MJ = 459 MJ per ton GCV. De geproduceerde hoeveelheid gedestilleerd water is $(7,5/15)*6,1*0,575 = 1,8$ m³.

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

Voor het energieverbruik voor immobilisatie en stort van de DTO-reststoffen wordt verwezen naar achtergronddocument A1. Op basis van de hierin gegeven energieverbruiken per ton reststof en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn de energieverbruiken voor immobilisatie en stort bepaald. Deze staan in tabel 5.6 weergegeven.

Tabel 5.6 Energieverbruik immobilisatie en stort DTO-reststoffen

Verwerking	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton GCV
Stort slak	60 MJ	15 MJ
Immobilisatie DTO-vliegas	4,3 kWh	0,27 kWh
Stort DTO-vliegas	71 MJ	4,5 MJ
Immobilisatie DTO-RgRR	6,9 kWh	0,079 kWh
Stort DTO-RgRR	66 MJ	0,76 MJ

Bij de verbranding van afval in een AVI wordt uitgegaan van een netto-energie rendement van 22%. Op basis van de calorische waarde van de kunststoffractie van 40 MJ/kg en de hoeveelheden verwerkte kunststof (bij gemengd en kunststofhoudend GCV), is de energieproductie per ton GCV bepaald. Een en ander staat weergegeven in tabel 5.7.

Tabel 5.7 Energieproductie bij verbranding kunststof in AVI

Energieproductie	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (MJ)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (MJ)
Elektriciteit	1980	3740

Bovenstaande hoeveelheden elektriciteit 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 achtergronddocument A1 van het 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 5.8 weergegeven. Voor de nuttige toepassing van AVI-slak wordt aangenomen dat dit geen extra energie kost ten opzichte van het aanbrengen van regulier ophoogmateriaal.

Tabel 5.8 Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton gemengd GCV	Verbruik per ton kunststofhoudend GCV
Nuttige toepassing AVI-slak	0	0	0
Immobilisatie AVI-vliegas	5,2 kWh	0,0087 kWh	0,016 kWh
Stort AVI-vliegas	87 MJ	0,14 MJ	0,27 MJ
Stort AVI-RgRR	105 MJ	0,00055 MJ	0,0010 MJ

5.6 Bedrijfsmiddelen

De inrichting van LETO verbruikt voor de verwerking van 1 ton GCV 0,67 ton vloeibare stikstof (N₂). Als absorptiemiddel voor het sludge wordt 0,17 ton zaagsel per ton GCV verbruikt. Dit is echter een afvalstroom, zodat hieraan geen milieu-ingrepen van de productie zijn verbonden.

Voor de reiniging van de afgassen wordt actief kool gebruikt. Het jaarverbruik bedraagt ongeveer 0,21 kg actief kool per ton verwerkt afval (Tauw, 2000).

Voor de toepassing van de reststoffen in de cementoven worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

Gevoeligheidsanalyse: verwerking reststoffen in DTO en AVI

Voor de benodigde hoeveelheden bedrijfsmiddelen voor de verwerking van de reststromen in een DTO en/of een AVI zie achtergronddocument A1 bij het MER-LAP. Op basis van de daar aangegeven informatie is in de onderstaande tabellen aangegeven welke hoeveelheden bedrijfsmiddelen noodzakelijk zijn.

Tabel 5.9 Bedrijfsmiddelen rookgasreiniging bij verwerking verfslib in DTO

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton GCV (kg)
Natronloog (20%)	0,056
Kalk (Ca(OH) ₂)	0,15
Actief kool	11,1
Ammoniak	0,345

Het gemiddelde verbruik aan bedrijfsmiddelen van de afvalwaterbehandelingsinstallatie bij de DTO is weergegeven in tabel 5.10 (zie voor toelichting hoofdstuk 8, paragraaf 8.6).

Tabel 5.10 Bedrijfsmiddelen afvalwaterbehandelingsinstallatie

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton afval (kg)	Verbruik per ton GCV (kg)
Zoutzuur 20%	0,52	0,30
Natriumbisulfiet	0,06	0,035
Natriumsulfide 13%	0,37	0,21
Poly-elektrolyt	0,01	0,0058
Osmo Treatment 35	0,03	0,017

De geproduceerde slakken, vliegas en rookgasreinigingsresidu (RgRR) worden (na immobilisatie) gestort. Voor het immobiliseren van vliegas en RgRR is cement nodig. Uitgaande

van achtergronddocument A1 van het MER-LAP en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn de hoeveelheden cement bepaald. Deze zijn weergegeven in tabel 5.11.

Tabel 5.11 Cementverbruik verwerking DTO-reststoffen

Verwerking	Hoeveelheid cement per ton reststof (kg)	Hoeveelheid cement per ton GCV(kg)
Immobilisatie DTO-vliegas	95	6,0
Immobilisatie DTO-RgRR	100	1,15

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt natronloog (NaOH), kalk (CaO) en ammoniak. De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Uitgaande van de samenstelling van GCV (zie tabel 2.1) bevat het kunststof geen halogenen en zwavel. Het verbruik van natronloog en kalk wordt daarom op nul gesteld.

Conform achtergronddocument A1 bij het MER-LAP wordt de benodigde hoeveelheid NH₄OH ingeschat op 0,557 kg voor gemengd GCV's en 0,016 kg voor kunststofhoudend GCV's. De hoeveelheid actief kool is respectievelijk 1,05 kg en 0,055 kg.

De geproduceerde vliegas wordt na immobilisatie gestort. Voor het immobiliseren is cement nodig. Het rookgasreinigingsresidu (RgRR) wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Uitgaande van achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn in tabel 5.12 de hoeveelheden cement aangegeven. Gezien de geringe hoeveelheden RgRR zijn de bedrijfsmiddelen voor het storten van het RgRR verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 5.12 Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	Hoeveelheid per ton reststof (kg)	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (kg)
Immobilisatie vliegas - cement	100	0,17	0,31

5.7 Emissies naar lucht

Emissies bij verwerking GCV

Bij de cryogene behandeling van GCV ontstaan koolwaterstofemissies. De afgassen worden bij LETO gereinigd met behulp van een actief koolfilter. Op basis van jaarcijfers over 1999 van LETO is de C_xH_y-emissie per ton GCV bepaald: 0,063 kg, op basis van een jaaremisse van 600 kg C_xH_y bij een verwerkte hoeveelheid van 9464 ton (Tauw, 2000). De emissie is weergegeven in tabel 5.13.

Tabel 5.13 Emissie naar de lucht per ton GCV

Parameter	Emissie (kg)
C _x H _y	0,063

Emissies verbranding koolfilter

De met C_xH_y verzadigde koolfilters worden elders verbrand. In de LCA voor de cryogene verwerking is een hiermee gepaard gaande CO_2 -emissie gegeven van 1,1 kg/ton GCV (Tauw, 2000). Hierbij is uitgegaan van de jaaremmissie van 600 kg C_xH_y bij een verwerkte hoeveelheid van 9464 ton GCV/jaar, een vangstrendement van het koolfilter van 90% en de aanname dat alle C wordt omgezet in CO_2 .

Emissies bij verwerking reststoffen in cementoven

De fracties sludge en kunststoffen worden ingezet als brandstof in de cementindustrie. Dit leidt tot emissies naar lucht. In het kader van dit MER is balans voor een cementoven opgesteld (zie achtergronddocument A1). Op basis van deze balans, de hoeveelheden verwerkt sludge en kunststof (zie tabel 5.1) en de samenstelling van de ingevoerde stromen (zie tabel 2.1) zijn de componentgebonden emissies (inclusief CO_2 op basis van het C-gehalte) en de procesgebonden emissies naar lucht bepaald. Deze zijn weergegeven in de tabellen 5.14 en 5.15.

Tabel 5.14 Componentgebonden emissies naar lucht bij verwerking sludge en kunststof in een cementoven

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,05	1,2	0,00058	1,6	0,00078
Cd	0,5	11	0,054	13	0,064
Cr	0,05	152	0,076	172	0,086
Cu	0,05	1360	0,68	1420	0,71
Hg	6	1,4	0,083	1,5	0,088
Ni	0,05	69	0,035	73	0,037
Pb	0,05	2120	1,1	2280	1,1
Zn	0,05	5630	2,8	6030	3,0
Cl	0,6	345	2,1	345	2,1
S (SO_2) ¹⁾	7,2 ²⁾	650	47	650	47
C (CO_2) ¹⁾	100	253.000	9,3E5	387.000	1,4E6

¹⁾ bij samenstelling S en C, bij emissie SO_2 en CO_2

²⁾ 3,6% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 7,2% is als SO_2

Tabel 5.15 Procesgebonden emissies naar lucht bij verwerking sludge en kunststof in een cementoven

Component	Emissie per GJ input (kg)	Emissie per ton gemengd GCV (kg)	Emissie per ton kunststofhoudend GCV (kg)
NO_x	0,48	5,1	10
CO	0,15	1,6	3,2
C_xH_y	0,04	0,42	0,85
Dioxines (TEQ)	3E-11	3,19E-10	6,4E-10
Fijn stof	0,009	0,10	0,20

Vermeden emissies door verwerking reststoffen in cementoven

Door de inzet van sludge en kunststof als brandstof wordt primaire brandstof vervangen. Dit betekent dat er vermeden emissies zijn. In eerste instantie is aangenomen dat sprake is van vervanging van hoogzwavelig kolen. In het kader van de gevoeligheidsanalyse zijn tevens de vermeden milieu-ingrepen bij vervanging van stookolie bepaald. In paragraaf 5.10 zijn de vervangen hoeveelheden kolen en stookolie gegeven.

De vermeden componentgebonden emissies door vervanging van kolen en door vervanging van stookolie staan weergegeven in de tabellen 5.16 (gemengd GCV) en 5.17 (kunststofhoudend GCV). De emissies zijn bepaald o.b.v. de samenstelling van hoogzwavelig kolen en stookolie (TNO, 1996) en de massabalans voor de cementoven (zie achtergronddocument A1).

De procesgebonden emissies zijn gerelateerd aan de calorische waarde van de brandstof en verschillen daarom niet per MJ afval, kolen of stookolie. De vermeden emissies door uitsparing van kolen of stookolie zijn dus even groot als de emissies door verwerking van de reststoffen in de cementoven (zie voor emissies tabel 5.15). Voor de CO₂-emissie is aangenomen dat met het vervangen van 1 MJ brandstof door 1 MJ sludge de directe en vermeden emissies gelijk zijn.

Tabel 5.16 (Vermeden) emissies naar de lucht bij vervanging van kolen en stookolie (gevoeligheidsanalyse) door reststoffen gemengd GCV

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Normale situatie: Vervanging kolen (0,78 ton/ton GCV)		Gevoeligheidsanalyse: Vervanging stookolie (0,33 ton/ton GCV)	
		Input (g/ton kolen)	Vermeden emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton stookolie)	Vermeden emissie (g/ton GCV)
As	0,05	4,05	0,0016	0,8	0,00013
Ba	0,05	320	0,13	0	0
Cd	0,5	1,17	0,0046	0	0
Co	0,05	45,1	0,018	2	0,00033
Cr	0,05	60	0,023	0,3	0,000049
Cu	0,05	53	0,021	1	0,00016
Hg	6	0,83	0,039	0,006	0,00012
Mn	0,05	845	0,33	0	0
Mo	0,05	4	0,0016	0,5	0,000082
Ni	0,05	88,3	0,035	30	0,0049
Pb	0,05	67	0,026	9	0,0015
Sb	0,05	15	0,0059	0	0
Se	0,05	5	0,0020	0,75	0,00012
Sn	0,05	15	0,0059	0	0
Sr	0,05	220	0,086	0	0
V	0,05	399	0,16	60	0,0098
Zn	0,05	264	0,10	3,5	0,00057
Cl	0,6	1900	8,9	90	0,18
F	1	93	0,73	9	0,029
S ¹⁾	7,2 ²⁾	17100	963	9300	219
C (CO ₂) ¹⁾	100		9,3E5 ³⁾		9,3E5 ³⁾

¹⁾ bij samenstelling S en C, bij emissie SO₂ en CO₂

²⁾ 3,6% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 7,2% is als SO₂

³⁾ gelijk verondersteld aan de directe CO₂-emissie.

Tabel 5.17 (Vermeden) emissies naar de lucht bij vervanging van kolen en stookolie (gevoeligheidsanalyse) door reststoffen kunststofhoudend GCV

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Normale situatie: Vervanging kolen (1,3 ton/ton GCV)		Gevoeligheidsanalyse: Vervanging stookolie (0,51 ton/ton GCV)	
		Input (g/ton kolen)	Vermeden emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton stookolie)	Vermeden emissie (g/ton GCV)
As	0,05	4,05	0,0025	0,8	0,00021
Ba	0,05	320	0,20	0	0
Cd	0,5	1,17	0,0073	0	0
Co	0,05	45,1	0,028	2	0,00053
Cr	0,05	60	0,038	0,3	0,000079
Cu	0,05	53	0,033	1	0,00026
Hg	6	0,83	0,062	0,006	0,00019
Mn	0,05	845	0,53	0	0
Mo	0,05	4	0,0025	0,5	0,00013
Ni	0,05	88,3	0,055	30	0,0079
Pb	0,05	67	0,042	9	0,0024
Sb	0,05	15	0,0094	0	0
Se	0,05	5	0,0031	0,75	0,00020
Sn	0,05	15	0,0094	0	0
Sr	0,05	220	0,14	0	0
V	0,05	399	0,25	60	0,016
Zn	0,05	264	0,17	3,5	0,00092
Cl	0,6	1900	14	90	0,28
F	1	93	1,2	9	0,047
S (SO ₂) ¹⁾	7,2 ²⁾	17100	1500	9300	350
C (CO ₂) ¹⁾	100		1,4E6 ³⁾		1,4E6 ³⁾

¹⁾ bij samenstelling S en C, bij emissie SO₂ en CO₂

²⁾ 3,6% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 7,2% is als SO₂

³⁾ gelijk verondersteld aan de directe CO₂-emissie.

Gevoeligheidsanalyse: emissies bij verbranding reststoffen in DTO en AVI

Verwerking van sludge in een DTO leidt tot emissies naar de lucht. Voor de bepaling van de emissies is onderscheid gemaakt tussen componentgebonden en procesgebonden emissies (zie toelichting hoofdstuk 8, paragraaf 8.7). Op grond van de samenstelling van de sludgefractie (tabel 2.1), de hoeveelheid te verbranden sludge en de massabalans voor een DTO (zie achtergronddocument A1 en hoofdstuk 8, paragraaf 8.2) zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. De emissiegegevens staan weergegeven in de tabellen 5.18 en 5.19.

Tabel 5.18 Componentgebonden emissies naar lucht bij verbranding sludge in een DTO

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,07	0,72	0,0005
Cd	0,75	8,6	0,065
Cr	0,07	129	0,091
Cu	0,07	1290	0,91
Hg	3	1,29	0,039
Ni	0,07	65	0,046
Pb	0,07	1940	1,36
Zn	0,07	5180	3,62
Cl	0,03	345	0,10
S (SO ₂) ¹⁾	0,9 ²⁾	650	5,8
C (CO ₂) ¹⁾	100	104.000	3,8 ^E 5

¹⁾ bij samenstelling S en C, bij emissie SO₂ en CO₂

²⁾ 0,45% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 0,9% is als SO₂

Tabel 5.19 Procesgebonden emissies naar lucht bij verbranding sludge in een DTO

Component	Emissie per GJ input (kg)	Emissie (kg/ton GCV)
NO _x	0,12	0,52
CO	0,012	0,052
C _x H _y	0,003	0,013
Dioxines (TEQ)	3E-11	1,3E-10
Fijn stof	0,0018	0,0011

Verwerking van de kunststoffractie in een AVI leidt tot emissies naar lucht. Op basis van de hoeveelheden kunststof (bij gemengd en bij kunststofhoudend GCV), de samenstelling van de kunststoffractie (zie tabel 2.1) en de massabalans voor een AVI zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. Een en ander staat weergegeven in de tabellen 5.20 en 5.21.

Tabel 5.20 Componentgebonden emissies naar lucht bij verbranding kunststof in een AVI

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,07	0,45	0,00032	0,85	0,00060
Cd	0,5	2,3	0,011	4,3	0,021
Cr	0,07	23	0,016	43	0,030
Cu	0,07	68	0,047	128	0,089
Hg	3	0,09	0,0027	0,17	0,0051
Ni	0,07	4,5	0,0032	8,5	0,0060
Pb	0,07	180	0,13	340	0,24
Zn	0,07	450	0,32	850	0,60
C (CO ₂) ¹⁾	100	150.000	5,5E5	283.000	1,0E6

¹⁾ bij samenstelling C, bij emissie CO₂

Tabel 5.21 Procesgebonden emissies naar lucht bij verbranding kunststof in een AVI

Component	Emissie per GJ input (kg)	Emissie per ton gemengd GCV (kg)	Emissie per ton kunststofhoudend GCV (kg)
NO _x	0,036	0,32	0,61
NH ₃	0,0018	0,016	0,031
CO	0,012	0,108	0,204
C _x H _y	0,003	0,027	0,051
Dioxines (TEQ)	3E-11	2,7E-10	5,1E-10
Fijn stof	0,0018	0,016	0,031

5.8 Emissies naar water

Emissies bij verwerking GCV

Bij de cryogene verwerking van GCV komen geen emissies naar water vrij (Tauw, 2000).

Emissies bij verwerking reststoffen in cementoven

Bij de verwerking van kunststof en sludge in de cementoven komen geen emissies naar water vrij.

Gevoeligheidsanalyse: emissies bij verbranding reststoffen

Verwerking van sludge in een DTO leidt tot emissies naar water. Op grond van de samenstelling van de sludgefractie (tabel 2.1), de hoeveelheid te verbranden sludge en de massabalans voor een DTO zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. De emissiegegevens staan weergegeven in tabel 5.22.

Tabel 5.22 Emissies naar water bij verbranding sludge in een DTO

Component	Percentage van input naar water (%)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,06	0,72	0,0004
Cd	2,1	8,6	0,18
Cr	0,06	129	0,078
Cu	0,06	1290	0,78
Hg	2	1,29	0,026
Ni	0,06	65	0,039
Pb	0,06	1940	1,2
Zn	0,06	5180	3,1
Cl	69,97	345	241
SO ₄	58,95	650	1149

Verwerking van de kunststoffractie in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een droge rookgasreiniging.

5.9 Emissies naar bodem

Emissies uit cement

In theorie zou sprake kunnen zijn van emissie vanuit de cement naar de bodem wanneer deze cement 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 zal wel met een zekere bodembelasting worden gerekend gebaseerd op een diffusieproef op cementbeton (zie uitlogingspercentages in achtergronddocument A1). Uitgaande van de samenstelling van sludge en kunststof, de massabalans voor een cementoven (zie tabel 5.2) en de uitlogingswaarden zijn de emissies naar bodem bepaald. Een en ander is weergegeven in tabel 5.23.

Tabel 5.23: Emissies naar bodem uit cement ten behoeve van gevoeligheidsanalyse

Comp	Percentage van input naar cement (%)	Percentage van cement naar bodem (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
			Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	99,95	0,05	1,2	0,00058	1,6	0,00078
Cd	99,5	0,65	11	0,070	13	0,083
Cr	99,95	0,05	152	0,076	172	0,086
Cu	99,95	0,05	1360	0,68	1420	0,71
Hg	94	1,1	1,4	0,014	1,5	0,015
Ni	99,95	0,05	69	0,035	73	0,037
Pb	99,95	0,05	2120	1,1	2280	1,1
Zn	99,95	0,05	5630	2,8	6030	3,0
Cl	99,4	0,05	345	0,17	345	0,17
SO ₄	96,4	0,05	650	0,94	650	0,94

Gevoeligheidsanalyse: emissies uit reststoffen DTO en AVI

Bij de stort van de DTO-reststoffen treden emissies naar de bodem op. Ook bij de stort van AVI-vliegias en bij de nutttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-RgRR 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 massabalansen voor een DTO en een AVI is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegias en rookgasreinigingsresidu (RgRR). Op basis van de proceskaarten voor de reststoffen is de uitloging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in de tabellen 5.24 en 5.25.

Tabel 5.24 Emissies naar bodem uit DTO-reststoffen ten behoeve van gevoeligheidsanalyse

Component	Emissies naar bodem per ton GCV (mg/ton GCV)		
	Slak	Vliegas	RgRR
As	0,25	0,20	0,03
Cd	1,08	5,82	0,2
Cr	1237,8	36,68	5,05
Cu	458	366,78	4,2
Hg	-	0,06	0,58
Ni	115,1	18,42	2,32
Pb	689	550,98	6,32
Zn	1834	1467,11	16,82
Cl	4821	2760	-
S	97,46	6432,53	345,02

Tabel 5.25 Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen ten behoeve van gevoeligheidsanalyse

Comp.	Emissies naar bodem per ton gemengd GCV (g/ton GCV)			Emissies naar bodem per ton kunststofhoudend GCV (g/ton GCV)		
	Slak	Vliegas	RgRR	Slak	Vliegas	RgRR
As	0,00019	0,000062	0	0,00036	0,00012	0
Cd	0,00056	0,0010	0	0,0011	0,0019	0
Cr	0,0096	0,0031	0	0,018	0,0058	0
Cu	0,029	0,0092	0	0,055	0,017	0
Hg	0	0,0000045	0	0	0,0000085	0
Ni	0,0019	0,00062	0	0,0036	0,0012	0
Pb	0,077	0,025	0	0,15	0,047	0
Zn	0,19	0,062	0	0,36	0,12	0

5.10 Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen

Uitsparing kolen/stookolie en mergel cementoven

De fracties sludge en kunststoffen worden ingezet als brandstof in de cementindustrie. Verbranding van deze afvalstoffen met een stookwaarde van 7,5 resp 40 MJ/kg levert een bijdrage aan de energievoorziening van het cement-productieproces. Er van uitgaande dat 1 MJ afvalstoffen 1 MJ primaire brandstof vervangt, wordt per ton gemengd GCV een hoeveelheid primaire brandstof met een energie-inhoud van $0,575 \cdot 7,5 + 0,225 \cdot 40 = 13,3$ GJ bespaard. Voor kunststofhoudend GCV is de besparing $0,575 \cdot 7,5 + 0,425 \cdot 40 = 21,3$ GJ.

De vermeden milieu-ingrepen bij de winning/productie van deze hoeveelheid primaire brandstof wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database. In het kader van deze LCA wordt als primaire brandstof uitgegaan van hoogzwavelig kolen. In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal uitgegaan worden van stookolie. De stookwaarde van 1 ton kolen bedraagt 17.000 MJ (TNO, 1996). Per ton gemengd GCV wordt derhalve 0,78 ton kolen uitgespaard en per ton kunststofhoudend GCV 1,3 ton kolen.

In het geval van stookolie (met een stookwaarde van 40.600 MJ/ton) is sprake van een uitsparing van 0,33 ton bij gemengd GCV en 0,52 ton bij kunststofhoudend GCV.

De verwerking van de reststoffen kunststof en sludge in een cementoven resulteert niet in vaste reststoffen. De vliegashoudende rookgasreiniging wordt aan de klinker toegevoegd en wordt dus als onderdeel van het product afgevoerd. De verwerking van de GCV- reststromen levert dus een bijdrage aan de vorming van cement. Deze bijdrage wordt bepaald door de asrest van de reststromen. Sludge heeft een asrest van 0,55 ton/ton. Kunststof heeft een asrest van 0,1 ton/ton. Per ton gemengd GCV ontstaat 0,575 ton sludge en 0,225 ton kunststof en per ton kunststofhoudend GCV 0,575 ton sludge en 0,425 ton kunststof. Gelet op de asrest van deze reststromen is aangenomen dat uit 1 ton gemengd GCV 0,34 ton en uit 1 ton kunststofhoudend GCV 0,36 ton klinker inclusief vliegashoudende rookgas ontstaat. Hiermee wordt de inzet van deze hoeveelheden aan mergel/kalksteenmeel vermeden. Echter door de inzet van GCV-reststromen in de cementindustrie wordt de inzet van kolen vermeden. Hoogzwavelig kolen dragen op grond van de asrest (0,4 ton per ton) bij aan de vorming van cement. Door de vermeden inzet van 0,78 ton kolen (in het geval van gemengd GCV) en van 1,3 ton kolen (in het geval van kunststofhoudend GCV) wordt dus 0,31 ton respectievelijk 0,50 ton minder cement geproduceerd. Al met al betekent dit dus dat 1 ton gemengd GCV in werkelijkheid slechts de inzet van 0,34 – 0,31 = 0,03 ton mergel vermijdt. Voor gemengd GCV is zelfs een extra hoeveelheid van 0,50 – 0,36 = 0,14 ton mergel nodig. In het geval van stookolie (bevat geen asrest) wordt per ton GCV een hoeveelheid mergel vermeden die gelijk is aan de asrest.

De milieu-ingrepen bij de winning van mergel/kalksteenmeel worden als negatieve milieu-ingrepen opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database.

In tabel 5.26 staat een overzicht van de bespaarde hoeveelheden brandstof en mergel/kalksteenmeel.

Tabel 5.26 Bespaarde brand-/grondstoffen bij verwerking sludge en kunststof in cementoven

	Besparing brandstoffen/grondstoffen			
	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (ton)		Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (ton)	
	brandstof	mergel	brandstof	mergel
Vervanging kolen	0,78	0,03	1,3	-0,14
Vervanging stookolie	0,33	0,34	0,52	0,36

Uitsparing primair metaal

De metaalfractie van 0,2 ton per ton GCV wordt hergebruikt. Dit betekent dat de productie van primair metaal wordt uitgespaard. De hiermee gepaard gaande vermeden milieu-ingrepen worden op basis van SimaPro meegenomen.

5.11 Finaal afval

In de verwerkingsoptie cryogene behandeling en verwerking reststoffen in de cementoven ontstaat geen te storten afval.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse worden de hoeveelheden te storten afval gegeven die ontstaan in het geval de sludge en de kunststoffractie worden verbrand in plaats van verwerkt in de cementoven. In tabel 5.27 staan de hoeveelheden te storten afval weergegeven. Op basis van de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 5.3) zijn per ton GCV (gemengd en kunststofhoudend) de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 5.27 Hoeveelheden te storten afval ten behoeve van gevoeligheidsanalyse

Te storten afval	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (kg)
DTO-slak	253	253
DTO-vliegas	74,3	74,3
DTO-RgRR	12,7	12,7
AVI-vliegas	2,4	4,6
AVI-RgRR	0,0092	0,017

5.12 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn:

- het effect op de milieu-ingrepen bij LETO van de verwerking van verschillende soorten GCV (m.n. gemengd en kunststofhoudend);
- het effect van de opslag van de secundaire brandstof (sludge en kunststof) in plaats van primaire brandstof (kolen of stookolie) bij de cementoven op het ruimtebeslag;
- het effect van de vervanging van kolen (of stookolie) door secundaire brandstof (sludge en kunststof) op het energieverbruik in de voorbereiding (mengen van grondstoffen en brandstoffen);
- de emissies van de verwerking van zaagsel (in cementoven en DTO) in vergelijking met de reguliere verwerking.

6. ALTERNATIEF SHREDDEREN EN SPOELEN

Het hierna beschreven proces is niet meer operationeel. Het betreft de minimumstandaard ten tijde van (TNA, 1996). Gemengd GCV wordt geshredderd en gespoeld. De voormalige installatie van ATM wordt als referentie-installatie gebruikt.

6.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer GCV

GCV wordt verspreid over het land ingezameld. Kga/kca – inzamelaars spelen hierbij een belangrijke rol. Transport naar de verwerker geschiedt in grote volumina.

B. Bewerking in VBI

In een oplosmiddel-verf behandelinstallatie (VBI) wordt het GCV na inertisatie met stikstof eerst versnipperd. Vervolgens wordt het versnipperde materiaal in 3 wasstappen gespoeld met verfslib en organische (afval)oplosmiddelen (dit betreft afvalstoffen die anders direct in een draaitrommeloven (DTO) zouden worden verbrand). Dit resulteert in een metaalfractie, een kunststoffractie en een verfslib met oplosmiddelen. Metaal- en kunststofsippers worden nagespoeld met schoon water, waarna de snippers door middel van een magneetband gescheiden worden in een metaal- en kunststoffractie.

Het afvalwater dat in de VBI vrijkomt wordt verder behandeld in de afvalwaterzuiveringsinstallatie (AWZI) van ATM. Hierbij komt bioslib vrij dat na indikking wordt gestort. Tevens komt er oliehoudend slib vrij dat verder verwerkt wordt in de sludgeverwerkingsinstallatie (SOVI) van ATM.

C. Afvoer reststoffen/producten

De metaalfractie wordt afgevoerd ten behoeve van recycling. De kunststoffractie wordt verbrand in een AVI terwijl verfslude verbrand wordt in een draaitrommeloven (DTO).

D. Recycling metaal

Het metaal wordt bij Corus Staal opnieuw gesmolten en samen met primaire grondstoffen verwerkt tot nieuw staal.

E. Verbranding reststromen

De kunststoffractie wordt in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) en de sludge in een DTO verwerkt. Zie voor de beschrijving van het proces in een DTO hoofdstuk 8.

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 vlieggas en rookgasreinigingsresidu.

F. Nuttige toepassing slak

De AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal.

G. Stort reststoffen AVI

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

H. Afvoer reststoffen DTO

De reststoffen slak, vliegashoudend en rookgasreinigingsresidu worden afgevoerd voor verdere verwerking.

I. Immobilisatie en stort reststoffen DTO

De slakken van een DTO worden als C₃-afval gestort. Het rookgasreinigingsresidu en de vliegashoudend worden eerst geïmmobiliseerd door menging met cement. Het immobilisatiedeel van vliegashoudend wordt gestort als C₃-afval. Het immobilisatiedeel van het rookgasreinigingsresidu wordt in een apart compartiment voor geconditioneerd C3-afval gestort.

Alternatieve route in het kader van een gevoeligheidsanalyse:

J. Toepassing in cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar de mogelijkheid van verwerking van de kunststof- en sludgefractie in de cementoven. (zie voor procesbeschrijving hoofdstuk 5)

6.2 Massabalans

Tabel 6.1 bevat de massabalans van de verwerkingsinstallatie van ATM, uitgaande van 1 ton GCV.

Uitgegaan is van input- en outputgegevens zoals weergegeven in de TNO-rapporten (TNO, 2000a) en (TNO, 2000b). Het betreft de situatie bij ATM ten tijde van het opstellen van het MER voor het MJP-GA II (TNO, 1996):

- verwerking van 20.000 ton GCV per jaar samen met 3000 ton verfslude en 10.000 ton bulksolventen (als spoelvlloeistoffen)
- de input wordt gesplitst in 4000 ton metaal, 4500 ton plastic en 24.500 ton sludge (is 14.500 verfslude plus 10.000 solventen)
- nareiniging van metaal en plastic met 60.000 m³ afvalwater.

Daarnaast wordt 2500 kg vloeibare stikstof per jaar gebruikt. Uitgaande van 20.000 ton verwerkte GCV per jaar is dit 0,125 ton per ton GCV. De stikstof verdwijnt na gebruik in de lucht. Deze stroom is niet opgenomen in de massabalans.

Voor kunststofhoudend GCV is een aparte massabalans opgesteld gebaseerd op de samenstelling zoals gegeven in hoofdstuk 2.

Tabel 6.1: Massabalans verwerking GCV in VBI

	Gemengd GCV (ton/ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (ton/ton GCV)	Bestemming	
			normaal	gevoeligheidsanalyse
Input				
GCV	1	1		
Solventen	0,65	0,65		
Afvalwater	3	3		
Output				
Sludge (verfslib)	1,23 ^{*)}	1,23 ^{*)}	DTO	Cementindustrie.
Metaalfractie	0,2	0	Recycling	Recycling
Kunststoffractie	0,225	0,425	AVI	Cementindustrie.
Afvalwater	3	3	Lozing	Lozing

*) de hoeveelheid sludge bestaat uit 0,575 ton verfslib afkomstig van de GCV en 0,65 ton solventen

De gegevens van ATM betreffen de milieu-ingrepen voor gemengd GCV. Wegens gebrek aan gegevens is aangenomen dat deze voor kunststofhoudend GCV vergelijkbaar zijn. Voor de milieu-ingrepen bij ATM wordt dus geen onderscheid gemaakt in gemengd en kunststofhoudend GCV.

Voor de massabalans van DTO zie hoofdstuk 8, paragraaf 8.2. De massabalans van de AVI staat weergegeven in tabel 6.2 (zie ook achtergronddocument A1).

Tabel 6.2: Overzicht verdeling van componenten (in procenten) voor de AVI

	lucht (%)	water (%)	slak (%)	vliegias (%)	RgRR (%)
As	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Cd	0,5	0	50	45	4,5
Cr	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Cu	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Hg	3	0	0	5	92
Ni	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Pb	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Zn	0,07	0	85,53	13,7	0,7
Cl	0,2	0	10	20	69,8
S (SO ₂) ¹⁾	0,6 ²⁾	0	59,7	20	20

¹⁾ bij samenstelling S, bij emissie SO₂

²⁾ 0,3% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 0,6% is als SO₂

6.3 Ruimtebeslag

Verwerking bij ATM

Het ruimtebeslag van de spoelininstallatie bij ATM, inclusief opslag, wordt ingeschat op 5.000 m². In de spoelininstallatie wordt jaarlijks 20.000 ton GCV verwerkt. Dit betekent dat het fysieke ruimtebeslag 0,25 m² j per ton GCV bedraagt.

Het afvalwater wordt verwerkt in de AWZI van ATM. De AWZI (4.000 m²) verwerkt 300.000 ton afvalwater waarvan 60.000 ton afkomstig uit de spoelininstallatie (zijnde 20%) (TNO, 2000b). Het ruimtebeslag is dus 4.000 / 300.000 = 0,013 m² jr.

De AWZI genereert 5.000 ton VBI gerelateerd slib per jaar dat in de SOVI wordt verwerkt. De totale verwerkingscapaciteit van de SOVI bedraagt 75.000 ton per jaar (TNO, 2000b). De SOVI

heeft een oppervlak van circa 500 m². Op grond hiervan kan worden gesteld dat het fysiek ruimtebeslag van de SOVI per ton GCV $5.000/75.000 * 500 / 20.000 = 0,0017$ m²jr bedraagt. Uit bovenstaande blijkt derhalve dat het fysieke ruimtebeslag bij de primaire afvalverwerker per ton GCV 0,26 m²jr bedraagt.

Naast deze vorm van direct ruimtebeslag is er ook sprake van ruimtebeslag ten gevolge van de verwerking van reststromen in andere installaties.

Stort AWZI- en SOVI-slib

Slib uit de AWZI en SOVI wordt gestort. De jaarlijkse hoeveelheid ten gevolge van de verwerking van GCV zijn 700 ton bioslib uit de AWZI en 800 ton slib uit de SOVI (TNO, 2000b). Per ton GCV is dit 0,075 ton slib..

Uitgaande van een storthoogte van 15 m, een dichtheid van 1.100 kg/m³ en een te beschouwen periode van 100 jaar, is het ruimtebeslag voor de stort van 0,075 ton slib: $0,075/15/1,1 * 100 = 0,45$ m²jr.

Verwerking sludge in DTO

Daarnaast wordt het sludge uit de VBI verwerkt in een DTO. Uitgaande van een oppervlak van 40.000 m² bij een capaciteit van 100.000 ton per jaar bedraagt het fysieke ruimtebeslag per ton sludge 0,4 m²jr.

Per ton GCV wordt 1,23 ton sludge verwerkt. Dit is inclusief de toegevoegde 0,65 ton solventen, die anders direct in een DTO zouden worden verbrand. Daarom is alleen gerekend met de 0,575 ton verfsludge direct afkomstig van de verwerkte GCV. Voor deze stroom is het ruimtebeslag $0,575 * 0,4 = 0,23$ m²jr.

Verwerking reststoffen DTO

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit de DTO wordt uitgegaan van achtergronddocument en de hoeveelheden reststoffen. De hoeveelheden reststoffen zijn bepaald op basis van de gemiddelde verdeling van de asrest in afval over de reststoffen. Volgens deze verdeling komt 80% als slak en 20% als vliegas (83% droge stof). Op basis van de asrest van het verfslib (zie tabel 2.1 samenstelling) zijn de hoeveelheden reststoffen bepaald. Voor het RgRR is aangenomen dat er 20 kg ontstaat per ton verwerkt.

In tabel 6.3 staat het ruimtebeslag van de verschillende verwerkingsstappen van de DTO-reststoffen aangegeven.

Tabel 6.3 Ruimtebeslag van verwerking DTO-reststoffen

Verwerking	Ruimtebeslag Per ton afval/reststof	Ruimtebeslag per ton GCV (m ² jaar)
Stort DTO-slak	8	2,0
Immobilisatie + stort DTO-vliegas	7,81	0,49
Immobilisatie + stort DTO-RgRR	7,31	0,0084

Verwerking kunststof in AVI

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 m²jr. In het geval van gemengd GCV is de hoeveelheid kunststof 0,225 ton/ton GCV. Dit leidt tot een fysiek ruimtebeslag van 0,0099 m²jr. Bij kunststofhoudend GCV is de hoeveelheid kunststof 0,425 ton/ton GCV en het ruimtebeslag van verbranding dus 0,019 m²jr.

Verwerking AVI-reststoffen

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit een AVI wordt uitgegaan van achtergronddocument A1 en de hoeveelheden reststoffen. De hoeveelheden reststoffen zijn bepaald op basis van de gemiddelde verdeling van de asrest in afval over de reststoffen. Volgens deze verdeling komt 92,6% als slak en 7,4% als vliegias. Op basis van de asrest van het kunststof (zie tabel 2.1 samenstelling) zijn de hoeveelheden reststoffen bepaald.

AVI-slak wordt nuttig toegepast als ophoogmateriaal. Aangenomen is dat dit geen extra ruimte kost ten opzichte van het gebruik van regulier ophoogmateriaal (zand). Het ruimtebeslag is dus op nul gesteld.

In tabel 6.4 staat het ruimtebeslag van de verschillende verwerkingsstappen van de AVI-reststoffen aangegeven.

Tabel 6.4 Ruimtebeslag van verwerkingsstappen AVI-reststoffen

Verwerking	Ruimtebeslag per ton afval/reststof	Ruimtebeslag per ton gemengd GCV (m ² jaar)	Ruimtebeslag per ton kunststofhoudend GCV (m ² jaar)
Nuttige toepassing AVI-slak	0	0	0
Immobilisatie + stort AVI-vliegias	9,71	0,016	0,031
Stort AVI-RgRR	14	0,000074	0,00014

Gevoeligheidsanalyse: verwerking sludge en kunststof in cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is de verwerking van kunststof en sludge in een cementoven bekeken. Het ruimtebeslag hiervan wordt echter niet meegenomen, omdat er van wordt uitgegaan dat het ruimtebeslag bij toepassing van primaire brand/-grondstoffen hetzelfde is.

Onduidelijk is in hoeverre het vervangen van primaire brandstoffen wel leidt tot een aanpassing van het ruimtebeslag tengevolge van opslagfaciliteiten. Vanwege een verschil in stookwaarden zijn de benodigde hoeveelheden verschillend. Wegens gebrek aan informatie op dit punt wordt dit buiten beschouwing gelaten en aangemerkt als een leemte in kennis.

6.4 Transport

In de beschouwde verwerkingsoptie vindt transport per as plaats van GCV naar de inrichting voor verwerking. Tevens worden de bedrijfsmiddelen (vloeibare stikstof, solventen en afvalwater) per as aangevoerd. Daarnaast is het transport voor de verwerking van de reststoffen van belang.

Aanvoer GCV

Voor het transport van het GCV naar de verwerkers wordt uitgegaan van één verwerker die GCV 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. De GCV wordt per vrachtauto aangevoerd in vrachten van 12,5 ton (ATM, 2000).

Aanvoer bedrijfsmiddelen

Vloeibare stikstof wordt in Nederland op twee locaties geproduceerd. De gemiddelde afstand is daarmee 100 km (heen en terug). Stikstof wordt aangevoerd in tankwagens in vrachten van 25 ton (ATM, 2000).

Voor de solventen (verfsludge en oplosmiddelen) en voor het afvalwater is aangenomen dat deze op veel plaatsen vrijkomen. Hiervoor is de minimale afstand van 35 km (heen en terug) genomen. De aanvoer geschiedt in vrachten van 25 ton (ATM, 2000).

Afvoer producten/reststoffen

Voorts worden de producten/reststoffen afgevoerd. Per ton GCV wordt 1,23 ton sludge (bestaande uit 0,575 ton verfslib direct afkomstig van GCV en 0,65 solventen) naar een DTO afgevoerd. Hierbij is echter alleen de hoeveelheid van 0,575 ton verfslib meegerekend. De 0,65 ton solventen zou namelijk anders ook in een DTO worden verwerkt. De hoeveelheid afgevoerd kunststof naar een AVI is voor kunststofhoudend GCV 0,425 ton/ton GCV en voor gemengd 0,225 ton/ton GCV.

Uitgaande van 11-15 AVI's is de gemiddelde transportafstand heen en terug 40 km. Voor afvoer naar een DTO is de gemiddelde transportafstand van een willekeurige plaats in Nederland naar de AVR genomen, te weten 150 km (heen en terug). De sludge wordt in vrachten van 25 ton, de kunststoffractie in vrachten van 20 ton afgevoerd (ATM, 2000).

Daarnaast wordt 0,075 ton slib uit de AWZI en de SOVI in vrachten van 20 ton afgevoerd naar een C3-stort (ATM, 2000). Uitgaande van 11-15 C3-stortplaatsen, wordt met een transportafstand van 40 km (heen en terug) gerekend.

Per ton GCV wordt 0,2 ton metaal afgevoerd in vrachten van 20 ton (ATM, 2000). Voor de transportafstand naar een metaalrecyclingbedrijf wordt uitgegaan van 150 km op basis van afvoer van het metaal van een willekeurige plaats in Nederland naar Corus Staal.

Door het niet aanvoeren van primair metaal is er ook vermeden transport. De omvang daarvan is reeds verdisconteerd in de gebruikte Simapro-database.

Verwerking sludge in DTO

De hoeveelheden verbruikte bedrijfsmiddelen voor verwerking van de sludge in een DTO zijn toegelicht in paragraaf 6.6. Gezien de geringe hoeveelheden hiervan zijn deze niet meegenomen. De effecten van transport hiervan zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de totale getransporteerde hoeveelheid materiaal.

De reststoffen uit de DTO worden (geïmmobiliseerd en) gestort. Op dit moment vindt immobilisatie en stort uitsluitend bij VBM plaats. De transportafstand tussen DTO en VBM bedraagt circa 5 km, waardoor de transportafstand (heen en terug) op 10 km wordt gesteld. Ten behoeve van de immobilisatie van vliegias en RgRR wordt cement aangevoerd. Hiervoor is uitgegaan van een transportafstand van 300 km en een verbruik van 95 kg cement per ton vliegias en 100 kg per ton RgRR (zie ook achtergronddocument A1). Op basis van de transport-

gegevens en de hoeveelheden reststoffen (zie paragraaf 6.3) zijn de hoeveelheden tonkm's bepaald (zie tabel 6.5).

Verwerking kunststof in AVI

De hoeveelheden verbruikte bedrijfsmiddelen bij verwerking van de kunststoffractie in een AVI zijn toegelicht in paragraaf 6.6. Gezien de geringe hoeveelheden hiervan zijn deze niet meegenomen bij transport. De effecten van transport hiervan zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de totale getransporteerde hoeveelheid materiaal.

Voor de milieu-ingrepen van de verwerking van de reststoffen van een AVI wordt verwezen naar achtergronddocument A1. Op basis van de hierin gegeven waarden voor transport (tonkm) en de hoeveelheden AVI-reststoffen (zie paragraaf 6.3) is het transport bepaald per ton GCV. Hieruit blijkt dat de transporthoeveelheden voor de verwerking van AVI-vliegass en AVI-RgRR, gezien de geringe hoeveelheden hiervan, verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de totale hoeveelheden transport. Voor de nuttige toepassing van AVI-slak is uitgegaan van 75 km.

Gevoeligheidsanalyse: verwerking sludge en kunststof in cementoven

Voor de transportafstand naar de cementindustrie wordt uitgegaan van 300 km (heen en terug) en voor het vermeden transport van primaire brandstoffen naar de cementoven wordt een afstand van 200 km aangehouden en vrachten van circa 16 ton (zie voor toelichting hoofdstuk 5, paragraaf 5.4).

Overzicht transport

In tabel 6.5 is een overzicht gegeven van de transportafstanden (totaal heen en terug) en de transporthoeveelheden in tonkilometers (tkm) per ton GCV.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database.

Tabel 6.4 Transport per ton GCV

Materiaalstroom	Gemiddeld transport		
	Afstand (km)	Gemengd GCV (tkm/ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (tkm/ton GCV)
Aanvoer GCV	150	150	150
Aanvoer vloeibare stikstof	100	12,5	12,5
Aanvoer solventen	35	22,8	22,8
Aanvoer afvalwater	35	105	105
Afvoer AWZI- en SOVI-slib	40	3	3
Afvoer sludge	150	86	86
Afvoer kunststof	40	9	17
Afvoer metaal	150	30	-
Afvoer DTO-slakken	10	2,5	2,5
Afvoer DTO-vliegas	10	0,63	0,63
Afvoer DTO-rgrr	10	0,12	0,12
Aanvoer cement DTO-vliegas	300	1,8	1,8
Aanvoer cement DTO-rgrr	300	0,35	0,35
Afvoer AVI-slak	75	1,6	3,0
Vermeden transport zand			
land	35	0,73	1,4
water	50	1,04	1,97
Gevoeligheidsanalyse: verwerking reststoffen in cementoven:			
Afvoer sludge/kunststof	300	291	351
Vermeden transport kolen	200	-148	-220

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

6.5 Energie

Verwerking bij ATM

De verbruikte hoeveelheden energie per ton GCV door de verschillende installaties van de verwerkingsinrichting zijn bepaald op basis van energiegegevens bij ATM, zoals deze gebruikt zijn in de LCA bij het MER van ATM (TNO, 2000b).

Het elektriciteitsverbruik van de VBI is 10,5 TJ per jaar. Uitgaande van de verwerking van 20.000 ton GCV per jaar is dit 525 MJ (146 kWh) per ton GCV. In de LCA wordt uitgegaan van 23.000 ton GCV per jaar. Dit is echter inclusief 3.000 ton verfslib die gebruikt wordt voor spoeling van het GCV. Daarom is in dit MER gerekend met 20.000 ton GCV.

De AWZI verbruikt 21 TJ elektriciteit per jaar. Hierbij is 300/788 deel van het generieke elektriciteitsverbruik (8 TJ) bij opgeteld, vanwege het feit dat de AWZI 300 kton van de 788 kton afval bij ATM verwerkt. In totaal is het verbruik dus 23,8 TJ. Omdat de AWZI 60 kton afvalwater afkomstig van de VBI verwerkt, is 60/300 van de door de AWZI verbruikte elektriciteit toegerekend aan GCV. Uitgaande van 20.000 ton GCV per jaar is dit 238 MJ (66 kWh) per ton GCV.

De SOVI verbruikt 13 TJ elektriciteit per jaar. Hierbij is 75/788 deel van het generieke elektriciteitsverbruik van 8 TJ bij opgeteld naar rato van de verwerkte hoeveelheid afval door de SOVI ten opzichte van de totale hoeveelheid afval bij ATM. In totaal is het verbruik dus 13,8 TJ

per jaar. Van de 75 kton door de SOVI verwerkt slib is 5 kton VBI-gerelateerd. Het elektriciteitsverbruik is naar rato aan GCV toegerekend. Bij een totale hoeveelheid van 20.000 ton verwerkte GCV per jaar, is dit 46 MJ (13 kWh) per ton GCV.

De VBI heeft een gasverbruik van 0,63 TJ per jaar. Daarnaast verbruikt de installatie 4% van de 170 TJ algemeen opgewekte stoom binnen ATM. In totaal is het warmteverbruik van de VBI 7,51 TJ. Uitgaande van 20.000 ton GCV per jaar is dit 376 MJ/ton GCV.

De AWZI verbruikt 20% van de 170 TJ per jaar opgewekte stoom binnen ATM, dit is 34 TJ/jaar. Daarnaast is 300/788 deel van het generieke gasverbruik voor verwarming van het bedrijf (6 TJ) aan de AWZI toegerekend. In totaal is het warmteverbruik daarmee 36,7 TJ. Aan de verwerking van GCV wordt 60/300 toegerekend. Bij een totale hoeveelheid van 20.000 ton GCV is dit 367 MJ/ton GCV.

De SOVI verbruikt 35% van de 170 TJ/jaar binnen ATM opgewekte stoom: 59,5 TJ/jaar. Daarnaast is een deel van het algemene warmteverbruik van het bedrijf naar rato aan de SOVI toegerekend. In totaal is het verbruik 60,3 TJ. Aan de verwerking van GCV wordt 5/75 toegerekend. Bij een totale hoeveelheid van 20.000 ton GCV is dit 201MJ/ton GCV.

Verwerking sludge in DTO

Voor het energieverbruik en de energieproductie bij de verwerking van afval in een DTO wordt verwezen naar hoofdstuk 8, paragraaf 8.6. Hieruit blijkt dat per ton afval 1595 MJ elektriciteit en 6,1 m³ gedestilleerd water worden geproduceerd, bij een gemiddelde stookwaarde van 15 MJ/kg.

Per ton GCV komt 1,23 ton sludge vrij (dit is 0,575 ton verfludge afkomstig van de GCV en 0,65 ton solventen). Hier is alleen gerekend met de 0,575 ton verfludge, omdat de 0,65 ton solventen anders ook in de DTO zouden zijn verwerkt. Op basis van de calorische waarde van de sludge van 7,5 MJ/kg is de elektriciteitsproductie $(7,5/15) \cdot 1595 \cdot 0,575$ MJ = 459 MJ per ton GCV. De geproduceerde hoeveelheid gedestilleerd water is $(7,5/15) \cdot 6,1 \cdot 0,575 = 1,8$ m³.

Bovenstaande hoeveelheid elektriciteit hoeft 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.

Energieverbruik bij verwerking reststoffen DTO

Onder verwijzing achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie paragraaf 6.3) zijn de energieverbruiken voor immobilisatie en stort bepaald. Deze staan in tabel 6.6 weergegeven.

Tabel 6.6 Energieverbruik immobilisatie en stort DTO-reststoffen

	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton GCV
Stort slak	60 MJ	15 MJ
Immobilisatie vliegas	4,3 kWh	0,27 kWh
Stort vliegas	71 MJ	4,5 MJ
Immobilisatie RgRR	6,9 kWh	0,079 kWh
Stort RgRR	66 MJ	0,76 MJ

Verwerking kunststof in AVI

Bij de verbranding van afval in een AVI wordt uitgegaan van een netto-energie rendement van 22%. Op basis van de calorische waarde van de kunststoffractie van 40 MJ/kg en de hoeveelheden verwerkte kunststof (bij gemengd en bij kunststofhoudend GCV), is de energieproductie per ton GCV bepaald. Een en ander staat weergegeven in tabel 6.7.

Tabel 6.7 Energieproductie bij verbranding kunststof in AVI

Energieproductie	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (MJ)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (MJ)
Elektriciteit	1980	3740

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.

Energieverbruik verwerking reststoffen AVI

Met behulp van de gegevens uit achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde AVI-reststoffen (zie paragraaf 6.3) zijn de energieverbruiken voor de verwerking van de reststoffen bepaald. Deze staan in tabel 6.8 weergegeven.

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

Tabel 6.8 Energieverbruik verwerking AVI-reststoffen

Verwerking	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton gemengd GCV	Verbruik per ton kunststofhoudend GCV
Nuttige toepassing slak	0	0	0
Immobilisatie vliegias	5,2 kWh	0,0087 kWh	0,016 kWh
Stort vliegias	87 MJ	0,14 MJ	0,27 MJ
Stort RgRR	105 MJ	0,00055 MJ	0,0010 MJ

Gevoeligheidsanalyse: verwerking sludge en kunststoffractie in cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar de optie van verwerking van de reststoffen in een cementoven. Deze toepassing als secundaire brandstoffen brengt geen energieverbruik met zich mee. Onduidelijk is in hoeverre het energieverbruik van de voorbereiding, mengen van brandstof en grondstof, zal afwijken van de situatie waarin een reguliere brandstof wordt gebruikt.

Zie voor vermeden primaire brandstoffen paragraaf 6.10.

6.6 Bedrijfsmiddelen

Verwerking bij ATM

Voor de inertisatie van het GCV wordt 2500 ton vloeibare stikstof (N₂) gebruikt (TNO, 2000a). Per ton GCV is dit 125 kg.

De overige bedrijfsmiddelen die door ATM worden gebruikt zijn reststromen uit andere processen (solventen, afvalwater) en worden derhalve in het kader van deze LCA buiten beschouwing gelaten.

Verwerking sludge in DTO

De rookgasreiniging van een DTO verbruikt natronloog (NaOH), kalk (Ca(OH)₂), ammoniak en actief kool. De toe te rekenen hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Voor de wijze van berekenen wordt verwezen naar achtergronddocument A1 van het MER-LAP.

Tabel 6.9 Bedrijfsmiddelen rookgasreiniging DTO

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton GCV (kg)
Natronloog (20%)	0,056
Kalk	0,15
Actief kool	11,1
Ammoniak	0,345

Het gemiddelde verbruik aan bedrijfsmiddelen van de afvalwaterbehandelingsinstallatie bij de DTO is weergegeven in tabel 6.10 (zie voor toelichting hoofdstuk 8, paragraaf 8.6).

Tabel 6.10. Bedrijfsmiddelen afvalwaterbehandelingsinstallatie

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton afval (kg)	Verbruik per ton GCV (kg)
Zoutzuur 20%	0,52	0,30
Natriumbisulfiet	0,06	0,035
Natriumsulfide 13%	0,37	0,21
Poly-elektrolyt	0,01	0,0058
Osmo Treatment 35	0,03	0,017

Verwerking reststoffen DTO

De geproduceerde slakken, vliegias en rookgasreinigingsresidu (RgRR) worden (na immobilisatie) gestort. Voor het immobiliseren van vliegias en RgRR is cement nodig. Uitgaande van achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie paragraaf 6.3) zijn de hoeveelheden cement bepaald. Deze zijn weergegeven in tabel 6.11.

Tabel 6.11 Cementverbruik verwerking reststoffen

Verwerking	Hoeveelheid cement per ton reststof (kg)	Hoeveelheid cement per ton GCV (kg)
Immobilisatie vliegias	95	6,0
Immobilisatie RgRR	100	1,15

Verwerking kunststof in AVI

De rookgasreiniging van een AVI verbruikt natronloog (NaOH), kalk (Ca(OH)₂) en ammoniak. De hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Uitgaande van de samenstelling van GCV (zie tabel 2.1) bevat het kunststof geen halogenen en zwavel. Het verbruik van natronloog en kalk wordt daarom op nul gesteld.

Conform achtergronddocument A1 bij het MER-LAP wordt de benodigde hoeveelheid NH₄OH ingeschat op 0,557 kg voor gemengd GCV's en 0,016 kg voor kunststofhoudend GCV's. De hoeveelheid actief kool is respectievelijk 1,05 kg en 0,055 kg.

Verwerking reststoffen AVI

De geproduceerde vliegashoudend residu wordt na immobilisatie gestort. Voor het immobiliseren is cement nodig. Het rookgasreinigingsresidu (RgRR) wordt gestort in big-bags met een extra PE-afdekhoes en zand. Gezien de zeer geringe hoeveelheid RgRR worden deze bedrijfsmiddelen verder buiten beschouwing gelaten. Zie verder tabel 6.12 voor de hoeveelheid cement.

Tabel 6.12: Bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen AVI

	Hoeveelheid per ton reststof (kg)	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (kg)
Immobilisatie vliegashoudend residu - cement	100	0,17	0,31

Gevoeligheidsanalyse: verwerking sludge/kunststof in cementoven

Voor de toepassing van de reststoffen sludge en kunststof in een cementoven worden geen bedrijfsmiddelen ingezet.

6.7 Emissies naar lucht

Emissies bij verwerking GCV

In tabel 6.13 zijn de emissies naar lucht weergegeven die ontstaan bij de verwerking van 1 ton GCV. In de tabel is een uitsplitsing gemaakt naar VBI, AWZI en SOVI. De emissies zijn afgeleid uit de gegevens zoals deze gebruikt zijn in de door TNO uitgevoerde LCA (TNO, 2000b). In dit TNO-rapport zijn de emissies per jaar gegeven. Op basis van 20.000 ton verwerkt GCV zijn deze omgerekend naar emissies per ton GCV.

Tabel 6.13: Emissies naar de lucht VBI, AWZI en SOVI (kg/ton GCV)

Component	VBI	AWZI	SOVI
Cl (HCl)	1,11E-02		
S (SO _x)	3,26E-02		
N (NO _x)	5,50E-02		
CO ₂	1,66E+01		
CO	1,00E-02		
C _x H _y	5,00E-01 *	3,00E-02	6,00E-03
Benzeen	7,00E-04		

* in het kader van een gevoeligheidsanalyse wordt 0,65 kg/ton GCV diffuse emissies extra meegenomen

De emissies van C_xH_y vormen een belangrijk aandachtspunt bij de verwerkingsoptie spoelen. De afgassen worden behandeld met een regeneratieve oxidatie-unit (REOX). De emissies in tabel 6.13 geven de emissies uit de REOX weer.

Daarnaast ontstaan diffuse emissies. In het MER van ATM (ATM, 2000) wordt een hoeveelheid van 13 ton C_xH_y per jaar rond de VBI genoemd. Deze diffuse emissies komen echter niet terug in de gegevens in (TNO, 2000b).

In het kader van een gevoeligheidsanalyse wordt deze extra hoeveelheid meegenomen. Per ton GCV is dit 0,65 kg C_xH_y .

Emissies verbranding sludge in DTO

Verwerking van sludge in een DTO leidt tot emissies naar de lucht. Voor de bepaling van de emissies is onderscheid gemaakt tussen componentgebonden en procesgebonden emissies (zie toelichting hoofdstuk 8, paragraaf 8.7). Van de sludgehoeveelheid is alleen de direct van de GCV afkomstige verflib meegenomen, d.w.z. 0,575 ton/ton GCV. De spoelvlloeistof (solventen) is hier buiten beschouwing gelaten daar deze normaliter ook in een DTO zou worden verbrand maar nu een omweg neemt via de GCV behandelinstallatie.

Op grond van deze samenstelling van de sludgefractie (tabel 2.1), de hoeveelheid te verbranden sludge en de massabalans voor een DTO zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. De emissiegegevens staan weergegeven in tabel 6.14 en 6.15.

Tabel 6.14 Componentgebonden emissies naar lucht bij verbranding sludge in een DTO

Component	Percentage van input naar lucht (%)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,07	0,72	0,0005
Cd	0,75	8,6	0,065
Cr	0,07	129	0,091
Cu	0,07	1290	0,91
Hg	3	1,29	0,039
Ni	0,07	65	0,046
Pb	0,07	1940	1,36
Zn	0,07	5180	3,62
Cl	0,03	345	0,10
S (SO_2) ¹⁾	0,9 ²⁾	650	5,8
C (CO_2) ¹⁾	100	104.000	3,8 ^{E5}

¹⁾ bij samenstelling S en C, bij emissie SO_2 en CO_2

²⁾ 0,3% van de zwavel gaat naar de lucht, hetgeen 0,6% is als SO_2

Tabel 6.15 Procesgebonden emissies naar lucht bij verbranding sludge in een DTO

Component	Emissie per GJ input (kg)	Emissie (kg/ton GCV)
NO_x	0,12	0,52
CO	0,012	0,052
C_xH_y	0,003	0,013
Dioxines (TEQ)	3E-11	1,3E-10
Fijn stof	0,0018	0,011

Emissies verbranding kunststof in AVI

Verwerking van de kunststoffractie in een AVI leidt tot emissies naar lucht. Op basis van de hoeveelheden kunststof (bij gemengd en bij kunststofhoudend GCV), de samenstelling van de kunststoffractie (zie tabel 2.1) en de massabalans voor een AVI (achtergronddocument A1) zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. Een en ander staat weergegeven in de tabellen 6.16 en 6.17.

Tabel 6.16: Componentgebonden emissies naar lucht bij verbranding kunststof in een AVI

Comp.	Percentage van input naar lucht (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,07	0,45	0,00032	0,85	0,00060
Cd	0,5	2,3	0,0011	4,3	0,021
Cr	0,07	23	0,016	43	0,030
Cu	0,07	68	0,047	128	0,089
Hg	3	0,09	0,0027	0,17	0,0051
Ni	0,07	4,5	0,0032	8,5	0,00060
Pb	0,07	180	0,13	340	0,24
Zn	0,07	450	0,32	850	0,60
C (CO ₂) ¹⁾	100	150.000	5,5E5	283.000	1,0E6

¹⁾ bij samenstelling C, bij emissie CO₂

Tabel 6.17 Procesgebonden emissies naar lucht bij verbranding kunststof in een AVI

Component	Emissie per GJ input (kg)	Emissie per ton gemengd GCV (kg)	Emissie per ton kunststofhoudend GCV (kg)
NO _x	0,036	0,32	0,61
NH ₃	0,0018	0,016	0,031
CO	0,012	0,108	0,204
C _x H _y	0,003	0,027	0,051
Dioxines (TEQ)	3E-11	2,7E-10	5,1E-10
Fijn stof	0,0018	0,016	0,031

Gevoeligheidsanalyse: Emissies bij verwerking reststoffen in een cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar verwerking van de reststoffen in een cementoven. Daarbij worden de sludge- en kunststoffractie ingezet als brandstof. Van de sludgehoeveelheid is alleen de direct van de GCV afkomstige verfslib meegenomen. De spoelvoelstof (solventen) is hier buiten beschouwing gelaten daar deze normaliter ook in een cementoven verbrand kan worden, maar nu een omweg neemt via de GCV behandelinstallatie.

Zie voor de emissies en de vermeden emissies naar lucht bij verwerking in een cementoven hoofdstuk 5, paragraaf 5.7 (het gaat hierbij alleen om de vermeden emissies t.g.v. het niet inzetten van kolen).

6.8 Emissies naar water

Emissies bij verwerking GCV

Emissies naar water zijn bepaald op basis van de samenstelling van het afvalwater afkomstig van de VBI, het volume (60.000 m³) en het reinigingsrendement van de AWZI. Het betreft gegevens zoals gebruikt in een door TNO uitgevoerde LCA (TNO, 2000b). In tabel 6.18 staan de emissies naar water uit de AWZI weergegeven.

Tabel 6.18: Emissies naar water AWZI

Component	Emissie (kg/ton GCV)
As	9,00E-05
Cd	6,00E-06
Cr	3,00E-05
Cu	1,35E-03
Hg	3,00E-06
Ni	3,45E-04
Pb	6,00E-04
Zn	4,95E-03
EOCl	3,00E-03
CZV	3,00E+01

Emissies verbranding sludge in DTO

Verwerking van sludge in een DTO leidt tot emissies naar water. Van de sludgehoeveelheid is alleen de direct van de GCV afkomstige verfslib meegenomen, te weten 0,575 ton/ton GCV. De spoelvoelstof (solventen) is hier buiten beschouwing gelaten daar deze normaliter ook in een DTO zou worden verbrand maar nu een omweg neemt via de GCV behandelinstallatie.

Op grond van deze samenstelling van de sludgefractie (tabel 2.1), de hoeveelheid te verbranden sludge en de massabalans voor een DTO (zie achtergronddocument A1 en hoofdstuk 8, paragraaf 8.2) zijn de emissies bij de verbranding vastgesteld. De emissiegegevens staan weergegeven in tabel 6.19.

Tabel 6.19 Emissies naar water bij verbranding sludge in een DTO

Component	Percentage van input naar water (%)	Input (g/ton GCV)	Emissie (g/ton GCV)
As	0,06	0,72	0,0004
Cd	2,1	8,6	0,18
Cr	0,06	129	0,078
Cu	0,06	1290	0,78
Hg	2	1,29	0,026
Ni	0,06	65	0,039
Pb	0,06	1940	1,2
Zn	0,06	5180	3,1
Cl	69,97	345	241
SO ₄	58,95	650	1149

Emissies verbranding kunststof in AVI

Verwerking van de kunststoffractie in een AVI leidt niet tot emissies naar water, omdat uit is gegaan van een droge rookgasreiniging.

Emissies bij verwerking reststoffen in cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar verwerking van de reststoffen in een cementoven. Daarbij worden de fracties sludge en kunststof ingezet als brandstof. Bij de productie van cement komen geen emissies naar water vrij.

6.9 Emissies naar bodem

Bij ATM zelf ontstaan geen emissies naar bodem. Wel kunnen emissies optreden naar de bodem doordat reststromen zoals slib, vliegias, slak en rookgasreinigingsresidu moeten worden gestort dan wel in werken worden toegepast.

Emissies uit slib van AWZI en SOVI

Het slib uit de AWZI en uit de SOVI wordt gestort. Hieruit kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor deze specifieke slibstromen zijn geen uitloogdata bekend. Dit wordt als een leemte in kennis beschouwd.

Emissies uit reststoffen verbranding sludge in DTO

Bij de stort van de reststoffen uit de DTO kunnen emissies naar de bodem optreden. Op basis van de massabalans voor een DTO is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegias en rookgasreinigingsresidu (RgRR). Op basis van achtergronddocument A1 is vervolgens de uitlogging naar de bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 6.20.

Tabel 6.20 Emissies naar bodem uit reststoffen verbranding sludge in DTO

Component	Emissies naar bodem (mg/ton GCV)		
	Slak	Vliegias	RgRR
As	0,25	0,20	0,03
Cd	1,08	5,82	0,2
Cr	1237,8	36,68	5,05
Cu	458	366,78	4,2
Hg	-	0,06	0,58
Ni	115,1	18,42	2,32
Pb	689	550,98	6,32
Zn	1834	1467,11	16,82
Cl	4821	2760	-
S	97,46	6432,53	345,02

Emissies uit AVI-reststoffen

Bij de stort van AVI-vliegias en bij de nuttige toepassing van AVI-slak kunnen emissies naar de bodem optreden. Voor AVI-RgRR wordt aangenomen dat geen uitlogging 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 (tabel 6.2) is per component bepaald welk deel van de input terecht komt in slak, vliegias en rookgasreinigingsresidu (RgRR). Op basis van achtergronddocument A1 is de uitlogging naar bodem bepaald. De emissies naar de bodem zijn weergegeven in tabel 6.21.

Tabel 6.21 Emissies naar bodem uit AVI-reststoffen

Comp.	Emissies naar bodem per ton gemengd GCV (g/ton GCV)			Emissies naar bodem per ton kunststofhoudend GCV (g/ton GCV)		
	Slak	Vliegas	RgRR	Slak	Vliegas	RgRR
As	0,00019	0,000062	0	0,00036	0,00012	0
Cd	0,00056	0,0010	0	0,0011	0,0019	0
Cr	0,0096	0,0031	0	0,018	0,0058	0
Cu	0,029	0,0092	0	0,055	0,017	0
Hg	0	0,0000045	0	0	0,0000085	0
Ni	0,0019	0,00062	0	0,0036	0,0012	0
Pb	0,077	0,025	0	0,15	0,047	0
Zn	0,19	0,062	0	0,36	0,12	0

Emissies uit cement

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook naar de optie gekeken van verwerking van de kunststof- en sludgefractie in een cementoven.

In theorie zou sprake kunnen zijn van uitlozing vanuit cement. Aangenomen wordt dat deze verwaarloosbaar is, omdat bij de cementproductie sprake is van immobilisatie.

6.10 Uitgespaarde winning/productie van grond- en brandstoffen

Uitsparing primair metaal

De metaalfraction van 0,2 ton per ton GCV wordt hergebruikt. Dit betekent dat de productie van primair metaal wordt uitgespaard. De hiermee gepaard gaande vermeden milieu-ingrepen worden op basis van de SimaPro-database meegenomen.

Uitsparing zand

Met de nuttige toepassing van AVI-slak wordt een even grote hoeveelheid zand uitgespaard.

Gevoeligheidsanalyse: uitsparing kolen/stookolie en mergel cementoven

In het kader van een gevoeligheidsanalyse is ook naar de optie gekeken van verwerking van de kunststof- en sludgefractie in een cementoven. Deze fracties worden ingezet als brandstof, waarmee primaire brandstof wordt bespaard. Door de aanwezige asrest in de sludge-/kunststoffraction wordt ook een hoeveelheid mergel/kalksteenmeel uitgespaard. Zie voor de uitgespaarde hoeveelheden paragraaf 5.10. De vermeden milieu-ingrepen worden op basis van de SimaPro-database meegenomen.

6.11 Finaal afval

In tabel 6.22 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In achtergronddocument A1 van het MER-LAP zijn voor de DTO- en AVI-reststoffen de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen zijn per ton GCV (gemengd en kunststofhoudend) de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 6.22 Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (kg)
DTO-slak	253	253
DTO-vliegas	74,3	74,3
DTO-RgRR	12,7	12,7
AVI-vliegas	2,4	4,6
AVI-RgRR	0,0092	0,017

6.12 Leemten in kennis

Leemten in kennis zijn:

- het effect op de milieu-ingrepen bij ATM van de verwerking van verschillende soorten GCV (m.n. gemengd en kunststofhoudend);
- gegevens met betrekking tot uitloging uit slibstromen AWZI en SOVI bij ATM;
- het effect van de opslag van de secundaire brandstof (sludge en kunststof) in plaats van primaire brandstof (kolen of stookolie) bij de cementoven op het ruimtebeslag;
- het effect van de vervanging van kolen (of stookolie) door secundaire brandstof (sludge en kunststof) op het energieverbruik in de voorbereiding (mengen van grondstoffen en brandstoffen).

7. ALTERNATIEF PYROLYSE/SMELTEN

7.1 Procesbeschrijving

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

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

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

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

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

Voor GCV geldt het volgende verwerkingstraject:

A. Transport

GCV wordt per vrachtwagen aangevoerd naar de verwerkingsinrichting.

B. Opslag

GCV wordt tussentijds opgeslagen in stortbunkers die zich in de ontvangsthal bevinden. In de ontvangsthal wordt de lucht afgezogen en via een stoffilter naar buiten geleid.

C. Zeven en verkleinen

Het GCV wordt eerst gezeefd. De fijne fractie (zeefdoorval) wordt ontijzerd en naar de smelter geleid. Het afgescheiden ijzer en de fractie tot 150 mm (maximale grootte voor het pyrolyseproces) gaat naar de pyrolyse. De rest wordt verkleind in een shredderinstallatie, waarbij water wordt toegevoegd om stofvorming te voorkomen. De verkleinde fractie wordt weer over de zeef geleid.

D. Pyrolyse

In het voorgenomen bedrijfsproces zal gepyrolyseerd worden bij een temperatuur van 500°C. Voor de ondervuring van de pyrolysetrommel wordt schoon synthesegas toegepast. Tijdens de pyrolyse wordt vrijwel al het brandbare materiaal en de halogenen omgezet in gasvormige en vluchtige producten. Alleen een kleine hoeveelheid koolstof blijft achter in het residu. De niet

organische bestanddelen, mineralen en metalen, vormen samen met het kool het pyrolyseresidu. Het pyrolysegas wordt naar een gaskraker gevoerd.

De rookgassen van de ondervuring worden in warmtewisselaars afgekoeld. De afgestane warmte wordt benut voor de productie van verzadigde stoom van 30 bar ten behoeve van de productie van elektriciteit.

E. Vergassing in gaskraker

Het pyrolysegas wordt in een nageschakelde gaskraker bij 1250°C onder toevoeging van industriële zuurstof bij atmosferische condities vergast. De zuurstof wordt in eigen beheer geproduceerd met een PSA (Pressure Swing Absorption, een moleculaire zeef met wisselende druk).

Het synthese gas zal vanwege de hoge temperatuur waarbij vergassing plaatsvindt vrijwel uitsluitend uit CO, H₂, H₂O en CO₂ en daarnaast kleinere hoeveelheden N₂, H₂S, COS en waterstofhaliden. De hoeveelheid methaan en andere koolwaterstoffen zijn verwaarloosbaar.

Het synthese gas wordt door waterinjectie gekoeld tot 950°C en vervolgens in een warmtewisselaar verder gekoeld tot 300°C, waarna het wordt gereinigd. De afgestane warmte wordt benut voor de productie van verzadigde stoom van 30 bar, die wordt gebruikt voor de productie van elektriciteit.

F. Koelen, breken en metaalafscheiding

Het pyrolyseresidu wordt afgekoeld, waarna het wordt gebroken en ontdaan van ijzerschroot en non-ferro schroot. Het schroot wordt afgezet bij de handel voor nuttige toepassing. Het resterende materiaal (cokes) wordt in een bunker gebracht in afwachting van invoer in de smelters.

G. Transport schroot

Het schroot wordt afgevoerd ten behoeve van recycling.

H. Recycling metaal

Het schroot wordt bij Corus Staal opnieuw gesmolten en samen met primaire grondstoffen verwerkt tot nieuw staal.

I. Smelten

Het smeltproces vindt plaats in een pyrometallurgische smeltreactor. De cokes en de zeefdoorval worden met een kleine hoeveelheid flux onder toevoeging van zuurstof (onder eigen beheer geproduceerd, zie bij vergassing) tot een temperatuur van circa 1450°C gebracht.

Het brandbare deel wordt vergast tot synthese gas. Het synthese gas zal vanwege de hoge temperatuur waarbij vergassing plaatsvindt vrijwel uitsluitend uit CO, H₂, H₂O en CO₂ en daarnaast kleinere hoeveelheden N₂, H₂S, COS en waterstofhaliden. De hoeveelheid methaan en andere koolwaterstoffen zijn verwaarloosbaar. Het synthese gas wordt door waterinjectie gekoeld tot 300°C.

Alle aanwezige mineralen en metaaloxiden smelten. De flux wordt toegevoegd met het oog op de gewenste smelteigenschappen van de smelt en het daaruit gevormde kunstbasalt. Het doel is het gehalte aan met name Si, Al en Ca te sturen. Veelal wordt hiervoor zand of een kalkhoudend materiaal ingezet. Voor GCV is er in eerste instantie van uitgegaan dat geen flux hoeft te worden toegevoegd. In het kader van een gevoeligheidsanalyse is gerekend met een kleine hoeveelheid (10%) zand.

De meeste metalen worden gereduceerd. Zware metalen, zoals lood, kwik, zink, arseen en cadmium vervluchtigen en worden met het synthesegas uit de reactor afgevoerd. Deze vluchtige metalen worden afgevangen als metaaloxidedstof in de gasreiniging.

Andere metalen, zoals ijzer en koper vormen, indien in significante hoeveelheden aanwezig, een metaalsmelt, die separaat gewonnen kan worden en vervolgens wordt afgevoerd naar een schroothandelaar (ijzer) en de metaalindustrie (non-ferro). Gezien het hoge afscheidingsrendement in de voorbewerking is aangenomen dat dit bij de verwerking van GCV niet het geval is.

De gevormde minerale slak wordt afgetapt en stolt tot een basaltachtige bouwstof (kunstbasalt), die wordt afgevoerd voor nuttige toepassing als bouwstof.

J. Transport slak (basalt)

De geproduceerde basaltachtige bouwstof wordt afgevoerd naar de plaats van nuttige toepassing.

K. Nuttige toepassing slak (basalt)

De geproduceerde basaltachtige bouwstof kan nuttig worden toegepast. In het MER is uitgegaan van toepassing als zandvervanger (funderingsmateriaal) in wegen.

L. Gasreiniging

De synthesegas deelstromen uit de gaskraker en de smelter worden in achtereenvolgens een quench, een venturiwasser en een druppelvanger gereinigd. De gastemperatuur daalt daarbij tot circa 60°C. In de wassers worden halogenen, meegevoerd stof en verdampte zware metalen (Zn, Pb, Cd, As, etc.) afgescheiden van het gas.

De spui van de natte wassers (pH van 0,3) wordt in een eerste zeefpers ontdaan van vaste deeltjes (die teruggaan naar de smelter) en daarna met NaOH op een pH van 11 gebracht. De daardoor ontstane neerslag van metaalhydroxiden wordt in een tweede filterpers afgescheiden. Het metaalslib wordt afgevoerd ter nuttige toepassing. De spui wordt tot slot op het riool geloosd.

M. Transport metaalslib

Het metaalslib bevat met name de vluchtige metalen zink en lood en wordt afgevoerd ter nuttige toepassing.

N. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie.

O. Ontzwavelen gas

Beide gereinigde deelstromen synthesegas (uit gaskraker en smelter) worden gecombineerd en aan een vierde wasser toegevoerd, waarin met een licht alkalische oplossing (NaOH) zwavelverbindingen worden uitgewassen. De oplossing met uitgewassen zwavelverbindingen wordt aan een biologisch proces (Paques proces) toegevoerd, waarin de opgeloste zwavelverbindingen worden gereduceerd tot elementair zwavel (biologische oxidatie van H₂S). Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur.

P. Transport zwavel

De verkregen elementaire zwavel wordt afgevoerd.

Q. Nuttige toepassing zwavel

Zwavel wordt nuttig toegepast.

R. Actiefkoolfilter

In een actiefkoolfilter worden de laatste sporen vluchtige metalen (met name kwikdamp) en organische verbindingen uit het gereinigde synthese gas verwijderd. Het gereinigde gas wordt gebruikt voor ondervuring van de pyrolyse en voor elektriciteitsopwekking in gasmotoren.

S. Verwerking beladen actiefkool

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

T. Elektriciteitsopwekking

Het schone synthese gas wordt, naast ondervuring van de pyrolyse, gebruikt voor elektriciteitsopwekking in gasmotoren. De daarbij geproduceerde rookgassen, de rookgassen van de ondervuring van de pyrolyse en het gekraakte pyrolyse gas worden in warmtewisselaars afgekoeld. De afgestane warmte wordt benut voor de productie van verzadigde stoom van 30 bar. De geproduceerde stoom wordt in een stoommotor benut voor de productie van elektriciteit.

7.2 Massabalans

Tabel 7.1 bevat de massabalans van de PEC-installatie, uitgaande van 1 ton GCV. De massabalans is voor gemengd en voor kunststofhoudend GCV opgesteld, waarbij is uitgegaan van de samenstelling zoals in hoofdstuk 2 (tabel 2.1) gegeven.

Tabel 7.1 Massabalans verwerking in PEC-installatie

	Gemengd GCV (ton/ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (ton/ton GCV)	Bestemming
INPUT			
GCV	1	1	
Zuurstof	0,563	0,800	
Flux (zand)	0,0367 ¹⁾	0,0389 ¹⁾	
NaOH (33%)	0,0063	0,0063	
Actief kool	2,43 E-4	2,4 E-4	
OUTPUT			
Synthesegas	0,758	1,134	Intern ondervuring pyrolyse, elektriciteitsopwekking
Synthetisch basalt	0,331 0,364 ¹⁾	0,350 0,385 ¹⁾	Nuttige toepassing
Schroot	0,198	0	Nuttige toepassing
Metaalslib (50% d.s.)	0,0199	0,0213	Nuttige toepassing
Zwavelkoek (60% d.s.)	0,00108	0,00108	Nuttige toepassing
Afvalwater (incl. spui)	0,263	0,303	Lozing op riool
Beladen kool	2,3 E-4	2,4 E-4	Stort op C2-deponie

1) toevoeging flux in het kader van gevoeligheidsanalyse

Bij benadering al het brandbare materiaal wordt omgezet in synthese gas (zie voor hoeveelheden hieronder bij massabalans gaskraker en smelter). De toegevoegde hoeveelheid zuurstof volgt uit de thermodynamische balans over gaskraker en smelter (zie toelichting paragraaf 7.6 bedrijfsmiddelen).

Een deel van de gevormde waterdamp condenseert in de gasreiniging en wordt geloosd op het riool.

Ten aanzien van de slak geldt dat zo goed als de gehele asrest hierin terecht komt (zie tabel 7.6 massabalans). In het kader van een gevoeligheidsanalyse is aangenomen dat de toegevoegde hoeveelheid flux 10% van de gevormde hoeveelheid smelt bedraagt.

Van het metaal (ijzer) uit het gemengd GCV (gehalte 20%) wordt naar schatting 99% afgescheiden als schroot, dus 198 kg/ton GCV.

Uit het gehalte aan zwavel van 0,65 kg per ton GCV (voor gemengd en voor kunststofhoudend GCV, zie tabel 2.1 samenstelling) volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthesegas/smeltergas en ontwijkt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton GCV 0,65 elementair zwavel ontstaat. De zwavelkoek heeft een droge stofgehalte van 60%. Dus in totaal ontstaat 1,08 kg zwavelkoek per ton GCV.

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

De hoeveelheid metaalslib wordt bepaald door verdamping van de metalen As (90%), Cd (90%), Pb (90%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Cd slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As als oxide precipiteert¹. Verder heeft het slib een droge stofgehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 en de massabalans (tabel 7.6) betekent dit een hoeveelheid van 19,9 kg metaalslib per ton gemengd GCV, welke voor 7,0 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water. Voor kunststofhoudend GCV is dit 21,3 kg metaalslib per ton, welke voor 7,5 kg uit de metalen zelf bestaat.

Zie voor hoeveelheden verbruikte hulpstoffen verder de toelichting in paragraaf 7.6 bedrijfsmiddelen.

Massabalans over gaskraker en smelter

Tijdens pyrolyse wordt vrijwel al het brandbare materiaal en de halogenen omgezet in gasvormige en vluchtige producten. Alleen een kleine hoeveelheid koolstof blijft achter in het residu. Aangenomen is dat 10% van de koolstof in verf en kunststof als C-fixed in het vaste pyrolyseresidu (cokes) achterblijft. Aanhangend water verdampt en wordt mee afgevoerd met de andere gasvormige producten. As en metaal (ijzer) blijven achter in het cokes. Het metaal (ijzer) wordt hieruit voor 99% afgescheiden als schroot.

Bepalen van de massabalans en energiebalans over de gaskraker en smelter vergt het bepalen van de hoeveelheid synthesegas en de samenstelling van het synthesegas waarbij de

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

massabalans (ook voor de elementen) en de enthalpiebalans over de gaskraker sluitend is. De gassenstelling moet daarnaast voldoen aan de evenwichtsconstante voor de watergasreactie:

$$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2;$$

$$K_p(^{\circ}\text{K}) = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}} = e^{-\left(\frac{4048}{T(^{\circ}\text{K})} - 3,765\right)}$$

Het synthesesgas zal vanwege de hoge temperatuur waarbij vergassing plaatsvindt vrijwel uitsluitend bestaan uit CO, CO₂, H₂ en H₂O.

Het te vergassen materiaal bevat een bepaalde hoeveelheid koolstof (bijvoorbeeld m kmol) en waterstof (bijvoorbeeld n kmol). Toevoegen van lucht of industriële zuurstof ten behoeve van vergassing (= verbranding met een ondermaat zuurstof) leidt (met verwaarlozing van CO₂ en H₂O in lucht) niet tot het toevoegen van koolstof of waterstof. Het is daarom mogelijk de hoeveelheden van CO en H₂ uit te drukken als x en y kmol en die van CO₂ en H₂O als m - x en n - y. Ook kan de zuurstofvraag voor het bereiken van een bepaalde gassenstelling worden uitgedrukt in m,n,x en y. Verder kunnen de enthalpiebalans en de vergelijking voor de evenwichtsconstante van de watergasreactie worden uitgedrukt in deze grootheden.

De oplossing verloopt in drie stappen:

- bepalen hoeveel energie beschikbaar is voor synthesesgas, op basis van de enthalpie van de input, verliezen door straling en verliezen door afvoer van warmte door de as;
- opstellen van enthalpiebalans, uitgedrukt in x en y en het formuleren van een lineaire vergelijking ($y = ax + b$)
- invullen van de lineaire relatie voor x en y in de vergelijking voor de evenwichtsconstante van de watergasreactie en oplossen met kleinste kwadratenmethode.

De reactietemperatuur bedraagt 1.250°C voor gaskraker en 1.450°C voor smelter. Als vergassingsmedium wordt industriële zuurstof toegepast, geproduceerd met een PSA. Aangenomen is dat de zuurstof 95% zuiver is, conform informatie van Gibros PEC.

De enthalpie van de verschillende gascomponenten is in onderstaande tabel gegeven.

Tabel 7.2 Enthalpie gascomponenten in gaskraker en smelter

temperatuur	1250(°C)	1450(°C)
$K_p = (\text{H}_2 \times \text{CO}_2)/(\text{H}_2\text{O} \times \text{CO})$	3,03	4,12
	Enthalpie (MJ/kmol)	
CO	323,4	330,5
CO ₂	63,9	75,7
H ₂	279,7	286,3
H ₂ O	50,0	59,6
N ₂	39,9	47,0
O ₂	42,2	49,5

De enthalpie voor CO en H₂ is inclusief de stookwaarde. Alle enthalpieën zijn uitgedrukt t.o.v. standaardomstandigheden.

De samenstelling van de voeding van smelter en gaskraker zijn bepaald o.b.v. de samenstellingsgegevens (zie tabel 2.1) en is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 7.3 Samenstelling voeding gaskraker en smelter

	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
	gaskraker	smelter	gaskraker	smelter
- C	22,8%	2,53%	34,8%	3,87%
- H	5,63%		9,41%	
- O	3,08%		3,98%	
- N				
- S	0,06%		0,06%	
- halogenen	0,03%		0,03%	
- as		34,1% 37,9% ¹⁾		35,9% 39,9% ¹⁾
- vocht	12,1%		12,1%	

1) toevoeging flux in het kader van gevoeligheidsanalyse

In tabel 7.4 is de berekening van de voor synthesegas beschikbare enthalpie gegeven. De door de slak afgevoerde warmte kan worden berekend aan de hand van een soortelijke warmte van 1 kJ/kg.°K.

Tabel 7.4 Enthalpiebalans voeding gaskraker en smelter

	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
	gaskraker	smelter	gaskraker	smelter
a) invoer (GJ/ton)	12,6	0,92	21,3	1,18
b) verlies enthalpie				
- percentueel	10%	10%	10%	10%
- GJ/ton	1,26	0,092	2,13	0,12
c) afgevoerd door slak (GJ/ton)		0,55		0,58
d) beschikbaar voor syngas (GJ/ton)	11,3	0,28	19,2	0,48

Tabel 7.5 geeft de resulterende gasproductie en zuurstofvraag (zuivere zuurstof).

Tabel 7.5 Resulterende gasproductie en zuurstofvraag

	Hoeveelheden in kmol/ton GCV							
	Gemengd GCV				Kunststofhoudend GCV			
	gaskraker	smelter	som ruw gas	som schoon gas	gaskraker	smelter	som ruw gas	som schoon gas
CO	15,0	0,44	15,5	15,5	24,8	0,90	25,7	25,7
H ₂	19,3		19,3	19,3	35,5		35,5	35,5
CO ₂	4,0	1,7	5,7	5,7	4,2	2,3	6,5	6,5
H ₂ O	15,5		15,5	0,71	18,3		18,3	1,2
N ₂	0,79	0,10	0,89	0,89	1,1	0,15	1,3	1,3
O ₂ -vraag	14,9	1,9	16,8		21,1	2,8	23,9	

Bij reiniging wordt het gas afgekoeld tot een minimumtemperatuur van 15°C. Daardoor condenseert vrijwel alle waterdamp in het synthesegas. De partiële druk van waterdamp bij 15°C is 0,017 atmosfeer. Dat wil zeggen dat het gereinigde gas voor 1,7% uit waterdamp bestaat.

Aangezien CO en H₂ een stookwaarde hebben van respectievelijk 283 MJ/kmol en 242 MJ/kmol bedraagt de stookwaarde van het synthesegas in het geval van gemengd GCV (0,283*15,5 + 0,242*19,3) = 9,05 GJ/ton GCV en voor kunststofhoudend GCV (0,283*25,7 + 0,242*35,5) = 15,9 GJ/ton GCV.

De totale opbrengst aan synthesegas kan worden berekend uit de hoeveelheden (kmol/ton) gascomponenten en de moleculaire massa van de gascomponenten. Voor gemengd GCV resulteert dit in een hoeveelheid van $15,5 \cdot 28 + 19,3 \cdot 2 + 5,7 \cdot 44 + 0,71 \cdot 18 + 0,89 \cdot 28 = 758$ kg schoon synthesegas en voor kunststofhoudend GCV $25,7 \cdot 28 + 35,5 \cdot 2 + 6,5 \cdot 44 + 1,2 \cdot 18 + 1,3 \cdot 28 = 1.134$ kg schoon synthesegas

Verdeling elementen

Voor de massabalans is tevens relevant dat in dit MER van de in tabel 7.6 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over de diverse productstromen. Deze tabel is afgeleid voor één specifieke afvalstroom (i.c. shredderafval) door het relateren van hoeveelheden toe te rekenen reststromen en daarin verwachte restconcentraties aan de samenstelling van het afval. Er wordt vanuit gegaan dat deze verdeling representatief is voor het gedrag van de betreffende componenten in de PEC-installatie, ook wanneer deze via een andere afvalstroom en in andere verhoudingen in de installatie worden gebracht.

Tabel 7.6 Massabalans componenten PEC-installatie

	Slak	Actieve kool	Metaalhoudend slib	Zwavel koek	Lucht	Spui voor RWZI
S				99,965%	0,035%	
As	10,000%		89,964%		0,026%	0,010%
Br					0,004%	99,996%
Cd	10,000%		89,972%		0,026%	0,002%
Cl					0,003%	99,997%
Co	100,000%					
Cr	100,000%					
Cu	99,999%				0,001%	
F					0,025%	99,975%
Hg		19,560%	80,000%		0,440%	2,18 E-13%
Mn	100,000%					
Mo	100,000%					
Ni	99,994%				0,006%	
Pb	10,000%		89,974%		0,026%	3,10E-09
Sb			99,971%		0,029%	
Se	10,000%		89,974%		0,026%	
Sn	99,971%				0,029%	
V	99,999%				0,001%	
Zn	10,000%		89,974%		0,026%	7,34E-08
as (*)	99,999%				0,001%	

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

7.3 Ruimtebeslag

Het oppervlak van de PEC-inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton. Dit betekent per ton GCV een fysiek ruimtebeslag van 0,12 m²j. Het ruimtebeslag voor de stort van het beladen kool is verwaarloosd vanwege de zeer geringe hoeveelheid.

Aangenomen wordt dat het ruimtebeslag bij nuttige toepassing van schroot, kunstbasalt, metaalslib en zwavel niet wezenlijk verschilt van die bij de reguliere toepassing van primaire grondstoffen.

7.4 Transport

In het beschouwde alternatief vindt transport per as plaats van GCV, bedrijfsmiddelen en producten/reststoffen.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.7 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton GCV.

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

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

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

Vanwege de zeer geringe hoeveelheden is de aan- en afvoer van actief kool niet meegenomen. Op de totaal te transporteren materiaalstromen zijn de effecten hiervan verwaarloosbaar.

Voor de transportafstand naar een metaalrecyclingbedrijf wordt uitgegaan van 150 km op basis van afvoer van het metaal van een willekeurige plaats in Nederland naar Corus Staal.

Door het niet aanvoeren van primair metaal is er ook vermeden transport. De omvang daarvan is reeds verdisconteerd in de gebruikte Simapro-database.

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

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

Voor het transport van GCV, zand, basalt en vermeden zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht, voor het geproduceerde zwavel en het afgevangen metaalslib is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden². Ook voor NaOH (aq, 33%) wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 7.7 Transport

Materiaalstroom	Gemiddeld transport		
	Afstand (km)	Gemengd GCV (tkm/ton GCV)	Kunststofhoudend GCV (tkm/ton GCV)
GCV	75	75	75
Zand (flux)	35 (land)	0 1,2 ¹⁾	0 1,2 ¹⁾
	50 (water)	0 1,7 ¹⁾	0 1,8 ¹⁾
NaOH (aq, 33%)	75	0,5	0,5
Synthetisch basalt	35	11,6 12,7 ¹⁾	12,3 13,5 ¹⁾
Schroot	150	30	-
Zwavel (60% d.s.)	75	0,1	0,1
Metaalslib (50% d.s.)	150	3,0	3,2
Vermeden zand	35 (land)	11,6 12,7 ¹⁾	12,3 13,5 ¹⁾
	50 (water)	16,5 18,2 ¹⁾	17,5 19,3 ¹⁾
Vermeden zink-conc.	100 (rail)	0,9	1,0

1) gevoeligheidsanalyse: toevoeging flux

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

² Let op, dit betekent niet een vracht van 10 ton metaalslib, maar wel middels een transportmiddel dat een dergelijke hoeveelheid goederen meeneemt. Het is met name van belang voor het te kiezen voertuigformaat en niet voor de hoeveelheid metaalslib per individuele rit.

7.5 Energie en bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik/-productie van de PEC-installatie (synthesegasverbruik pyrolyse-ondervuring, elektriciteitsproductie en -verbruik PEC-installatie
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen.

Het energieverbruik voor de stort van het beladen kool wordt vanwege de zeer geringe hoeveelheid verwaarloosd.

Synthesegasverbruik ondervuring pyrolyse

In onderstaande tabel is de bepaling van de warmtebehoefte van het pyrolyseproces voor GCV weergegeven. De behoefte wordt gedekt door de pyrolysetrommel te ondervuren met het eigen geproduceerde synthesegas. Dit betekent dat dit energieverbruik niet hoeft te worden meegenomen in de LCA. Wel is het verbruik van belang, omdat het verbruikte synthesegas niet meer in de gasmotor kan worden ingezet voor elektriciteitsproductie.

Tabel 7.8 Energiebehoefte pyrolyseproces

Proces	energie per ton product (GJ)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		hoeveelheid ton/ton GCV	energie per ton GCV (GJ)	hoeveelheid ton/ton GCV	energie per ton GCV (GJ)
decompositie organisch materiaal	1	31,6%	0,32	48,3%	0,48
opwarmen gasvormige decompositieproducten	0,55	31,6%	0,17	48,3%	0,27
opwarmen en verdampen aanhangend vocht	3,54	12,1%	0,43	12,1%	0,43
opwarmen as en kool	0,5	56,4%	0,28	39,7%	0,20
verliezen (5% input)			0,06		0,07
Totaal			1,26		1,45

De energie gebruikt voor decompositie en opwarmen van organisch materiaal en voor opwarmen en verdampen van aanhangend vocht wordt overigens ook meegevoerd naar de gaskraker. De warmte toegevoerd aan as en kool wordt weggekoeld.

Synthesegas gebruikt voor het pyrolyseproces wordt verstoekt met een luchtfactor van 1,2. Er wordt zoveel gas verstoekt dat de geproduceerde rookgassen na verwarming van het pyrolyseproces nog een temperatuur van 700°C hebben. Met de gegevens in onderstaande tabel kan de rookgassenstelling bij de gehanteerde luchtfactor worden bepaald en kan worden berekend wat de energie-inhoud na warmte-uitwisseling met het pyrolyseproces is. De voor het pyrolyseproces in te zetten hoeveelheid synthesegas S (GJ/ton afval) volgt uit de warmte-vraag H (GJ/ton afval) van het pyrolyseproces (weergegeven in tabel 7.9) en de verhouding $(LHV - A)/LHV$ waarin LHV de stookwaarde van het synthesegas is en A de warmte van de rookgassen na warmtewisseling met het pyrolyseproces:

Tabel 7.9 Benodigheden voor bepaling synthese gasinzet voor pyrolyse

	enthalpie (MJ/kmol) bij			zuurstof behoefte (kmol/kmol)	product (kmol/kmol)	
	700°C	500°C	300°C		CO ₂	H ₂ O
CO	304,5	298,0	291,9	0,5	1	
CO ₂	32,8	22,3	12,5		1	
H ₂	262,3	250,5	250,5	0,5		1
H ₂ O	25,7	17,8	10,4			1
N ₂	21,3	14,9	8,8			
O ₂	22,5	15,7	9,1			

Eén Nm³ synthese gas geproduceerd uit gemengd GCV (zie tabel 7.5 voor samenstelling) geeft bij verbranding met een luchtfactor 1,2 een rookgasvolume van 2,93 Nm³ (nat) met de samenstelling CO₂ = 17 vol%, H₂O = 16 vol%, N₂ = 64 vol% en O₂ = 3 vol%. Het synthese gas heeft een stookwaarde van 9,6 MJ/Nm³. De rookgassen hebben een energie-inhoud van 3,1 MJ/Nm³. synthese gas. De warmtevraag voor het pyrolyse proces bedraagt 1,26 GJ/ton afval (zie tabel 7.8). De in te zetten hoeveelheid synthese gas bedraagt $(1,26 \cdot 9,6) / (9,6 - 3,1) = 1,9$ GJ/ton afval.

Eén Nm³ synthese gas geproduceerd uit kunststofhoudend GCV (zie tabel 7.5 voor samenstelling) geeft bij verbranding met een luchtfactor 1,2 een rookgasvolume van 3,04 Nm³ (nat) met de samenstelling CO₂ = 15 vol%, H₂O = 17 vol%, N₂ = 65 vol% en O₂ = 3 vol%. Het synthese gas heeft een stookwaarde van 10,1 MJ/Nm³. De rookgassen hebben een energie-inhoud van 3,2 MJ/Nm³. synthese gas. De warmtevraag voor het pyrolyse proces bedraagt 1,45 GJ/ton afval (zie tabel 7.8). De in te zetten hoeveelheid synthese gas bedraagt $(1,45 \cdot 10,1) / (10,1 - 3,2) = 2,1$ GJ/ton afval.

Elektriciteitsproductie

Elektriciteit wordt geproduceerd door middel van:

- inzet synthese gas in gasmotor
- stoommotor; de stoom wordt verkregen door warmtewinning uit de rookgassen van pyrolyse-ondervuring en gasmotor en uit het gekraakte pyrolyse gas.

De rookgassen uit de pyrolysetrommel worden gebruikt voor de productie van stoom en koelen daarbij af tot 300°C. Vervolgens is bepaald dat de rookgassen in het geval van gemengd GCV bij die temperatuur een warmte-inhoud hebben van 1,3 MJ/Nm³ synthese gas en in het geval van kunststofhoudend GCV ook 1,3 MJ/Nm³. Dat betekent dat er per GJ synthese gas, dat wordt gebruikt voor ondervuring van het pyrolyse proces, voor gemengd GCV en voor kunststofhoudend GCV 0,19 GJ (19%) aan stoom wordt geproduceerd.

De hoeveelheid synthese gas die niet wordt ingezet voor de ondervuring van de pyrolyse wordt ingezet in de gasmotor. De gasmotor (model > 2.000 kW_e) heeft een rendement van 38%. De luchtfactor bedraagt 2. De uitredende rookgassen hebben een temperatuur van 500°C. De rest van de warmte wordt weggekoeld.

De rookgassen van de gasmotor worden gebruikt voor de productie van stoom. Daarbij worden de rookgassen afgekoeld tot 300°C. De afgestane hoeveelheid warmte kan, met de kentallen in tabel 7.10, op dezelfde manier worden berekend als voor de ondervuring van het pyrolyse proces.

Bij inzet van synthese gas uit gemengd en kunststofhoudend GCV wordt 14% van de stookwaarde van het synthese gas omgezet in stoom.

Synthese gas uit de gaskraker wordt eerst middels waterinjectie gekoeld tot 950°C en wordt vervolgens onder de productie van stoom gekoeld tot 300°C.

De warmteterugwinning uit gekraakt pyrolyse gas wordt als volgt bepaald.

De geïnjecteerde hoeveelheid water en de geproduceerde hoeveelheid stoom kunnen worden berekend met de in onderstaande tabel gegeven kentallen en uit de hoeveelheid en samenstelling van het synthese gas.

Tabel 7.10 Enthalpieën van gascomponenten bij verschillende temperaturen

	enthalpie (MJ/kmol) bij T =		
	1250°C	950°C	300°C
CO	323,4	312,9	291,9
CO ₂	63,9	46,6	12,5
H ₂	279,7	270,2	250,5
H ₂ O	50,0	36,3	10,4
N ₂	39,9	29,6	8,8
O ₂	42,2	31,3	9,1

Uit de hoeveelheid en samenstelling van het synthese gas en de enthalpie van de gascomponenten bij 1.250°C en 950°C wordt de aan het geïnjecteerde water afgestane warmte berekend. Dit is voor synthese gas uit gemengd GCV 629 MJ/ton en uit kunststofhoudend GCV 928 MJ/ton. Verdampen en opwarmen van water tot damp van 950°C kost 92 MJ/kg. Daaruit volgt dat voor gemengd GCV $629/92 = 6,8$ kmol H₂O per ton wordt geïnjecteerd en voor kunststofhoudend GCV 10,1 kmol H₂O per ton.

Uit de (voor het geïnjecteerde water) aangepaste gassamenstelling en de enthalpie van de gascomponenten bij 950°C en 300°C volgt vervolgens de aan stoomproductie afgestane hoeveelheid warmte. Bij verwerking van gemengd GCV en kunststofhoudend GCV wordt 1,4 GJ/ton, respectievelijk 2,1 GJ/ton aan stoom geproduceerd uit de warmte van het synthese gas uit de gaskraker.

De totale elektriciteitsproductie uit het GCV is als volgt bepaald.

Van de beschikbare 9,1 GJ aan synthese gas uit gemengd GCV wordt 1,9 GJ voor ondervuring van het pyrolyse proces gebruikt en 7,2 GJ ingezet in gasmotoren. Daaruit wordt 2,7 GJe geproduceerd. Uit de rookgassen van het pyrolyse proces en de gasmotor en uit gekraakt pyrolyse gas wordt in het geval van gemengd GCV in totaal $1,9 \cdot 19\% + 7,2 \cdot 14\% + 1,4 = 2,8$ GJ/ton afval aan stoom geproduceerd. Hieruit wordt 0,7 GJe/ton GCV aan elektriciteit (rendement stoommotor = 25%) geproduceerd. In totaal wordt dus 3,4 GJe geproduceerd.

Van de beschikbare 15,9 GJ aan synthese gas uit kunststofhoudend GCV wordt 2,1 GJ voor ondervuring van het pyrolyse proces gebruikt en 13,7 GJ ingezet in gasmotoren. Daaruit wordt 5,2 GJe geproduceerd. Uit de rookgassen van het pyrolyse proces en de gasmotor en uit gekraakt pyrolyse gas wordt in het geval van kunststofhoudend GCV in totaal $2,1 \cdot 19\% + 13,7 \cdot 14\% + 2,1 = 4,4$ GJ/ton GCV aan stoom geproduceerd. Hieruit wordt 1,1 GJe/ton afval aan elektriciteit (rendement stoommotor = 25%) geproduceerd. In totaal wordt dus 6,3 GJe geproduceerd.

Elektriciteitsverbruik

Het eigen verbruik van elektriciteit omvat de volgende posten:

- productie van zuurstof
- gebruik door ventilatoren
- gebruik door pompen
- overslag en voorbereiding van afval, pyrolyse en bewerken van pyrolyseresidu.

Elektriciteitsverbruik voor zuurstofproductie bedraagt 340 kWh/ton zuurstof. De omvang van de zuurstofconsumptie is voor gemengd GCV 563 kg/ton en voor kunststofhoudend GCV 800 kg/ton. De resulterende elektriciteitsconsumptie bedraagt 0,69 GJ/ton gemengd GCV en 0,98 GJ/ton kunststofhoudend GCV.

Energieverbruik voor de pompen in de gasreiniging bedraagt bij de beschouwde procesconfiguratie en gasreiniging ongeveer 29 kJ/kg productgas (schoon gas). Het verbruik van de ventilatoren is voor gemengd GCV ongeveer 80 kJ/kg productgas en voor kunststofhoudend GCV 89 kJ/kg productgas. De opbrengst aan schoon gas bedraagt voor gemengd GCV 758 kg/ton en voor kunststofhoudend GCV 1.134 kg/ton. Dit betekent een elektriciteitsverbruik van 82 respectievelijk 134 MJ/ton GCV.

Voor het eigen verbruik voor voorbereiding, pyrolyse en behandeling van het pyrolyseresidu is niet voldoende informatie beschikbaar. De omvang van het eigen verbruik zal echter klein zijn in vergelijking met het eigen verbruik voor zuurstofproductie.

Het totale eigen verbruik is voor gemengd GCV 0,77 GJe/ton en voor kunststofhoudend GCV 1,11 GJe/ton.

Netto elektriciteitproductie

Voor gemengd GCV wordt netto $3,4 - 0,77 = 2,7$ GJe/ton aan het openbare elektriciteitsnet geleverd. Het netto elektrisch rendement bedraagt dus circa 24%.

Voor kunststofhoudend GCV wordt netto $6,3 - 1,11 = 5,2$ GJe/ton aan het openbare elektriciteitsnet geleverd. Het netto elektrisch rendement bedraagt dus circa 21%.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

In de ontzwavelingsstap van de gasreiniging ontstaat elementair zwavel. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur. Daar het hier nuttige toepassing in een productieproces betreft wordt het energiegebruik van het betreffende proces niet meer aan de verwerking van GCV toegerekend.

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

Ook voor de verwerking van schroot bij de productie van staal wordt aangenomen dat geen specifieke bewerkingen nodig zijn en geen extra energie wordt verbruikt ten opzichte van gebruik van primair metaal.

Voor de slak uit de smelter (het basaltachtige materiaal) geldt dat deze, getuige de gemeten uitloogwaarden van het synthetische basalt, als categorie-1 bouwstof kan worden toegepast, d.w.z. zonder bodembeschermende voorzieningen. Centrale doelstelling van de PEC-installatie is ook het produceren van categorie-1 bouwstof. Ten behoeve van de LCA wordt aangenomen dat de slak, na verkleining in brokjes van 1-10 cm, volledig, d.w.z. 100% wordt ingezet als vervanger van zand in funderingslagen. Het energieverbruik bij het verkleinen wordt geraamd op ca. 45 kWh per ton basalt. Voor deze afvalstroom betekent dit 14,9 kWh per ton gemengd GCV en 15,8 kWh per ton kunststofhoudend GCV. In het kader van de gevoeligheidsanalyse (toevoegen van flux) is dit 16,5 kWh per ton gemengd GCV en 17,5 kWh per ton kunststofhoudend GCV.

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

7.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de PEC-installatie
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie

Zuurstof

Aan de vergasser en de smelter wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Het zuurstofverbruik is bepaald op basis van de balansen in gaskraker en smelter (zie paragraaf 7.2, tabel 7.5). Hieruit is af te leiden dat de totale O₂-vraag voor gemengd GCV 16,8 kmol/ton, oftewel 539 kg/ton is en voor kunststofhoudend GCV 23,9 kmol/ton, oftewel 765 kg/ton. Bij een zuiverheid van de industriële zuurstof van 95% betekent dit een hoeveelheid van 563 kg/ton, respectievelijk 800 kg/ton zuurstof.

Minerale flux

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

Voor GCV er in principe vanuit gegaan dat er geen flux hoeft te worden toegerekend en is in het kader van de gevoeligheidsanalyse de genoemde 10% als indicatie gehanteerd. Er wordt vanuit gegaan dat zand wordt gebruikt als minerale flux, zodat aan de verwerking van een ton GCV een hoeveelheid van 33,1 kg zand per ton gemengd GCV en 35,0 kg per ton kunststofhoudend GCV wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

Water

Vanwege de hoeveelheid water in het GCV is geen suppletiewater nodig.

Natronloog

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

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

Ad. 1

Voor GCV (gemengd en kunststofhoudend) moet gerekend worden met 345 g chloor en 650 g zwavel per ton. Dit betekent dat iets meer dan 2 kg NaOH aan de verwerking van een ton GCV dient te worden toegerekend³.

Ad. 2

Voor iedere mol halogeendeeltjes die in een ton te verwerken afval zit moet een hoeveelheid van ongeveer 0,5 kg spui in rekening worden gebracht. Deze omvang van de spui is geschat door aan te nemen dat de concentratie aan halogenen in de spui uiteindelijk 2 mol/l bedraagt. Dit is een concentratie die ook voor AVI's wel wordt opgegeven. Dit leidt in dit geval tot het toerekenen van 4,86 liter spui per ton GCV (gemengd en kunststofhoudend).

De hoeveelheid NaOH om de spui op pH=11 te brengen is 20 g per liter⁴, hetgeen een NaOH-gebruik van ongeveer 97 g per ton GCV betekent.

Het totale NaOH verbruik komt hiermee op 2,1 kg per ton GCV, ofwel 6,3 kg NaOH als 33% oplossing.

Actief kool

De geconsumeerde hoeveelheid actieve kool volgt uit de hoeveelheid afgescheiden kwik en de kwikbelading bij verwijdering (1.200 mg/kg). Van het kwik wordt circa 80% afgescheiden in de natte wassers en circa 20% in het actief koolfilter (zie massabalans tabel 7.2). Voor gemengd GCV (1,38 g kwik/ton) komt dit neer op 0,23 kg actief kool per ton GCV. Voor kunststofhoudend GCV (1,46 g kwik/ton) betekent dit een hoeveelheid actief kool van 0,24 kg/ton GCV.

Big-bags afvoer reststoffen

Voor de afvoer van metaalslib, zwavelkoek en beladen kool worden big-bags gebruikt. Er wordt vanuit gegaan dat deze meer dan eens worden gebruikt. Daarom worden deze niet in rekening gebracht als bedrijfsmiddel.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

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

Ook voor de nuttige toe te passen stromen schroot, metaalslib en zwavel wordt aangenomen dat het verbruik van bedrijfsmiddelen niet wezenlijk verschilt van die bij de toepassing van primaire grondstoffen.

³ Gebaseerd op 1 mol NaOH voor 1 mol Chloor, en 2 mol NaOH voor 1 mol zwavel.

⁴ Uitgegaan is van een pH van het spuiwater van 0,3. Dit betekent ongeveer 0,5 mol H⁺ per liter. Om op pH=11 te komen is de OH-vraag 0,5 mol (van 0,3 tot 7) + 0,001 mol (van 7 tot 11), ofwel ongeveer 20 g/l.

7.7 Emissies naar lucht

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de PEC-installatie
- de emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen.

Emissies PEC-installatie

Uit de procesbeschrijving in paragraaf 7.1 blijkt dat rekening moet worden gehouden met emissies naar lucht. In dit kader wordt onderscheid gemaakt in

- (1) componentgebonden emissies (metalen, halogenen, zwavel en stof)
- (2) procesgebonden emissies (CO, NO_x, N₂O)
- (3) emissie van CO₂.

Ad. 1

Voor de componentgebonden emissies naar lucht wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 7.6. De concrete uitwerking voor GCV is aangegeven in tabel 7.11.

Tabel 7.11 Componentgebonden emissies naar lucht

Component	Fractie naar de lucht (%)	Emissie naar lucht (mg/ton GCV)	
		Gemengd GCV	Kunststofhoudend GCV
As	0,026	0,304	0,408
Cd	0,026	2,83	3,35
Cr	0	0	0
Cu	0,001	13,6	14,2
Hg	0,44	6,09	6,44
Ni	0,006	4,17	4,41
Pb	0,026	552	594
Zn	0,026	1462,5	1566,5
Cl (HCl) ¹⁾	0,003	10,6	10,6
S (SO ₂) ¹⁾	0,035	454,8	454,8
stof asrest	0,001	5.300	5.670
stof incl.flux		5.600 ²⁾	6.020 ²⁾

1) emissies naar lucht: HCl en SO₂

2) gevoeligheidsanalyse: inclusief de bijdrage van de flux aan de emissie van stof

Ad. 2

De procesgebonden emissies naar lucht zijn bepaald o.b.v. de stookwaarde. In tabel 7.12 staan de emissies in g/GJ voor de gasmotor en voor het pyrolyseproces. Op basis van de brandstofinzet in de gasmotor en voor de ondervuring van de pyrolyse (zie hiervoor paragraaf 7.5) zijn de emissies van NO_x, N₂O en CO bepaald.

Tabel 7.12 Procesemissies gasmotor en pyrolyseproces

			Gemengd GCV			Kunststofhoudend GCV		
			gasmotor	pyrolyse	totaal	gasmotor	pyrolyse	totaal
Brandstofinzet (GJ/ton GCV)			7,2	1,9		13,7	2,1	
Emissies:	gasmotor g/GJ	pyrolyse g/GJ	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
NO _x	120	16	0,86	0,030	0,89	1,6	0,034	1,7
N ₂ O	8	0,1	0,057	0,00019	0,058	0,11	0,00021	0,11
CO	200	20	1,4	0,037	1,5	2,7	0,043	2,8

Ad. 3

De CO₂-emissie is bepaald op basis van het C-gehalte in de GCV (zie tabel 2.1). Aangenomen is dat zo goed als alle C in CO₂ wordt omgezet bij de verbranding van synthesegas in de gasmotor en bij het pyrolyseproces. In tabel 7.13 is een en ander weergegeven.

Tabel 7.13 CO₂-emissies gasmotor en pyrolyseproces

	gemengd GCV	kunststofhoudend GCV
C-gehalte (%)	25,3	38,7
Emissie CO ₂ (kg/ton)	929	1420

Emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De geproduceerde secundaire grondstoffen schroot, metaalslib en zwavel zijn gelijkwaardig aan de uitgespaarde grondstoffen, zodat de milieu-ingrepen door nuttige toepassing van deze stoffen niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

7.8 Emissies naar water

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de PEC-installatie
- de emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen.

Emissies PEC-installatie

Uit de procesbeschrijving in paragraaf 7.1 blijkt dat rekening moet worden gehouden met emissies naar water. De PEC-installatie produceert de volgende afvalwaterstromen:

- a) condensaat dat ontstaat bij de gasreiniging
- b) zoutwater (spui) van de zuurgaswassers.

De emissies via de afvalwaterstromen a) en b) zijn het gevolg van de productie van synthese- en smeltergas. De omvang van met name het spuiwater hangt af van het chloorgehalte in de afvalstroom en bevat tevens een hoeveelheid zware metalen, terwijl het condensaat uitsluitend organisch belast is.

Met het uitgangspunt dat alle halogenen uiteindelijk in de gasreiniging terecht komen (zie ook onder paragraaf 7.2 massabalans) dient voor iedere mol halogeendeeltjes die in een ton te verwerken afval zit een hoeveelheid van ongeveer 0,5 kg spui in rekening te worden gebracht. Deze omvang van de spui is geschat door aan te nemen dat de concentratie aan halogenen in de spui uiteindelijk 2 mol/l bedraagt. Dit is een concentratie die ook voor AVI's wel wordt opgegeven. Dit leidt in dit geval tot het toerekenen van 4,86 liter spui per ton GCV (gemengd en kunststofhoudend). Deze waterstroom wordt afgevoerd naar een communale RWZI. Met de

rendementen zoals aangegeven in tabel 4.2 en de balans over de PEC van tabel 7.6 geeft dit voor GCV de volgende ingrepen naar water.

Tabel 7.14 Emissies naar water

Component	rendement RWZI (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		In spui naar RWZI (mg/ton)	Emissie naar water (mg/ton)	In spui naar RWZI (mg/ton)	Emissie naar water (mg/ton)
As	80	0,117	0,0234	0,157	0,0314
Cd	72	0,218	0,0609	0,258	0,0721
Hg	91	3,02E-12	2,71E-15	3,19E-12	2,87E-15
Pb	91	6,58*E-5	5,92*E-6	7,08*E-5	6,37*E-6
Zn	75	0,00413	0,00103	0,00442	0,00111
Cl	0	3,45*E5	3,45*E5	3,45*E5	3,45*E5

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 7.14, wordt voor de rest van de ingrepen die met het bewerken van dit water samenhangen (ruimtebeslag RWZI, chemicaliëngebruik RWZI, energiegebruik RWZI) gebruik gemaakt van een proceskaart in SimaPro waarin op basis van de gemiddelde kenmerken van RWZI's deze ingrepen zijn opgenomen. Per ton GCV wordt hierbij dus voor gemengd en voor kunststofhoudend GCV 0,82 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toegerekend.

Daarnaast wordt een hoeveelheid condensaat van 257 liter per ton gemengd GCV en 298 liter per ton kunststofhoudend GCV geloosd op de RWZI.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

De geproduceerde secundaire grondstoffen schroot, metaalslib en zwavel zijn gelijkwaardig aan de uitgespaarde grondstoffen, zodat de milieu-ingrepen door nuttige toepassing van deze stoffen niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

7.9 Emissies naar bodem

Emissies van de PEC-installatie

Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door bodembeschermende maatregelen en voorzieningen wordt de kans op bodemverontreiniging verwaarloosbaar klein geacht.

Emissies bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

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

Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een 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 uitloggedrag in de normale situatie op nul gesteld.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen. Het uitloggedrag van de slak van de verwerking van GCV is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 7.15 (tweede kolom) is voor

een aantal componenten aangegeven welk percentage van de aanwezige hoeveelheid daarbij voor uitloging beschikbaar bleek. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse wordt, op basis van de bijdrage die deze afvalstroom levert aan de slak (dit is bepaald met tabel 7.6) en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en aan GCV zou zijn toe te rekenen. Benadrukt wordt dat dit een worst-case inschatting is die in praktijk naar verwachting ook bij tegenvallende immobilisatie-resultaten nog een overschatting van het potentiële milieu-effect zal zijn.

Tabel 7.15 Uitloogcijfers GCV i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

Comp.	Beschikbaarheid (%)	Gemengd GCV		Kunststofhoudend GCV	
		Bijdrage van GCV aan de slak (g/ton GCV)	Uitloging uit basalt t.g.v. GCV (g/ton GCV)	Bijdrage van GCV aan de slak (g/ton GCV)	Uitloging uit basalt t.g.v. GCV (g/ton GCV)
As	8	0,117	0,00935	0,157	0,0126
Cr	1	152	1,52	172	1,72
Cu	8	1360	109	1420	114
Ni	5	69,5	3,47	73,5	3,67
Pb	14	212	29,7	228	32,0
Zn	12	562	67,5	603	72,3

7.10 Uitgespaarde winning/productie van grondstoffen

Er is sprake van vermeden milieu-ingrepen door de productie van secundaire grondstoffen. De milieu-ingrepen van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingrepen in de LCA meegenomen. De omvang van de vermeden milieu-ingrepen worden berekend met de SimaPro-database.

In tabel 7.16 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. In tabel 7.17 staan de uitgespaarde hoeveelheden weergegeven.

Tabel 7.16 Overzicht vervangen primaire grondstoffen

Geproduceerde secundaire grondstof	Vervangen primaire grondstof
Slak (basaltachtig materiaal)	Zand
Schroot	Primair metaal (ijzer)
Metaalslib (50% d.s.)	Zink-concentraat voor de metallurgische industrie

Voor de geproduceerde zwavelkoek wordt geen uitsparing van primair zwavel toegerekend. De reden hiervoor is dat zwavel wordt gevormd als bijproduct bij allerlei processen (brandstofontzwaveling, rookgasreiniging, zinkproductie e.a.).

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

Tabel 7.17 Uitgespaarde winning/productie primaire grondstoffen

Vervangen primaire grondstof	Uitgespaarde productie (kg/ton GCV)	
	Gemengd GCV	Kunststofhoudend GCV
Zand	331 364 ¹⁾	350 385 ¹⁾
IJzer	198	-
Zn-conc. metallurgische industrie	9,20	9,86

1) gevoeligheidsanalyse: toevoeging flux

7.11 Finaal afval

Het beladen kool wordt in big-bags gestort op een C2-deponie. Voor de hoeveelheid te storten afval wordt aangesloten bij achtergronddocument A1. Dit betekent voor gemengd GCV 0,23 kg en voor metaalhoudend GCV 0,24 kg gestort wordt.

7.12 Leemten in kennis

De hierboven beschreven thermische immobilisatie is gebaseerd op twee milieueffect-rapportages. Praktijkcijfers van dit concept zijn nog niet bekend en moeten derhalve als leemten in kennis worden beschouwd.

De belangrijkste onzekerheden zijn:

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

Daarnaast is onduidelijk welke emissies bij de verwerking van het metaalslib vrijkomen door het hierin aanwezige kwik. De vraag is of deze grondstof gezien het kwikgehalte als gelijkwaardig aan primaire grondstof mag worden beschouwd.

8. ALTERNATIEF VERBRANDEN IN EEN DTO

Gebruikte chemicaliënverpakkingen (GCV) wordt gemengd met andere afvalstromen verbrand in een draaitrommeloven (DTO). De milieu-ingrepen zijn voor zowel gemengd als voor kunststofhoudend GCV bepaald.

8.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer

GCV wordt verspreid over het land ingezameld. Kga/Kca-inzamelaars spelen hierbij een belangrijke rol. Transport naar de verwerker geschiedt gewoonlijk per vrachtwagen in grote volumina.

B. Verbranding in DTO

GCV wordt gemengd met diverse andere (hoogcalorische) afvalstromen en in een bepaalde verhouding aan een draaitrommeloven (DTO) toegevoerd. De DTO bestaat uit een cilindervormige kamer, die met een snelheid van 5-15 omwentelingen per uur om zijn as draait. Achter de DTO bevindt zich een naverbrandingskamer. De verbrandingsgassen blijven gedurende minstens 2 seconden op een temperatuur van 1000 - 1200°C. Bij afkoeling van de rookgassen vindt zoveel mogelijk energierugwinning plaats door productie van stoom. De stoom wordt aan AVI Rijnmond geleverd, waar deze gebruikt wordt voor opwekking van elektriciteit en productie van gedestilleerd water.

De bij de verbranding vrijkomende rookgassen worden gereinigd. De rookgasreiniging bestaat uit een elektrostatisch filter voor het verwijderen van stof (vliegias), een natte rookgasreiniging en een actief koolfilter voor de verwijdering van restanten kwik, dioxinen, zoutzuur en zwaveldioxide. In de natte rookgasreiniging worden de hulpstoffen natronloog, kalk en ammoniak gebruikt.

Het vrijkomende waswater wordt afgevoerd naar een eigen afvalwaterzuiveringsinstallatie. De afvalwaterzuivering van AVR betreft een chemisch-fysische zuivering bestaande uit precipitatie-, coagulatie-, flocculatie-, sedimentatie- en zand- en koolfiltratieprocessen. Het afgescheiden slib wordt ontwaterd met behulp van een kamerfilterpers. Het filtraat wordt teruggevoerd naar de inlaat van de zuiveringsinstallatie. Het gezuiverde water wordt geloosd op oppervlaktewater.

Verontreinigd (beladen) actiefkool wordt verbrand in een DTO, waarbij de dioxinen en furanen volledig worden vernietigd. Het vrijkomende rookgas wordt teruggevoerd naar de oven en doorloopt de rookgasreinigingslijn opnieuw.

C. Afvoer reststoffen

De reststoffen slak, vliegias en rookgasreinigingsresidu worden afgevoerd voor verdere verwerking.

D. Immobilisatie en stort reststoffen

De slakken van een DTO worden als C₃-afval gestort. Het rookgasreinigingsresidu en de vliegias worden eerst geïmmobiliseerd door menging met cement. Het immobilisaat van vliegias wordt gestort als C₃-afval. Het immobilisaat van het rookgasreinigingsresidu wordt in een apart compartiment voor geconditioneerd C₃-afval gestort.

8.2 Massabalans

Tabel 8.1 bevat de massabalans van de verwerking van gemengd en kunststofhoudend GCV in een DTO, uitgaande van 1 ton GCV. De hoeveelheden reststoffen zijn bepaald op basis van de gemiddelde verdeling van de asrest in afval over de reststoffen. Volgens deze verdeling komt 80% als slak en 20% als vliegashout uit de DTO. Ten aanzien van het RgRR is aangenomen dat er 20 kg per ton verwerkt afval ontstaat (zie ook achtergronddocument A1 bij het MER-LAP).

Tabel 8.1: Massabalans verwerking in DTO

	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (ton)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (ton)	Bestemming
INPUT			
GCV	1	1	
OUTPUT			
Slak	0,44	0,26	Storten
Vliegashout	0,078	0,082	Immobilisatie VBM /stort
RgRR	0,034	0,036	Immobilisatie VBM /stort

Voor de verdeling van de componenten over de diverse compartimenten en reststoffen is relevant dat in dit MER van de in tabel 8.2 aangegeven massabalans is uitgegaan. Voor de totstandkoming van deze tabel wordt verwezen naar achtergronddocument A1 van het MER-LAP.

Tabel 8.2: Overzicht verdeling van componenten (in procenten) voor de DTO

	lucht (%)	water (%)	slak (%)	vliegashout (%)	RgRR (%)
As	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Cd	0,75	2,1	25	67,5	4,65
Cr	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Cu	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Hg	3	2	0	5	90
Ni	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Pb	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Zn	0,07	0,06	70,87	28,35	0,65
Cl	0,03	69,97	5	25	0
S	0,45	58,95	10	30	0,6

8.3 Ruimtebeslag

Voor het ruimtebeslag van de DTO wordt uitgegaan van een oppervlak van 40.000 m² bij een capaciteit van 100.000 ton per jaar. Dit betekent dat het fysiek ruimtebeslag 0,4 m² per ton afval, dus per ton GCV bedraagt.

Voor het ruimtebeslag van de verwerking van de reststoffen uit de DTO wordt uitgegaan van achtergronddocument A1 van het Mer-LAP en de hoeveelheden reststoffen (zie massabalans).

In tabel 8.3 staat het ruimtebeslag van de verschillende verwerkingsstappen aangegeven.

Tabel 8.3 Ruimtebeslag van verwerkingsstappen

Verwerking	Ruimtebeslag per ton afval/reststof	Ruimtebeslag per ton gemengd GCV (m ² jaar)	Ruimtebeslag per ton kunststofhoudend GCV (m ² jaar)
Verbranding in DTO	0,4	0,4	0,4
Stort slak	8	3,8	2,3
Immobilisatie + stort vliegass	7,81	0,64	0,68
Immobilisatie + stort RgRR	7,31	0,15	0,15

8.4 Transport

In de beschouwde verwerkingsoptie vindt transport per as plaats van GCV naar de DTO. Tevens worden de reststoffen afgevoerd en worden bedrijfsmiddelen aangevoerd. In paragraaf 8.6 zijn de hoeveelheden gebruikte bedrijfsmiddelen toegelicht. In tabel 8.4 staan de transportafstanden en hoeveelheden tonkilometers voor de verschillende materiaalstromen weergegeven.

AVR Chemie is de enige in Nederland die DTO's exploiteert, zodat de transportafstand voor het GCV op grond van tabel 4.1 voor deze afvalstroom 150 km bedraagt.

Voor de bedrijfsmiddelen wordt conform de rest van het MER uitgegaan van een gemiddelde afstand van 75 km (heen en terug).

Voor kalk is uitgegaan van aanvoer per binnenvaartschip over een afstand van 600 km. Voor de overige bedrijfsmiddelen, met name chemicaliën voor de waterzuivering is als gemiddelde uitgegaan van 50 km (aanname).

Gezien de kleine hoeveelheden overig aangevoerde bedrijfsmiddelen zijn deze niet meegenomen. De effecten van transport hiervan zijn verwaarloosbaar ten opzichte van de totale getransporteerde hoeveelheid materiaal.

De reststoffen worden (geïmmobiliseerd en) gestort. Op dit moment vindt immobilisatie en stort uitsluitend bij VBM plaats. De transportafstand tussen DTO en VBM bedraagt circa 5 km, waardoor de transportafstand (heen en terug) op 10 km wordt gesteld. Ten behoeve van de immobilisatie van vliegass en RgRR wordt cement aangevoerd. Hiervoor is uitgegaan van een transportafstand van 300 km en een verbruik van 95 kg cement per ton vliegass en 100 kg per ton RgRR (zie achtergronddocument A1).

Voor het transport van GCV wordt uitgegaan van 16 ton/vracht en voor alle andere stromen van 10 ton/vracht, m.u.v. de aanvoer van kalk dat per binnenvaartschip wordt aangevoerd.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 5.4 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Daarnaast zijn de tonkilometers (tkm) per vracht weergegeven uitgaande van 1 ton GCV.

Tabel 8.4 Transport

Materiaalstroom	Gemiddeld transport		
	Afstand (km)	Gemengd GCV (tkm)	Kunststofhoudend GCV (tkm)
Aanvoer GCV	150	150	150
Afvoer reststoffen	10	5,7	3,9
Aanvoer bedrijfsmiddelen	75	1,6	1,6
Aanvoer kalk as	50	0,01	0,01
water	600	0,15	0,15
Aanvoer cement	300	2,9	3,1

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

8.5 Energie

Er wordt rekening gehouden met:

- het energieverbruik van de DTO
- de energieproductie van de DTO
- het energieverbruik bij het verwerken van de reststoffen.

Energieverbruik DTO

De draaitrommelovens van AVR, inclusief rookgasreiniging, koelen van slakken en afvalwaterzuivering, verbruiken in tabel 8.5 weergegeven hoeveelheden energie (AVR, 2000).

Tabel 8.5 Energieverbruik DTO

	Totaal verbruik 2 DTO's	Verbruik per ton afval	Verbruik per ton GCV
Elektriciteit	20,8 miljoen kWh	219,4 kWh	219,4 kWh (1)
Olie	2.168 ton	22,87 kg	0 (2)

- (1) Het betreft hier in hoofdzaak het elektriciteitsverbruik van de motoren voor het draaien van de DTO's, het verpompen van afvalwater en het verplaatsen van verbrandingslucht en rookgassen, zodat het verbruik aan al het verwerkte afval is toegerekend.
- (2) Het betreft hier het verbruik voor het op- en afstoken en om de oven op de juiste temperatuur te brengen of te houden. Gelet op het hoogcalorische karakter van GCV hoeft dit verbruik niet aan deze afvalstroom te worden toegerekend.

Energieproductie DTO

De bij de afvalverbranding vrijkomende warmte wordt benut voor de productie van stoom. In 1999 is door de twee DTO's gezamenlijk 320.838 ton hoge-druk stoom geproduceerd. De twee DTO's hebben in 1999 gezamenlijk 94.789 ton afval verwerkt, waarmee dit dus neerkomt op circa 3,38 ton stoom per ton verwerkt afval. Deze stoom wordt aan een turbine geleverd die het omzet in energie. Het totale stoomaanbod aan de E-centrale van de AVR (stoom DTO's en roosterovens) was in 1999 3,29 miljoen ton. Met deze hoeveelheid is totaal 597.729 MWh aan elektriciteit geproduceerd, waarvan 167.012 MWh intern is gebruikt, zodat 430.717 MWh aan het openbare net is geleverd.

Het aandeel van de DTO's in de productie van elektriciteit bedraagt $(320.838/3.290.000) \times 430.717 = 42.003$ MWh/jaar oftewel 0,443 MWh per ton verwerkt afval, ofwel 1595 MJ.

Deze elektriciteitsproductie is gerealiseerd bij een gemiddelde stookwaarde van het afval van circa 15 MJ/kg. Op basis van de stookwaarde van kunststofhoudend GCV van 21,3 MJ/kg en van gemengd GCV van 13,3 MJ/kg, is de elektriciteitsproductie $(21,3/15) * 1595 \text{ MJ} = 2265 \text{ MJ/ton GCV}$, respectievelijk $(13,3/15) * 1595 \text{ MJ} = 1414 \text{ MJ/ton GCV}$.

De stoom wordt op een laag drukniveau afgetapt uit de stoomturbine, hetgeen gepaard gaat met een beperkte vermindering van de elektriciteitsproductie. Dit betekent dus dat deze stoom voor een deel wordt gebruikt voor energieproductie omdat deze stoom op een laag drukniveau wordt afgetapt. Voor een deel wordt deze stoom dus nog gebruikt voor de waterfabriek voor de productie van gedestilleerd water. Volgens het jaarverslag van AVR is uit de AVI's en DTO's samen in 1999 een hoeveelheid van 5,9 miljoen m³ gedestilleerd water geproduceerd. Er vanuit gaande dat de toerekening aan AVI's en DTO's ook hier op basis van de bijdrage aan de stroomproductie kan geschieden betekent dit voor de DTO's een productie van $5.900.000 \times 320.838 / 3.290.000 = 575.363 \text{ m}^3/\text{jaar}$. Zoals al eerder gesteld hebben de twee DTO's in 1999 gezamenlijk 94789 ton afval verwerkt. Per ton afval is derhalve 6,1 m³ gedestilleerd water geproduceerd.

Ook hier geldt weer dat dit is geproduceerd door de verwerking van afval met een gemiddelde stookwaarde van het afval van circa 15 MJ/kg. Op basis van de stookwaarden van kunststofhoudend en gemengd GCV is een productie van $(21,3/15) \times 6,1 = 8,7 \text{ m}^3$ respectievelijk $(13,3/15) * 6,1 = 5,4 \text{ m}^3$ gedestilleerd water aangehouden.

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

Energieverbruik bij verwerking reststoffen

Onder verwijzing naar achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen (zie tabel 8.1) zijn de energieverbruiken voor immobilisatie en stort bepaald. Deze staan in tabel 8.6 weergegeven.

Tabel 8.6 Energieverbruik immobilisatie en stort reststoffen

Verwerking	Verbruik per ton reststof	Verbruik per ton gemengd GCV	Verbruik per ton kunststofhoudend GCV
Stort slak	60 MJ	28,3 MJ	17,2 MJ
Immobilisatie vliegash	4,3 kWh	0,35 kWh	0,37 kWh
Stort vliegash	71 MJ	5,8 MJ	6,1 MJ
Immobilisatie RgRR	6,9 kWh	0,14 kWh	0,14 kWh
Stort RgRR	66 MJ	1,3 MJ	1,3 MJ

8.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- bedrijfsmiddelenverbruik DTO, incl. rookgasreiniging en afvalwaterzuivering
- bedrijfsmiddelenverbruik verwerking reststoffen.

Bedrijfsmiddelen DTO

De rookgasreiniging van een DTO verbruikt natronloog (NaOH) en kalk (Ca(OH₂)). De toe te rekenen hoeveelheden natronloog en kalk hangen af van het halogeen- en zwavelgehalte van de afvalstof. Voor de wijze van berekenen wordt verwezen achtergronddocument A1 van het MER-LAP. Voor de hoeveelheid actief kool is aangenomen dat die gelijk is aan 19,3 kg per ton verwerkt afval.

In tabel 8.7 staat een overzicht van de hoeveelheden bedrijfsmiddelen van de rookgasreiniging van de DTO.

Tabel 8.7 Bedrijfsmiddelen rookgasreiniging DTO

Bedrijfsmiddel	Gemengd GCV (kg/ton)	Kunststofhoudend GCV (kg/ton)
Natronloog (20%)	0,10	0,10
Kalk	0,25	0,25
Actief kool	19,3	19,3
Ammoniak	0,6	0,6

Het verbruik aan bedrijfsmiddelen van de afvalwaterbehandelingsinstallatie is weergegeven in tabel 8.8 (AVR, 2000). Het verbruik aan bedrijfsmiddelen in de waterzuivering is gericht op neutralisatie van zure stromen en de verwijdering van zware metalen en zwavelhoudende stoffen. Bij gebrek aan exacte informatie omtrent de wijze van toerekenen aan de verschillende afvalstromen is voor kunststofhoudend GCV het gemiddelde verbruik per ton afval gehanteerd.

Tabel 8.8 Bedrijfsmiddelen afvalwaterbehandelingsinstallatie

Bedrijfsmiddel	Verbruik per ton afval (kg)	Verbruik per ton GCV (kg)
Zoutzuur 20%	0,52	0,52
Natriumbisulfiet	0,06	0,06
Natriumsulfide 13%	0,37	0,37
Poly-elektrolyt	0,01	0,01
Osmo Treatment 35	0,03	0,03

Bedrijfsmiddelenverbruik bij verwerking reststoffen

De geproduceerde slakken, vliegias en rookgasreinigingsresidu (RgRR) worden (na immobilisatie) gestort. Voor het immobiliseren van vliegias en RgRR is cement nodig. Uitgaande van achtergronddocument A1 en de hoeveelheden geproduceerde reststoffen zijn de hoeveelheden cement bepaald. Deze zijn weergegeven in tabel 8.9.

Tabel 8.9 Cementverbruik verwerking reststoffen

Verwerking	Hoeveelheid cement per ton reststof (kg)	Hoeveelheid cement per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid cement per ton kunststofhoudend GCV (kg)
Immobilisatie vliegias	95	7,8	8,2
Immobilisatie RgRR	100	2,0	2,0

8.7 Emissies naar lucht

Bij de emissies naar lucht is onderscheid gemaakt in:

- componentgebonden emissies: deze hangen af van de samenstelling van het afval; ook de emissie van CO₂ kan hiertoe worden gerekend en
- procesgebonden emissies: deze zijn afhankelijk van de calorische waarde van het afval. Het gaat daarbij om NO_x, CO, C_xH_y, dioxines en fijn stof.

In het kader van dit MER zijn balansen opgesteld (zie achtergronddocument A1 het MER-LAP). Op basis van deze balansen en uitgaande van de samenstelling van GCV (zie tabel 2.1) zijn de emissies naar lucht bepaald. Deze zijn weergegeven in de tabellen 8.10 en 8.11.

Tabel 8.10 Componentgebonden emissies DTO naar lucht per ton GCV

Parameter	Emissie gemengd GCV (g/ton GCV)	Emissie kunststofhoudend GCV (g/ton GCV)
As	0,0008	0,0011
Cd	0,082	0,097
Cr	0,11	0,12
Cu	0,95	0,99
Hg	0,042	0,044
Ni	0,049	0,051
Pb	1,49	1,60
Zn	3,94	4,22
Cl	0,10	0,10
SO ₂	5,85	5,85
CO ₂	9,3E5	1,4 ^E 6

Tabel 8.11 Procesgebonden emissies DTO naar lucht per ton GCV

	Emissie per GJ input	Emissie gemengd GCV (kg/ton GCV)	Emissie kunststofhoudend GCV (kg/ton GCV)
NO _x	0,12	1,60	2,60
CO	0,012	0,160	0,256
C _x H _y	0,003	0,040	0,064
Dioxine (TEQ TCDD)	3E-11	3,99E-10	6,39E-10
Fijn stof	0,0018	0,031	0,045

8.8 Emissies naar water

Uitgaande van de opgestelde massabalansen (achtergronddocument A1 en tabel 8.2) en de samenstelling van GCV (zie tabel 2.1) zijn de emissies naar water uit de afvalwaterzuivering van de DTO bepaald (zie tabel 8.12). Deze zijn gebaseerd op een natte rookgasreiniging.

Tabel 8.12: Emissies DTO naar water per ton GCV

	Emissie gemengd GCV (g/ton GCV)	Emissie kunststofhoudend GCV (g/ton GCV)
As	0,0007	0,0009
Cd	0,23	0,27
Cr	0,09	0,10
Cu	0,82	0,85
Hg	0,028	0,029
Ni	0,042	0,044
Pb	1,27	1,37
Zn	3,38	3,62
Cl	241,4	241,4
SO ₄	383,0	383,0

8.9 Emissies naar bodem

Bij verbranding van afval in een DTO ontstaan de reststoffen vliegias, slak en rookgasreinigingsresidu. Deze worden gestort, waarbij emissies naar de bodem kunnen optreden.

Op basis van de massabalans voor een DTO zijn per component de fracties bepaald die terechtkomen in slak, vliegias en rookgasreinigingsresidu (zie massabalans, tabel 8.2). In de achtergronddocument A1 is voor de verschillende reststoffen aangegeven welk percentage hiervan uitloopt naar de bodem. Op basis van deze gegevens en de samenstelling van GCV (zie tabel 2.1) zijn de emissies naar bodem bepaald. Deze zijn weergegeven in de tabellen 8.13 en 8.14.

Tabel 8.13 Emissies naar bodem uit reststoffen DTO per ton gemengd GCV

Component	Emissies naar bodem (mg/ton GCV)		
	Slak	Vliegias	RgRR
As	0,41	0,33	0,04
Cd	1,36	7,34	0,25
Cr	1453,06	43,06	5,92
Cu	482,36	385,91	4,42
Hg	0	0,07	0,62
Ni	153,09	19,70	2,48
Pb	752,46	602,01	6,90
Zn	1993,22	1594,69	18,28
Cl	4821	2760,0	0
SO ₄	97,46	6432,53	345,02

Tabel 8.14 Emissies naar bodem uit reststoffen DTO per ton kunststofhoudend GCV

Component	Emissies naar bodem (mg/ton GCV)		
	Slak	Vliegas	RgRR
As	0,56	0,44	0,06
Cd	1,61	8,69	0,30
Cr	1644,41	48,73	6,70
Cu	503,62	402,92	4,62
Hg	0	0,07	0,66
Ni	130,18	20,83	2,63
Pb	809,16	647,37	7,42
Zn	2134,96	1708,09	19,58
Cl	4821	2760	0
SO ₄	97,46	6432,53	345,02

8.10 Finaal afval

In tabel 8,15 staan de hoeveelheden finaal, te storten afval weergegeven. In achtergronddocument A1 zijn de hoeveelheden te storten afval gegeven per ton reststof. Op basis van de hoeveelheden reststoffen zijn per ton GCV (gemengd en kunststofhoudend) de te storten hoeveelheden afval bepaald.

Tabel 8.15 Hoeveelheden te storten afval

Te storten afval	Hoeveelheid per ton gemengd GCV (kg)	Hoeveelheid per ton kunststofhoudend GCV (kg)
DTO-slak	471,2	287,2
DTO-vliegas	96,0	101,6
Rgrr	22	22

8.11 Uitgespaarde winning/productie grond- en brandstoffen

In de verwerkingsoptie verbranding van GCV wordt elektriciteit geproduceerd en en gedestilleerd water (zie paragraaf 8.5). De milieu-ingrepen bij reguliere productie van elektriciteit en gedestilleerd water worden daarmee vermeden. De omvang van deze negatieve milieu-ingrepen worden bepaald met de SimaPro-database.

BIJLAGE 1

OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN

Afvalstroom: gemengd GCV

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)		
				1^(b)	2^(c)	3^(d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie cementoven DTO (sludge) AVI (kunststof) DTO-reststoffen AVI-reststoffen	0,046 0 - - - -	0,046 - 0,23 0,0099 2,57 0,016	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv vloeibare stikstof metaal sludge kunststof DTO-reststoffen cement AVI-slak	150 (12,5) 67 (25) 30 (20) 224 (25) 68 (20) - - -	150 (12,5) 67 (25) 30 (20) 112 (25) 9 (20) 3,25 (10) 2,15 (30) 1,6 (10)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie verwarming ruimte cementoven elek.prod. DTO elek.prod.AVI immob. DTO-restst. stort DTO-restst immob. AVI-restst. stort AVI-restst	31 kWh 2,3 MJ 0 - - - - - -	31 kWh 2,3 MJ - - 459 MJ - 1980 MJ 0,349kWh 20,26 MJ 0,0087 kWh 0,14 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	vloeibare stikstof actief kool <u>hulpst. DTO+restst.:</u> natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement <u>hulpst. AVI+restst.:</u> ammoniak actief kool cement big bags PE-hoezen zand	0,67 ton 0,21 kg - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	0,67 ton 0,21 kg 0,056 kg 0,15 kg 0,345 kg 11,1 kg 0,30 kg 0,035 kg 0,21 kg 0,0058 kg 0,017 kg 7,15 kg 0,557 kg 0,016 kg 0,17 kg 0kg 0 kg 0 kg	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden							
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)			
				1^(b)	2^(c)	3^(d)	
5.	Emissie lucht (mg)	CxHy	63.000	63.000	als normaal	als normaal	
		CO2 (v.actief kool)	1.100.000	1.100.000			
		<u>verwerking restst.:</u>					
		As	0,584	0,82			
		Cd	54,4	75,94			
		Cr	75,9	106,31			
		Cu	681	952,88			
		Hg	83,0	41,51			
		Ni	34,7	48,63			
		Pb	1060	1486,45			
		Zn	2810	3937,50			
		Cl	2070	103,50			
		SO2	4,68E+04	5847,75			
		CO2	9,3E+08	9,3E+08			
		NOx	6,4E+06	8,4E+05			
		NH3	-	1,6E+04			
CO	2,0E+06	1,6E+05					
CxHy	5,3E+05	4,0E+04					
dioxines (TEQ)	0,00040	0,00040					
fijn stof	4,0E+04	2,7E+04					
6.	Emissie water (mg)	As	-	0,43	als normaal	als normaal	
		Cd	-	181,13			
		Cr	-	77,63			
		Cu	-	776,25			
		Hg	-	25,88			
		Ni	-	38,99			
		Pb	-	1166,10			
		Zn	-	3105,00			
		Cl	-	241396,50			
		SO4	-	1149082,88			
7.	Emissie bodem (mg)	As	-	0,74	als normaal	0,584	
		Cd	-	8,68			
		Cr	-	1292,22			
		Cu	-	867,54			
		Hg	-	0,65			
		Ni	-	138,40			
		Pb	-	1347,61			
		Zn	-	3571,79			
		Cl	-	7581,4			
		SO4	-	6875,00			
8.	Finaal afval / te storten rest	DTO-slak	-	253 kg	als normaal	als normaal	
		DTO-vliegas	-	74,3 kg			
		DTO-RgRR	-	12,7 kg			
		AVI-vliegas	-	1,7 kg			
		AVI-RgRR	-	0,0092 kg			
			-				
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	kolen	148 (16)	-	-	als normaal	
		stookolie	-	-			
		zand (land)	-	0,73			
		zand (water)	-	1,04			
10.	Vermeden energie		geen		als normaal	als normaal	

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)		
				1^(b)	2^(c)	3^(d)
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mn Mo Ni Pb Sb Se Sn Sr V Zn Cl F SO2 CO2	1,6 130 4,6 18 23 21,1 39 330 1,6 35 26 5,9 2,0 5,9 86 160 100 8900 730 9,60E+05 9,3E+08	- -	0,13 0 0 0,33 0,049 0,16 0,12 0 0,082 4,9 1,5 0 0,12 0 0 9,8 0,57 180 29 2,2E+05 9,3E+08	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	kolen stookolie mergel/kalksteenmeel gedestilleerd water ijzer zand (AVI-slak)	0,78 ton - 0,03 ton - 200 kg 0 kg	- - - 1,8 m ³ 200 kg 20,8 kg	- 0,33 ton 0,34 ton - 200 kg 0 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren water ^(f)	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 "verwerking reststoffen in DTO/AVI"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "stookolie als brandstof in cementoven"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "uitloging uit cement"
- (e) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Afvalstroom: gemengd GCV

Verwerkingstechniek: Shredderen en spoelen					
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)		
			1^(b)	2^(c)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie stort slib DTO (sludge) AVI (kunststof) DTO-reststoffen AVI-reststoffen	0,26 0,45 0,23 0,0099 2,57 0,016	0,26 0,45 - - - -	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv vloeibare stikstof solventen afvalwater metaal sludge kunststof DTO-reststoffen cement AVI-slak	150 (12,5) 12,5 (25) 22,8 (25) 105 (25) 30 (20) 86 (25) 9 (20) 3,25 (10) 2,15 (30) 1,6 (10)	150 (12,5) 12,5 (25) 22,8 (25) 105 (25) 30 (20) 224 (25) 68 (20) - - -	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie elektriciteit installatie warmte elek.prod. DTO elek.prod.AVI immob. DTO-restst. stort DTO-restst immob. AVI-restst. stort AVI-retst.	225 kWh 944 MJ - 459 MJ - 1980 MJ 0,349kWh 20,26 MJ 0,0087 kWh 0,14 MJ	225 kWh 944 MJ - - - - - -	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	vloeibare stikstof <u>hulpst. DTO+restst.:</u> natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement <u>hulpst. AVI+restst.:</u> ammoniak actief kool cement big bags PE-hoezen zand	125 kg 0,056 kg 0,15 kg 0,345 kg 11,1 kg 0,30 kg 0,035 kg 0,21 kg 0,0058 kg 0,017 kg 7,15 kg 0,557 kg 0,016 kg 0,17 kg 0kg 0 kg 0 kg	125 kg - - - - - - - - - - - - - - -	als normaal

Verwerkingstechniek: Shredderen en spoelen							
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)				
			1 ^(b)	2 ^(c)			
5.	Emissie lucht (mg)	HCl	1,11E+04	1,11E+04	1,11E+04		
		SO _x	3,26E+04	3,26E+04	3,26E+04		
		NO _x	5,50E+04	5,50E+04	5,50E+04		
		CO ₂	1,66E+07	1,66E+07	1,66E+07		
		CO	1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04		
		C _x H _y	5,36E+05	5,36E+05	1,19E+06		
		benzeen	7,00E+02	7,00E+02	7,00E+02		
		<u>verwerking restst.:</u>					
		As	0,82	0,584	0,82		
		Cd	75,94	54,4	75,94		
		Cr	106,31	75,9	106,31		
		Cu	952,88	681	952,88		
		Hg	41,51	83,0	41,51		
		Ni	48,63	34,7	48,63		
		Pb	1486,45	1060	1486,45		
		Zn	3937,50	2810	3937,50		
		Cl	103,50	2070	103,50		
		SO ₂	5847,75	4,68 ^E +04	5847,75		
		CO ₂	9,3E+08	9,3 ^E +08	9,3E+08		
		NO _x	8,4E+05	6,4 ^E +06	8,4E+05		
		NH ₃	1,6E+04	-	1,6E+04		
		CO	1,6E+05	2,0 ^E +06	1,6E+05		
		C _x H _y	4,0E+04	5,3 ^E +05	4,0E+04		
		dioxines (TEQ)	0,00040	0,00040	0,00040		
		fijn stof	2,7E+04	4,0 ^E +04	2,7E+04		
		6.	Emissie water	As	90	90	als normaal
				Cd	6	6	
Cr	30			30			
Cu	1350			1350			
Hg	3			3			
Ni	345			345			
Pb	600			600			
Zn	4950			4950			
EOCl	3000			3000			
CZV	3,00E+07			3,00E+07			
<u>verwerking restst.:</u>							
As	0,43			-			
Cd	181,13			-			
Cr	77,63			-			
Cu	776,25			-			
Hg	25,88			-			
Ni	38,99			-			
Pb	1166,10			-			
Zn	3105,00			-			
Cl	241396,50	-					
SO ₄	1149082,88	-					
7.	Emissie bodem (mg)	As	0,74	-	als normaal		
		Cd	8,68	-			
		Cr	1292,22	-			
		Cu	867,54	-			
		Hg	0,65	-			
		Ni	138,4	-			
		Pb	1347,61	-			
		Zn	3571,79	-			
		Cl	7581,4	-			
		SO ₄	6875,00	-			

Afvalstroom: gemengd GCV

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)	
				1^(b)	2^(c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie	0,12	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv zand (land) zand (water) NaOH (50%) synthetisch basalt schroot zwavel metaalslib	75 (12,5) 0 (20) 0 (-) 0,5 (10) 11,6 (20) 30 (10) 0,1 (10) 3,0 (10)	75 1,2 1,7 0,5 12,7 30 0,1 3,0	als normaal
3.	Energiegebruik	elek.installatie elek.prod.gas/stoommotor elek.verkleinen slak	770 MJ -3400 MJ 14,9 kWh	770 MJ -3400 MJ 16,5 kWh	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zuurstof flux NaOH (33%) actief kool	563 kg 0 6,3 kg 0,23 kg	563 kg 33,1 kg 6,3 kg 0,23 kg	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn HCl SO ₂ stof NO _x N ₂ O CO CO ₂	0,304 2,83 0 13,6 6,09 4,17 552 1460 10,6 455 5.330 8,9E+05 5,8E+04 1,5E+06 9,29E+08	0,304 2,83 0 13,6 6,09 4,17 552 1460 10,6 455 5.660 8,9E+05 5,8E+04 1,5E+06 9,29E+08	als normaal
6.	Emissie water (mg)	As Cd Hg Pb Zn Cl	0,0234 0,0609 2,71E-13 5,92E-06 0,00103 3,45E+05	als normaal	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	As Cr Cu Ni Pb Zn	- - - - - -	als normaal	9,35 1.520 109.000 3470 29.700 67.500
8.	Finaal afval / te storten rest	beladen kool	0,23 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (land) zand (water) zink-concentraat (trein)	11,6 16,5 0,9	12,7 18,2 0,9	als normaal
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand ijzer zink-concentraat	331 kg 198 kg 9,20 kg	364 kg 198 kg 9,20 kg	als normaal
15.	Overig	zuiveren water ^(d)	263 kg	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 "toevoeging flux"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging basalt"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"
- (e) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld.

Afvalstroom: gemengd GCV

Verwerkingstechniek: Verbranden in draaitrommeloven				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie stort slak immobilisatie + stort vliegias immobilisatie + stort RgRR	0,4 3,8 0,64 0,15	
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(b)	Gev bedrijfsmiddelen kalk (over water) kalk (as) DTO-reststoffen cement	150 (12,5) 1,6 (10) 0,15 (-) 0,01 (10) 5,7 (10) 2,9 (30)	
3.	Energiegebruik	elektriciteitsproductie. stort slak immobilisatie vliegias stort vliegias immobilisatie RgRR stort RgRR	-1414 MJ 28,3 MJ 0,35 kWh 5,8 MJ 0,14 kWh 1,3 MJ	
4.	Bedrijfsmiddelen	natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement	0,10 kg 0,25 kg 0,6 kg 19,3 kg 0,52 kg 0,06 kg 0,37 kg 0,01 kg 0,03 kg 9,8 kg	
5.	Emissie lucht (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO2 CO2 NOx CO CxHy dioxines (TEQ) fijn stof	0,82 81,56 106,31 952,88 41,51 48,63 1486,45 3937,50 103,50 5847,75 9,3E+08 1,6E+06 1,6E+05 4,0E+04 0,00040 3,1E+04	
6.	Emissie water (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	0,70 228,38 91,13 816,75 27,68 41,69 1274,10 3375,00 241396,50 1149082,88	

Verwerkingstechniek: Verbranden in draaitrommeloven			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)
7.	Emissie bodem (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	0,79 8,95 1502,04 872,70 0,69 145,27 1361,38 3606,19 75,81 6875,00
8.	Finaal afval / te storten rest	DTO-slak DTO-vliegas DTO-RgRR	471,2 kg 96 kg 22 kg
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		geen
10.	Vermeden energie		geen
11.	Vermeden emissie lucht		geen
12.	Vermeden emissie water		geen
13.	Vermeden emissie bodem		geen
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	gedestilleerd water	5,4 m ³
15.	Overig	zuiveren water ^(c)	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.
- (b) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld
- (c) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Afvalstroom: kunststofhoudend GCV

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)		
				1^(b)	2^(c)	3^(d)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie cementoven DTO (sludge) AVI (kunststof) DTO-reststoffen AVI-reststoffen	0,046 0 - - - -	0,046 - 0,23 0,019 2,57 0,031	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv vloeibare stikstof sludge kunststof DTO-reststoffen cement AVI-slak	150 (12,5) 67 (25) 224 (25) 128 (20) - - -	150 (12,5) 67 (25) 112 (25) 17 (20) 3,25 (10) 2,15 (30) 3,0 (10)	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie verwarming ruimte cementoven elek.prod. DTO elek.prod.AVI immob. DTO-restst. stort DTO-restst immob. AVI-restst. stort AVI-restst	31 kWh 2,3 MJ 0 - - - - - -	31 kWh 2,3 MJ - - 459 MJ - 3740 MJ 0,349 kWh 20,26 MJ 0,016 kWh 0,27 MJ	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	vloeibare stikstof actief kool <u>hulpst. DTO+restst.:</u> natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement <u>hulpst. AVI+restst.:</u> ammoniak cement actief kool big bags PE-hoezen zand	0,67 ton 0,21 kg - - - - - - - - - - - - - - - - - -	0,67 ton 0,21 kg 0,056 kg 0,15 kg 0,345 kg 11,1 kg 0,30 kg 0,035 kg 0,21 kg 0,0058 kg 0,017 kg 7,15 kg 1,05 kg 0,31 kg 0,055 kg 0 kg 0 kg 0 kg	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden						
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)			
			1^(b)	2^(c)	3^(d)	
5.	Emissie lucht (mg)	CxHy CO2 (v.actief kool) <u>verwerking restst.:</u> As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO2 CO2 NOx NH3 CO CxHy dioxines (TEQ) fijn stof	63.000 1.100.000 0,784 64,4 85,9 711 87,8 36,7 1140 3010 2070 4,68E+04 1,42E+09 1,0E+07 - 3,2E+06 8,5E+05 0,00064 2,0E+05	63.000 1.100.000 1,1 86 121 999 43,9 46,6 1600 4220 700 5800 1,42E+09 1,1E+06 3,1E+04 2,6E+05 6,4E+04 0,00064 4,2E+04	als normaal	als normaal
6.	Emissie water (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	- - - - - - - - - -	0,431 181,1 77,6 776,3 25,9 38,99 1166,1 3105 241397 1149083	als normaal	als normaal
7.	Emissie bodem (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	- - - - - - - - - -	0,96 10,08 1303,5 901,42 0,66 140,66 1437,96 3797,65 7581 6875,00	als normaal	0,784 83,3 85,9 710 15,1 36,7 1140 3010 171 939,5
8.	Finaal afval / te storten rest	DTO-slak DTO-vliegas DTO-RgRR AVI-vliegas AVI-RgRR	- - - - -	253 74,3 12,7 3,2 0,017	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	kolen stookolie zand (land) zand (water)	220 (16) - - -	- - 1,4 1,97	- 92 (16) 1,4 1,97	als normaal
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Shredderen en cryogeen scheiden						
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)		
				1 ^(b)	2 ^(c)	3 ^(d)
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	As	2,5	-	0,21	als normaal
		Ba	200	-	0	
		Cd	7,3	-	0	
		Co	28	-	0,53	
		Cr	38	-	0,079	
		Cu	33	-	0,26	
		Hg	62	-	0,19	
		Mn	530	-	0	
		Mo	2,5	-	0,13	
		Ni	55	-	7,9	
		Pb	42	-	2,4	
		Sb	9,4	-	0	
		Se	3,1	-	0,20	
		Sn	9,4	-	0	
		Sr	140	-	0	
		V	250	-	16	
		Zn	170	-	0,92	
		Cl	14,0 ^E +03	-	280	
F	1,2 ^E +03	-	47			
SO ₂	1,5E+06	-	3,50 ^E +05			
CO ₂	1,4E+09	-	1,4 ^E +09			
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	kolen	1,3 ton	-	-	als normaal
		stookolie	-	-	0,52 ton	
		mergel/kalksteenmeel	-0,14 ton	-	0,36 ton	
		gedestilleerd water	-	1,8 m ³	-	
	zand (AVI-slak)	-	40 kg	-	-	
15.	Overig	zuiveren water ^(f)	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 "verwerking reststoffen in DTO/AVI"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "stookolie als brandstof in cementoven"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "uitloging uit cement"
- (e) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Afvalstroom: kunststofhoudend GCV

Verwerkingstechniek: Shredderen en spoelen					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)	
				1^(b)	2^(c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie stort slib DTO (sludge) AVI (kunststof) DTO-reststoffen AVI-reststoffen	0,26 0,45 0,23 0,019 2,57 0,031	0,26 0,45 - - - -	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv vloeibare stikstof solventen afvalwater sludge kunststof DTO-reststoffen cement AVI-slak	150 (12,5) 12,5 (25) 22,8 (25) 105 (25) 86 (25) 17 (20) 3,25 (10) 2,15 (30) 3,0 (10)	150 (12,5) 12,5 (25) 22,8 (25) 105 (25) 224 (25) 128 (20) - - -	als normaal
3.	Energiegebruik	installatie elektriciteit installatie warmte elek.prod. DTO elek.prod.AVI immob. DTO-restst. stort DTO-restst immob. AVI-restst. stort AVI-restst	225 kWh 944 MJ - 459 MJ - 3740 MJ 0,349 kWh 20,26 MJ 0,016 kWh 0,27 MJ	225 kWh 944 MJ - - - - - -	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	vloeibare stikstof <u>hulpst. DTO+restst.:</u> natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement <u>hulpst. AVI+restst.:</u> ammoniak cement actief kool big bags PE-hoezen zand	125 kg 0,056 kg 0,15 kg 0,345 kg 11,1 kg 0,30 kg 0,035 kg 0,21 kg 0,0058 kg 0,017 kg 7,15 kg 1,05 kg 0,31 kg 0,055 kg 0 kg 0 kg 0 kg	125 kg - - - - - - - - - - - - - - - -	als normaal

Verwerkingstechniek: Shredderen en spoelen					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses ^(a)	
				1 ^(b)	2 ^(c)
5.	Emissie lucht (mg)	HCl	1,11 ^E +04	1,11E+04	1,11E+04
		SO _x	3,26 ^E +04	3,26E+04	3,26E+04
		NO _x	5,50 ^E +04	5,50E+04	5,50E+04
		CO ₂	1,66 ^E +07	1,66E+07	1,66E+07
		CO	1,00 ^E +04	1,00E+04	1,00E+04
		C _x H _y	5,36 ^E +05	5,36E+05	1,19E+06
		benzeen	7,00 ^E +02	7,00E+02	7,00E+02
		<u>verwerking restst.:</u>			
		As	1,1	0,784	1,1
		Cd	86	64,4	86
		Cr	121	85,9	121
		Cu	999	711	999
		Hg	43,9	87,8	43,9
		Ni	46,6	36,7	46,6
		Pb	1600	1140	1600
		Zn	4220	3010	4220
		Cl	700	2070	700
		SO ₂	5800	4,68 ^E +04	5800
		CO ₂	1,42E+09	1,42 ^E +09	1,42E+09
		NO _x	1,1E+06	1,0 ^E +07	1,1E+06
		NH ₃	3,1E+04	-	3,1E+04
		CO	2,6E+05	3,2 ^E +06	2,6E+05
		C _x H _y	6,4E+04	8,5 ^E +05	6,4E+04
dioxines (TEQ)	0,00064	0,00064	0,00064		
fijn stof	4,2E+04	2,0 ^E +05	4,2E+04		
6.	Emissie water	As	90	90	als normaal
		Cd	6	6	
		Cr	30	30	
		Cu	1350	1350	
		Hg	3	3	
		Ni	345	345	
		Pb	600	600	
		Zn	4950	4950	
		EOCl	3000	3000	
		CZV	3,00E+07	3,00E+07	
		<u>verwerking restst.:</u>			
		As	0,431	-	
		Cd	181,1	-	
		Cr	77,6	-	
		Cu	776,3	-	
		Hg	25,9	-	
Ni	38,99	-			
Pb	1166,1	-			
Zn	3105	-			
Cl	241397	-			
SO ₄	1149083	-			
7.	Emissie bodem (mg)	As	0,96	-	als normaal
		Cd	10,08	-	
		Cr	1303,5	-	
		Cu	901,42	-	
		Hg	0,66	-	
		Ni	140,66	-	
		Pb	1437,96	-	
		Zn	3797,65	-	
		Cl	7581	-	
SO ₄	6875,00	-			

Verwerkingstechniek: Shredderen en spoelen						
ASPECT		(specificatie)		INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)	
					1^(b)	2^(c)
8.	Finaal afval / te storten rest	DTO-slak		253 kg	-	als normaal
		DTO-vliegas		74,3kg	-	
		DTO-RgRR		12,7 kg	-	
		AVI-vliegas		3,2 kg	-	
		AVI-RgRR		0,017 kg	-	
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	kolen		-	220 (16)	als normaal
		stookolie		-	-	
		zand (land)		1,4	-	
		zand (water)		1,97	-	
10.	Vermeden energie			geen	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht	As		-	2,5	als normaal
		Ba		-	200	
		Cd		-	7,3	
		Co		-	28	
		Cr		-	38	
		Cu		-	33	
		Hg		-	62	
		Mn		-	530	
		Mo		-	2,5	
		Ni		-	55	
		Pb		-	42	
		Sb		-	9,4	
		Se		-	3,1	
		Sn		-	9,4	
		Sr		-	140	
		V		-	250	
		Zn		-	170	
		Cl		-	14,0E+03	
		F		-	1,2E+03	
		SO2		-	1,5E+06	
		CO2		-	1,42E+09	
12.	Vermeden emissie water			geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem			geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kolen		-	1,3 ton	als normaal
		stookolie		-	-	
		mergel/kalksteenmeel		-	-0,14 ton	
		gedestilleerd water		1,8 m ³	-	
		zand		40	0 kg	
15.	Overig	zuiveren water ^(f)		geen	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 "verwerking reststoffen in cementoven"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "met diffuse emissies"
- (e) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld
- (f) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Afvalstroom: kunststofhoudend GCV

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten					
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)	
				1^(b)	2^(c)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie	0,12	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(e)	Gcv	75 (12,5)	75	als normaal
		zand (land)	0 (20)	1,2	
		zand (water)	0 (-)	1,8	
		NaOH (50%)	0,5 (10)	0,5	
		synthetisch basalt	12,3 (20)	13,5	
		zwavel	0,1 (10)	0,1	
		metaalslib	3,2 (10)	3,2	
3.	Energiegebruik	elek.installatie	1110 MJ	1110 MJ	als normaal
		elek.prod.gas/stoommotor	-6300 MJ	-6300 MJ	
		elek.verkleinen slak	15,8 kWh	17,5 kWh	
4.	Bedrijfsmiddelen	zuurstof	800 kg	800 kg	als normaal
		flux	0	35,0 kg	
		NaOH (33%)	6,3 kg	6,3 kg	
		actief kool	0,24 kg	0,24 kg	
5.	Emissie lucht (mg)	As	0,408	0,408	als normaal
		Cd	3,35	3,35	
		Cr	0	0	
		Cu	14,2	14,2	
		Hg	6,44	6,44	
		Ni	4,41	4,41	
		Pb	594	594	
		Zn	1570	1570	
		HCl	10,6	10,6	
		SO ₂	455	455	
		stof	5.670	6.020	
		NO _x	1,7 ^E +06	1,7 ^E +06	
		N ₂ O	1,1 ^E +05	1,1 ^E +05	
		CO	2,8 ^E +06	2,8 ^E +06	
		CO ₂	1,42 E+09	1,42 E+09	
6.	Emissie water	As	0,0314	als normaal	als normaal
		Cd	0,0721		
		Hg	2,87E-13		
		Pb	6,37E-06		
		Zn	0,00111		
		Cl	3,45E+05		
7.	Emissie bodem (mg)	As	-	als normaal	12,6
		Cr	-		1.720
		Cu	-		114.000
		Ni	-		3.670
		Pb	-		32.000
		Zn	-		72.300
8.	Finaal afval / te storten rest	beladen kool	0,24 kg	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	zand (land)	12,3	13,5	als normaal
		zand (water)	17,5	19,3	
		zink-concentraat (trein)	1,0	1,0	
10.	Vermeden energie		geen	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		geen	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water		geen	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		geen	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	zand	350 kg	385 kg	als normaal
		zink-concentraat	9,86 kg	9,86 kg	
15.	Overig	zuiveren water ^(d)	303 kg	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 "toevoeging flux"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging basalt"
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"
- (e) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld

Afvalstroom: kunststofhoudend GCV

Verwerkingstechniek: Verbranden in draaitrommeloven			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	installatie stort slak immobilisatie + stort vliegias immobilisatie + stort RgRR	0,4 2,3 0,68 0,15
2.	Transport in tkm (ton/vracht) ^(b)	Gev bedrijfsmiddelen kalk (water) kalk (as) DTO-reststoffen cement	150 (12,5) 1,6 (10) 0,15 (-) 0,01 (10) 3,9 (10) 3,1 (30)
3.	Energiegebruik	elektriciteitsproductie. stort slak (diesel) immobilisatie vliegias stort vliegias (diesel) immobilisatie RgRR stort RgRR (diesel)	-2265 MJ 17,2 MJ 0,37 kWh 6,1 MJ 0,14 kWh 1,3 MJ
4.	Bedrijfsmiddelen	natronloog (20%) kalk ammoniak actief kool zoutzuur (20%) natriumbisulfiet natriumsulfide 13% poly-elektrolyt Osmo Treatment 35 cement	0,10 kg 0,25 kg 0,6 kg 19,3 kg 0,52 kg 0,06 kg 0,37 kg 0,01 kg 0,03 kg 10,2 kg
5.	Emissie lucht (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO2 CO2 NOx CO CxHy dioxines (TEQ) fijn stof	1,1 96,6 120 990 43,9 51 1600 4220 100 5850 1,4E+09 2,6E+06 2,56E+05 6,4E+04 0,00064 4,5E+04
6.	Emissie water (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	0,9 270 100 850 29 44 1370 3620 2,41E+05 3,83E+05

Verwerkingstechniek: Verbranden in draaitrommeloven			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses^(a)
7.	Emissie bodem (mg)	As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn Cl SO4	1,06 10,60 1699,84 911,16 0,73 153,64 1463,95 3862,63 7581 6875,00
8.	Finaal afval / te storten rest	DTO-slak DTO-vliegas DTO-RgRR	287,2 kg 101,6 kg 22 kg
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		geen
10.	Vermeden energie		geen
11.	Vermeden emissie lucht		geen
12.	Vermeden emissie water		geen
13.	Vermeden emissie bodem		geen
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	gedestilleerd water	8,7 m ³
15.	Overig	zuiveren water ^(c)	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.
- (c) Transport in vrachtauto tenzij anders vermeld
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

BIJLAGE 2:

LITERATUURLIJST

9. LITERATUURLIJST GCV

ATM, 2000.

Afvalstoffen Terminal Moerdijk; Milieueffectrapport

AVR, 2000.

Milieujaarverslagen 1999 AVR-bedrijven.

Gibros PEC, 2000.

Milieueffectrapport Product- en EnergieCentrale (PEC) Groningen.

Tauw, 2000.

Vergelijkende levenscyclusanalyse cryogene VBI en spoel VBI." 24 mei 2000. Projectnummer 3846636.

TNO, 1996

Milieu-effectrapport ten behoeve van het Meerjarenplan Gevaarlijke Afvalstoffen II, TNO-STB, april 1996 (inclusief bijbehorend bijlagenrapport)

TNO,2000a.

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

TNO, 2000b.

Pyrolyse bij ATM als mogelijke minimumstandaard; Voor: Geleegde chemicaliën verpakkingen (GCV) en oliehoudend afval." TNO-rapport STB-00-25.

VROM, 2000.

Basisdocument gevaarlijk afval 1996-1998, Publicatierreeks afvalstoffen 2000/53, Distributiecentrum VROM, april 2000.

Zuiveringschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998", zuiveringschap Limburg, 1998