

**MILIEUEFFECTRAPPORT  
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A15  
Uitwerking “groenafval”**

Afval Overleg Orgaan  
2002



## INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING .....	4
2. SAMENSTELLING GROENAFVAL (HOUTFRACTIE) .....	5
3. DE HOUTFRACTIE IN GROENAFVAL .....	9
4. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES .....	11
5. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN .....	13
5.1 Systeemgrenzen .....	13
5.2 Transport .....	13
5.3 Beladingsgraad .....	14
5.4 Waterzuivering .....	14
6. COMPOSTEREN .....	16
6.1 Procesbeschrijving .....	16
6.2 Samenstelling en toepassing van compost .....	17
6.3 Massabalans .....	20
6.4 Ruimtebeslag .....	21
6.5 Transport .....	22
6.6 Energie .....	23
6.7 Bedrijfsmiddelen .....	26
6.8 Emissies .....	27
6.9 Verwerkingskosten .....	31
7. VERGASSEN/BIJSTOKEN IN E-CENTRALE .....	32
7.1 Procesbeschrijving .....	32
7.2 Uitgangspunten/modellering, massabalansen en kwaliteit reststoffen .....	34
7.3 Ruimtebeslag .....	41
7.4 Transport .....	41
7.5 Energie .....	43
7.6 Bedrijfsmiddelen .....	45
7.7 Emissies .....	47
7.8 Verwerkingskosten .....	51
7.9 Aanvullende toelichting op gehanteerde energierendementen .....	52
8. WERVELBEDVERBRANDING .....	53
8.1 Procesbeschrijving .....	53
8.2 Massabalans .....	54
8.3 Ruimtebeslag .....	56
8.4 Transport .....	57
8.5 Energie .....	57
8.6 Bedrijfsmiddelen .....	59
8.7 Emissies .....	59
8.8 Verwerkingskosten .....	63

## **BIJLAGEN**

1. OVERZICHT MILIEU-INGREPEN
2. REFERENTIES

## 1. INLEIDING

In het MER voor het LAP worden beheersalternatieven voor diverse afvalstoffen vergeleken, waarbij gebruik wordt gemaakt van Levens Cyclus Analyse (LCA). Alle LCA-berekeningen worden uitgevoerd voor 1 ton afval.

In de LCA-berekeningen m.b.t. de afvalbeheersalternatieven worden diverse processen meegenomen. Om LCA-berekeningen te kunnen uitvoeren, dient onder meer de volgende informatie beschikbaar te zijn:

- de samenstelling van de afvalstof;
- het energieverbruik van de in de LCA meegenomen processen;
- het bedrijfsmiddelenverbruik van de in de LCA meegenomen processen. Onder bedrijfsmiddelen worden in dit verband verstaan chemicaliën, water etc.;
- de emissies naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem van de in de LCA meegenomen processen.
- de vermeden emissies naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem door wegzuiging van de afvalstroom van de gangbare route naar de voorgestelde route.

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<sub>x</sub> gevormd. Naast componentgebonden emissies worden derhalve ook procesgebonden emissies onderscheiden.

De in de LCA-berekeningen te gebruiken informatie wordt in het navolgende gepresenteerd voor de afvalstroom "**Groenafval (houtfractie)**". Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan en bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

## 2. SAMENSTELLING GROENAFVAL (HOUTFRACTIE)

Groenafval wordt gedefinieerd als "plantaardige (of organische) afvalstoffen die vrijkomen bij de aanleg en het onderhoud van particulier en openbaar groen, bos- en natuurterreinen en watergangen". In het MER voor het LAP wordt, conform de richtlijnen voor de inhoud van het MER, uitsluitend aandacht geschonken aan de houtfractie van groenafval. Gegevens over de integrale samenstelling van groenafval zijn niet beschikbaar, wel van enkele samenstellende stromen. De inperking tot de houtfractie van groenafval compliceert de zaak nog eens extra omdat ook de samenstelling van de houtfractie van groenafval niet als zodanig bekend is. Hieronder de tabel met samenstellingsgegevens, waarna vervolgens een toelichting wordt gegeven.

Tabel 2.1; Samenstelling houtfractie groenafval

COMPONENT	EENHEID	Cuijk			Afvalzorg (1997)			CE (1999)	MER-LAP (*)			
		gem	min	max	gem	min	max	gem	Nor-maal	andere samenstelling		
										1	2	3
C	Gew.% van d.s.	50,2	34	54	42	33	50	43	<b>48,1</b>	48,1	48,1	48,1
H	Gew.% van d.s.	6,0	3,3	7	4,5	2,5	5,8	5,3	<b>5,2</b>	5,2	5,2	5,2
O	Gew.% van d.s.	43,3	28	45	35			37,7	<b>40,1</b>	40,1	40,1	40,1
N	Gew.% van d.s.	0,4	0,2	0,9	0,55	0,27	0,88	0,53	<b>0,63</b>	0,63	0,63	0,63
S	Gew.% van d.s.	0,03	0,02	0,13	0,09	0,03	0,2	0,09	<b>0,10</b>	0,10	0,10	0,10
K	Gew.% van d.s.	0,4	0,1	0,7				0,108	<b>0,25</b>	0,25	0,25	0,25
Na	Gew.% van d.s.	0,05	0,0	0,15				0,073	<b>0,06</b>	0,06	0,06	0,06
Ca	Gew.% van d.s.	0,5	0,3	1,29				0,55	<b>0,5</b>	0,5	0,5	0,5
Cl	Gew.% van d.s.	0,1	0,0	0,2	0,08	0,02	0,32	0,07	<b>0,08</b>	<b>0,3</b>	0,08	0,08
F	Gew.% van d.s.	0,01	0,0	0,02	0,005	0,001	0,03	0,003	<b>0,005</b>	0,005	0,005	0,005
Zand	Gew.% van d.s.	0,3	0,0	0,5					-	-	-	-
Asrest	Gew.% van d.s.	2,0	1	6	17	1,4	39	13,3	<b>5</b>	5	<b>10</b>	5
stookwaarde	MJ/kg (LHV)	10	8	15	9	5	12,5	12,1	<b>10,0</b>	10,0	10,0	<b>12,5</b>
Vochtigheid	Gew.%	40	60	20	41	34	53	20	<b>41</b>	41	41	41
Al	mg/kg d.s.	228	15	300				1040	<b>634</b>	634	634	634
As	mg/kg d.s.	0,5	0,02	1					<b>0,5</b>	<b>1</b>	0,5	0,5
Ba	mg/kg d.s.	30	5	50					<b>30</b>	30	30	30
Cd	mg/kg d.s.	1	0,0	2				0,3	<b>0,5</b>	<b>2</b>	0,5	0,5
Co	mg/kg d.s.	0,5	0,0	1	4,2	3,0	6,0	0,2	<b>4,2</b>	4,2	4,2	4,2
Cr	mg/kg d.s.	12,5	0,0	25				1,0	<b>6,8</b>	<b>25</b>	6,8	6,8
Cu	mg/kg d.s.	14	3	25				10	<b>12</b>	<b>25</b>	12	12
Fe	mg/kg d.s.	90	25	150				2250	<b>90</b>	90	90	90
Hg	mg/kg d.s.	0,02	0	0,05	0,06	0,02	0,13	0,10	<b>0,06</b>	<b>0,13</b>	0,06	0,06
Mg	mg/kg d.s.	772	230	1020				601	<b>686</b>	686	686	686
Mn	mg/kg d.s.	80	8	150	147	12	515	80	<b>147</b>	147	147	147
Mo	mg/kg d.s.	-	-	-				3	<b>3</b>	3	3	3
Ni	mg/kg d.s.	10	0	20	17	4,0	32	0,5	<b>17</b>	<b>30</b>	17	17
P	mg/kg d.s.	972	35	1910				260	<b>616</b>	616	616	616
Pb	mg/kg d.s.	12,5	0	25	27	8	62	7	<b>27</b>	<b>62</b>	27	27
Sb	mg/kg d.s.	1	0	2	0,4	0,06	1,0	0,1	<b>0,4</b>	0,4	0,4	0,4
Se	mg/kg d.s.	1	0	2				0,1	<b>0,55</b>	0,55	0,55	0,55
Si	mg/kg d.s.	956	80	1000				97300	-	-	-	-
Sn	mg/kg d.s.	2,5	0	5					<b>2,5</b>	2,5	2,5	2,5
Te	mg/kg d.s.	1	0	2					<b>1</b>	1	1	1
Ti	mg/kg d.s.	1	0	11					<b>1</b>	1	1	1
V	mg/kg d.s.	5	0	10					<b>5</b>	5	5	5
Zn	mg/kg d.s.	50	0	100	66	28	124	22	<b>66</b>	<b>124</b>	66	66

(\*) gevoeligheidsanalyses 1, 2 en 3 betreffen respectievelijk "andere samenstelling", "grotere asrest" en "hogere stookwaarde"

### Algemeen

De samenstelling van de houtfractie komt het best overeen met de samenstelling van dunningshout (zoals gegeven door CE, 1999 maar oorspronkelijk afkomstig van TNO, 1997) en plantsoenafval (Afvalzorg, 1997). Deze zijn tezamen beschouwd met de gegevens van de houtverbrandingsinstallatie van Cuijk (de Wm-vergunningaanvraag voor de bio-energiecentrale) en een studie van Amstelland (1997). Deze laatste betreft een haalbaarheidsstudie van decentrale energiebenutting uit groenafval in de gemeente Amstelland (Nutsbedrijf Amstelland, 1997), waarbij meer in detail is gekeken naar de samenstellende bronnen van groenafval. De studie van Afvalzorg is daarbij de meest uitgebreide studie, zodat daar een wat sterker accent op is gelegd. Zowel CE, Afvalzorg als Cuijk geven gedetailleerde samenstellingen, Amstelland geeft alleen informatie over stookwaarde, asgehalte en de bronnen die het groenafval leveren; deze informatie is dan ook alleen ter bevestiging gebruikt en om de variaties mede te helpen bepalen.

### Het asgehalte

Het asgehalte varieert in deze opgaven sterk. De gegevens van Cuijk (nominaal 2 %) betreffen de waarden uit de vergunningaanvraag, maar in praktijk treden hogere asgehalten op. Deze zijn het gevolg van een nog niet optimaal functionerend aannamebeleid voor de biomassa. Recente informatie van Cuijk (juni 2001) meldt dat het asgehalte niet meer boven 6% uitstijgt. Hetzelfde is het geval bij de bio-energiecentrale in Lelystad (Stromen, 2001).

Het asgehalte uit de Amstellandstudie (5 % à 10% op droge stof basis) stemt redelijk goed overeen met het asgehalte in de CE-studie (10,7% op droge stof basis). Deze waarden en het asgehalte zoals vermeld in de studie van Afvalzorg (1997) lijken aan de hoge kant, gezien de vermelde waarde van ruim 3% die in fase twee (Afvalzorg, 1998) is gehanteerd. De analyses van Afvalzorg zijn gebaseerd op het grootste aantal monsters. Groenafval met een te hoog aandeel aanhangend zand zorgt voor versnelde slijtage van mechanische onderdelen van het proces. Installatie eigenaars zullen niet toestaan dat te hoge percentages zand worden meegevoerd, zoals blijkt uit de huidige ontwikkelingen bij de bio-energiecentrales te Lelystad en Cuijk. Daarom is gekozen voor de waarde van 5%, zijnde net onder de grens die door Cuijk genoemd is.

### Vochtgehalte

Een wisselend vochtgehalte vertaalt zich in een lagere stookwaarde en een hogere doorzet bij de centrales om een bepaald vermogen te behalen. Van groenafval is bekend dat het vochtgehalte bij vrijkomen rond de 50% ligt. Duidelijk lagere waarden (vermeld door CE) betreffen metingen bij partijen die gedroogd zijn tijdens opslag. Er is dan ook geen reden om af te wijken van de getallen van Afvalzorg, hetgeen betekent dat in dit MER wordt uitgegaan van een waarde van 41%.

### Macrosamenstelling

De macrosamenstelling volgens Afvalzorg is overgenomen met dien verstande dat deze is gecorrigeerd voor een lager asgehalte. Zoals hiervoor reeds aangegeven wordt door Afvalzorg een asgehalte van 17% genoemd, maar in dit MER wordt gerekend met 5%. Voor C, H, O, N, en S is dus gerekend met de gemiddelde waarde van afvalzorg, gecorrigeerd met een factor 0,95/0,83.

### Overige samenstellingsgegevens

Uit de tabel blijkt een grote spreiding van de samenstellingsgegevens. Er is daarom voor deze studie een keuze gemaakt voor de nominale waarden van de concentraties, die zijn gebaseerd op de in de tabel genoemde waarden. Het nemen van het rekenkundig gemiddelde lijkt niet gerechtvaardigd omdat elk der kolommen (Cuijk, Afvalzorg en CE) verschillende gewichtsfactoren zouden moeten worden toegekend, die bovendien per component kunnen verschillen afhankelijk van het onderliggende aantal monsters. Sommige waarden worden als uitschieters beschouwd, zoals het

ijzergehalte bij CE (meer dan 2 g/kg), dat suggereert dat er een metaalfraction in het cijfer is verwerkt.

Bij de invulling van de kolom "MER-LAP" zijn de volgende keuzen gemaakt

- In de gevallen waarbij data van Afvalzorg beschikbaar waren (namelijk Cl, F, Hg, Co, Mn, Ni, Pb, Sb en Zn) is het cijfer van Afvalzorg voor een concentratie direct overgenomen in de kolom "MER-LAP". De studie van Afvalzorg is, zoals hiervoor gezegd, immers de meest uitgebreide en daarnaast geven de gegevens van andere studies ook geen aanleiding om hiervan af te wijken.
- Voor As, Ba, Sn, Te, Ti en V is aangesloten bij de gegevens van Cuijk als enige beschikbare bron.
- Voor K, Na, Ca, Al, Cr, Cu, Mg, P en Se is uitgegaan van het gemiddelde van de waarden voor Cuijk en CE daar deze waarden redelijk overeen bleken te komen.
- Voor Fe is aangesloten bij de gegevens van Cuijk daar er vanuit gegaan is dat de relatief hoge waarde van CE wel eens veroorzaakt kan zijn door specifieke verontreinigingen.
- Voor Mo is de waarde van CE, als enige beschikbare bron, aangehouden.
- Voor Si, zand en asrest is er vanuit gegaan dat deze gegevens elkaar grotendeels overlappen en daarom is alleen de asrest als parameter meegenomen.

#### De stookwaarde

De stookwaarde is berekend op basis van de macrosamenstelling volgens Afvalzorg, waarop de cijfers in de kolom "MER-LAP" zijn gebaseerd. Het asgehalte volgens Afvalzorg (17%) is echter omgerekend naar een asgehalte van 5% (factor 0,95/0,83), en vervolgens gecorrigeerd voor een vochtgehalte van 41% (factor 0,59) resulterend in 28,4% C; 3,0% H; 23,6% O, 0,37% N; 0,057% S, 41% vocht.

De stookwaarde op natte basis is berekend met de volgende benaderingsformule:

$$LHV_{nat} = 1,06 \cdot \frac{81,3 \cdot C + 243 \cdot H + 15 \cdot N + 45,6 \cdot S - 23,5 \cdot O - 6 \cdot W}{239}$$

$LHV_{nat}$  stookwaarde op natte basis bij 20°C  
 $C, H, N, S, O, W$  het gewichtsandaeel van respectievelijk koolstof, waterstof, stik stof, zwavel, zuurstof en water

De waarde 1,06 is een correctiefactor die door de KEMA is gevonden door berekende stookwaarden te toetsen aan experimenteel gevonden stookwaarden van biomassa's. De berekende stookwaarde is 10,0 MJ/kg. Deze waarde is vrijwel identiek aan de waarden die gegeven zijn in (TNO-MEP, 2000) (Marsroutes) voor houtachtigen.

#### Spreiding / gevoeligheidsanalyse m.b.t. microsamenstelling

In de LCA-berekeningen wordt primair gerekend met de nominale waarden (tabel 2.1, kolom "normaal" onder "MER-LAP"), maar zoals uit de andere kolommen in tabel 2.1 blijkt kan de samenstelling van het groenafval aanzienlijk variëren. Er is voor gekozen om de gevoeligheidsanalyse alleen voor de meest milieukritische parameters uit te voeren, namelijk chloor, arseen, cadmium, koper en kwik, alsmede enkele parameters met een grote spreiding zoals chroom, nikkel, lood en zink. De voor de gevoeligheidsanalyse gehanteerde waarden zijn in de laatste kolom van tabel 2.1 expliciet aangegeven als gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" (tabel 2.1, kolom (1) onder "MER-LAP").

#### Spreiding / gevoeligheidsanalyse m.b.t. macrosamenstelling

Ten aanzien van de samenstelling op macroniveau kunnen variaties in asgehalte, vochtgehalte, stookwaarde en met name de componenten C, H, N, O en S niet los van elkaar worden gezien. Niet duidelijk is echter welke combinaties van variaties al dan niet voor zouden kunnen komen en in hoeverre bepaalde variaties elkaar beïnvloeden danwel onafhankelijk van elkaar optreden.

Teneinde toch enig inzicht te krijgen in het effect van variatie van deze parameters wordt als gevoeligheidsanalyses "grotere asrest" (tabel 2.1, kolom (2) onder "MER-LAP") en "hogere stookwaarde" (tabel 2.1, kolom (3) onder "MER-LAP") ook het asgehalte (10% op basis van droge stof in plaats van 5%) en de stookwaarde (12,5 in plaats van 10 MJ/kg) gevarieerd. Aan het gegeven dat deze variaties normaalgesproken gepaard zouden moeten gaan met elkaar en/of met andere variaties als vochtgehalte of gehalten aan C, H, N en O wordt hierbij dus voorbij gegaan.



### 3. DE HOUTFRACTIE IN GROENAFVAL

Een punt van aandacht is het aandeel houtfractie in groenafval. Dit is van belang voor die processen die groenafval integraal verwerken; de milieu ingrepen moeten dan worden toegerekend aan deze houtfractie. Dit betreft met name groencompostering.

De houtfractie in groenafval wordt veelal niet apart aangeboden, maar als tuin- en plantsoenafval, als grof snoeihout en gehakseld snoeihout. Twee bronnen zijn als leidend gekozen voor het bepalen van de houtfractie, te weten gegevens van de BVOR en van Boeldershoek. Uit BVOR gegevens (BVOR, 1998) is af te leiden dat er 3.200 kton groenafval per jaar vrijkomt. In de vergunningaanvraag van Boeldershoek is een samenstelling voor het groenafval gegeven. Uitgaande van deze referenties zijn de bronnen van groenafval voor de groencomposteringsinstallaties vastgesteld. Daarbij is voor het aandeel plantsoenafval en bermmaaisel een zwaarder gewicht toegekend aan de gegevens van Boeldershoek. De hoeveelheden bermmaaisel en slootmaaisel worden namelijk ten dele verwerkt in composteringsinstallaties (meer dan de helft, zie STOWA, 2000). Een deel van het bermmaaisel wordt bijvoorbeeld om niet aan lokale boeren gegeven (onderwerken in bouwland en als veevoer) en slootmaaisel wordt lang niet altijd verwijderd. De houtfractie van groenafval bij composteringsinstallaties wordt geschat zoals aangegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1; Percentueel aandeel van diverse stromen in groenafval en een schatting van de houtfractie in deze stromen

	deelstromen in groenafval		keuze in deze studie (%)	Hout fractie%
	Zoals verwerkt in Boeldershoek (%)	BVOR, 1998 (%)		
Plantsoenafval	60	37	60	55
Bermmaaisel	25	17	20	0
slootmaaisel	-	37	10	0
dunningshout	15	6	10	100
heideplagsel		3	-	-
	100%	100%	100%	

Gegeven deze tabel is de houtfractie in groenafval dat bij composteringsinstallaties terecht komt, geschat op 43% ( $0,55 \cdot 60 + 1,0 \cdot 10$ ). Een kwalitatieve schatting van de VVAV komt echter op 75% (VVAV, 2001). Volgens informatie van VVAV is minimaal 50% houtfractie nodig bij groencompostering ten einde via natuurlijke beluchting een aëroob omzettingsproces te verkrijgen. BVOR (2001) noemt een houtfractie van tweederde. In de Amstellandstudie (blz. 11) is gerapporteerd welk groenafval er beschikbaar is tezamen met de houtfractie. Van het totaal aan groenafval (25 kton) is 14,4 kton houtachtig, zijnde 56%.

Als uitgangspunt wordt als waarde voor de houtfractie het gemiddelde van 43% (tabel 3.1;  $0,55 \cdot 60 + 1,0 \cdot 10$ ) en de BVOR waarde van 67%, ofwel 55% genomen. De precieze waarde is hoe dan ook wat arbitrair, maar in de verdere uitwerking is dit veelal niet van belang omdat de milieu per ton houtfractie wordt bepaald. In sommige gevallen is het aandeel houtfractie wel van belang, zoals bij het composteringsproces. Daar worden scenario's voor de gevoeligheidsanalyse uitgewerkt. Gezien de onzekerheid wordt derhalve een bandbreedte aangehouden met drie verschillende waarden voor de houtfractie, te weten 55% als uitgangspunt en 75% en 45% in respectievelijk de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie".

Relevant is nog om het volgende op te merken. De mate waarin ingrepen (energiegebruik, ruimtebeslag, ...) van met name de variant "compostering" moet worden toegerekend aan de houtfractie hangt tevens af van het aantal keren dat de houtfractie het proces doorloopt. Anders dan "niet-houtig"-groenafval zal een deel van het houtachtige materiaal na het proces bij het zeven als overloop teruggevoerd worden in het proces. Bij een input van 55% aan houtachtig materiaal zal het beslag van de houtachtige fractie op de installatie dus hoger liggen dan dit percentage.

Op basis van gegevens van de BVOR kan worden aangenomen dat de houtfractie het proces gemiddeld tweemaal doorloopt alvorens te zijn gecomposteerd. Het percentage houtfractie in het te composteren mengsel is, bij een aanvoer van 55%, dan geen 55% maar 71%. In het geval gerekend zou worden met drie keer het doorlopen van het proces alvorens te zijn gecomposteerd, loopt het aandeel van de houtfractie op van 55% naar 79%.

Normaal gesproken zou het zinvol zijn om het effect hiervan in het kader van een gevoeligheidsanalyse mee te nemen. Materieel gezien is het effect echter vergelijkbaar met de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie", namelijk dat een groter (of kleiner) aandeel van de milieueffecten van het totale composteerproces aan de houtachtige fractie worden toegerekend. Ook de percentages liggen, zoals hierboven weergegeven, in dezelfde orde van grootte. Feitelijk representeert de gevoeligheidsanalyse "grotere houtfractie" zowel de situatie dat er meer hout wordt aangevoerd als de situatie dat er niet meer wordt aangevoerd, maar het aandeel van het hout in het proces wordt verhoogd door recirculatie. Dit betekent dat met het variëren van het aandeel hout in het te composteren mengsel, tevens de effecten van meer keer het doorlopen van het proces in beeld worden gebracht.

#### 4. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

Van het groenafval wordt een beperkt deel (circa 4%) ingezet als veevoer, wordt circa 21% gebruikt als meststof en wordt de overige 75% gecomposteerd (TNO-MEP, 2000). Er zijn meer routes die door anderen gemeld worden (zoals verbranden op land). Storten van groenafval vindt nagenoeg niet meer plaats (er is een stortverbod voor groenafval sedert 1996). Er zijn projecten die gericht zijn op het benutten van de energie-inhoud van de houtfractie van groenafval, bijvoorbeeld via verbranding zoals dat in Cuijk gebeurt. De houtverbrandingsinstallatie van Essent in Cuijk is momenteel de grootste stand-alone bio-energie centrale in Nederland.

Gelet op het voorgaande worden drie verwerkingsalternatieven voor groenafval (de houtfractie) d.m.v. een LCA vergeleken, namelijk compostering, verbranding in een biocentrale en vergassing in een voorgeschakelde vergasser bij een kolencentrale. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 4.1 weergegeven. De referentie-installaties zijn om de volgende redenen gekozen:

##### Composteerinrichting Boeldershoek

Het is gebruikelijk dat de houtfractie van groenafval samen met overig groenafval wordt gecomposteerd. Ook in de composteringinrichting Boeldershoek is dit het geval. Het daar toegepaste verwerkingsproces (mengen, in de openlucht composteren met geforceerde beluchting en zeven als nabewerking) is representatief voor een moderne groenafvalcomposteringinrichting. Deze vorm van composteren vergt een composteringstijd van ca. 3 maanden en maakt gebruik van geforceerde beluchting. Het meest toegepaste alternatief composteert eveneens in de open lucht maar past frequenter omzetten met shovels toe en maakt geen gebruik van geforceerde beluchting. Dit proces duurt gemiddeld 4 maanden (BVOR, 2001). Bij de verdere uitwerking zal hier in de gevoeligheidsanalyse "alternatieve procesvoering" aandacht aan worden besteed.

##### EPZ Biomassavergasser

Het EPZ biomassavergassingsproject bij de Amercentrale in Geertruidenberg is het eerste (en tot nog toe enige) grootschalige houtvergassingsproject in Nederland. In deze voorgeschakelde vergasser wordt echter geen vers hout verstoekt maar bouw- en sloophout, dat vooral een veel lager vochtgehalte heeft. De daar toegepaste wijze van gaskoeler is aan de veilige kant uitgevoerd. In Finland is met een vergelijkbare voorgeschakelde vergasser ervaring opgedaan, aldaar is geen enkele gasreiniging toegepast. Voor een optimale installatie wordt hier uitgegaan van een tussenoplossing, waarbij het gas wel wordt ontstof, maar waarbij een natte wasser niet wordt toegepast. De wasser is met name bedoeld voor de verwijdering van  $\text{NH}_3$ , vanwege het vermoeden dat verbranding van  $\text{NH}_3$  tot verhoogde emissies van  $\text{NO}_x$  zou kunnen leiden. Er bestaan echter geen aanwijzingen dat deze verhoogde emissies daadwerkelijk plaatsvinden, omdat  $\text{NH}_3$  toegevoerd in de vuurhaard leidt tot "reburning" van  $\text{NO}_x$  hetgeen compenserend werkt op de  $\text{NO}_x$  emissie. Bij de verdere uitwerking zal daarom wel worden uitgegaan van stofverwijdering, maar niet van  $\text{NH}_3$  verwijdering.

Het voorschakelen van een houtvergasser bij een gasgestookte centrale is minder logisch dan bij een kolencentrale omdat 1) de kolencentrales een voorgenomen convenant met de overheid hebben gericht op reductie van  $\text{CO}_2$ -emissie en 2) omdat de gerealiseerde  $\text{CO}_2$ -emissie bij een kolencentrale veel groter is dan bij een gasgestookte centrale. Voorschakeling bij een STEG behoort nog tot de mogelijkheden, maar de kwaliteit van het stookgas is daar kritisch en deze combinatie is nog geen bewezen techniek.

De houtvergasser wordt als referentieinstallatie gekozen, maar opnieuw doorerekend met de samenstelling van de houtfractie in groenafval. Deze berekeningen geven de ruwe gassamenstelling uit de vergasser waarna berekend wordt wat de gasreiniging moet zijn om aan de eisen te kunnen voldoen. Voor vershout wordt daarbij gesteld dat de nieuwe eisen van VROM voor schone biomassa zullen gelden.

#### Essent wervelbedverbrandingsinstallatie

Het project van Essent in Cuijk is het eerste grootschalige houtverbrandingsproject in Nederland, waarbij gebruik wordt gemaakt van een stand-alone wervelbedverbrandingsinstallatie. Het gekozen rookgasreinigingssysteem kan representatief worden geacht voor een thermische houtverwerkingsinrichting. Aangezien sprake is van een stand-alone installatie met alleen elektriciteitsopwekking, is de inrichting van Cuijk niet optimaal qua energetisch rendement. Hiermee zal in de gevoeligheidsanalyses van de LCA-berekeningen rekening worden gehouden door als variant warmtelevering ( $12 \text{ MW}_{\text{th}}$  aan processtoom) aan te nemen. De hoeveelheid van  $12 \text{ MW}_{\text{th}}$  is ontleend aan de Novem-studie Energetische Prestatie Maat (EPM), waarbij deze warmte hoeveelheid is gekozen om lokaal een papierindustrie mee te voeden (KEMA, 2000a).

Tabel 4.1; Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

VERWERKINGSALTERNATIEVEN	REFERENTIE-INSTALLATIES
Composteren	Composteringsinrichting Boeldershoek
Vergassen/bijstoken in E-centrale	EPZ Biomassavergasser te Geertruidenberg
Wervelbedverbranding	Essent Wervelbedverbrandingsinstallatie te Cuijk

## 5. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN

### 5.1 Systeemgrenzen

In het totale beheerstraject voor de houtfractie van groenafval zijn diverse processen te onderscheiden. Het is niet altijd nodig alle processen in de LCA-berekeningen mee te nemen. De LCA-berekeningen worden namelijk uitgevoerd om alternatieven onderling te vergelijken. In de procesbeschrijving zijn derhalve ook steeds systeemgrenzen aangegeven, waaruit blijkt welke processen wel en niet in de LCA-berekeningen worden opgenomen.

Voor alle verwerkingsalternatieven (composteren, vergassen/bijstoken en verbranden) moet de houtfractie worden versnipperd voordat verdere verwerking kan plaatsvinden. In deze LCA is ervan uitgegaan dat deze verkleining voorafgaand aan het transport (op de plaats waar de houtfractie vrijkomt) wordt uitgevoerd. Dit betekent dat er op dit aspect geen verschil bestaat tussen de drie alternatieven en dat het versnipperen buiten de systeemgrenzen van de LCA valt. Ook het ruimtebeslag dat nodig is voor de tussenopslagen en transport vanaf de bron naar de verwerkingsinstallaties vallen om die reden buiten de systeemgrenzen.

Bij het verwerkingsproces van groenafval (houtfractie) kunnen producten en reststoffen ontstaan, die nuttig kunnen worden toegepast. Er is dan sprake van vermeden winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen, zodat in de LCA-berekeningen negatieve milieuingrepen 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.

### 5.2 Transport

Uitgaande van de in tabel 4.1 opgenomen referentie-installaties zou een uitspraak gedaan kunnen worden over de transportafstanden die het afval moet afleggen. Belangrijk is echter te realiseren dat de huidige fysieke ligging van de referentie-installatie niet bepalend is voor de transportafstand omdat deze installatie alleen wordt gebruikt om inzage te krijgen in de techniek. Voor het inschatten van de transportafstanden is derhalve gekeken naar marktpotentie van het betreffende alternatief. Met andere woorden: naarmate de verwachting is dat op meerdere plaatsen de betreffende techniek kan worden uitgevoerd, worden de transportafstanden kleiner. Dit geldt evenzeer voor de aanvoer van bedrijfsmiddelen en afzet van stromen naar recycling bedrijven.

In het kader van deze studie wordt derhalve uitgegaan van de in tabel 5.1 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Hierbij wordt uitgegaan van 'aantal locaties' hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen reststromen, etc. geldt een ondergrens kiezen van 35 km.

Tabel 5.1; gestandaardiseerde transportafstanden

AANTAL LOCATIES	transportafstand (km)
1	150
2	100
3-5	75
6-10	50
11-15	40
>15	35

Per geval worden, wanneer daar aanleiding voor is, specifieke uitzonderingen van deze tabel expliciet gemotiveerd.

### 5.3 Beladingsgraad

De vervoerswijzen hangen af van het materiaal dat vervoerd wordt. Plantsoenafval (als voorbeeld van de houtfractie in groenafval) wordt eerst versnipperd bij de bron. Aanvoer van versnipperd plantsoenafval geschiedt in containers van 40 m<sup>3</sup>. Gegeven een stortgewicht van 300 kg/m<sup>3</sup> (Faaij, 1997) betekent dit een tonnage van 12 ton per lading. Verificatie van deze getallen bij Stercompost (Alphen a/d Rijn) en Shanks (Rotterdam) liet zien dat deze belading aan de hoge kant is; de werkelijke belading ligt tussen 5 à 10 ton. Gegeven deze waarden, wordt uitgegaan van een belading van 10 ton.

Afvoer van compost vindt ook plaats in containers, maar het tonnage is echter (door de grotere dichtheid) rond 25 ton per lading (informatie Stercompost). Voor de overige hulpstoffen en reststoffen is een standaardbelading van 10 ton verantwoord. Tabel 5.2 geeft een samenvatting van de in MER-LAP gehanteerde beladingsgraden.

Tabel 5.2; belading per vracht

aanvoer groenafval	10 ton
afvoer compost	25 ton
afvoer reststoffen	10 ton
aanvoer hulpstoffen	10 ton

### 5.4 Waterzuivering

Voor het verwerken van waterstromen zoals percolaatstromen of waterstromen van het reinigen van apparatuur, wordt voor de ingrepen als ruimtebeslag, energiegebruik, chemicaliëngebruik, etc. gewerkt met een speciaal daartoe ontwikkelde proceskaart in SimaPro (zie ook achtergronddocument A2 bij MER-LAP). In deze proceskaart zijn dergelijke ingrepen per kuub water opgenomen op basis van de gemiddelde cijfers van een reeks RWZI's. Aangezien de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren wordt deze aanpak dus uitsluitend gehanteerd gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreeppakket gehanteerd) en zijn de in tabel 5.3 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt.

Tabel 5.3; Zuiveringsrendementen<sup>1</sup> 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%

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

## 6. COMPOSTEREN

### 6.1 Procesbeschrijving

#### A. Versnipperen houtfractie

Uitgangspunt is dat de houtfractie wordt versnipperd voorafgaand aan het transport (op de plaats waar de houtfractie vrijkomt). Omdat dit voor alle verwerkingsalternatieven gelijk is valt deze activiteit buiten de systeemgrens (zie ook paragraaf 5.1).

#### B. Transport houtfractie

De verkleinde houtfractie van groenafval wordt per vrachtwagen vervoerd naar de composteerinrichting.

#### C. Mengen

Voorafgaand aan het composteerproces worden de houtchips gemengd met het overige groenafval. De houtchips hebben de functie van dragermateriaal, zorgen voor een luchtige structuur en een hogere koolstof/stikstofverhouding, dragen bij aan de energieproductie en absorberen direct na het mengen een deel van het vocht in het groenafval.

#### D. Composteren

Er wordt bij de compostering gestreefd naar een stijging van de temperatuur tot 55 à 60 graden Celsius. Het groenafval inclusief houtchips wordt in de open lucht op hopen gezet. Afhankelijk van de houtfractie in het groenafval wordt door de hopen continu lucht geblazen om het composteringsproces op gang te houden (ongeveer 0,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> afval per uur). De composteringshopen worden op gezette tijden omgezet met een omzetmachine. Als alternatief voor het geforceerd beluchten kan periodiek de voor het biologische afbraakproces van organisch materiaal benodigde zuurstof ingebracht worden door omzetting van de hopen compostend materiaal. Het composteringsproces verloopt optimaal bij een vochtgehalte van 45 tot 50%. Het vochtgehalte wordt op peil gehouden door berekening met belucht percolaatwater aangevuld met drinkwater. De composteringstijd is 3 à 4 maanden.

#### E. Zeven

Na de compostering wordt het materiaal uitgezeefd om de "compost" te scheiden van het grove (nog onvoldoende gecomposteerde) materiaal. Het uitgezeefde grove materiaal gaat retour in het proces. Er ontstaat derhalve geen reststroom grove fractie; alle organisch materiaal wordt uiteindelijk omgezet in compost dan wel als broeiverlies geëmitteerd naar de lucht.

#### F. Rijpen

De compost wordt afgevoerd naar het nacomposteringsterrein, waar het een rijpingsproces ondergaat.

#### G. Transport compost

De compost wordt per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats waar het wordt toegepast.

#### H. Toepassen compost

Compost uit groenafval is van in het algemeen van goede kwaliteit en kan, afhankelijk van het uitgangsmateriaal als "compost" of als "zwarte grond" worden afgezet en op diverse manieren worden toegepast (zie paragraaf 6.2).



## I. Zuiveren afvalwater

Het aan het houtafval toe te rekenen afvalwater (zie paragraaf 6.3) wordt na zuivering geloosd op het oppervlaktewater.

### **6.2 Samenstelling en toepassing van compost**

#### 6.2.1 Samenstelling groenafvalcompost

Van groenafvalcompost zijn weinig samenstellingscijfers beschikbaar. Een bron voor deze gegevens betreft een uitgebreide studie van DHV (DHV, 1998), waarvan in dit MER gebruik is gemaakt. De macrosamenstelling is in tabel 6.1 gegeven.

Tabel 6.1; Samenstelling (in %) groencompost (as received):

	gemiddeld (%)	spreiding (%)
vochtgehalte	37	22-52
anorganisch	43	
organisch stofgehalte	20	11-28
organisch op ds	27	15-45

Overige data uit dit DHV rapport worden in tabel 6.5 gegeven ten behoeve van vervangingswaarde van groencompost als bodemverbeteraar en de bepaling van emissies naar bodem.

Ter illustratie is de macrosamenstelling van gft-compost in tabel 6.2 gegeven, waarmee duidelijk wordt dat een benadering om uit gegevens van gft-compost de samenstelling van groencompost af te leiden met voorzichtigheid moet worden gehanteerd. Voor groenafvalcompost gelden op specifieke punten andere cijfers omdat het asgehalte en het organisch gehalte anders kunnen zijn.

Tabel 6.2; Samenstelling gft-compost (nat)

	DHV 1998 (%)	Novem 1997 (%)	de Weerd 1995 (%)
vochtgehalte	34	35	32
asgehalte (as received)	35	43	40
organisch stofgehalte	31	22	28

#### 6.2.2 Toepassen van compost

Compost uit groenafval is in het algemeen van goede kwaliteit en kan afhankelijk van het uitgangsmateriaal als "compost" of als "zwarte grond" worden afgezet en kan op diverse manieren worden toegepast. Bij het gebruik van compost (zowel groenafval- als gft-compost) als veenvervanger wordt de emissie van langcyclisch CO<sub>2</sub> vermeden.

Groencompost wordt voornamelijk ingezet in de groenvoorziening, aannemerij en de consumentensector (potgrond). Een belangrijke vraag daarbij is wat deze groencompost vervangt. Dit kan zijn veen, mest of afdekmateriaal. Omdat onderbouwde cijfers ontbreken, nemen we aan dat bij groencompost de vervanging vergelijkbaar is als bij gft-compost.

Gft-compost wordt ingezet als aanvullende bodemverbeteraar. Het gaat daarbij om het opbrengen van organische stof. Als bijeffect worden (in geringe mate) tevens meststoffen opgebracht. Welk ander product daarmee vervangen wordt is niet met zekerheid te zeggen. Gft-compostafzet vond in 1998 en 1999 als volgt plaats (WAR, 2000): 50% in de landbouw, 10% als potgrond, 5% recreatie/groenvoorziening, 7-23% tussenhandel en 28-12% overig.

Jaarlijks wordt 4 miljoen ton veen geïmporteerd en 300-500 kton groencompost geproduceerd. Het potentieel aan veenvervanging in potgrond lijkt groot te zijn (Essent, 2001). De bottleneck wordt gevormd door de zoutlast die in de compost kan voorkomen (chloride gehalte). Of dit specifiek voor groencompost geldt is niet bekend. Als potentiële schattingen worden door Essent (2001a) hoeveelheden van enige honderdduizenden m<sup>3</sup> per jaar veen genoemd. De vervanging van veen lijkt daarbij wel in potentie mogelijk maar tegelijk onzeker.

Alleen bij de vervanging als potgrond is duidelijk dat het veenvervanging betreft. In de tuin- en akkerbouw is het streven wel meer veen te vervangen door compost, maar onduidelijk is of dit ook daadwerkelijk bereikt wordt (de bottleneck aldaar is meer economisch van aard). Als aanname in deze studie wordt gesteld dat 50% van de compost in de landbouw veen vervangt. Dat betekent dat in totaal 35% (de helft van 50% plus 10% voor potgrond) van de compost veen vervangt. De waarde van compost als mestvervanger is gering, maar wordt vooralsnog wel meegenomen. In de LCA-berekeningen voor het MER-LAP wordt derhalve rekening gehouden met het gebruik van compost als veenvervanger (35%) en als mestvervanger in de akkerbouw en landbouw. De andere afzet in de landbouw wordt aangemerkt als vervanger van mest. De vraag is dan of kunstmest dan wel dierlijke (varkens- of runder)mest wordt vervangen. Omdat we geen informatie hieromtrent hebben, nemen we aan dat het halfom zal zijn.

Samengevat betekent dit dat de routes van compost voor de LCA zijn: 35% vervangt veen, 12,5% vervangt dierlijke mest, 12,5% vervangt kunstmest en 40% gaat naar export, afdekkingen voor stortplaatsen en terug in de plantsoenen. Van deze laatste post wordt aangenomen dat dit in hoofdzaak laagwaardige toepassingen zijn die geen andere producten vervangen, zoals afdekking van stortplaatsen en terugbrengen in plantsoenen en ander openbaar groen<sup>2</sup>. De onzekerheid hierin is echter groot, hetgeen zich uit in de marges voor de onzekerheidsanalyse (10 - 60%). Gezien deze vele onzekerheden is het nodig bandbreedten te gebruiken in de gevoeligheidsanalyse van de LCA (zie tabel 6.3).

Tabel 6.3; Bandbreedte in toepassingen van groenafvalcompost

bestemming/vervanging van	normaal	laagw. vervanging	hoogw. vervanging
veen	35	20	50
dierlijke mest	12,5	10	20
kunstmest	12,5	10	20
export/afdekkingen stort, plantsoenen	40	rest = 60	rest = 10

Ten aanzien van een vertaling van de hier afgeleide procenten naar kilogrammen geldt vervolgens nog het volgende. Door toevoeging van compost aan landbouwgrond worden ook voedingsstoffen aangevoerd. Bovendien heeft compost een neutraliserende werking. De hierdoor bereikte besparing op minerale meststoffen en kalkmeststoffen is evenwel beperkt (AOO, 2000). Ook de op zich aanwezige ziektekiemwerende eigenschappen worden onderkend, maar vertalen zich bij die studie (AOO, 2000) niet in significante hoeveelheden vermeden bestrijdingsmiddelen. Dit geldt zowel voor compost vervaardigd uit groenafval als gft-compost. Zie ter illustratie tabel 6.4 met vervangingswaarden op productbasis voor gft-compost.

Verder is groencompost is niet automatisch hetzelfde als gft-compost. Daarom is een vertaalslag gemaakt van gft-compost naar groencompost op basis van de verschillen in samenstelling. In (DHV 1998b) is een vergelijking gemaakt tussen groencompost en gft-compost (tabel 2 van dat rapport).

2 Van deze 40% aan resttoepassingen is in 2000 ongeveer 37% (ofwel ongeveer 15% van het totaal) op stortplaatsen terecht gekomen (WAR, 2001)

Tabel 6.4; Vervangingswaarde op productbasis

MESTSTOF		vervangingswaarde 1 ton gft-compost (1)	correctie gft-naar groencompost (2)	vervangingswaarde (in kg) per ton groencompost
Veen	--	830 kg	-	830
KAS	Kalkammonsalpeter met 27% N	4,1 kg	0,4	1,6
TSP	Tripelsuperfosfaat met 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,9 kg	1,1	5,4
Kali 60	Met 60% K <sub>2</sub> O	9,3 kg	0,9	8,4
Kieseriet	Met 25% MgO	4,0 kg	1,5	6
Dolokal	+ 54 neutraliserende waarde	27,2 kg	0,75	20,4

- 1) (AOO, 2000)
- 2) Gebaseerd op DHV 1998b, tabel 2 en wel op de daar gegeven verhoudingen N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O en MgO. Voor de neutraliserende waarde is aangehouden dat deze verband houdt met het gehalte aan organische stof.

In tabel 6.6 is het resultaat van de tabellen 6.3 en 6.4 samengevat en is zowel voor de normale situatie als de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging" en "hoogwaardiger vervanging" aangegeven met welke vervangingen wordt gerekend. In de tabel is tevens de transportafstand opgenomen, die een rol speelt bij 'vermeden transporten'.

Tabel 6.6; vervangingswaarden teruggerekend naar 1 ton houtfractie.

1 ton houtfractie vangt (kg)	normaal	gevoeligheidsanalyses		transport-afstand (km)
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging	
veen	169 (1)	242	97	1000 (4)
dierlijke mest (2)	425	679	339	0 (5)
KAS	0,12 (3)	0,19	0,09	75
TSP	0,39 (3)	0,63	0,31	75
Kali 60	0,61 (3)	0,98	0,39	75
Kieseriet	0,44 (3)	0,70	0,35	75
Dolokal	1,48 (3)	2,38	1,19	75
<b>som kunstmest</b>	<b>3,04</b>	<b>4,88</b>	<b>2,33</b>	<b>75</b>

Ter toelichting op voorgaande tabel nog het volgende

- 1) De hoeveelheid veen is berekend uit de laatste kolom van tabel 6.4 met de factoren 0,583 (zie paragraaf 6.3) en 0,35 (zie tabel 6.3). Voor beide gevoeligheidsanalyses is niet met 0,35 maar met respectievelijk 0,50 en 0,20 gerekend (zie opnieuw tabel 6.3).
- 2) De getallen voor dierlijke mest zijn als volgt tot stand gekomen. Voor gft-compost is afgeleid (AOO, 2000) dat in het geval van varkensmest 1 ton compost ongeveer 10 ton mest vangt en voor dunne rundveemest is dit ongeveer 5,5 ton. Maatgevend hierbij is geweest een vergelijkbare hoeveelheid aangevoerde stabiele organische stof. Verder is in deze studie gerekend met het gemiddelde van de getallen voor varkensmest en rundveemest, ofwel een ton compost dat wordt ingezet als mestvervanger vangt 7,75 ton dierlijke mest. Op basis van tabel 6.4 heeft vervolgens een vertaling plaatsgevonden naar groencompost met een factor 0,75. Verder is rekening gehouden met de factor 0,583 (per ton houtafval ontstaat 0,583 ton compost), en tenslotte is tevens een factor 0,125 (normaal) danwel 0,10 / 0,20 (gevoeligheidsanalyse) gehanteerd (zie tabel 6.3).
- 3) De hoeveelheden kunstmest zijn berekend uit de laatste kolom van tabel 6.4 met de factoren 0,583 (zie paragraaf 6.3) en 0,125 / 0,1 / 0,2 (zie tabel 6.3).

- 4) Ten aanzien van de transportafstand voor veen geldt dat veen ten behoeve van de Nederlandse markt voornamelijk in het noorden van Duitsland wordt gewonnen. Hiervoor een afstand van 1000 km (heen en terug) aangehouden. Van de overige winningsplaatsen (zoals Finland, Canada) wordt relatief weinig geïmporteerd naar Nederland.
- 5) Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden transport, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compostinzet doorgaat en de dierlijke mest toch moet worden afgezet. Dit is de achtergrond voor een vermeden transportafstand van 0.

### 6.3 Massabalans

#### 6.3.1 Massabalans algemeen

De verwerking van afval resulteert veelal in producten en/of reststoffen. De jaarlijkse doorzet van de groencomposteringsinstallatie Boeldershoek bedraagt circa 24.000 ton groenafval per jaar (inclusief circa 3.600 ton snoeihout). Na compostering resteert circa 14.000 ton compost op jaarbasis. Dit komt overeen met 583 kg compost per ton groenafval. In tabel 6.7 is een overzicht opgenomen van producten en reststoffen die ontstaan bij de verwerking van 1 ton houtfractie (als onderdeel van groenafval) door middel van composteren. Daarbij is aangenomen dat voor compostering van de houtfractie dezelfde massabalans geldt als voor composteren van groenafval als geheel.

In totaal geeft 1000 kg groenafval 583 kg compost, 10 kg reststoffen en 407 kg CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O (beide in de gasfase). De reststoffen (grote stukken zwerfafval en keien) worden afgevoerd naar de eindverwerking (stort). De overweging is dat de houtfractie schoner zal zijn dan het totaal aan groenafval. Van bermmaaisel bijvoorbeeld is uit studies van RWS bekend (RWS, 1999) dat met name rond kruispunten er relatief veel zwerfafval in zit. Het nemen van een factor 2 lager is weliswaar een arbitraire keus, maar neemt deze overweging wel concreet mee. Dit resulteert in 5 kg te storten materiaal per ton houtfractie.

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "meer asrest" zou er mogelijk iets meer compost per ton groenafval kunnen ontstaan. In dat geval wordt de extra 50 kg asrest echter deels gecompenseerd doordat er 50 kg minder organisch materiaal bijdraagt aan de compostvorming. Het uiteindelijke effect op de hoeveelheid compost zal derhalve beperkt zijn en wordt in dit MER verder buiten beschouwing gelaten

Tabel 6.7; Massabalans per ton groenafval en per ton houtfractie

TOEPASBARE PRODUCTEN	HOEVEELHEID PER TON VERWERKT GROENAFVAL	HOEVEELHEID PER TON HOUTFRACTIE
Compost	583 kg	583
TE VERWERKEN RESTSTOFFEN	HOEVEELHEID TE STORTEN PER TON GROENAFVAL	HOEVEELHEID TE STORTEN PER TON HOUTFRACTIE
Restafval	10 kg	5 kg

### 6.3.2 Waterbalans

Voor het composteringsproces is water benodigd. Aangezien het proces in de openlucht plaatsvindt, kan neerslag in de composthoppen infiltreren. Daarnaast worden de hopen periodiek beregend deels met percolaatwater. Door buffering van het surpluswater van natte perioden in een bassin kunnen drogere perioden overbrugd worden. Op deze wijze is een grotendeels gesloten bedrijfsvoering ten aanzien van water mogelijk.

Een waterbalans is nodig om te bepalen hoeveel water er moet worden toegevoegd aan het proces dan wel moet worden afgevoerd. Daarover zijn geen gegevens van de referentieinstallatie beschikbaar; de vergunningaanvraag geeft hierop geen antwoord. Er is een benaderende berekening gemaakt op basis van een open composteringsinstallatie voor gft, namelijk de installatie van VAR, waarvoor wel gegevens bekend zijn (KEMA, 2000). Deze balans is met name gehanteerd om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid water die ontwijkt als broeiverlies en reguliere verdamping. Er wordt in bij de VAR per ton afval 52 kg water toegevoerd als bevochtiging en 114 kg neerslag terwijl 103 kg water als broeiverlies / verdamping ontwijkt. Ergo, een hoeveelheid van 63 kg water per ton groenafval moet worden afgevoerd.

Onder de aanname dat het composteringsproces van groenafval een vergelijkbare waterbalans zal vertonen volgt het volgende. Voor het verwerken van 24.000 ton groenafval/jaar is  $(24.000 * 52)$  is 1248000 kg water nodig en wordt 1512000 kg water afgevoerd  $(24000 * 63)$ . In bijzondere gevallen (bij extreme neerslag, eens per 10 jaar) kan er een afvalwateroverschot resteren van circa 1.000 m<sup>3</sup> per jaar (gegevens Boeldershoek). Per jaar is dit 100000 kg. In totaal leidt dit dus tot een verbruik van 1248000 kg per 24000 ton groenafval (waarvan 13200 ton houtafval) en tot een afvoer van 1612000 kg per 24000 ton groenafval (waarvan 13200 ton houtafval). Rekening houdend met (zie hoofdstuk 3) de toerekeningspercentages 75% (grotere houtfractie), 55% (normaal) en 45% (kleinere houtfractie) wordt dit in de normale situatie een verbruik van 52 kg  $(1248000 * 0,55 / 13200)$  en een afvoer van 67 kg  $(1612000 * 0,55 / 13200)$  per ton hout. In de gevoeligheidsanalyse "grotere houtfractie" wordt dit een verbruik van 71 kg  $(1248000 * 0,75 / 13200)$  en een afvoer van 92 kg  $(1612000 * 0,75 / 13200)$  en in de gevoeligheidsanalyse "kleinere houtfractie" wordt dit een verbruik van 43 kg  $(1248000 * 0,45 / 13200)$  en een afvoer van 55 kg  $(1612000 * 0,45 / 13200)$ .

### **6.4 Ruimtebeslag**

De oppervlakte van de groencomposteringsinstallatie Boeldershoek bedraagt circa 11.000 m<sup>2</sup>. De totale jaarlijkse doorzet aan groenafval bedraagt circa 24.000 t/j, waarvan circa 13.200 t/j houtfractie (= 55%). Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton houtfractie dan als volgt worden berekend:

- $11.000 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 1,1 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $0,55 \text{ t} \times 1,1 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} = 0,61 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $\frac{13200 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{100} = 1,32 \text{ miljoen ton}$
- $0,61 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 1,32 \text{ miljoen ton} = 0,46 \text{ m}^2 \cdot \text{j per ton houtfractie}$ .

In het kader van de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" (zie hoofdstuk 3) wordt gerekend met respectievelijk waarden van 75% en 45% als aandeel van de houtfractie in het te composteren mengsel. Hiermee verandert ook het aan de houtfractie toe te rekenen aandeel in het ruimtebeslag van de totale installatie. Per ton houtafval komt het ruimtebeslag hiermee op respectievelijk  $0,62 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton houtfractie (gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie") en  $0,38 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton houtfractie (gevoeligheidsanalyse "kleinere houtfractie").

Het ruimtebeslag van de RWZI installatie wordt volgens het standaardproces in rekening gebracht (zie paragraaf 5.6 en paragraaf 6.3.1).

Per ton houtfractie wordt circa 5 kg residuen gestort (zie tabel 6.7). In het kader van de LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 meter. Per m<sup>2</sup> stortoppervlak kan dus 15 m<sup>3</sup> afval worden gestort. De dichtheid van de te storten residuen ligt ergens tussen 0,5 en 1 ton/m<sup>3</sup>, en gerekend wordt met een waarde van 0,666. Per m<sup>2</sup> stortruimte wordt dus 15 \* 0,666 = 10 ton afval gestort. Dit betekent dat voor de berging van 1 ton reststoffen 0,10 m<sup>2</sup>/ton nodig is. Uitgaande van 5 kg reststoffen per ton houtfractie en een te beschouwen periode van 100 jaar is het fysiek ruimtebeslag per ton houtachtig materiaal 0,005 \* 0,100 \* 100 = 0,05 m<sup>2</sup>\*jaar.

Voor het toepassen van de compost wordt geen ruimtebeslag in rekening gebracht daar deze vorm van nuttige toepassing op geen enkele wijze de bruikbaarheid en/of functionaliteit van ruimte waarover zij wordt uitgespreid vermindert.

Het totale ruimtebeslag voor alle gevallen is weergegeven in tabel 6.8.

Tabel 6.8; ruimtebeslag in m<sup>2</sup>\*jaar per ton houtachtig materiaal

	normaal	grotere houtfractie	kleinere houtfractie	hoogw. vervanging	laagw. vervanging	andere samenstelling		
						1	2	3
compostering	0,46	0,62	0,38	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
rwzi	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
storten rest	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

(1) Verrekend middels proceskaart in SimaPro op basis van toe te rekenen water.

## 6.5 Transport

Transport vindt per as plaats. Dit geldt voor het vervoer van de versnipperde houtfractie (als input), van compost en van de te storten afvalstroom. Voor de gemiddelde belading wordt verwezen naar tabel 5.2.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van de versnipperde houtfractie en de compost worden respectievelijk berekend m.b.v. de SimaPro database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.9 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug). Deze afstanden worden als volgt gemotiveerd:

- Composteerinrichtingen voor groenafval hebben veelal een regionale of zelfs lokale schaal. In de tarievenwijzer Afvalstoffenbestemmingen worden voor groenrecyclingbedrijven al bijna 90 bedrijven genoemd. Gelet op de standaard benadering voor transport (zie tabel 4.1) wordt een afstand van 35 km genomen.
- Groenafvalcompost heeft normaliter een goede kwaliteit en is mede daardoor relatief eenvoudig afzetbaar in de eigen regio, zodat ook hier een transportafstand van 35 km is aangehouden.
- Te storten reststoffen worden naar een stortplaats in de regio vervoerd. De transportafstand hiervoor is 35 km.
- Ten aanzien van de hoeveelheden vermeden materialen en de bijbehorende vermeden transportafstanden wordt verwezen naar tabel 6.6.

Tabel 6.9; Transport en vermeden transport per ton houtachtig materiaal

MATERIAAL	kg per ton houtfr.	afstand (km)	normaal (tkm)	grotere houtfr. (tkm)	kleinere houtfr. (tkm)	hoogw. verv. (tkm)	laagw. verv. (tkm)	andere samenstelling		
								1 (tkm)	2 (tkm)	3 (tkm)
Groenafval (houtfractie)	1000 (1)	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Compost	583 (1)	35	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4
Reststoffen	5 (1)	35	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
vermeden veen	169 (2)	1000 (5)	169	169	169	242	97	169	169	169
vermeden kunstmest	3,04 (3)	75 (5)	0,23	0,23	0,23	0,37	0,17	0,23	0,23	0,23
vermeden dierlijke mest	425 (4)	0 (5)	0	0	0	0	0	0	0	0

- 1) Geldt voor alle situaties
- 2) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (242) en "laagwaardiger vervanging" (97)
- 3) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (4,88) en "laagwaardiger vervanging" (2,33)
- 4) Geldt voor niet voor "hoogwaardiger vervanging" (679) en "laagwaardiger vervanging" (339)
- 5) Zie tabel 6.6

## 6.6 Energie

Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven valt het versnipperen van de houtfractie buiten de systeemgrenzen van de LCA. Dit betekent dat het energieverbruik bij versnipperen niet in de LCA wordt meegenomen.

Wel wordt er rekening gehouden met de volgende aspecten:

- het energieverbruik van de composteerinrichting;
- het energieverbruik bij zuivering van afvalwater;
- het energieverbruik bij het toepassen van compost;
- het vermeden energieverbruik.

### Energieverbruik van de composteerinrichting

In de composteerinrichting wordt energie verbruikt bij het mengen van soorten groenafval, het opzetten van hopen, het periodiek omzetten van de hopen, het beluchten en bij het uitzeven van de compost. Een overzicht van apparaten en energieverbruik is opgenomen in tabel 6.10a.

Tabel 6.10a; Energieverbruik composteerinrichting (Regio Twente, 1996)

	VERMOGEN	BEDRIJFS UREN	VERBRUIK		
			l/h	m <sup>3</sup> /j	MJ/j
<b>DIESEL</b>	kW	h/j	l/h	m <sup>3</sup> /j	MJ/j
Shovel	100	1600	8	12800	
Omzetmachine	150	1000	12	12000	
Zeefmachine	30	600	2,5	1500	
<b>totaal diesel</b>				26300	973100
<b>ELEKTRISCH</b>	kW	h/j	kWh/j		MJ/j
Beluchtingsysteem en klein materieel	10	7500	75000		270000

Opgemerkt wordt dat de berekende energieverbruiken per ton houtfractie afhankelijk zijn van de hoeveelheden hout in het te composteren mengsel (hetgeen kan variëren door meer of minder aanvoer danwel door meer of minder keer het proces doorlopen; zie hoofdstuk 3). De totale installatie verbruikt 973100 MJ diesel en 270000 MJ elektriciteit per jaar.

Van de totale input van 24.000 ton is in het geval van de referentiesituatie 13.200 ton houtfractie en 10.800 ton overig groenafval. In de normale situatie moet aan deze 13200 ton (is 55% van de input) ook 55% van het energiegebruik worden toegerekend. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" is dit respectievelijk 75% en 45%. Voor alle andere gevoeligheidsanalyses is het energiegebruik identiek aan de normale situatie. Een en ander is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 6.10b; energiegebruik in MJ per ton houtachtig materiaal.

MATERIAAL	normaal	grotere houtfractie	kleinere houtfractie	hoogw. verv.	laagw. verv.	andere samenstelling		
						1	2	3
diesel	40,5	55,3	33,2	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5
elektrisch	11,3	15,3	9,2	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3

Om recht te doen aan de twee typen composteringsinstallaties die in hoofdzaak in gebruik zijn, wordt een extra variant in de gevoeligheidsanalyse meegenomen (gevoeligheidsanalyse "alternatieve procesvoering"). Deze variant kent geen geforceerde beluchting maar een frequentere omzetting met shovels. Het shovelgebruik is daar verdubbeld en met een factor 4/3 vermenigvuldigd omdat het composteringsproces geen 3 maar 4 maanden duurt in deze variant, terwijl er geen elektrisch vermogen wordt verbruikt.

Tabel 6.11 energiegebruik bij de gevoeligheidsanalyse "alternatieve procesvoering"

productiemiddel	diesel verbruik m <sup>3</sup> /j	MJ/j
Shovel	34100	
Omzetmachine	12000	
Zeefmachine	1500	
TOTAAL DIESEL	47600	1761200

Dit leidt, bij terugrekening naar het verbruik per ton houtachtig afval tot het volgende

Tabel 6.12; Energiegebruik bij de gevoeligheidsanalyse "alternatieve procesvoering"

MATERIAAL	
diesel	73,4
elektrisch	0

#### Energieverbruik bij zuivering afvalwater

Het energieverbruik bij de RWZI wordt in de standaardproceskaart afgehandeld en wordt derhalve niet separaat hier bepaald. Het is voor alle gevoeligheidsanalyses hetzelfde als in de normale situatie

#### Extra/vermeden energieverbruik bij toepassen compost

Zoals toegelicht in paragraaf 6.2 wordt er van uitgegaan dat compost nuttig wordt toegepast en worden daarbij verschillende varianten onderscheiden (zie tabel 6.6). Ten aanzien van de energie-effecten hiervan wordt uitgegaan van het volgende:

- Voor het uitrijden van de compost en het opbrengen op de locatie van toepassing wordt uitgegaan van 60 MJ/ton compost. Dit is kental is gebaseerd op de aanname dat het benodigde materieel 10 ton per uur verzet en 15 liter diesel met een energie-inhoud van 37 MJ/liter.
- Bij veenvervanging in potgrond wordt energie verbruikt bij het mengen van de compost met andere materialen. Hierbij wordt uitgegaan van een energieverbruik (elektriciteit) bij mengen van 15 kWh per ton compost dat als veenvervanger dient (uitgaande van een menger met een vermogen van 150 kW, die 1600 uur/jaar in bedrijf is en 10 ton mengsel per uur aanmaakt)



- Bij veenvervanging wordt per ton vervangen veen tevens het opbrengen daarvan vermeden (60 MJ/ton).
- Bij het vervangen van kunstmest gaat het om 44,6 kg kunstmest per ton compost die als kunstmestvervanger wordt ingezet (vergelijk tabel 6.4 de laatste kolom). Onbekend is welk energieverbruik met het vermeden opbrengen van kunstmest wordt uitgespaard, maar het lijkt redelijk aan te nemen dat het energiegebruik voor het uitrijden van kunstmest een vergelijkbare ordegrrootte zal hebben als het uitrijden van een ton compost. Er wordt dan ook gerekend met 60 MJ per ton vermeden kunstmest.
- Ten aanzien van dierlijke mest wordt er vanuit gegaan dat vervanging daarvan feitelijk niet leidt tot vermeden energie, daar de dierlijke mestproductie onafhankelijk van de compost-inzet doorgaat en de dierlijke mest vervolgens elders zal moeten worden afgezet.

Verder is sprake van vermeden energieverbruik bij de vermeden winning van veen, dat vervangen wordt. Dit vermeden energieverbruik wordt als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. Welk vermeden energieverbruik er geldt bij afgraven en gereedmaken voor transport is niet eenvoudig te kwantificeren. De standaard hoeveelheid bedraagt 60 MJ per ton veen, maar het lijkt gerechtvaardigd deze hoeveelheid te verdubbelen, omdat niet alleen de inzet van graafmachines nodig zijn voor het winnen van veen, maar ook shovels en/of graafmachines om de ontstane gaten op te vullen. De energiehoeveelheid wordt gesteld op 120 MJ per ton vermeden veen. Niet meegenomen wordt het vermeden energieverbruik dat samenhangt met extra maatregelen die noodzakelijk zijn als gevolg van de veenwinning, zoals landschapherstelmaatregelen, het aanbrengen van waterkeringen rond afgegraven gebieden, etc.

Op basis van 583 kg compost per ton houtachtig materiaal is in tabel 6.13 weergegeven wat er wordt vermeden in kg/ton houtachtig materiaal (hierbij is gebruik gemaakt van tabel 6.6). Met de hierboven aangegeven energiedata (ook in tabel 6.13 samengevat) is vervolgens aangegeven wat dat voor de energietoerekening betekent. Relevant is nog dat:

- positieve getallen duiden op energiegebruik en negatieve getallen op vermeden energie, en
- in de tabel alleen de normale situatie en de gevoeligheidsanalyse "hoogwaardiger vervanging" en "laagwaardiger vervanging" zijn uitgewerkt. Voor alle andere gevoeligheidsanalyses is het beeld hetzelfde als in de normale beschrijving.

Tabel 6.13; energie en vermeden energie bij het toepassen van compost

Proces	energie in MJ per ton	normaal		gevoeligheidsanalyse hoogw. vervanging		gevoeligheidsanalyse laagw. vervanging	
		omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)	omvang (kg)	energie (MJ)
opbrengen compost	60	525 (1)	31,5	525 (1)	31,5	525 (1)	31,5
vermeden veenwinning	- 120	169	-20,3	242	-29	97	-11,6
opmengen veen (inzet in potgr.)	- 15 kWh	58	- 0,9 kWh	58	- 0,9 kWh	58	- 0,9 kWh
vermeden opbrengen veen	-60	169	-10,1	242	-14,5	97	-5,8
vermeden opbrengen mest	0	425	0	679	0	339	0
verm. opbr. kunstmest	-60	3,04	-0,18	4,88	-0,29	2,33	-0,14

(1) Totale composthoeveelheid van 583 kg/ton is gecorrigeerd voor de 10% die in potgrond wordt ingezet (zie paragraaf 6.2)

## 6.7 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de composteerinrichting;
- het verbruik bij de zuivering van afvalwater;
- het vermeden verbruik.

### Verbruik composteerinrichting

Bij de productie van compost uit groenafval worden geen bijzondere bedrijfsmiddelen (chemicaliën, hulpstoffen) verbruikt. Voor het composteringsproces (proces D in de procesbeschrijving van paragraaf 6.1 is wel water benodigd. Aangezien het proces in de openlucht plaatsvindt, kan neerslag in de composthopen infiltreren. Daarnaast worden de hopen periodiek beregend. Door buffering van het surpluswater van natte perioden in een bassin kunnen drogere perioden overbrugd worden. Op deze wijze is een grotendeels gesloten bedrijfsvoering ten aanzien van water mogelijk. De hoeveelheid water die moeten worden toegevoegd bedraagt 52 kg per ton houtachtig materiaal. In de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" wordt dit een verbruik van 71 respectievelijk 43 kg (zie paragraaf 6.3).

### Verbruik waterzuiveringen

Zoals aangegeven in paragraaf 6.3 kan circa 67 kg afvalwater per ton houtfractie ontstaat. In de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" wordt dit een afvoer van 92 respectievelijk 55 kg (zie paragraaf 6.3).

### Vermeden verbruik

Door de productie van compost wordt de winning van veen en de inzet van (dierlijke en kunst-) mest en vermeden. Bij de winning van veen worden geen bijzondere bedrijfsmiddelen (chemicaliën, hulpstoffen) verbruikt (zie tabel 6.6). Voor kunstmest zijn standaardkaarten in SimaPro aanwezig. De inzet van dierlijke mest wordt wel vermeden, maar de productie van mest is niet afhankelijk van de inzet van compost. Er is in dit MER vanuit gegaan dat deze dierlijke mest in dat geval ongewijzigd op (ander) land uitgereden waardoor niet meer van vermeden emissies sprake is.

## 6.8 Emissies

Zoals in hoofdstuk 4 is beschreven valt het versnipperen van de houtfractie buiten de systeemgrenzen van de LCA. Dit betekent dat de emissies van deze bewerking niet in de LCA worden meegenomen.

Er moet wel rekening worden gehouden met:

- de emissies van de composteerinrichting;
- de emissies bij het zuiveren van afvalwater;
- de emissies bij de toepassing van compost;
- de vermeden emissies door de productie van compost.

### Emissies van de composteerinrichting

#### *Emissies naar bodem*

De composteerinrichting is voorzien van adequate bodembeschermende voorzieningen: vloeistofdichte vloer op afschot gelegd naar het percolaatopvangsysteem. Op deze wijze kunnen er geen emissies naar de bodem optreden.

#### *Emissies naar lucht*

Het betreft hier met name de emissies via de uitlaatgassen van materieel voor onder meer het opzetten en omzetten van de composthopen. De belangrijkste verontreinigende componenten in deze uitlaatgassen betreffen  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  en  $\text{CO}$ . Daarbij wordt gebruik gemaakt van de standaardproceskaarten die in SimaPro voorhanden zijn en van het gegeven energieverbruik (diesel en elektriciteit) die in tabel 6.10b zijn uitgewerkt.

Het biologische afbraakproces (de compostering) zal met name resulteren in geur- en  $\text{CO}_2$ -emissies. Naast  $\text{CO}_2$  is het denkbaar dat bij de compostering  $\text{CH}_4$  ontstaat.

Geur wordt bij gft-installaties deels door ammoniak veroorzaakt. Uit informatie van Stercompost is bekend dat bij toepassing van een goed werkend geurfilter de hinder in de omgeving tot vrijwel nul is te reduceren. Bij groencomposteringen vindt geen filtering van de lucht plaats (Stercompost, 2001). Daar staat tegenover dat de  $\text{NH}_3$  emissie bij groencomposteringen veel minder plaatsvindt dan bij gft-afval vanwege de luchtiger samenstelling van groenafval. Er is derhalve geen reden om aan te nemen dat de ammoniak emissie een rol speelt. Ten aanzien van methaan zijn voor gft-compost al weinig cijfers beschikbaar en zijn voor groenafval helemaal geen gegevens gevonden. Voor  $\text{CH}_4$  kan dezelfde redenering worden gevolgd als voor  $\text{NH}_3$ , dus dat het zeer onwaarschijnlijk is dat anaërobe omzetting naar deze gassen plaatsvindt. Ten aanzien van het geproduceerde  $\text{CO}_2$  geldt dat deze geheel buiten beschouwing kunnen blijven daar het allemaal kortcyclisch  $\text{CO}_2$  betreft.

Als basisvariant wordt ook de  $\text{NH}_3$  en de  $\text{CH}_4$  emissie op nul gesteld. In een aparte gevoeligheidsanalyse ("toch emissie naar lucht") wordt nagegaan wat het effect is van een emissieniveau aan  $\text{NH}_3$  en  $\text{CH}_4$  gelijk aan dat bij gft. Voor gft-compost zijn weinig cijfers beschikbaar; uit de studie van Novem (Novem, 1997) worden emissies gegeven van 4-8 kg  $\text{CH}_4$  per ton gft-afval en 1 kg  $\text{NH}_3$  per ton gft-afval.

*Emissies naar water*

Zoals in paragraaf 6.3 is toegelicht kan er circa 67 kg afvalwater per ton houtfractie ontstaan en in de gevoeligheidsanalyses "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" 92 respectievelijk 55 kg. Deze afvalwaterstroom wordt afgevoerd en gereinigd in de standaard RWZI. De samenstelling hiervan wordt verondersteld gelijk te zijn aan die van gft-percolaatwater, echter nadat er gecorrigeerd is voor het verschil in uitgangssamenstelling van gft-afval en houtfractie groenafval. De verhouding in de samenstelling tussen gft-afval (d.w.z. de samenstelling horend bij CAW; zie achtergronddocument A14 bij MER-LAP, tabel 2.1, kolom 5) en groenafval is als correctiefactor gehanteerd. Bij het bepalen van de emissies naar oppervlaktewater is voor de RWZI uitgegaan van de in tabel 5.3 vermelde zuiveringsrendementen. De samenstelling van het te zuiveren water is bepaald op basis van onderstaande praktijkcijfers van het gft-verwerkingsproces van het CAW, waaruit kan worden afgeleid hoeveel van een component in gft-afval terecht komt in het afvalwater. Deze cijfers zijn gecorrigeerd voor de verhouding in de samenstelling van groenafval en gft-afval

Tabel 6.14; Emissies via afvalwater

stof	conc. (g/m <sup>3</sup> )	emissie naar RWZI mg per ton gft-afval (1)	vertaling hout /gft-afval (2)		verw. rend. (%) (3)	emissies naar water na RWZI (mg/ton houtfractie)	
			normaal	andere samenst.		normaal	andere samenst.
CZV	11200	1276800	1,00	1,00	90	127680	127680
BZV	8780	1000920	1,00	1,00	97	30027,6	30027,6
N	670	76380	1,84	1,84	66	47810	47810
S	42	4788	1,00	1,00	-	4788,00	4788,00
anorg. rest	10000	1140000	1,00	1,00	-	1140000	1140000
Cl	790	90060	1,00	1,00	-	90060	90060
P	7,9	900,6	0,96	0,96	77	198,4	198,4
Mg	180	20520	0,42	0,42	-	8613,3	8613,3
Cu	0,14	15,96	0,75	1,57	92	0,96	2,00
Cr	0,11	12,54	0,24	0,86	89	0,32	1,19
Zn	2,1	239,4	0,95	1,78	75	56,74	106,60
Pb	0,15	17,1	0,88	2,02	91	1,35	3,11
Cd	0,0044	0,5016	1,69	6,78	72	0,24	0,95
Ni	0,20	22,8	1,15	2,03	46	14,19	25,04
Hg	0,00022	0,02508	1,02	2,20	91	0,002	0,005
As	0,062	7,068	0,26	0,53	80	0,37	0,75

- 1) Op basis van 114 l per ton gft; zie achtergronddocument A14 bij MER-LAP
- 2) Verhouding in houtafval (tabel 2.1) en gft-afval (uitwerkingsrapport gft-afval)
- 3) Zie tabel 5.3

### Emissies bij toepassing compost

#### *Emissies naar lucht*

Het toepassen levert op zich geen andere emissies dan reeds in rekening zijn gebracht via energie van apparatuur en dergelijke.

#### *Emissies naar bodem*

Het betreft hier de emissies naar de bodem door verontreinigingen aanwezig in de compost. Van de VVAV zijn gegevens omtrent de samenstelling van groencompost verkregen (VVAV, 2001), afkomstig uit een DHV studie naar de kwaliteit van groencompost in 1998. Echter, voor dit MER is de bruikbaarheid van deze data discutabel daar hierin niet alleen de bijdrage van houtafval maar ook die van ander groenafval is verwerkt.

Op basis van de samenstelling van het houtachtig materiaal zoals die in dit MER wordt gehanteerd (hoofdstuk 2) en het deel dat via de waterstroom wordt afgevoerd naar de RWZI (tabel 6.14) is echter af te leiden hoeveel van de verschillende componenten in de compost terecht zal komen.

Hieruit kan worden bepaald welke verontreinigingen via de compost in de bodem worden gebracht. Anders dan bij de toepassing van bouwstoffen in een werk, waar het opgebrachte materiaal als uitgangspunt geen deel gaat uitmaken van de bodem maar door uitloging wel kan bijdragen aan de verontreiniging er van, gaat compost wel deel uitmaken van de bodem zelf. Voor het anorganische deel van de compost, dat blijvend deel uit gaat maken van de bodem, geldt dat deze een zekere verontreiniging mag bezitten zonder dat dit leidt tot een verslechtering van de bodemkwaliteit. De effecten van het opbrengen van verontreinigingen zijn daarbij alleen nadelig wanneer deze de normale samenstelling van de bestaande bodem overschrijden. Een ander deel van de compost is organisch en zal dus na verloop van tijd afbreken met achterlating van een deel van de verontreinigingen, in ieder geval de zware metalen. Het "overschot" verontreinigingen in het inerte deel van compost en de niet afbreekbare verontreinigingen in het organische deel blijven echter niet volledig achter in de bodem. Een deel wordt opgenomen door de planten, waarvan de resten later weer als compost op het land belanden, waarna de cyclus opnieuw begint. In het BOOM is daarvoor gecorrigeerd. De toegestane hoeveelheden zware metalen zouden, uitgaande van een bepaalde samenstelling van compost, de toegestane dosering en een bepaalde opname door het gewas (akkerbouw), in principe accumulatie van zware metalen in de bodem moeten voorkomen.

Gelet op het voorgaande is er in MER-LAP als uitgangspunt voor gekozen om uitsluitend die vracht die boven het BOOM uitkomt als emissie in rekening te brengen. Voor metalen waarvoor het BOOM geen normering kent is geen emissie naar de bodem in rekening gebracht. Een en ander is uitgewerkt in tabel 6.15. Relevant is nog dat niet duidelijk is welk deel van de laagwaardige toepassingen (normaal 40% en in de gevoeligheidsanalyses "laagw. verv." en hoogw. verv." respectievelijk 60% en 10%; zie tabel 6.3) op een stort terecht komt. Bij gebrek aan kennis is er vanuit gegaan dat de helft van deze laagwaardige toepassingen op de stort terecht komt<sup>3</sup> en dat de emissie naar de bodem van dat deel verwaarloosbaar is. In de tabel is in de eerste rij middels een percentage aangegeven welk deel van de geproduceerde compost niet op de stort komt en derhalve bijdraagt aan de emissies naar de bodem. De rest van de tabel is ingevuld door per component de totale hoeveelheid per ton houtachtig materiaal (tabel 2.1) verminderd met de emissie (vóór zuivering) naar water (tabel 6.14) te vermenigvuldigen met het "percentage dat bijdraagt". De situaties "grotere houtfractie" en "kleinere houtfractie" wijken niet af van de normale situatie.

---

3 Van deze 40% aan resttoepassingen is in 2000 ongeveer 37% (ofwel ongeveer 15% van het totaal) op stortplaatsen terecht gekomen (WAR, 2001)

Tabel 6.15; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg per ton gft-afval)

comp.	compost mg/kg d.s.		Boom	resulterende uitloging (mg/ton gft-afval)			
	normaal	andere samenst.		normaal 80 %	hoogw. verv. 95 %	laagw. verv. 70 %	andere samenst. 80 %
As	0,80	1,60	25	0	0	0	0
Cd	0,80	3,20	2	0	0	0	353,6
Cr	10,92	40,09	200	0	0	0	0
Cu	19,24	16,71	300	0	0	0	0
Hg	0,10	0,21	2	0	0	0	0
Ni	27,24	48,06	50	0	0	0	0
Pb	43,33	98,43	200	0	0	0	0
Zn	105,40	199,16	900	0	0	0	0

In het kader van de specifieke gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden" is bezien in hoeverre de hier gekozen beperkte toerekening van metaalvruchten naar de bodem de LCA-vergelijking beïnvloedt. Hiertoe is op basis van de berekende samenstelling van compost nu niet getoetst aan het BOOM maar aan de streefwaarden voor schone grond. Er is daarbij vanuit gegaan dat de effecten van het opbrengen van verontreinigingen alleen nadelig zijn wanneer deze de normale samenstelling van bestaande grond overschrijden, en om die reden is bij de emissies naar de bodem alleen rekening gehouden met de concentraties die boven de streefwaarden van schone grond uitkomen. Voor de betreffende streefwaarden is voor de metalen As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb en Zn aangesloten bij de circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (Stcrt. 2000, 39), na correctie van de gevonden samenstelling voor compost voor het gehalte aan organische stof. Hierbij is uitgegaan van een organisch stofgehalte van 27% (zie tabel 6.1) en een lutum-gehalte van 3% (aannname) en een vochtgehalte in de ruwe compost van 37%. Voor Mn is de emissie naar de bodem geheel buiten beschouwing gelaten (dit komt in zo hoge concentraties in de natuur voor dat zelfs besloten is om voorlopig geen voorstel voor een interventiewaarde af te leiden; Stcrt. 2000, 39). Voor de overige componenten is de bijdrage van compost ongecorrigeerd in beeld gebracht (feitelijk is gekozen voor een streefwaarde van 0).

Tabel 6.16; Emissie naar de bodem door toepassing van de compost (mg per ton gft-afval) in de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"

	compost mg/kg d.s.	gehanteerde correctiewaarde	resulterende emissie (80%)
As	0,80	27,00	0
Ba	48,19	46,45	511,03
Cd	0,80	1,01	0
Co	6,75	2,84	1147,9
Cr	10,92	56,00	0
Cu	19,24	33,00	0
Hg	0,10	0,25	0
Mn	236,13	alles	0
Mo	4,82	3,00	534,5
Ni	27,24	13,00	4183,2
Pb	43,33	80,00	0
Sb	0,64	3,00	0
Se	0,88	geen	259,6
Sn	4,02	6,11	0
V	8,03	geen	2360
Zn	105,40	99,50	1734
Cl	1039,89	geen	305552
F	80,32	geen	23600
SO <sub>4</sub>	1593,32	geen	1404509

#### Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies als gevolg van de toepassing van compost. Wordt er van uitgegaan dat de compost als veenvervanger dient, dan worden de emissies van veenwinning en -toepassing vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep toegerekend in de LCA-berekeningen. In de paragrafen over transport, energie en bedrijfsmiddelen zijn de hoeveelheden reeds gekwantificeerd voor de diverse uitwerkingen. In (AOO, 2000; tabel 10) is gegeven dat per ton vervangen veen (droge stof gehalte 27%) 550 kg CO<sub>2</sub> wordt vermeden. De vermeden CO<sub>2</sub>-emissie per ton houtfractie is dan zoals hieronder (tabel 6.17) weergegeven.

Tabel 6.17; vermeden CO<sub>2</sub>-emissie ingevolge veenvervanging per ton houtfractie

MATERIAAL	normaal	grotere houtfr.	kleinere houtfr.	hoogw. verv.	laagw. verv.	andere samenstelling		
						1	2	3
vermeden veen (kg)	169	169	169	242	97	169	169	169
vermeden CO <sub>2</sub> (kg)	93	93	93	133	53	93	93	93

Op basis van de samenstelling (AOO, 2000) van de vermeden hoeveelheden kunstmest (zie tabel 6.6) is tevens een inschatting te maken van de vermeden emissies naar de bodem door het vervangen van deze kunstmest. Op basis van de gegevens van KAS, TSP, Kali-60 en Dolokal (van Kieseriet beschikken we niet over gegevens) leidt dat tot de volgende vermeden emissies naar de bodem.

Tabel 6.16; vermeden emissies naar bodem door vermeden kunstmest in mg per ton houtfractie.

component	normaal	gevoeligheidsanalyses	
		hoogw. vervanging	laagw. vervanging
Cd	11,8	17,9	9,4
Cr	89,7	141,6	71,3
Cu	24,7	25,9	19,7
Ni	30,8	38,6	24,5
Pb	45,3	32,8	36,2
Zn	396,7	447,0	316,8
Hg	0,0	0,0	0,0
As	9,5	15,0	7,2

## 6.9 Verwerkingskosten

De verwerkingskosten voor het composteren van groenafval liggen in de orde van 20 tot 40 Euro per ton voor tuin- en plantsoenafval en voor snoeihout. Indien gehakseld aan geleverd bedragen de tarieven 5 tot 10 Euro lager.



## 7. VERGASSEN/BIJSTOKEN IN E-CENTRALE

### 7.1 Procesbeschrijving

Zoals in hoofdstuk 4 reeds aangegeven wordt als referentie installatie de voorgeschakelde vergasser volgens het Amer-concept als leidraad genomen. Vanwege de afwijkende brandstof dan in de Amer wordt ingezet (groenafval in plaats van bouw- en sloophout) zijn hierop enkele noodzakelijke wijzigingen in het technisch concept aangebracht:

- er is een droogstap geïntroduceerd;
- de gasreiniging is aangepast; en
- het elektrisch rendement is aangepast.

Zie verder paragraaf 7.2 voor een nadere toelichting.

#### A. Versnipperen houtfractie

Uitgangspunt is dat de houtfractie wordt versnipperd voorafgaand aan het transport (op de plaats waar de houtfractie vrijkomt). Omdat dit voor alle verwerkingsvarianten gelijk is, valt deze activiteit buiten de systeemgrens (zie ook paragraaf 5.1).

#### B. Transport en opslag

De houtsnippers worden per vrachtwagen aangevoerd, gewogen en gelost in een stortbunker.

#### C. Zeven en opslag

Vanuit de ontvangstbunker worden de houtsnippers met een zeef op grootte gesorteerd. Vervolgens worden ze opgeslagen in een voorraadsilo van 10.000 m<sup>3</sup>, genoeg voor vier dagen verbruik. Vanuit deze silo's worden de houtsnippers getransporteerd naar twee dagsilo's van ieder 135 m<sup>3</sup>.

#### D. Droging

De biomassavergassingsinstallatie op het terrein van de Amercentrale betreft een circulerend wervelbedvergasser. Voor deze vergasser is droging van de houtfractie tot een vochtgehalte van maximaal 20% nodig. Voor de droging wordt gebruik gemaakt van interne warmte (stoom) in een trommeldroger. Bij inzet van een droger wordt wat verder gedroogd dan de vereiste 20%, namelijk tot een drogestof gehalte van 10% (analoog aan KEMA, 2000b).

#### E. Vergassing

Het vergassingsproces is gebaseerd op het circulating fluidized bed (CFB) principe, met lucht als vergassingsmedium. Behalve hout en lucht wordt aan de vergasser ook zand als bedmateriaal toegevoegd. In de biomassavergassingsinstallatie van EPZ wordt jaarlijks circa 150.000 ton bouw- en sloophout vergast. Bij gelijkblijvende thermische input betekent dit voor de inzet van houtfractie van groenafval 220.000 ton per jaar. Bij de vergassing wordt organisch materiaal onder invloed van hoge temperaturen (circa 900 °C) afgebroken tot eenvoudige gasvormige verbindingen, zoals koolmonoxide, waterstof en methaan. De samenstelling van dit stookgas is gegeven in tabel 7.1. Deze is bepaald door thermodynamische berekeningen te doen voor groenafval met een samenstelling zoals gegeven in tabel 2.1 met als uitgangspunten vergassing bij 900 °C, 10% vocht in het groenafval, 2% warmteverlies. De stookwaarde van het gas bedraagt 18,8 MJ/kg (specifiek volume is 0,93 kg/m<sup>3</sup><sub>0</sub> droog gas).

Tabel 7.1; Samenstelling van stookgas

gas	vol. %
CO	25,4
CO <sub>2</sub>	8,9
CH <sub>4</sub>	5,0
H <sub>2</sub>	17,7
H <sub>2</sub> O	7,7
N <sub>2</sub>	34,7
HCl	0,022
H <sub>2</sub> S	0,027
NH <sub>3</sub>	0,015

#### F. Gaskoeling

Om het gas te kunnen ontdoen van as en andere verontreinigingen wordt het eerst in een speciale gaskoeler afgekoeld tot 350 °C. Hierbij wordt middendrukstoom geproduceerd die naar stoomturbine van eenheid 9 van de Amercentrale wordt vervoerd.

#### G. Filtratie

Het afgekoelde gas wordt gefilterd in een hoge temperatuur cycloon met een medium efficiency vangst voor stof (65%). De opgevangen vliegias wordt samen met de as afkomstig uit de gaskoeler afgevoerd.

#### K. Bijstoken

Het gereinigde houtgas wordt bijgestookt in de ketel van de kolengestookte warmtekrachteenheid 9 van de Amercentrale via speciale houtgasbranders.

#### L/M. Rookgasreiniging kolencentrale (E-filter + SNCR + ontzwaveling)

De rookgassen die ontstaan bij de verbranding van kolen en houtgas in de kolenketel, worden gereinigd. Hiertoe is een electrofilter voorzien om het stof (vliegias) te verwijderen. Een selectieve niet-katalytische reinigingsstap (SNCR) is voorzien voor reductie van de NO<sub>x</sub> uitworp. Vervolgens wordt in een rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) de zwaveldioxide verwijderd. Bij dit rookgasontzwavelingsproces wordt gips geproduceerd. Een deel van het geproduceerde gips moet toegeschreven worden aan de inzet van hout.

#### N. Transport reststoffen

De reststoffen worden per vrachtwagen afgevoerd naar de plaats van stort of nuttige toepassing.

#### O. Nuttige toepassing reststoffen houtvergasser

Bij de houtvergassing en de reiniging van het geproduceerde houtgas komen de assen vrij. Er wordt vanuit gegaan dat deze assen bodem- en filterassen nuttig worden toegepast als vulstof in de cementindustrie. Als gevoeligheidsanalyse wordt tevens de variant waarin deze reststoffen worden gestort meegenomen.

#### P. Nuttige toepassing reststoffen kolengestookte ketel

Bij de verbranding van houtgas en kolen in de kolengestookte ketel komen de volgende reststoffen vrij: bodemas uit de ketel, vliegias uit het electrofilter en gips uit de ROI. Bodemas uit de ketel en vliegias uit het electrofilter worden nuttig toegepast (funderingsmateriaal of als vulstof in de cement- en asfaltproductie). Voor gips uit de ROI wordt aangenomen het volledig wordt afgezet als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw.

Door de stofverwijdering van het houtgas en de lage verontreinigingsgraad van het ingangsmateriaal is de aanvoer van schadelijke elementen in de centrale-ketel uiterst beperkt. De kwaliteit van gips, bodem- en vlieggas van de kolencentrale zal daarom niet nadelig worden beïnvloed.

#### Q. Zuiveren afvalwater

De droogdampen worden na condensatie via de riolering afgevoerd naar een RWZI. Door het drogen van 220.000 ton houtfractie van 41% vocht naar 10% vocht ontstaat ongeveer 60.000 m<sup>3</sup> water (het overige wordt in dampfase naar de atmosfeer geloosd). De samenstelling van dit afvalwater is onbekend. Omdat het afvalwater is ontstaan uit de dampfase, worden geen afvalstoffen meegevoerd.

## **7.2 Uitgangspunten/modellering, massabalansen en kwaliteit reststoffen**

### 7.2.1 Uitgangspunten/modellering

Voor het vergassen van de houtfractie in de CFB-vergasser ontbreken betrouwbare cijfers op het punt van de emissies en de reststoffen. Het gebruiken van een vergasser als voorschakeling voor de E-centrale maakt tevens het directe gebruik van de ontwikkelde balansen voor de E-centrale (achtergronddocument A1 bij het MER) lastig omdat door de voorschakeling van de vergasser de reiniging van het totaal moet worden gezien. Om de juiste rookgasreinigingsconfiguratie (RGR) te bepalen is door Kema een achttal berekeningen gedaan, uitgaande van de resultaten van procesberekeningen voor de Amervergasser (83 MW<sub>th</sub>) en de biomassasamenstelling die in hoofdstuk 2 is gegeven. Dit is belangrijk omdat dit mede de emissies bepaalt, de hoeveelheid hulpstoffen en de hoeveelheid assen die vrijkomen in de verschillende delen van de installatie.

De volgende vraagpunten voor de rookgasreinigingsinstallatie worden daarbij beantwoord:

- Welke NO<sub>x</sub> emissie vindt plaats bij een goed uitgelegde RGR?
- Welke stofemissie vindt plaats bij een goed uitgelegde RGR?
- Welke gasreiniging is daarbij nodig?
- Welke verhouding voor de hoeveelheden vlieggas en bodemas dienen te worden gehanteerd?
- Welk deel van de in de vergasser geproduceerde hoeveelheid NH<sub>3</sub> wordt omgezet in NO<sub>x</sub>?
- Is een SCR nodig?
- Is een high efficiency cycloon of een medium efficiency cycloon nodig om aan eisen van de ketel ten aanzien van de stofemissies te voldoen?
- Welke bedmateriaal moet gekozen worden voor dit type brandstof.

De 8 uitgevoerde berekeningen bestaan uit combinaties van de volgende drie aspecten:

1. De efficiency van de stofvangsters na de vergasser (65% of 90%)
2. Het al of niet toepassen van SCR na de ketel om de NO<sub>x</sub> eis te halen.
3. Het deel van de stikstof, zwavel en chloor in de brandstof dat in gasfase de vergasser verlaat (en uiteindelijk als NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> en HCl geëmitteerd kan worden): twee varianten: 60% en 100% in de gasfase.

Daarnaast is een keus gemaakt voor de volgende uitgangspunten:

- Voor de verdeling van de as (uit de vergasser!) over vlieggas en bodemas is gekozen voor 60% vlieggas en 40% bodemas. Uit literatuurgegevens (Meij, 2000) is een spreiding bekend van 50-85% voor de vlieggas. Deze spreiding heeft sterk betrekking op de schaalgrootte van de installaties. Bij grotere installaties (waarvan er niet veel zijn) zit het aandeel vlieggas niet aan de bovenkant van de range. Er is vanuit gegaan dat de vergassingsinstallatie zo wordt uitgelegd dat er niet te veel van het bedmateriaal verdwijnt naar de vlieggas, met andere woorden, dat het

vliegasaandeel niet hoger dan 60% zal zijn. Dit percentage is alleen van belang voor het bepalen van de stofemissies; de bodemas en de vlieggas worden toch samengevoegd en tezamen nuttig toegepast in de cementindustrie of gestort in de gevoeligheidsanalyse "toch storten" (zie hieronder).

- Het stookgas wordt niet teruggekoeld naar 40 °C maar naar 350 °C, een natte wasser voor de stookgasreiniging wordt niet nodig geacht.
- Het bedmateriaal is zand, dolomiet is niet nodig omdat het gehalte aan zwavel en chloor niet erg hoog is (dit is door Kema getoetst met procesberekeningen).
- Er wordt geen rookgasherverhitting middels een gavo (gasvoorverwarming) toegepast. Deze benadering van gavo-inzet is in de 80-er jaren nog gehanteerd, maar is allengs verlaten. De huidige praktijk is dat een gavo niet als noodzakelijk wordt beschouwd.
- Er wordt voorgedroogd tot 10%. Een gevoeligheidsanalyse in een LCA-studie naar het vergassen van B-hout in een voorgeschakelde vergasser laat zien dat de resultaten nauwelijks anders worden indien het vochtpercentage in B-hout wijzigt van 10 naar 20% (KEMA, 2000c).

Uit de berekeningen volgt dat bij een schakeling:

drogen → vergassen → gas koelen tot 350 °C → hoge-temperatuurcycloon → verbranden in kolenketel → RGR kolenketel

aan de nieuwe VROM emissie-eisen kan worden voldaan.

#### 7.2.2 Massabalans assen

De verwerking van groenafval resulteert in producten en/of reststoffen. Om eenzelfde thermisch vermogen van de Amervergasser te realiseren is een hoeveelheid houtchips nodig van  $150.000 * 0,87$  (droge stofgehalte sloophout) /  $0,59$  (droge stof gehalte houtfractie groenafval) = ongeveer 220.000 ton per jaar.

Jaarlijks worden met het verwerken van 150.000 ton afvalhout in een vergassingsinstallatie in totaal 8260 ton as geproduceerd (3000 ton bedmateriaal en 5260 ton as uit het hout; KEMA, 1996). Het overgrote deel van alle stof wordt afgevangen en er komt weinig stof in de ketel terecht. Bij de vertaling hiervan naar de verwerking van groenafval met eenzelfde thermische input wordt het volgende aangenomen:

- as uit de gaskoeler en de cycloon wordt tezamen als filteras beschouwd.
- voor het verwerken van groenafval wordt eenzelfde hoeveelheid bedmateriaal aangehouden als bij het vergassen van sloophout (3000 ton per jaar). Omdat de hoeveelheden as uit de houtfractie wel verandert betekent dit dat het percentage bedmateriaal in bodem- en filteras wijzigt ten opzichte van de situatie bij vergassen van B-hout in de Amer-vergasser<sup>4</sup>.

Voor de verdere verdeling worden de volgende waarden aangehouden

- de verdeling bodemas/filteras is 40/60  
→ 40% van alle as wordt bodemas
- de filteras wordt voor 65% afgevangen en de rest de rest komt in de ketel  
→ 39% (65% van 60%) van alle as wordt als filteras afgevangen
- van de as in de ketel wordt 99,5% afgevangen door de ESP en 0,5% komt in de ROI  
→ 20,895% (99,5% van 35% van 60%) van alle as wordt als filteras afgevangen

---

4 Het is zelfs mogelijk dat in de gevoeligheidsanalyse "meer asrest" nog minder bedmateriaal verbruikt zou worden omdat veel van de extra as in het afval uit aanhangend zand zal bestaan. Goede info op dit punt is echter niet beschikbaar zodat er voor is gekozen in alle gevallen met dezelfde hoeveelheid bedmateriaal te blijven rekenen.

- van de as die terecht komt in de ROI wordt 90% afgevangen en emitteert de rest naar de lucht
  - ➔ 0,0945% (90% van 0,5% van 35% van 60%) van alle as komt in het ROI-gips
  - ➔ 0,0105% (10% van 0,5% van 35% van 60%) van alle as emitteert naar de lucht

In tabel 7.2 is een en ander uitgewerkt voor zowel de normale situatie als voor de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest" (zie tabel 2.1).

Tabel 7.2; Massabalans voor de assen van de houtvergasser (alles in kg)

	totaal as (1) in kg	bodemas (40%) in kg	filteras (39%) in kg	vliegas electrofilter (20,985%)	as naar ROI-gips (0,0945%)	emissie naar lucht (0,0105%)
normaal (per 220.000 ton hout. materiaal)	9490000	3796000	3701100	1991477	8968,05	996,45
normaal (per ton hout. materiaal)	43,1	17,24	16,81	9,045	4,07*E-2	4,53*E-3
grotere asrest (per 220.000 ton hout. materiaal)	15980000	6392000	6232200	3353403	15101,1	1677,6
grotere asrest (per ton hout. materiaal)	72,64	29,056	28,33	15,244	6,86*E-2	7,63*E-3

1) Inclusief 3000 ton bedas/jr en met hout met 59% d.s. en 5% resp. 10% asrest

In tabel 7.3 is het ontstaan / vermijden van reststoffen nog eens samengevat en in tabel 7.4 is aangegeven met welke vervolgroutes in dit MER gerekend zal worden.

Tabel 7.3; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID IN KG PER TON HOUTFRACTIE	
	normaal	grotere asrest
Bodemas vergasser	17,24	29,06
Filteras en gaskoeling-as	16,81	28,33
Bodemas ketel	Nihil (1)	Nihil (1)
Vliegas electrofilter	9,0	15,2
Gips ROI (2)	0,592	0,661
Vermeden vliegas kolen (3)	80,3	80,3
Vermeden bodemas kolen (3)	7,9	7,9
Vermeden gips uit kolen (4)	10,05	10,05

(1) Vermindering van hoeveelheid reststoffen doordat kolen wordt vervangen door houtgas.

(2) Zie tabel 7.9

(3) Zie tabel 7.8

(4) Zie tabel 7.9

Tabel 7.4; Overzicht afzetroutes producten en reststoffen

PRODUCTEN	AFZETROUTES			
	normaal		analyse "toch storten"	
	nuttige toepassing	storten	nuttige toepassing	storten (*)
Bodemas vergasser	X	-	-	X
Filteras en gaskoeling-as	X	-	-	X
Bodemas ketel	X	-	X	-
Vliegas electrofilter	X	-	-	X <sup>5</sup>
Gips ROI	X	-	X	-
Vermeden vliegas kolen	X	-	X	-
Vermeden bodemas kolen	X	-	X	-
Vermeden gips uit kolen	X	-	X	-

(\*) In de gevoeligheidsanalyse "toch storten" betekent dit dat 62,4 kg finaal afval in rekening wordt gebracht; 43,05 kg assen geeft 62,4 kg immobilisaat; zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP.

### 7.2.3 Kwaliteit en toepassing van de assen uit de vergasser

Voor de kwaliteit van de assen uit de vergassingsinstallatie wordt er vanuit gegaan dat deze vergelijkbaar is met de assen zoals die vrij komen bij afvalverbrandingsinstallaties. Er is vanuit gegaan dat samenstelling van de assen dan ook goed wordt benaderd door die van AVI-assen<sup>6</sup>. Met behulp van de balansen die zijn ontwikkeld in het kader van MER-LAP (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP) is nagegaan in welke mate de verontreinigingen uit het houtachtig afval (tabel 2.1) in dat geval in de assen (bodemas + vliegas) terecht zouden komen. Het resultaat is weergegeven in tabel 7.5. Er is hierbij onderscheid gemaakt in de normale samenstelling en de gevoeligheidsanalyses "andere samenstelling" en "grotere asrest".

Op basis van de as-samenstelling wordt aangenomen dat de assen worden ingezet voor cementproductie, afhankelijk van het werkelijk gehalte aan onverbrand (C) als brandstof of als vulstof. Echter, het is duidelijk dat een dergelijke keuze pas mogelijk is na een goede onderbouwing omtrent de kwaliteit van de assen (die nu niet bekend zijn), de mate van constant zijn van deze kwaliteit en de economie van een en ander. Daarom wordt als gevoeligheidsanalyse ook het storten van de assen meegenomen (zie tabel 7.4).

- 5 Niet duidelijk is of deze relatief lichte fractie niet ook in het slechtste geval toch zo "schoon is" dat zij voor nuttige toepassing geschikt zou zijn. Gegevens om een gedegen uitspraak te kunnen doen over verschillen in samenstelling die zouden kunnen optreden tussen de bodemas, het filteras en het ESP-vliegas ontbreken echter. Zonder die informatie is er voor gekozen om in de variant "toch storten" alle assen als te storten aan te merken.
- 6 Op zichzelf is de verdeling van de assen over vliegas/bodemas bij een AVI niet goed te vergelijken met die van een wervelbedvergasser. Alleen daarom als komen in het laatste geval veel meer verontreinigingen in het vliegas terecht. Over de exacte verdeling over vliegas en bodemas is echter te weinig informatie beschikbaar, maar dat het totaal dat in de assen komt vergelijkbaar is met dat bij een AVI (vergelijkbare temperatuur) is als benadering redelijk. Omdat in dit MER de assen toch als een gezamenlijke fractie worden behandeld, maakt het feit dat er in praktijk kwaliteitsverschil tussen vliegas en bodemas zal bestaan voor de LCA-vergelijking verder geen verschil.

Tabel 7.5; indicatieve samenstelling voor assen uit houtachtig materiaal

	normaal	andere samenstelling	grotere asrest
omvang as (kg)	43,05	43,05	72,59
component	mg/kg	mg/kg	mg/kg
As	6,80	13,60	4,03
Ba	407,98	407,98	241,96
Cd	6,51	26,04	3,86
Co	57,12	57,12	33,87
Cr	92,48	339,99	54,84
Cu	163,19	339,99	96,78
Hg	0,04	0,09	0,02
Mn	1999,12	1999,12	1185,59
Mo	40,80	40,80	24,20
Ni	231,19	407,98	137,11
Pb	367,19	843,17	217,76
Sb	5,44	5,44	3,23
Se	7,48	7,48	4,44
Sn	34,00	34,00	20,16
V	68,00	68,00	40,33
Zn	897,56	1686,33	532,31
Cl	3289,20	12334,49	1950,68
F	513,94	513,94	304,79
S	10922,88	10922,88	6477,89

#### 7.2.4 Verdere uitgangspunten m.b.t. het gedrag van componenten

De componenten die niet in de assen achterblijven worden met het te verstoffen gas de E-centrale ingeleid. Nu deze verontreinigingen er middels een gasfase worden ingebracht zijn de balansen voor de E-centrale zoals deze in achtergronddocument A1 bij het MER zijn afgeleid zijn niet zondermeer toepasbaar. Die zijn immers gebaseerd op een input als vaste brandstof en laten tevens een groot deel van het materiaal in de bodem- en vliegassen terecht komen. In tabel 7.6 zijn de rendementen weergegeven die bij het opstellen van deze balansen zijn gehanteerd en die alleen betrekking hebben op de RGR na de ketel. Deze wijken dus af van de getallen uit achtergronddocument A1 bij het MER daar de getallen uit dat document tevens betrekking hebben op de verontreinigingen die in de assen bodemmassen van de E-centrale achterblijven.

Tabel 7.6; Verdeling van relevante stoffen van de RGR na de kolenketel (%)

component	lucht	water	gips
stof	zie tekst onder tabel		
NO <sub>x</sub>	zie tekst onder tabel		
SO <sub>2</sub>	13	0	87
HCl	7	93	0
HF	20	0	80
Cd	9	0	91
Hg	40	0	60
zwarte metalen	9	0	91

Ten aanzien van stof wordt verwezen naar tabel 7.2 waar al is uitgewerkt hoe groot de emissie naar de lucht uiteindelijk in totaal zal zijn, dus na vergassing, bijstoken en doorlopen van de RGR van de E-centrale. Concreet komt dit neer op 4,53 g in het geval van de normale situatie en op 7,63 g

voor de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest". Deze hoeveelheden worden ook in de paragraaf emissies aangehouden<sup>7</sup>.

Ten aanzien van NO<sub>x</sub> wordt, in principe aangesloten bij de standaardaanpak (achtergronddocument A1 bij het MER), ofwel met een emissie van 120 g/GJ. Zoals echter aangegeven in de paragraaf 7.1 (procesbeschrijving), wordt voor deze afvalstroom uitgegaan van het plaatsen van een uitgegaan van een SNCR. Dit betekent ongeveer 50% van de gevormde NO<sub>x</sub> wordt afgevangen.

#### 7.2.5 Variatie in de verwachte emissies naar lucht

Volgens (Meij 2000) en wijken de prestaties van de rookgasreiniging van een E-centrale af van de gegevens zoals in dit MER worden gehanteerd en die in tabel 7.6 zijn weergegeven<sup>8</sup>. De gegevens van deze bron staan samengevat in onderstaande tabel.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij" wordt tevens een variant uitgewerkt waarbij voor NO<sub>x</sub>, Hg, Cd, F en de overige zware metalen wordt uitgegaan van het gebruik van een SCR en de bijbehorende prestaties volgens (Meij 2000). Ten gevolge van de SCR zal de NH<sub>3</sub> emissie evenals de NO<sub>x</sub> emissie gereduceerd worden met 80%.

Tabel 7.7; Verwijderingspercentages van de RGR na de kolenketel volgens (Meij, 2000)

component	SNCR	SCR	data tabel 7.6
stof	> 99,5	> 99,5	-
NO <sub>x</sub>	50	80	50 (*)
SO <sub>2</sub>	90	90	87
HCl	95	95	93
HF	95	95	80
Cd	99	99	91
Hg	50	80	60
zware metalen	99,5	99,5	91

(\*) zie einde paragraaf 7.2.4

- 7 Volgens de balansen die normaal voor de E-centrale zijn afgeleid (zie achtergronddocument A1 bij het MER) is stof een procesgebonden emissie en wordt uitgegaan van 0,003 kg per GJ. Met de samenstelling van tabel 2.1 zou dat eigenlijk leiden tot 30 g stof in de normale situatie en tot 37,5 g stof in gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde". Voor deze afvalstroom (relatief lage asrest in vlg. met reguliere brandstof van de E-centrale) en deze configuratie (voorvergassing) lijkt het echter aannemelijk dat deze "standaardaanpak" inderdaad tot te hoge schattingen zou leiden. Om die reden wordt hier met de in de tekst afgeleide getallen gewerkt, wetende dat de hier afgeleide stofemissie mogelijk juist weer aan de lage kant is of in ieder geval een zeker mate van onzekerheid in zich draagt.
- 8 De cijfers van Meij hebben betrekking op de configuratie ESP + ROI. In de balansen in dit MER (achtergronddocument A1 bij het MER) is het effect van de afvang van vliegias echter al meegenomen in de fractie "assen". Dat is ook het geval in de afleiding van tabel 7.5 en dus ook in de bepaling van de componenten die naar de keten van de E-centrale doorgaan. Omdat in deze afleiding dus het afvangen van vliegias als is verwerkt zijn de afscheidingsrendementen van Meij voor deze uitwerking mogelijk te optimistisch. Niettemin wordt dit als gevoeligheidsanalyse toch met de betreffende rendementen gerekend.



### 7.2.6 Effecten op reststoffen door bijstook van het gas in de kolencentrale

De hoeveelheid reststoffen afkomstig uit de vergasser is gebaseerd op een asgehalte van 5% in de houtfractie (zie tabel 2.1). Het asgehalte van de verstoekte kolen bedraagt circa 25% (MER-MJP GA II).

Aangezien het hout in de hoedanigheid van houtgas aan de kolengestookte ketel wordt toegevoerd en op deze wijze kolen vervangt, resulteert dit in een vermindering van de vorming van bijproducten van de kolengestookte centrale. Deze vermindering bestaat uit:

- minder vlieggas (vanwege lagere percentage as in houtfractie dan in kolen)
- minder gips en eventueel rookgasreinigingsresidu vanwege minder te verwijderen zwavel (gehalten in kolen is 0,772% en van het hout 0,1% op ds = 0,05% as received).

De verminderde productie van vlieggas, bodemas en gips is te berekenen uit de vermeden kolenstook van 77700 ton per jaar (zie paragraaf 7.6). Met een asgehalte van 25% leidt dit toe het vermijden van 19425 ton assen. In onderstaande tabel is dit verder uitgewerkt.

Tabel 7.8; Vermeden productie van assen uit de kolencentrale per ton houtfractie.

as-type	verdeling	in tonnen (totaal)	in kg per ton houtfractie
vlieggas	91% van de as	17677 ton	80,3
bodemas	9% van de as	1748 ton	7,9

De productie van gips is direct afhankelijk van het zwavelgehalte. De zwavellast bij houtinzet is (houtinzet\*ds-gehalte\*zwavelgehalte) =  $220.000 * 0,59 * 0,001 = 129,8$  ton, ofwel 590 g per ton houtachtig materiaal. Hiervan komt 470 g terecht in de assen van de vergassing (43,05 kg as met 10,992 g S per kg [zie tabel 7.5]). Daarnaast wordt uitgegaan van het afvangen van ongeveer 87% van de SO<sub>2</sub> in de vorm van gips (zie paragraaf 7.2.5). Dit leidt tot een gipsproductie - gerekend met 75% d.s. - van  $([590-470] * 0,87 * 136/32)/0,75 = 592$  g per ton houtachtig materiaal. Samen met de in tabel 7.1. afgeleide 41 g as levert dit 633 g gips per ton houtachtig afval en in de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest" wordt dit 661 g per ton houtachtig materiaal. In de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij" is de hoeveelheid gips gelijk aan de hoeveelheid in de normale situatie.

Tegenover deze toe te rekenen gipsproductie staat een hoeveelheid vermeden gips vanwege het uitsparen van 77700 ton kolen met een zwavelgehalte van 0,772% (MER MJP-GA II). De vermeden zwavellast bij koleninzet is (kolenverbruik\*zwavelgehalte)  $77700 * 0,00772 = 600$  ton S. Hiervan komt uiteindelijk ongeveer 65% in het gips terecht (zie balans E-centrale in de separate achtergronddocument A1 van het MER) en de vermeden gipsproductie (75% d.s.) is dan  $(600 * 0,65 * 136/32)/0,75 = 2210$  ton. Dit betekent 10,05 kg per ton houtachtig materiaal.

In het geval van de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" is sprake van de uitsparing van 441 kg kolen per ton houtafval in plaats van 353 kg (zie paragraaf 7.6). In dat geval wordt de vermeden gipsproductie  $(441 * 0,00772 * 0,65 * 136/32)/0,75 = 12540$  g per ton houtfractie. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" is de besparing 311 kg kolen per ton houtafval (zie paragraaf 7.6). Dit betekent een vermeden gipsproductie van  $(311 * 0,00772 * 0,65 * 136/32)/0,75 = 8840$  gram.

Tabel 7.9; Productie en vermeden productie van gips per ton houtfractie.

	gipsproductie (g)	vermeden gipsproductie (g)
normaal	633	10050
andere samenstelling	661	10050
hogere stookwaarde	633	12540
minder energierendement	633	8840

### 7.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de EPZ biomassavergasser te Geertruidenberg, inclusief houtopslag, bedraagt circa 3500 m<sup>2</sup>. De totale jaarlijkse doorzet aan houtfractie is 220.000 ton, zodat het ruimtebeslag evenredig groter zal zijn:  $220/150 * 3500 = 5133 \text{ m}^2$ . Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton houtfractie dan als volgt worden berekend:

- $5.133 \text{ m}^2 \times 100 \text{ j} = 0,51 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}$
- $\frac{220.000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{22} = 22 \text{ miljoen ton}$
- $0,51 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j} : 22 \text{ miljoen ton} = 0,023 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton houtfractie.

De E-centrale heeft als doel het produceren van elektriciteit en niet het verwerken van afval. Het ruimtebeslag van de installatie hoeft derhalve niet toegerekend te worden aan het verwerken van houtachtig groenafval aangezien met de productie van hoeveelheid elektriciteit uit dit afval tegelijkertijd de productie van eenzelfde hoeveelheid elektriciteit uit primaire brandstoffen wordt vermeden. Hieraan ligt de aanname ten grondslag dat de werking en capaciteit van de centrale niet merkbaar wordt beïnvloed door de vervanging van primaire brandstoffen door (het gas uit) houtachtig groenafval.

Daarnaast moet rekening gehouden worden met tussenopslag van houtfractie op die locaties waar het wordt ingezameld en versnipperd. Deze tussenopslagruimtes gelden voor alle verwerkingsalternatieven, zodat deze buiten de systeemgrenzen worden gelaten.

Door de verminderde productie van kolenreststoffen is in principe ook minder ruimte nodig voor vlieggas en gips transport en handling. Bij de LCA gaan we ervan uit dat de voorgeschakelde vergasser bij bestaande kolencentrales worden geplaatst en dat het ruimtebeslag niet afneemt door inzet van groenafval.

Tenslotte worden alle reststoffen nuttig toegepast waarbij primair materiaal wordt vermeden maar waarbij het betreffende proces toch had plaatsgevonden. De toepassing van de reststoffen leidt derhalve niet tot de toerekening van ruimtebeslag. Een uitzondering is de gevoeligheidsanalyse "toch storten". In dat geval worden per ton houtachtig materiaal uiteindelijk 43,05 kg assen gestort (zie de tabellen 7.3 en 7.4). Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de milieueffecten die horen bij de storten van AVI-vlieggas (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Voor ruimtebeslag betekent dit  $9,7 \text{ m}^2 \cdot \text{jr}$  per ton as, hetgeen voor 43,05 kg as dus neerkomt op  $0,42 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$ .

Het totale ruimtebeslag in dit afvalbeheersalternatief is derhalve  $0,023 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  per ton houtfractie. In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" komt daar nog  $0,42 \text{ m}^2 \cdot \text{j}$  bij.

## 7.4 Transport

In dit beschouwde alternatief vindt transport per as plaats van de houtfractie, reststoffen (bodemas en filteras) en bedrijfsmiddelen (ammonia, wervelbedzand en kalk). Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de transportvoertuigen worden berekend m.b.v. de SimaPro database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 7.10 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug).

Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 hangen de transportafstanden af van het aantal locaties waarop de beschouwde verwerkingstechniek naar verwachting kan worden toegepast.

- Uitgaande van de bestaande kolencentrales (7 eenheden) zal het aantal locaties in het onderhavige geval 1 of 2 bedragen (Maasvlaktecentrale bezit twee eenheden, 1 locatie). De afstand, volgens tabel 4.1, voor transport voor het aan te voeren hout is 100 km.
- Voor kalk wordt uitgegaan van 600 km per schip, gecombineerd met 50 km over de weg.
- Gips kan regionaal worden afgezet zodat hier transportafstanden van 35 km worden aangehouden.
- Evenals in het kader van de cementovens wordt voor de (vermeden) aanvoer van kolen een afstand aangehouden van 200 km.
- De assen worden nuttig toegepast in de cementindustrie zodat daarvoor een afstand van 300 km wordt aangehouden. Voor de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt aangesloten bij de 130 km van de proceskaart in achtergronddocument A1 bij MER-LAP (dit is inclusief cement voor de immobilisatie).
- Voor het bedrijfsmiddel ammonia is uitgegaan van 75 km (aanname).
- Transport van vermeden kalksteenmeel is buiten beschouwing gelaten omdat er vanuit wordt gegaan dat dat in de onmiddellijke nabijheid van de cementoven wordt gewonnen.

Voor houtfractie wordt gerekend met 10 ton/vracht, evenals voor gips en voor de verschillende assen en vermeden assen. Voor de vermeden kolen wordt gerekend met 16 ton/vracht en voor kalk met aanvoer per schip, en aanvullend transport per as met 10 ton/vracht. Voor ammonia-oplossing tenslotte wordt gerekend 10 ton/vracht.

Tabel 7.10; Overzicht transportafstanden en toerekening in tkm (alles per ton hout)

MATERIAAL	normaal			grotere asrest			toch storten		
	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm
Houtfractie	1000	100	100	1000	100	100	1000	100	100
Bodemas	17,24	300	5,17	29,06	300	8,73	17,24	130	2,24
Filteras	16,81	300	5,04	28,33	300	8,5	16,81	130	2,19
Vliegas ESP	9,0	300	2,7	15,24	300	4,57	9,0	130	1,17
Ammonia-opl. (25%) (1)	1,03	75	0,08	1,03	75	0,08	1,03	75	0,08
Gips (2)	0,63	35	0,02	0,63	35	0,02	0,63	35	0,02
Kalk (3)	0,565	600 (w) 50 (as)	0,34 0,03	0,565	600 (w) 50 (as)	0,34 0,03	0,565	600 (w) 50 (as)	0,34 0,03
Wervelbedzand	13,6	75	1,02	13,6	75	1,02	13,6	75	1,02
Vermeden gips (4)	10,05	35	0,35	10,05	35	0,35	10,05	35	0,35
Vermeden kalk (5)	4,17	600 (w) 50 (as)	2,5 0,21	4,17	600 (w) 50 (as)	2,5 0,21	4,17	600 (w) 50 (as)	2,5 0,21
Vermeden E-as (6)	88,2	300	26,5	88,2	300	26,5	88,2	300	26,5
Vermeden kolen	353	200	70,6	353	200	70,6	353	200	70,6

- (1) voor de gevoeligheidsanalyses "balans volgens Meij" en "hogere stookwaarde" wordt dit respectievelijk 1,65 kg (0,12 tkm) en 1,29 kg (0,1 tkm); zie paragraaf 7.6
- (2) voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit 0,66 kg, corresponderend met 0,023 tkm
- (3) voor gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit 1681 g kalk, corresponderend met 0,08 askilometers en 1,01 waterkilometers; zie verder paragraaf 7.6
- (4) Zie tabel 7.9. Voor de gevoeligheidsanalyses "hogere stookwaarde" en "minder energierendement" betreft het respectievelijk 12,5 kg (0,44 tkm) en 8,8 kg (0,31tkm).
- (5) voor gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" wordt dit 5,21 kg kalk, corresponderend met 0,26 askilometers en 3.1 waterkilometers. Voor de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt dit 3,7 kg corresponderend met 0,19 askilometers en 2,22 waterkilometers.
- (6) zie tabel 7.3. Voor gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" wordt dit 110 kg as (441 kg vermeden kolen \* 25%) en oor de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt dit 78 kg assen (311 kg vermeden kolen \* 25%). Dit correspondeert met respectievelijk 33 en 23,4 tkm.

## 7.5 Energie

Er wordt rekening gehouden met:

- het energieverbruik van de vergassingsinstallatie;
- energieverbruik voor het drogen van hout;
- het energieverbruik bij het zuiveren van condensaat;
- het energieverbruik bij de verwijdering/nuttige toepassing van reststoffen;
- het vermeden energieverbruik door bijstoken van houtgas in kolengestookte ketel;
- vermeden energieverbruik door vervanging van primaire grondstoffen.

### Het energieverbruik van de vergassingsinstallatie.

In het kader van de vergassing wordt energie verbruikt bij de logistieke installaties voor (intern) transport van de houtfractie, maar ook voor de vergassing en de reiniging van het geproduceerde houtgas. Er wordt vanuit gegaan dat voor het drogen gebruikt gemaakt wordt van interne warmte die resteert na elektriciteitsopwekking. Zowel de energie voor het drogen als voor het bedrijven van de vergasser met reinigingstappen worden in het nettorendement verrekend (zie aldaar). De energieverbruikspost, die daar buiten valt is het energiegebruik voor de logistiek op het bedrijfsterrein. Hiervoor wordt waarde van 60 MJ/ton aangehouden die elders in het MER ook voor handling van materialen is gehanteerd.

Verder wordt bij iedere koude start aardgas verbruikt. Het verbruik bij 5 koude starten per jaar (analoog aan de verwerkingstechniek wervelbedverbranding) wordt geraamd op 40000 m<sup>3</sup> aardgas. Dit komt overeen met 1260000 MJ ofwel 5,7 MJ per ton hout.

### Energieverbruik van het drogen van hout

Aangezien het hout wordt geleverd met een drogestofgehalte van 59% en er voor verwerking in de vergasser een d.s.-gehalte van minimaal 80% nodig is, wordt het hout voorgedroogd, waarbij uitgegaan wordt van drogen tot 90% droge stof. Het drogen van het hout kan geïntegreerd worden met de stoomturbine van de kolenketel. Voor het drogen van het groenafval is een hoeveelheid lagedrukstoom nodig, waarmee in de stoomturbine slechts met een laag rendement elektriciteit kan worden gegenereerd (rond 20%). Door deze stoom in te zetten voor droging van het hout (van 41% vocht naar 10% vocht) wordt als het ware een hoeveelheid lagedrukstoom ingezet om later een vergelijkbare hoeveelheid hogedrukstoom te kunnen opwekken, die in de stoomturbine met een veel hoger rendement (ruim 42%) elektriciteit genereert. De geproduceerde damp uit de droger kan worden ingezet voor het voorwarmen van voedingwater. Het rendement van de installatie zal in deze visie daarom hoger zijn dan van de Amer houtvergasser (36%). Hiervoor zijn geen procesberekeningen gedaan, wel is eenzelfde rendementsberekening op de natte input aangehouden als bij de LCCM analyse voor gft-afval is gevonden (zie paragraaf 7.9). Dit resulteert in een totaalrendement van 42% (KEMA, 2001b).

Indien de energiewinst van het drooggedeelte van de installatie niet wordt toegeschreven aan de inzet van resthout, maar aan de fossiele brandstof, moet een lager rendement op de houtinzet genomen worden: 37%. Het zal duidelijk zijn dat dit verschil belangrijk zal zijn voor de uitkomsten van de LCA. In de LCA wordt derhalve een gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" meegenomen waarin met 37% in plaats van met 42% wordt gerekend.

#### Energieverbruik bij zuivering afvalwater

In de standaardproceskaart voor RWZI is het energieverbruik gekoppeld aan de hoeveelheid afwater. Zoals aangegeven in paragraaf 7.1 (zie procesbeschrijving onder Q) ontstaat circa 60.000 m<sup>3</sup> condensaat per jaar. Deze afvalwaterstroom wordt gezuiverd in een RWZI. Dit is ongeveer 270 kg/ton houtfractie.

#### Het energieverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen

Bij de het vergassen en bijstoken van houtachtig afval komen diverse reststoffen (assen, gips) vrij, die nuttig worden toegepast. De nuttige toepassing van de assen in de cementindustrie leidt niet tot een ander energiegebruik als het energieverbruik dat met primair materiaal in het cementproces aan de orde was geweest. Voor deze LCA kan dit energiegebruik derhalve achterwege blijven. Een uitzondering geldt de gevoeligheidsanalyse "toch storten". In dat geval worden per ton houtachtig materiaal uiteindelijk 43,05 kg assen gestort (zie de tabellen 7.6 en 7.7). Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de effecten die horen bij de storten van AVI-vliegas (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Voor energie betekent dit per ton vliegas een verbruik van 87 MJ voor het storten en 5,2 kWh voor het mengen voorafgaand daar aan. Voor 43,05 kg aan assen komt dit neer op een energieverbruik van 3,74 MJ en 0,22 kWh per ton houtachtig materiaal.

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. Het energieverbruik per ton gips in de gipsverwerkende industrie is nagenoeg gelijk aan het vermeden energieverbruik (vermeden anhydriet), zodat hiermee geen rekening behoeft te worden gehouden in de LCA.

#### Vermeden energieverbruik door bijstoken houtgas in kolengestookte ketel

De netto elektriciteitsproductie is 42% op LHV basis (10,0 MJ/kg) van de natte groenafval input en in de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" is dit 37%. Verder dient rekening gehouden te worden met de hogere stookwaarde (12,5 MJ/kg) in gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde". Voor deze drie situaties wordt de toe te rekenen elektriciteitsproductie per ton houtachtig materieel 1167 kWh<sub>e</sub> (normaal), 1028 kWh<sub>e</sub> (gevoeligheidsanalyse "minder energierendement") en 1458 kWh<sub>e</sub> (gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde").

Deze hoeveelheid elektriciteit behoeft dus niet via primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. Het vermeden energieverbruik bij de winning en het transport van primaire brandstoffen (steenkool) wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database bij met behulp van het bij een kolencentrale behorende achtergrondproces.

#### Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen

De geproduceerde bodem- en filterassen worden toegepast in de cementindustrie (basisvariant) of gestort (de gevoeligheidsanalyse "toch storten"). Hiermee worden of brandstoffen of vulstoffen vermeden. Welke stoffen dat zijn, is niet op voorhand duidelijk. Conform de proceskaart assen E-centrale (achtergronddocument A1 bij MER-LAP) wordt uitgegaan van een 1:1 vervanging van kalksteenmeel. In de normale situatie gaat het om 43,05 kg/ton (tabel 7.3; 17,24 + 16,81 + 9) en in de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest" gaat het om 72,59 kg/ton (tabel 7.6; 29,06 + 28,33 + 15,2). In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt 43,05 kg van de assen gestort (zie tabellen 7.3 en 7.4) en wordt geen kalksteenmeel uitgespaard.

## 7.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het bedrijfsmiddelenverbruik van de vergassingsinrichting;
- het bedrijfsmiddelenverbruik bij de zuivering van gecondenseerde droogdampen;
- het bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen (secundaire grondstoffen en gas);
- het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik.

### Bedrijfsmiddelenverbruik van de vergassingsinrichting

De volgende bedrijfsmiddelen worden toegepast:

- zand (als bedmateriaal in vergasser): circa 13,6 kg per ton hout (3000 ton bedas op 220.000 ton houtachtig materiaal);
- ammonia: Bij SNCR wordt 50% NO<sub>x</sub> verwijderd. Dit komt neer op 600 g NO<sub>x</sub> (als NO<sub>2</sub> berekend) dat per ton houtachtig materieel. De NO<sub>x</sub> verwijdering met NH<sub>3</sub> vereist per kilo NO<sub>2</sub> ongeveer 0,43 kilo NH<sub>3</sub> en aan 25% ammonia oplossing dus 1,72 kg ammonia-oplossing. Per ton houtfractie is dan benodigd 1,03 kg ammonia-oplossing (25%). Bij het "balans volgens Meij" wordt geen 50% NO<sub>x</sub> verwijderd, maar 80%; dit is 960 g NO<sub>x</sub> per ton houtachtig afval. Het ammonia-verbruik is in dit geval 1,65 kg ammonia-oplossing (25%) per ton houtfractie. In de variant "hogere stookwaarde" tenslotte is de hoeveelheid te verwijderen NO<sub>x</sub> 50% van 1500 g per ton houtachtig materiaal waarmee het gebruik aan ammonia-oplossing (25%) op 1,29 kg per ton houtachtig materiaal komt.
- De inzet van kalk in de ROI van de kolencentrale die aan het hout is toe te rekenen is direct gekoppeld aan de zwavellast. In paragraaf 7.2 is reeds aangegeven dat per ton houtachtig materiaal 104,4 g S ([590-470] \* 0,87) wordt afgevangen in de vorm van gips. Dit leidt tot een kalksteeninzet (berekend als Ca(OH)<sub>2</sub>) van  $104,4 * 72/32$  (molgewichtverhouding) = 235 g Ca(OH)<sub>2</sub> per ton houtachtig materiaal. Daarnaast wordt uitgegaan van kalkgebruik voor het afvangen van halogenen. Met een input van 472 g/ton (zie tabel 2.1; 59% d.s. en 0,08 % Cl), 141 g in de assen van de vergassing (zie tabel 7.5) en een afvangpercentage van 95% (zie tabel 7.6) geeft dit een kalkgebruik van 330 g Ca(OH)<sub>2</sub> per ton houtachtig materiaal ( $[472-141] * 0,95 * 1,05$ ). In de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" wordt dit  $[1770-420] * 0,95 * 1,05 = 1346$  g Ca(OH)<sub>2</sub>. In totaal komt het kalkgebruik in de normale situatie dus op 565 g per ton houtachtig materiaal in het kader van de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" op 1681 g per ton houtachtig materiaal.

### Bedrijfsmiddelenverbruik RWZI

Het bedrijfsmiddelenverbruik in de RWZI volgt uit de standaardproceskaart die hiervoor is aangemaakt.

### Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Bij de nuttige toepassing van de geproduceerde bodemas en filteras bij de cementindustrie worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt. In de variant "toch storten" wordt een bedrijfsmiddelengebruik van 4,3 kg cement in rekening gebracht (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

### Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Voor het vermeden gebruik van kalksteenmeel door de inzet van assen in de cementindustrie wordt verwezen naar het laatste deel van paragraaf 7.5 onder "Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen". De resultaten zijn nog eens samengevat in tabel 7.11.

Door de inzet van 220.000 ton houtachtig materiaal met een energie-inhoud van 10 MJ/kg wordt het gebruik van ongeveer 77700 ton kolen met een energie-inhoud van 28,3 MJ/kg (MER MJP-GA II) vermeden. Per ton houtachtig afval wordt komt dit neer op ongeveer 353 kg kolen. Uitgaande van gehalten aan Chloor van 160 g/ton, Fluor van 93 g/ton en Zwavel van 7720 g/ton (MER MJP-GA II) leidt dit, met de balans van achtergronddocument A1 uit het MER, tot een vermeden kalkgebruik van 4,17 kg per ton houtachtig materiaal. In het kader van de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" wordt dit 441 kg kolen per ton houtachtig materiaal, hetgeen correspondeert met 5,21 kg vermeden  $\text{Ca(OH)}_2$ . In het geval van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt uit de warme-inhoud van het houtafval en rendement van 37% behaald, waarmee energie uit kolen met een opbrengst van 42% wordt vermeden. In dit geval is de hoeveelheid vermeden kolen per ton houtafval 311 kg ( $37/42 \cdot 353$ ), hetgeen correspondeert met 3,7 kg vermeden  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Door het vervangen van kolen door houtachtig afval neemt de hoeveelheid as van de E-centrale af, en daarmee de nuttige toepassing hiervan in cementovens. Uitgaande van een asrest 250 kg/ton kolen (MER MJP-GA II) betreft het hier  $0,327 \cdot 250 = 88$  kg as dat niet ontstaat door de vervanging van kolen door houtachtig afval (in het kader van de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" wordt 110 kg as en in het geval van de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement" wordt dit 78 kg as). Het vermeden transport naar de cementovens is in rekening gebracht in paragraaf 7.4. Mogelijk moet door het vervallen van deze asproductie bij de cementproductie hierdoor meer primair materiaal worden gebruikt. Doordat echter onduidelijk is in hoeverre het bijstoken van houtachtig afval leidt tot toerekenbaar ander grondstoffengebruik bij de cementproductie is dit (theoretische effect) hier verder buiten beschouwing gelaten.

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. Het bedrijfsmiddelenverbruik per ton gips is dus nagenoeg gelijk aan het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik, zodat hiermee geen rekening hoeft te worden gehouden in de LCA.

Ook wordt elektriciteit geproduceerd uit de houtfractie (zie paragraaf 7.6), zodat bedrijfsmiddelenverbruik bij de winning van primaire (fossiele) brandstof wordt vermeden. Dit vermeden verbruik wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database middels het achtergrondproces voor elektriciteitsopwekking met een kolencentrale.



Tabel 7.11; Overzicht bedrijfsmiddelengebruik in kg/ton houtachtig materiaal

MATERIAAL	normaal	gevoeligheidsanalyse					
		andere samenst.	grotere asrest	hogere stookw.	toch storten	balans volgens Meij	minder E-rend.
zand (bedas)	13,6	13,6	13,6	13,3	13,6	13,6	13,6
ammonia (25% NH <sub>4</sub> OH)	1,03	1,03	1,03	1,29	1,03	1,65	1,03
cement	0	0	0	0	3,4	0	0
kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	0,565	1,681	0,565	0,565	0,565	0,565	0,565
vermeden kalksteenmeel	43,05	43,05	72,59	43,05	9	43,05	43,05
vermeden kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	4,17	4,17	4,17	5,21	4,17	4,17	4,17

## 7.7 Emissies

Zoals in hoofdstuk 5 is beschreven valt het versnipperen van de houtfractie buiten de systeemgrenzen van de LCA. Dit betekent dat de emissies die met dit proces samenhangen niet in de LCA worden meegenomen.

Wel moet rekening worden gehouden met:

- emissies van de vergassingsinrichting en de E-centrale;
- emissies bij de zuivering van condensaat;
- emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen;
- vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen;
- vermeden emissies door productie van elektriciteit uit de houtfractie.

### De emissies van de vergassingsinrichting en de E-centrale

#### *Emissies naar bodem*

Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door de aanwezigheid bodembeschermende maatregelen en voorzieningen zullen emissies naar de bodem niet plaatsvinden.

#### *Emissies naar water*

Bij de vergassing van de houtfractie ontstaan geen afvalwaterstromen. Alleen condensaat van de droger wordt geproduceerd: 270 kg/ton houtfractie. In deze dampen zullen alleen de organische componenten opgenomen worden, te weten de CZV en BZV. Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens over de watersamenstelling wordt als beste schatting voor het CZV en BZV gehalte aangesloten bij de waarden van tabel 6.14, ofwel 11,2 kg/m<sup>3</sup> (CZV) en 8,78 kg/m<sup>3</sup> (BZV). De verdere uitwerking is gegeven in tabel 7.12.

Daarnaast zal het overgrote deel van het in de RGR van de E-centrale afgevangen Cl worden geloosd (zie tabel 7.6). Met een input van 472 g/ton (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 1770 g/ton) en een hoeveelheid in de assen van 141,6 g (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 531 g) geeft een afvang van 93% (tabel 7.6) een lozing van 307 g/ton (gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" 1152 g).

Tabel 7.12; Emissies naar water.

Component	input RWZI	reinig. rend. RWZI	output	Emissie naar water in gram per ton hout
CZV	11200 g/m <sup>3</sup>	90%	1120 g/m <sup>3</sup>	302
BZV	8780 g/m <sup>3</sup>	97%	263 g/m <sup>3</sup>	71
Cl				307 (*)

(\*) in de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" is dit 1152 g/ton

#### Emissies naar lucht

De vergassingsinstallatie zelf kent emissies naar de lucht in het geval er koude starten (5 maal per jaar) worden gepleegd. Deze emissies betreffen het verstoken van aardgas en het afstoken van houtgas bij onvoorziene stops. De emissies hiervan zijn beperkt (KEMA, 1996) en worden in rekening gebracht middels het bijbehorende energiegebruik.

Het geproduceerde houtgas wordt evenwel meegestookt en hierbij ontstaan zowel procesgebonden als componentgebonden emissies naar lucht. De uitwerking wordt weergegeven in tabel 7.10. Voor de achtergronden van de uitwerking hiervan wordt verwezen naar paragraaf 7.2. In grote lijnen is de input per ton (tabel 2.1) verminderd met de hoeveelheden die achterblijven in de assen (tabel 7.5), waarna is gerekend met de rendementen uit de tabellen 7.6 en 7.7.

Tabel 7.13; emissies naar de lucht

component	normaal mg/ton	andere samenstelling mg/ton	grotere asrest mg/ton	hogere stookwaarde mg/ton	balans volgens Meij mg/ton
As	0,204	0,409	0,204	0,204	0,011
Ba	12,266	12,266	12,266	12,266	0,681
Cd	1,328	5,310	1,328	1,328	0,148
Co	1,717	1,717	1,717	1,717	0,095
Cr	2,780	10,222	2,780	2,780	0,154
Cu	4,906	10,222	4,906	4,906	0,273
Hg	13,452	29,146	13,452	13,452	6,726
Mn	60,104	60,104	60,104	60,104	3,339
Mo	1,227	1,227	1,227	1,227	0,068
Ni	6,951	12,266	6,951	6,951	0,386
Pb	11,039	25,350	11,039	11,039	0,613
Sb	0,164	0,164	0,164	0,164	0,009
Se	0,225	0,225	0,225	0,225	0,012
Sn	1,022	1,022	1,022	1,022	0,057
V	2,044	2,044	2,044	2,044	0,114
Zn	26,985	50,7	26,985	26,985	1,499
Cl	23128	86730	23128	23128	23128
F	1475	1475	1475	1475	369
SO <sub>2</sub>	31140	31140	31140	31140	31140
NO <sub>x</sub>	600000	600000	600000	750000	240000
NH <sub>3</sub>	12000	12000	12000	15000	2400
CO	60000	60000	60000	75000	60000
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	15000	15000	15000	18750	15000
TCDD TEQ	0,00006	0,00006	0,00006	0,000075	0,00006
fijn stof (*)	4530	4530	7630	4530	4530

(\*) zie tabel 7.2

Ten aanzien van de emissie van kooldioxide ten gevolge van het verstoken van houtgas wordt opgemerkt dat het hier kortcyclisch kooldioxide betreft, die niet in de LCA wordt meegenomen.

Emissies bij nuttige toepassing reststoffen

*gips*

Het gips uit de ROI wordt gebruikt als grondstof voor de productie van gietvloeren ten behoeve van de (utiliteits)bouw en vervangt de primaire grondstof anhydriet, waarbij een vervangingsverhouding van circa 1:1 geldt. De emissies die vrijkomen bij het toepassen van anhydriet-vloeren zijn nihil. De kwaliteitsverschillen tussen primair en secundair gips zijn zeer gering, zodat de emissies bij de nuttige toepassing van gips uit de ROI in de LCA buiten beschouwing worden gelaten.

*assen*

Er vanuitgaande dat de assen worden verwerkt als vulstof in cement leidt de verontreiniging van de assen door houtachtig afval daar tot emissies naar de lucht en eventueel naar de bodem (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") conform de proceskaart in achtergronddocument A1 bij MER-LAP. De uitwerking is geconcretiseerd in tabel 7.14. De uitwerking voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" is weergegeven in tabel 7.15.

Tabel 7.14; emissie ten gevolge van inzet van assen in cementovens (normale situatie)

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2) (3)	emissie naar de bodem (mg/ton) (3)
As	0,29	0,0005	0,15	0,0005	0,15
Ba	17,56	0,0005	8,78	0,0005	8,78
Cd	0,28	0,005	1,40	0,0065	1,82
Co	2,46	0,0005	1,23	0,0005	1,23
Cr	3,98	0,0005	1,99	0,0005	1,99
Cu	7,03	0,0005	3,51	0,0005	3,51
Hg	0,00	0,06	0,11	0,011	0,02
Mn	86,06	0,0005	43,03	0,0005	43,03
Mo	1,76	0,0005	0,88	0,0005	0,88
Ni	9,95	0,0005	4,98	0,0005	4,98
Pb	15,81	0,0005	7,90	0,0005	7,90
Sb	0,23	0,0005	0,12	0,0005	0,12
Se	0,32	0,0005	0,16	0,0005	0,16
Sn	1,46	0,0005	0,73	0,008	11,71
V	2,93	0,0005	1,46	0,0005	1,46
Zn	38,64	0,0005	19,32	0,0005	19,32
Cl	141,60	0,006	849,60	0,0005	70,80
F	22,13	0,01	221,25	0,0005	11,06
S (4)	470,23	0,0005	470,23	0,0005	705,35

(1) zie tabel 7.5

(2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP van dit rapport

(3) alleen in het kader van gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

(4) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>, naar bodem als SO<sub>4</sub>

Tabel 7.15; emissie t.g.v. inzet van assen in cementovens (gev. analyse "andere samenstelling")

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)
As	0,59	0,0005	0,29
Ba	17,56	0,0005	8,78
Cd	1,12	0,005	5,61
Co	2,46	0,0005	1,23
Cr	14,64	0,0005	7,32
Cu	14,64	0,0005	7,32
Hg	0,00	0,06	0,23
Mn	86,06	0,0005	43,03
Mo	1,76	0,0005	0,88
Ni	17,56	0,0005	8,78
Pb	36,30	0,0005	18,15
Sb	0,23	0,0005	0,12
Se	0,32	0,0005	0,16
Sn	1,46	0,0005	0,73
V	2,93	0,0005	1,46
Zn	72,60	0,0005	36,30
Cl	531,00	0,006	3186,00
F	22,13	0,01	221,25
S (3)	470,23	0,0005	470,23

(1) zie tabel 7.5

(2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP van dit rapport (3) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>

Indien de reststoffen gestort worden (gevoeligheidsanalyse "toch storten") treden geen emissies naar lucht op maar wel emissies naar de bodem. Hiertoe wordt aangesloten bij de proceskaart in achtergronddocument A1 bij MER-LAP. De uitwerking is weergegeven in tabel 7.16.

Tabel 7.16; emissie naar bodem in de gevoeligheidsanalyse "toch storten"

comp.	deel naar as in g/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2)	emissie naar de bodem (mg/ton)
As	0,29	0,001	0,29
Ba	17,56	0,002	35,13
Cd	0,28	0,001	0,28
Co	2,46	0,002	4,92
Cr	3,98	0,001	3,98
Cu	7,03	0,001	7,03
Hg	0,00	0,001	0,00
Mn	86,06	0,001	86,06
Mo	1,76	0,053	93,09
Ni	9,95	0,001	9,95
Pb	15,81	0,001	15,81
Sb	0,23	0,001	0,23
Se	0,32	0,008	2,58
Sn	1,46	0,001	1,46
V	2,93	0,003	8,78
Zn	38,64	0,001	38,64
Cl	141,60	0,032	4531,20
F	22,13	0,009	199,13
S (3)	470,23	0,011	15517,59

(1) zie tabel 7.5 (2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP (3) input in S, uitput als SO<sub>4</sub>

#### Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. In paragraaf 7.2 en 7.6 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van de vermeden emissies wordt berekend met de standaard databases in SimaPro.

Ook wordt elektriciteit geproduceerd uit de houtfractie (zie paragraaf 7.5), zodat emissies bij de winning en het transport van primaire (fossiele) brandstof worden vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep zoals berekend in paragraaf 7.5 (onder energie) opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database.

#### **7.8 Verwerkingskosten**

Er bestaat nog geen definitief inzicht in de kosten van houtvergassing. De installatie bij de Amercentrale kent nog technische problemen, zodat de uiteindelijke beschikbaarheid (capaciteit) nog onbekendheid is. Uit de LCCM analyse (KEMA, 2000b) is bekend dat de verwerkingskosten van gft-afval bij een schaalgrootte van 150 kton per jaar in de orde van 20 tot 30 Euro per ton bedragen. Voor groenafval (minder as en hogere stookwaarde) zullen de verwerkingskosten lager uitvallen vanwege de betere elektriciteitsopbrengsten (effect < 5 Euro per ton) en de lagere stortkosten van de vlieggas (effect ongeveer 5 Euro per ton). De verwerkingskosten liggen dan in de grootte orde van 15 tot 25 Euro per ton houtfractie.

## 7.9 Aanvullende toelichting op gehanteerde energierendementen

Het drogen van biomassa heeft een (al dan niet schijnbare) verhoging van het rendement van de thermische verwerking van biomassa (groenafval) tot gevolg. Dit is reeds uitgebreid toegelicht in bijlage F van de LCCM-studie (KEMA, 2000a).

In deze LCA is het volgende aangenomen bij de techniek bijstoken in kolencentrale (220.000 ton groenafval, 7500 bedrijfsuren):

hoeveelheid groenafval:	8,15 kg/sec
stookwaarde groenafval (nat):	10,0 MJ/kg
hoeveelheid groenafval na droging (10% vocht):	5,62 kg/sec
stookwaarde groenafval (10% vocht):	16,6 MJ/kg

De thermische input van de <b>natte</b> groenafval is dus	82,3 MWth (8,23 * 10,0)
De thermische input van de <b>droge</b> groenafval is	93,2 MWth (16,6 * 5,62)

Het verschil wordt uiteraard veroorzaakt door de droogstap: hiervoor is een hoeveelheid lage druk stoom benodigd die overeenkomt met het verschil tussen beide cijfers: circa 10,9 MWth. Bij het drogen ontstaat echter damp uit de groenafval, die als vervanger van de lage druk stoom kan worden ingezet, ten behoeve van de voedingswater-voorwarming. Per saldo is er voor het totale systeem dus geen verlies aan warmte en/of energie, de brandstof is alleen op een hogere LHV-waarde gekomen (NB: verliezen bij het droogproces zijn niet meegenomen).

De ketel heeft een netto rendement van	42 %
Hierin wordt 93,2 MWth droge groenafval verwerkt, dit levert op:	34,6 MWe (82,3 * 0,42)
Netto rendement, gebaseerd op LHV van natte groenafval:	42 % (34,6 / 82,3)

In feite wordt de lage druk stoom (waarmee nog maar weinig elektriciteit kan worden opgewekt in de stoomturbine: maximaal 20 %) omgezet in een vergelijkbare hoeveelheid hoge druk stoom (waarmee elektriciteit met een rendement van meer dan 40% kan worden opgewekt). Dit is alleen maar mogelijk omdat de damp uit de groenafval de lage druk stoom (voor voorwarming) kan vervangen in de symbiose van kolenketel en bijstoken van groenafval. In een stand-alone verbranding van groenafval zal dit voordeel veel kleiner zijn (of lijken).

## 8. WERVELBEDVERBRANDING

### 8.1 Procesbeschrijving

De uitgangspunten (gegevens verkregen uit Milieu Aspecten studie (KEMA, 1997) en informatie van Essent (Essent, 1999; Essent 2001) zijn in onderstaande tabel gegeven. Op basis van deze installatie is de milieu impact van wervelbedverbranding van de houtfractie van groenafval gebaseerd.

Tabel 8.1; uitgangspunten installatie

Parameter	Nominaal	variant
Aantal bedrijfsuren	7000	
Vermogen	bruto 27 MWe	24,6 MWe, 12 MWth
Netto rendement	30%	
Eigen verbruik	2,4 MWe	
brandstofdoorzet	210.000 ton/jr (41% vocht)	
Oppervlak Bedrijfsterrein	32.000 m <sup>2</sup>	
Thermische input	84 MWth	

#### A. Versnipperen houtfractie

Uitgangspunt hierbij is dat de houtfractie wordt versnipperd voorafgaand aan het transport (op de plaats waar de houtfractie vrijkomt). Omdat dit voor alle verwerkingsvarianten gelijk is, valt deze activiteit buiten de systeemgrens (zie ook paragraaf 5.1).

#### B. Transport

De verkleinde houtfractie wordt per vrachtwagen vervoerd naar de verbrandingsinrichting. De houtsnippers worden gestort in een ontvangstbunker van circa 200 m<sup>3</sup> inhoud.

#### C. Zeven en opslag

Vanuit de ontvangstbunker worden de houtsnippers met een zeef op grootte gesorteerd. Daarna worden de houtsnippers getransporteerd naar twee tussenopslagsilo's van elk 5.000 m<sup>3</sup>. Vanuit deze silo's worden de houtsnippers getransporteerd naar twee dagtanks van ieder 100 m<sup>3</sup>. Droging van het hout is bij dit type wervelbedverbranding niet nodig.

#### D. Verbranden

De houtsnippers worden verbrand in een bubbling wervelbedoven (BFBC). De capaciteit van de installatie te Cuijk bedraagt circa 112.000 ton hout (droge stof) per jaar. Dit komt bij een vochtgehalte van 41% overeen met 210.000 ton nat hout per jaar. In deze studie zal met deze schaalgrootte gerekend worden.

Er wordt gebruik gemaakt van het bubbling fluidizing bed (BFB) principe. Behalve hout en lucht wordt er ook zand aan de oven toegevoerd dat dient als bedmateriaal. De hete verbrandingsgassen die bij de verbranding ontstaan worden door een stoomketel geleid en de verbrandingsenergie wordt zoveel als mogelijk omgezet in stoom met een hoge thermische energie-inhoud. De in de ketel opgewekte stoom wordt geëxpandeerd in een stoomturbine die een generator aandrijft. De installatie is ontworpen met een nominaal bruto vermogen van 27 MWe.

#### E/F. Rookgasreiniging (katalysator en E-filter)

De rookgassen die ontstaan bij de verbranding van de houtsnippers in de wervelbedoven worden gereinigd voordat deze naar de omgevingslucht worden geëmitteerd. De rookgasreiniging vindt plaats door ammonia (NH<sub>4</sub>OH) injectie in de ketel om de NO<sub>x</sub>-vorming te reduceren (SNCR deNO<sub>x</sub>-installatie). Aanvullend is een katalysator geïnstalleerd die zorg draagt voor een beperking van de ammoniakslip, verdere reductie van de NO<sub>x</sub>-concentratie en vermindering van concentratie dioxines. Vervolgens is een electrofilter (ESP) opgenomen om de stofdeeltjes en vlieggas uit de rookgassen te verwijderen.

#### G. Transport bodemas

De bodemas die ontstaat bij de verbranding wordt per vrachtwagen getransporteerd naar de plaats van storten of nuttige toepassing.

#### H. Nuttige toepassing bodemas

De bodemas uit de wervelbedoven wordt of gestort of nuttig toegepast. Als nuttige toepassing kan inzet bij de cementproductie overwogen worden. Het is niet bekend welke nuttige toepassingen werkelijk mogelijk zijn. Vooreerst wordt in deze studie uitgegaan van nuttige toepassing in de cementindustrie.

#### I. Transport vlieggas

De vlieggas die vrijkomt in de rookgasreiniging wordt per vrachtwagen getransporteerd naar de plaats van storten of nuttige toepassing.

#### J. Nuttige toepassing vlieggas

Vlieggas uit het electrofilter wordt gestort of nuttig toegepast. In de LCA wordt primair nuttige toepassing bij de cementindustrie aangenomen. Het is niet bekend welke nuttige toepassingen werkelijk mogelijk zijn.

### **8.2 Massabalans**

#### 8.2.1 Massabalans reststoffen bij groenafval (alles in ton).

De totale as die verwijderd moet worden is 5% van  $210.000 \cdot 0,59 = 6195$  ton per jaar, dit is 885 kg/uur. De verdeling over vlieggas en bodemas bij dit type installaties is ongeveer 90/10. De marges op het vliegasaandeel hierop kunnen aanzienlijk zijn (KEMA, 2001: 75- 98%, KEMA, LCCM, 2000: 80%, CE, 1999: rond 95%). De ESP produceert een hoeveelheid vlieggas, dat voor 10% uit bedmateriaal bestaat. Het overige verlies aan bedmateriaal vindt via de bodemas plaats. Het bedmateriaalverbruik in Cuijk is volgens de Milieu Aspecten Studie (MAS) 200 kg/uur dit is 1400 ton/jaar. Bij een vangstefficiëntie van 99,9% voor de ESP (vlieggasvanger) wordt per jaar 6,1 ton stof geëmitteerd. Volgens de MAS is 4 ton per jaar voorzien (bij een lager asgehalte).

Voor het verwerken van de houtfractie van groenafval wordt eenzelfde hoeveelheid bedmateriaal aangehouden als bij Cuijk in KEMA, (1997) is aangegeven, ofwel 1400 ton per jaar. Om de balans kloppend te maken, worden de hoeveelheden as en bedmateriaal gefixeerd, waardoor het percentage bedmateriaal in de bodemas wijzigt (wordt lager) ten opzichte van de situatie zoals in de Milieu Aspecten Studie omschreven. De reden voor dit verschil is dat in deze studie een hoger asgehalte in de houtfractie is aangehouden, waardoor er al meer zand via de brandstof in de bodemas terechtkomt.



Voor de verdere verdeling worden de volgende waarden aangehouden

- de verdeling bodemas/vliegas is 90/10 (10% van de houtas as wordt bodemas)
- de bedas (1400 ton op 210.000 ton houtachtig materiaal) vormt 1 fractie met de vliegas
- de ESP vangt 99,9% van de vliegas/bedasfractie af
- 0,1% van de vliegas/bedas-fractie emitteert naar de lucht

In tabel 8.2 is een en ander uitgewerkt voor zowel de normale situatie als voor de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest" (zie tabel 2.1).

Tabel 8.2; Massabalans voor de assen van de houtvergasser (alles in kg)

	totaal hout as ( <sup>1</sup> )	bedas	bodemas (10% v/d houtas)	totaal vliegas/bed as in kg	afgevangen vliegas/bed as (99,9%)	emissie naar lucht (0,1%)
normaal (per 210.000 ton hout. materiaal)	6195000	1400000	691500	7267100	7259833	7267
normaal (per ton houtachtig materiaal)	29,5	6,67	2,95	34,6	34,57	3,46*E-2
grotere asrest (per 210.000 ton hout. materiaal)	12390000	1400000	1239000	12551000	12538449	12551
grotere asrest (per ton houtachtig materiaal)	59	6,67	5,9	59,77	59,71	5,98*E-2

In tabel 8.3 is het ontstaan / vermijden van reststoffen nog eens samengevat en in tabel 8.4 is aangegeven met welke vervolgroutes in dit MER gerekend zal worden.

Tabel 8.3; Overzicht producten en reststoffen

PRODUCTEN	HOEVEELHEID IN KG PER TON HOUTFRACTIE	
	normaal	grotere asrest
Bodemas	2,95	5,9
Filteras	34,57	59,71

Tabel 8.4; Overzicht afzetroutes producten en reststoffen

PRODUCTEN	AFZETROUTES			
	normaal		analyse "toch storten" (*)	
	nuttige toepassing	storten	nuttige toepassing	storten
Bodemas	X	-	-	X
Filteras	X	-	-	X

(\*) In de gevoeligheidsanalyse "toch storten" betekent dit dat 54,4 kg finaal afval in rekening wordt gebracht; 37,52 kg assen geeft 54,4 kg immobilisaat; zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP.

### 8.2.2 Kwaliteit en toepassing van de assen

Voor de kwaliteit van de assen de vergassingsinstallatie wordt er vanuit gegaan dat deze vergelijkbaar is met de assen zoals die vrij komen bij afvalverbrandingsinstallaties. Er is vanuit gegaan dat samenstelling van de assen dan ook goed wordt benaderd door die van AVI-assen (bodemas + vliegas).

Op basis van de indicatieve as-samenstelling wordt aangenomen dat de assen worden ingezet voor cementproductie, afhankelijk van het werkelijk gehalte aan onverbrand (C) als brandstof of als vulstof. Dit betekent dat de bodemas en de filteras tezamen genomen kunnen worden voor hergebruik als grondstof bij de cementindustrie. Echter, het is duidelijk dat een dergelijke keuze pas mogelijk is na een goede onderbouwing omtrent de kwaliteit van de assen (die nu niet bekend zijn), de mate van constant zijn van deze kwaliteit en de economie van een en ander. Daarom wordt als gevoeligheidsanalyse ook het storten van de assen meegenomen.

In tabel 8.5 is weergegeven wat dat betekent voor de afvalstroom met de samenstelling zoals aangegeven in tabel 2.1. Er is hierbij onderscheid gemaakt in de normale samenstelling en de gevoeligheidsanalyses "andere samenstelling" en "grotere asrest".

Tabel 8.5; Indicatieve samenstelling voor bodemas en filteras per ton houtachtig materiaal

	normaal	andere samenstelling	grotere asrest
omvang as (kg)	37,52	37,52	65,61
component	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Ag	0,00	0,00	0,00
As	7,80	15,60	4,46
Ba	468,12	468,12	267,70
Cd	7,47	29,88	4,27
Co	65,54	65,54	37,48
Cr	106,11	390,10	60,68
Cu	187,25	390,10	107,08
Hg	0,05	0,10	0,03
Mn	2293,77	2293,77	1311,72
Mo	46,81	46,81	26,77
Ni	265,27	468,12	151,70
Pb	421,30	967,44	240,93
Sb	6,24	6,24	3,57
Se	8,58	8,58	4,91
Sn	39,01	39,01	22,31
Sr	0,00	0,00	0,00
V	78,02	78,02	44,62
W	0,00	0,00	0,00
Zn	1029,86	1934,88	588,94
Cl	3773,99	14152,45	2158,21
F	589,69	589,69	337,22
S	12532,78	12532,78	7167,05

### 8.3 Ruimtebeslag

Het ruimtebeslag van de Bio-energiecentrale te Cuijk bedraagt circa 32.000 m<sup>2</sup>. De totale jaarlijkse doorzet aan biomassa is circa 210.000 ton. Uitgaande van een periode van 100 jaar kan het ruimtebeslag per ton houtfractie dan als volgt worden berekend:

- 32.000 m<sup>2</sup> x 100 j = 3,2 miljoen m<sup>2</sup>\*j
- $\frac{210.000 \text{ t/j} \times 100 \text{ j}}{3,2 \text{ miljoen m}^2 \cdot \text{j}} = 21 \text{ miljoen ton}$
- 3,2 miljoen m<sup>2</sup>\*j : 21 miljoen ton = 0,15 m<sup>2</sup>\*j per ton houtfractie.

Indien de assen van de wervelbedverbrander gestort moeten worden (gevoeligheidsanalyse "toch storten"), is een bijdrage van het ruimtebeslag van een stortplaats op zijn plaats. Per ton groenafval wordt 34,57 en 2,95 kg as afgevoerd, tezamen 37,52 kg. Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de milieueffecten die horen bij de storten van AVI-vliegas (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Voor ruimtebeslag betekent dit 9,7 m<sup>2</sup>\*jr per ton as, hetgeen voor 37,52 kg as dus neerkomt op 0,36 m<sup>2</sup>\*j.

Het totale ruimtebeslag in dit afvalbeheersalternatief is derhalve 0,15 m<sup>2</sup>\*j per ton houtfractie. In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" komt daar nog 0,36 m<sup>2</sup>\*j bij.

## 8.4 Transport

Transport van de volgende stoffen vindt plaats per as: de houtfractie, reststoffen (bodem- en vliegas) en bedrijfsmiddelen (wervelbedzand, ammonia).

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de transportvoertuigen worden berekend m.b.v. de SimaPro database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 8.6 vermelde transportafstanden (totaal heen en terug). Zoals aangegeven in hoofdstuk 4 hangen de transportafstanden af van het aantal locaties waarop de beschouwde verwerkingstechniek naar verwachting kan worden toegepast. In Nederland is in totaal aan houtfractie per jaar beschikbaar 800 kton tot 1000 kton (TNO, marsroutes en K+V, 1998). Uitgaande van grootschalige inrichtingen (minimaal provinciale schaal) zal het aantal locaties in het onderhavige zeker niet meer dan vier kunnen bedragen. Voor de assen wordt als alternatieve bestemming de stortplaats genomen. Voor deze gevoeligheidsanalyse "toch storten" wordt aangesloten bij de 130 km van de proceskaart in achtergronddocument A1 bij MER-LAP (dit is inclusief cement voor de immobilisatie). Toepassing in de cementindustrie is de basistoepassing. Hiervoor geldt een afstand van 300 km. Transport van vermeden kalksteenmeel is buiten beschouwing gelaten omdat er vanuit wordt gegaan dat dat in de onmiddellijke nabijheid van de cementoven wordt gewonnen.

Tabel 8.6: overzicht transportafstanden en toerekening in tkm (alles per ton hout)

MATERIAAL	normaal			grotere asrest			toch storten		
	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm	omv. (kg)	afst. (km)	tkm
houtfractie	1000	75	75	1000	75	75	1000	75	75
bodemas	2,95	300	0,88	5,9	300	1,77	2,95	130	0,38
filteras	34,57	300	10,37	59,71	300	17,9	34,57	130	4,49
ammonia-opl. (25%) (1)	0,664	75	0,05	0,664	75	0,05	0,664	75	0,05
wervelbedzand	6,7	75	0,5	6,7	75	0,5	6,7	75	0,5

(1) in de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" betreft het 830 g, corresponderend met 0,06 tkm

## 8.5 Energie

Er wordt rekening gehouden met:

- het energieverbruik van de verbrandingsinstallatie;
- het energieverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen;
- het vermeden energieverbruik door vervanging van primaire brandstoffen;
- het vermeden energieverbruik door vervanging van primaire grondstoffen.

### Het energieverbruik van de verbrandingsinstallatie c.a.

Er wordt (elektrische) energie verbruikt door de motoren van pompen, ventilatoren e.d. Het totale eigen elektriciteitsverbruik van de inrichting wordt door Essent geraamd op 2,4 MWe van de opgewekte elektriciteit. Dit eigenverbruik is verwerkt in het netto rendement van de installatie.

Verder wordt bij iedere koude start aardgas verbruikt. Het verbruik bij 5 koude starten per jaar (analoog aan de verwerkingstechniek wervelbedvergassing) wordt geraamd op 40.000 m<sup>3</sup> aardgas. Dit komt overeen met 1.260.000 MJ ofwel 5,7 MJ per ton hout.

### Het energieverbruik bij de nuttige toepassing / storten van reststoffen

Er wordt uitgegaan van nuttige toepassing van de reststoffen bij de cementindustrie. Voor de inzet van deze assen in de cementindustrie wordt geen energiegebruik in rekening gebracht omdat er vanuit wordt gegaan dat het energiegebruik van het vermeden toepassen van primair materiaal (kalksteenmeel) in eenzelfde grootte-orde zal liggen.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" dient energie in rekening gebracht te worden voor de verwerking van deze reststroom. Daar niet bekend is op welke wijze deze assen gestort zouden worden wordt als indicatie aangesloten bij de milieueffecten die horen bij de storten van AVI-vliegass (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP). Voor energie betekent dit per ton vliegass een verbruik van 87 MJ voor het storten en 5,2 kWh voor het mengen voorafgaand daar aan. Voor 37,52 kg aan assen komt dit neer op een energieverbruik van 3,26 MJ en 0,195 kWh per ton houtachtig materiaal.

### Het vermeden energieverbruik door vervanging van primaire brandstoffen

Het netto elektrisch rendement van de installatie bedraagt circa 30% (dit is inclusief het eigen verbruik van de installatie; het bruto rendement ligt rond de 32,5%). De elektriciteitsproductie van de houtverbrandingsinstallatie bedraagt jaarlijks circa 175.000 MWh<sub>e</sub> (gebaseerd op een houtdoorzet van 210.000 ton per jaar, 10000 MJ/ton en een netto rendement van 30 %). Dit komt overeen met circa 830 kWh per ton hout. Deze hoeveelheid elektriciteit behoeft dus niet via primaire (fossiele) brandstoffen te worden geproduceerd. Het vermeden energieverbruik bij de winning en het transport van primaire brandstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database.

De geproduceerde elektriciteit wordt als een negatieve milieu-ingreep opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro-database, uitgaand van een hoeveelheid geproduceerde elektriciteit van 830 kWh<sub>e</sub> per ton houtfractie (basisvariant) of 757 kWh<sub>e</sub><sup>9</sup> de variant "ook warmte-afzet". De nuttig gebruikte warmteproductie in de variant "ook warmteafzet" bedraagt 12 MW, ofwel 43,2 GJ per uur, 302.400 GJ per jaar; per ton houtfractie is dit 1,44 GJ.

---

9 Reden is dat het is niet helemaal restwarmte is wat afgenomen wordt. De centrale van Cuijk heeft een zogenaamde tegendrukstoomturbine. Het aftappen van lagedruk stoom gaat dan ten koste van een beetje elektriciteitsopwekking. In de LCCM studie is door Kema nagegaan wat het effect is van stoomaftap. Op deze schaal betekent het dat 1 MWe dan 5 MWh oplevert.

In de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" wordt per ton een elektriciteitsopbrengst van 1038 kWh toegerekend (25% hoger dan in de normale situatie).

#### Het vermeden energieverbruik door vervanging van primaire grondstoffen

De geproduceerde bodem- en vliegassen worden in gezet bij de cementindustrie (normaal) of gestort (gevoeligheidsanalyse "toch storten"). Conform de conform achtergronddocument A1 bij MER-LAP wordt uitgegaan van een 1:1 vervanging van kalksteenmeel. In de normale situatie gaat het om 37,52 kg/ton en in de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest" gaat het om 65,61 kg/ton (tabel 8.3). In het geval van de gevoeligheidsanalyse "toch storten" is dit 0 kg/ton.

### **8.6 Bedrijfsmiddelen**

Rekening moet worden gehouden met:

- het bedrijfsmiddelenverbruik van de verbrandingsinrichting;
- het bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing van reststoffen (secundaire grondstoffen);
- het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door de productie van secundaire grondstoffen;
- het vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door productie van elektriciteit uit afval.

#### Het bedrijfsmiddelenverbruik van de verbrandingsinrichting

De volgende bedrijfsmiddelen worden toegepast:

- in proces D van de procesbeschrijving (paragraaf 8.1): zand (als bedmateriaal in verbrandingsoven); circa 6,67 kg per ton hout.
- ammonia; op basis van de resterende NO<sub>x</sub>-emissies, een rendement van de deNO<sub>x</sub>-installatie van 50% en 1,72 kg ammonia-oplossing (25%) per kilo verwijderd NO<sub>x</sub> (zie ook paragraaf 7.6) komt dit op 664 g per ton houtachtig afval. In de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" betreft het 830 g ammonia-oplossing.

#### Bedrijfsmiddelenverbruik bij de nuttige toepassing / het storten van secundaire grondstoffen

Bij de nuttige toepassing van de geproduceerde assen bij de cementindustrie worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt worden. In de optievariant (storten van 37,52 kg) wordt een bedrijfsmiddelengebruik van 3,75 kg cement in rekening gebracht (zie achtergronddocument A1 bij MER-LAP).

#### Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Voor het vermeden gebruik van kalksteenmeel door de inzet van assen in de cementindustrie wordt verwezen naar het laatste deel van paragraaf 8.5 onder "Vermeden energieverbruik door vervanging primaire grondstoffen".

## 8.7 Emissies

Zoals in hoofdstuk 4 is beschreven valt het versnipperen van de houtfractie buiten de systeemgrenzen van de LCA. Dit betekent dat de betreffende emissies niet in de LCA worden meegenomen.

Wel moet rekening worden gehouden met:

- de emissies van de verbrandingsinrichting;
- de emissies bij nuttige toepassing van de reststoffen;
- vermeden emissies.

### De emissies van de verbrandingsinrichting

#### *Emissies naar bodem*

Emissies naar bodem vinden niet plaats. Door de aanwezige bodembeschermende maatregelen en voorzieningen treedt geen bodemverontreiniging op.

#### *Emissies naar lucht*

De emissiecijfers zijn deels ontleend aan de Milieu Aspecten studie (KEMA, 1997). Er is gezocht naar andere informatiebronnen van emissies bij verbranding van dunningshout in wervelbedden. De gasvormige hoofdcomponenten NO<sub>x</sub>, stof en SO<sub>2</sub>, zijn redelijk goed in te schatten op basis van deze bron.

De emissies van overige componenten (zware metalen, arseen en dergelijke) zijn moeilijker te kwantificeren. Door CE (1999) en TNO (1997) worden gedetailleerde emissies gegeven, uitgaande van berekende waarden, metingen waren indertijd nog niet beschikbaar. Deze berekeningen zijn niet goed toepasbaar op deze situatie omdat de verhouding bodemas/vliegias anders is gekozen, de uitgangssamenstelling anders is en de verdeling van elementen over vliegias en bodemas die is gekozen voor een andere biomassa-techniek combinatie geldt. Er is daarom uitgegaan van de indicatieve assamenstelling (zie tabel 8.5), die gecombineerd wordt met de hoeveelheid geëmitteerd als die uit de massabalans volgt<sup>10</sup>. Het resultaat staat in tabel 8.7.

Tabel 8.7; emissies naar de lucht

	normaal		andere samenstelling		grotere arrest	
fijn stof (1)	3,46E-02 kg/ton		3,46E-02 kg/ton		5,98E-02 kg/ton	
component	samenst as mg/kg	emissie (mg/ton)	samenst as mg/kg	emissie (mg/ton)	samenst as mg/kg	emissie (mg/ton)
As (2)	7,80	0,270	15,60	0,540	4,46	0,267
Ba (2)	468,12	16,197	468,12	16,197	267,70	16,008
Cd (2)	7,47	0,258	29,88	1,034	4,27	0,255
Co (2)	65,54	2,268	65,54	2,268	37,48	2,241
Cr (2)	106,11	3,671	390,10	13,497	60,68	3,629
Cu (2)	187,25	6,479	390,10	13,497	107,08	6,403

10 Bij gebrek aan een gedetailleerde componentenbalans voor deze verwerkingsoptie wordt hier dus een andere benadering gekozen dan bij de uitwerking van de vergassing in het voorgaande hoofdstuk. Het hanteren van de hier gebruikte aanpak (emissies inschatten op basis van stofemissie\*stofsamenstelling) ook voor de vergassing van hoofdstuk 7 is niet gedaan omdat de daar relatief kleine emissie van fijn stof (zie tabel 7.2 en bijbehorende voetnoot) een relatief grote onzekerheid in zich heeft. Het hanteren van die hoeveelheid voor de bepaling van de emissies van zware metalen naar de lucht zou in dat geval leiden tot het doorvertalen van die onzekerheid naar een groot aantal andere emissies.

Mn (2)	2293,77	79,364	2293,77	79,364	1311,72	78,441
Mo (2)	46,81	1,620	46,81	1,620	26,77	1,601
Ni (2)	265,27	9,178	468,12	16,197	151,70	9,071
Pb (2)	421,30	14,577	967,44	33,473	240,93	14,408
Sb (2)	6,24	0,216	6,24	0,216	3,57	0,213
Se (2)	8,58	0,297	8,58	0,297	4,91	0,293
Sn (2)	39,01	1,350	39,01	1,350	22,31	1,334
V (2)	78,02	2,699	78,02	2,699	44,62	2,668
Zn (2)	1029,86	35,633	1934,88	66,947	588,94	35,218
Hg		0,18		0,36		0,36
NO <sub>x</sub> (3)		380000		380000		380000
SO <sub>2</sub> (3)		342000		342000		342000
N <sub>2</sub> O (3, 4)		95000		95000		95000
HCl		24000		90000		48000
HF		4400		4400		4400

(1) zie tabel 8.2

(2) berekend middels samenstelling van de as maal hoeveelheid geëmitteerd stof

(3) ontleend aan de (KEMA, 1997) en NO<sub>x</sub> in de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde" met 25% opgehoogd

(4) afhankelijk van de zwaartepuntsanalyse wordt tevens een gevoeligheidsanalyse zonder N<sub>2</sub>O-emissie meegenomen

Uit een studie bij slibverbranding is bekend geworden dat specifiek bij wervelbedverbranding N<sub>2</sub>O een reëel probleem kan zijn bij de inzet van SNCR deNO<sub>x</sub>. Er is echter te weinig bekend omtrent de N<sub>2</sub>O emissies om heel stellige uitspraken te doen, metingen gerapporteerd door Haskoning / KEMA wijzen op relatief hoge concentraties. Derhalve wordt, afh.k van een zwaartepuntsanalyse eventueel met twee varianten gerekend; een hoge N<sub>2</sub>O emissie (conform metingen bij DRSH te Dordrecht) en een laag emissiescenario (geen N<sub>2</sub>O emissie). Zowel HCl als HF worden voornamelijk als gasvormige stof geëmitteerd. Deze emissies zijn berekend door het F en Cl gehalte in de houtfractie (tabel 2.1) te vermenigvuldigen met respectievelijk 0,15 en 0,05 (massabalansen voor E-centrale; zie achtergronddocument A1 bij het MER). Ook de Hg emissie vindt vooral in de gasfase plaats, 10% van de Hg in de brandstof komt als gasvormige emissie vrij (massabalansen voor E-centrale; zie achtergronddocument A1 bij het MER), zodat de emissie 0,18 mg/ton hout bedraagt.

#### *Emissies naar water*

De inrichting voor het verbranden van de houtfractie in een wervelbedinstallatie produceert geen te lozen afvalwaterstromen. Wel is er sprake van afvoer van (verontreinigd) hemelwater, die in de MAS is geschat op 20.000 m<sup>3</sup> per jaar, zijnde 0,1 m<sup>3</sup> water per ton houtfractie. Het is onwaarschijnlijk dat er significante verontreinigingen in dit water aanwezig zullen zijn. De emissies naar water zijn derhalve nihil.

#### Emissies bij nuttige toepassing / storten assen

Er vanuitgaande dat de assen worden verwerkt als vulstof in cement leidt de verontreiniging van de assen door houtachtig afval daar tot emissies naar de lucht en eventueel naar de bodem (gevoeligheidsanalyse) conform achtergronddocument A1 bij MER-LAP.

Tabel 8.8; emissie ten gevolge van inzet van assen in cementovens (normale situatie)

comp.	deel naar as in gram/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2) (3)	emissie naar de bodem (mg/ton) (3)
As	0,29	0,0005	0,15	0,0005	0,15
Ba	17,56	0,0005	8,78	0,0005	8,78
Cd	0,28	0,005	1,40	0,0065	1,82
Co	2,46	0,0005	1,23	0,0005	1,23
Cr	3,98	0,0005	1,99	0,0005	1,99
Cu	7,03	0,0005	3,51	0,0005	3,51
Hg	0,00	0,06	0,11	0,011	0,02
Mn	86,06	0,0005	43,03	0,0005	43,03
Mo	1,76	0,0005	0,88	0,0005	0,88
Ni	9,95	0,0005	4,98	0,0005	4,98
Pb	15,81	0,0005	7,90	0,0005	7,90
Sb	0,23	0,0005	0,12	0,0005	0,12
Se	0,32	0,0005	0,16	0,0005	0,16
Sn	1,46	0,0005	0,73	0,008	11,71
V	2,93	0,0005	1,46	0,0005	1,46
Zn	38,64	0,0005	19,32	0,0005	19,32
Cl	141,60	0,006	849,60	0,0005	70,80
F	22,13	0,01	221,25	0,0005	11,06
S (4)	470,23	0,0005	470,23	0,0005	705,35

(1) zie tabel 8.5; (2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP van dit rapport; (3) alleen in het kader van gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"; (4) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>, naar bodem als SO<sub>4</sub>



De uitwerking voor de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling" is weergegeven in tabel 8.9.

Tabel 8.9; emissie t.g.v. inzet van assen in cementovens (gev. anal. "andere samenstelling")

comp.	deel naar as in gram/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de lucht (2)	emissie naar de lucht (mg/ton)
As	0,59	0,0005	0,29
Ba	17,56	0,0005	8,78
Cd	1,12	0,005	5,61
Co	2,46	0,0005	1,23
Cr	14,64	0,0005	7,32
Cu	14,64	0,0005	7,32
Hg	0,00	0,06	0,23
Mn	86,06	0,0005	43,03
Mo	1,76	0,0005	0,88
Ni	17,56	0,0005	8,78
Pb	36,30	0,0005	18,15
Sb	0,23	0,0005	0,12
Se	0,32	0,0005	0,16
Sn	1,46	0,0005	0,73
V	2,93	0,0005	1,46
Zn	72,60	0,0005	36,30
Cl	531,00	0,006	3186,00
F	22,13	0,01	221,25
S (3)	470,23	0,0005	470,23

(1) zie tabel 7.5

(2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP van dit rapport

(3) input als S, naar lucht als SO<sub>2</sub>

Indien de reststoffen gestort worden (gevoeligheidsanalyse "toch storten") treden geen emissies naar lucht op maar wel emissies naar de bodem. Hiertoe wordt aangesloten bij de proceskaart in achtergronddocument A1 bij MER-LAP. De uitwerking is weergegeven in tabel 8.10.

Tabel 8.10; emissie naar bodem in de gevoeligheidsanalyse "toch storten"

comp.	deel naar as in gram/ton (1)	fractie die ontwijkt naar de bodem (2)	emissie naar de bodem (mg/ton)
As	0,29	0,001	0,29
Ba	17,56	0,002	35,13
Cd	0,28	0,001	0,28
Co	2,46	0,002	4,92
Cr	3,98	0,001	3,98
Cu	7,03	0,001	7,03
Hg	0,00	0,001	0,00
Mn	86,06	0,001	86,06
Mo	1,76	0,053	93,09
Ni	9,95	0,001	9,95
Pb	15,81	0,001	15,81
Sb	0,23	0,001	0,23
Se	0,32	0,008	2,58
Sn	1,46	0,001	1,46
V	2,93	0,003	8,78
Zn	38,64	0,001	38,64
Cl	141,60	0,032	4531,20
F	22,13	0,009	199,13
S (3)	470,23	0,011	15517,59

(1) zie tabel 7.5

(2) ontleend aan achtergronddocument A1 bij MER-LAP

(3) input in S, uitput als SO<sub>4</sub>

#### Vermeden emissies

Er is sprake van vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen. De emissies van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen worden als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. Hiervoor is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van de vermeden emissies wordt berekend met de standaard databases in SimaPro.

Ook wordt elektriciteit geproduceerd uit de houtfractie (zie paragraaf eerder), zodat emissies bij de winning en het transport van primaire (fossiele) brandstof worden vermeden. Deze vermeden emissies worden als een negatieve milieu-ingreep zoals berekend in paragraaf 8.5 (onder energie) opgenomen in de LCA-berekeningen. De omvang wordt bepaald met de SimaPro database.

### **8.8 Verwerkingskosten**

De verwerkingskosten van de wervelbedverbrandingsinstallatie voor schoon hout bedragen indicatief 25-50 Euro per ton hout, afhankelijk van schaalgrootte, al of geen warmtelevering en de vergoeding voor de groene stroom, exclusief BTW (KEMA, 2000).

## BIJLAGE 1:

## OVERZICHTEN MILIEU-INGREPEN





<b>Verwerkingstechniek: composteren</b>											
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>							
				<b>1 (b)</b>	<b>4 (c)</b>	<b>5 (d)</b>	<b>6 (e)</b>	<b>7 (f)</b>	<b>8 (g)</b>	<b>9 (h)</b>	<b>10 (j)</b>
13.	Vermeden emissie bodem	Cd	11,8	als normaal	als normaal	als normaal	9,4	17,9	als normaal	als normaal	als normaal
		Cr	89,7				71,3	141,6			
		Cu	24,7				19,7	25,9			
		Ni	30,8				24,5	38,6			
		Pb	45,3				36,2	32,8			
		Zn	396,7				316,8	447,0			
		Hg	0,0				0,0	0,0			
		As	9,5				7,2	15,0			
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	KAS	0,12 kg	als normaal	als normaal	als normaal	0,09	0,19	als normaal	als normaal	als normaal
		TSP	0,39 kg				0,31	0,63			
		Kali 60	0,61 kg				0,39	0,98			
		Kieseriet	0,44 kg				0,35	0,7			
		Dolokal	1,48 kg				1,19	2,38			
15.	Overig	afvalwater (j)	67 kg	als normaal	92	55	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "grotere houtfractie"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "kleinere houtfractie"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyses "laagwaardiger vervanging"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoogwaardiger vervanging"
- (g) Dit is de gevoeligheidsanalyse "alternatieve procesvoering"
- (h) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch emissie naar lucht"
- (i) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "correctie op streefwaarden"
- (j) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken										
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)						
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> /jaar)	installatie stort assen	0,023 0	als normaal	als normaal	als normaal	0,023 0,42	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	houtafval bodemas filteras vliegas ESP NH <sub>4</sub> OH (25%) sec. gips Ca(OH) <sub>2</sub> (w) (as) bedzand	100 (10) 5,17 (10) 5,04 (10) 2,7 (10) 0,08 (10) 0,02 (10) 0,34 (-) 0,03 (10) 1,02 (10)	100 5,17 5,04 2,7 0,08 0,023 1,01 0,08 1,02	100 8,73 8,5 4,57 0,08 0,02 0,34 0,03 1,02	100 5,17 5,04 2,7 0,1 0,02 0,34 0,03 1,02	100 2,24 2,19 11,7 0,08 0,02 0,34 0,03 1,02	100 5,17 5,04 2,7 0,12 0,02 0,34 0,03 1,02	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	logistiek opstart stort as	60 MJ 5,7 MJ 0 kWh 0 MJ	als normaal	als normaal	als normaal	60 MJ 5,7 MJ 0,22 kWh 3,74 MJ	als normaal	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (bedas) NH <sub>4</sub> OH (25%) cement kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	13,6 kg 1,03 kg 0 kg 0,565 kg	13,6 1,03 0 1,681	als normaal	13,6 1,29 0 0,565	13,6 1,03 4,3 0,565	13,6 1,65 0 0,565	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken									
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)						
			1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
5.	Emissie lucht (alles in mg)	<u>E-centrale</u>							
		As	0,204	0,409	0,204	0,204	als normaal	0,011	als normaal
		Ba	12,266	12,266	12,266	12,266		0,681	
		Cd	1,328	5,310	1,328	1,328		0,148	
		Co	1,717	1,717	1,717	1,717		0,095	
		Cr	2,780	10,222	2,780	2,780		0,154	
		Cu	4,906	10,222	4,906	4,906		0,273	
		Hg	13,452	29,146	13,452	13,452		6,726	
		Mn	60,104	60,104	60,104	60,104		3,339	
		Mo	1,227	1,227	1,227	1,227		0,068	
		Ni	6,951	12,266	6,951	6,951		0,386	
		Pb	11,039	25,350	11,039	11,039		0,613	
		Sb	0,164	0,164	0,164	0,164		0,009	
		Se	0,225	0,225	0,225	0,225		0,012	
		Sn	1,022	1,022	1,022	1,022		0,057	
		V	2,044	2,044	2,044	2,044		0,114	
		Zn	26,985	50,7	26,985	26,985		1,499	
		Cl	23128	86730	23128	23128		23128	
		F	1475	1475	1475	1475		369	
		SO2	31140	31140	31140	31140		31140	
		NOx	600000	600000	600000	750000		240000	
		NH3	12000	12000	12000	15000		2400	
		CO	60000	60000	60000	75000		60000	
		CxHy	15000	15000	15000	18750		15000	
		TCDD TEQ	0,00006	0,00006	0,00006	0,000075		0,00006	
		fijn stof	4530	4530	7630	4530		4530	



Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken									
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoelheidsanalyses (a)						
			1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
	cementoven								
	As	0,15	0,29	als normaal	als normaal	0	als normaal	als normaal	als normaal
	Ba	8,78	8,78			0			
	Cd	1,40	5,61			0			
	Co	1,23	1,23			0			
	Cr	1,99	7,32			0			
	Cu	3,51	7,32			0			
	Hg	0,11	0,23			0			
	Mn	43,03	43,03			0			
	Mo	0,88	0,88			0			
	Ni	4,98	8,78			0			
	Pb	7,90	18,15			0			
	Sb	0,12	0,12			0			
	Se	0,16	0,16			0			
	Sn	0,73	0,73			0			
	V	1,46	1,46			0			
	Zn	19,32	36,30			0			
	Cl	849,60	3186,00			0			
	F	221,25	221,25			0			
	SO <sub>2</sub>	470,23	470,23			0			
6.	Emissie water	CZV	302 g	302	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
		BZV	71 g	71					
		Cl	307 g	1152					

Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken										
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)						
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)	7 (h)
7.	Emissie bodem (alles in mg)	As	0	als normaal	als normaal	als normaal	0,29	als normaal	als normaal	0,15
		Ba	0				35,13			8,78
		Cd	0				0,28			1,82
		Co	0				4,92			1,23
		Cr	0				3,98			1,99
		Cu	0				7,03			3,51
		Hg	0				0,00			0,02
		Mn	0				86,06			43,03
		Mo	0				93,09			0,88
		Ni	0				9,95			4,98
		Pb	0				15,81			7,90
		Sb	0				0,23			0,12
		Se	0				2,58			0,16
		Sn	0				1,46			11,71
		V	0				8,78			1,46
		Zn	0				38,64			19,32
Cl	0				4531,20			70,80		
F	0				199,13			11,06		
SO <sub>4</sub>	0				15517,59			705,35		
8.	Finaal afval / te storten rest	geïmm. as	0 kg	als normaal	als normaal	als normaal	62,4	als normaal	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	sec. gips	0,35 (10)	als normaal	als normaal	0,44	als normaal	als normaal	0,31	als normaal
		Ca(OH) <sub>2</sub> (w)	2,5 (-)			3,1			2,22	
		(as)	0,21 (10)			0,26			0,19	
		E-as	26,5 (10)			33			23,4	
kolen	70,6 (16)			88,2			62,2			
10.	Vermeden energie	geprod. elec.	1167 kWh <sub>e</sub>			1458			1028	
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kalksteenmeel	43,05 kg	als normaal	72,59	43,05	0	als normaal	43,05	als normaal
		kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> )	4,17		4,17	5,21	4,17		3,7	

<b>Verwerkingstechniek: vergassen/bijstoken</b>										
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>						
				<b>1 (b)</b>	<b>2 (c)</b>	<b>3 (d)</b>	<b>4 (e)</b>	<b>5 (f)</b>	<b>6 (g)</b>	<b>7 (h)</b>
15.	Overig	sec. gips	633 g	661 g	633 g	als normaal	als normaal	als normaal	633 g	als normaal
		ver. sec gips	10050 g	10050 g	12540 g				8840 g	
		afvalwater (i)	270 kg	270 kg	270 kg				270 kg	

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "grotere asrest"
- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "balans volgens Meij"
- (g) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "minder energierendement"
- (h) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel uitlozing"
- (i) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"

<b>Verwerkingstechniek: wervelbedverbranding</b>									
<b>ASPECT</b>		<b>(specificatie)</b>	<b>INGREEP</b>	<b>Gevoeligheidsanalyses (a)</b>					
				<b>1 (b)</b>	<b>2 (c)</b>	<b>3 (d)</b>	<b>4 (e)</b>	<b>5 (f)</b>	<b>6 (g)</b>
1.	Ruimtebeslag (m <sup>2</sup> jaar)	installatie stort assen	0,15 0	als normaal	als normaal	als normaal	0,15 0,36	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	houtfractie bodemas filteras NH <sub>4</sub> OH (25%) bedzand	75 (10) 0,88 (10) 10,37 (10) 0,05 (10) 0,5 (10)	als normaal	75 1,77 17,9 0,05 0,5	75 0,88 10,37 0,06 0,5	75 0,38 4,49 0,05 0,5	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	opstart stort as	5,7 MJ 0 kWh 0 MJ	als normaal	als normaal	als normaal	5,7 0,195 3,26	als normaal	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (bedas) cement NH <sub>4</sub> OH (25%)	7,67 kg 0 kg 0,664	als normaal	als normaal	6,67 0 0,83	6,67 3,75 0,664	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: wervelbedverbranding									
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)					
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)
5.	Emissie lucht (alles in mg)	Wervelbed					als normaal	als normaal	als normaal
		As	0,270	0,540	0,267	0,270			
		Ba	16,197	16,197	16,008	16,197			
		Cd	0,258	1,034	0,255	0,258			
		Co	2,268	2,268	2,241	2,268			
		Cr	3,671	13,497	3,629	3,671			
		Cu	6,479	13,497	6,403	6,479			
		Mn	79,364	79,364	78,441	79,364			
		Mo	1,620	1,620	1,601	1,620			
		Ni	9,178	16,197	9,071	9,178			
		Pb	14,577	33,473	14,408	14,577			
		Sb	0,216	0,216	0,213	0,216			
		Se	0,297	0,297	0,293	0,297			
		Sn	1,350	1,350	1,334	1,350			
		V	2,699	2,699	2,668	2,699			
		Zn	35,633	66,947	35,218	35,633			
		Hg	0,18	0,36	0,36	0,18			
		NO <sub>x</sub>	380000	380000	380000	475000			
		SO <sub>2</sub>	342000	342000	342000	342000			
		N <sub>2</sub> O (*)	95000	95000	95000	95000			
		HCl	24000	90000	48000	24000			
		HF	4400	4400	4400	4400			
		fijn stof	34600	34600	59800	34600			



Verwerkingstechniek: wervelbedverbranding									
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)					
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)	6 (g)
7.	Emissie bodem (mg)	As	0	als normaal	als normaal	als normaal	0,29	als normaal	0,15
		Ba	0				35,13		8,78
		Cd	0				0,28		1,82
		Co	0				4,92		1,23
		Cr	0				3,98		1,99
		Cu	0				7,03		3,51
		Hg	0				0,00		0,02
		Mn	0				86,06		43,03
		Mo	0				93,09		0,88
		Ni	0				9,95		4,98
		Pb	0				15,81		7,90
		Sb	0				0,23		0,12
		Se	0				2,58		0,16
		Sn	0				1,46		11,71
		V	0				8,78		1,46
Zn	0				38,64		19,32		
Cl	0				4531,20		70,80		
F	0				199,13		11,06		
SO4	0				15518		705,35		
8.	Finaal afval / te storten rest	geïmm. as	0 kg	als normaal	als normaal	als normaal	54,4	als normaal	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie	geprod. elec. warmte	830 kWh <sub>e</sub> 0 GJ			1038 0		757 kWh <sub>e</sub> 1,44 GJ	
11.	Vermeden emissie lucht (mg)	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
12.	Vermeden emissie water	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem	-	0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen	kalksteenmeel	37,52 kg	als normaal	65,61	als normaal	0	als normaal	als normaal
15.	Overig	afvalwater (h)	100 kg	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

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

- (d) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hogere stookwaarde"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch storten"
- (f) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "ook warmteafzet"
- (g) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch uitloging"
- (j) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering"
- (\*) Indien zwaartepuntsanalyse daar aanleiding toe geeft ook gevoeligheidsanalyse zonder N2O-emissies uitvoeren



## BIJLAGE 2

## LITERATUUR

Afvalzorg, Noord-Holland 1997.

Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing. Rapportage 1, versie juli 1997.

Afvalzorg, Noord-Holland 1998.

Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing. Rapportage 2, versie september 1998.

Amstelland, 1997.

Decentrale Energieconversie biomassa Amstelland. De haalbaarheid van decentrale energiebenutting uit groenafval in de gemeente Amstelveen e.o. Rapport uitgegevens door Nutsbedrijf Amstelland met cofinanciering van Novem-EWAB, oktober, 1997.

AOO, 2000.

Waarde en methodiekbepaling Milieurendement gft-compost. Afval Overleg Orgaan rapport AOO 200-09, Utrecht, juni 2000.

BTG, 1994.

Vorstudie naar de samenstelling en eigenschappen van Nederlands gft-afval. BTG (Biomass Technology Group B.V.) rapport, ongecodeerd, Enschede, april 1994.

BVOR, 1998.

Profiel (doelstellingen en activiteiten). Uitgave van de Belangenvereniging voor Verwerkingsbedrijven van Organische Reststoffen. Apeldoorn, mei 1998.

BVOR, 2001.

Persoonlijke communicatie per brief, juni 2001.

CE, 1999.

Bepaling van emissies naar lucht bij conversie van biomassa naar elektriciteit en warmte. CE rapport 99.5476.09, april, mei 1999.

CREM, 1999.

Gft-afval: composteren versus nascheiden en vergisten. CREM rapport nr. 99.327, Amsterdam, mei 1999.

DHV, 1998.

Interpretatierapport. Meetprogramma gft-verwerkingsinstallaties SMB, SOW/CAW en Arcadis. DHV Eindrapport in opdracht van ministerie VROM, registratienummer ML-TE980927, november 1998.

DHV, 1998b.

Meetrapport kwaliteitsonderzoek groencompost (nulmeting), DHV, rapportnr K0964-83-004, versie 2, 9 februari 1998

DHV, 1999.

Eindevaluatierapport. Meetprogramma gft-verwerkingsinstallaties SMB, SOW/CAW en Arcadis. DHV Eindrapport in opdracht van ministerie VROM, registratienummer ML-TE981217, januari 1999.

Essent, 2001a.

Persoonlijke communicatie, de heer Brethouwer (Essent-VAM).

Essent, 2001b.

Persoonlijke communicatie, de heer Haasnoot (Essent, Cuijk)

Essent, 1999.

Persoonlijke communicatie, de heer Remmers (Essent).

G.J. de Weerd, 1995.

Vergelijking van 3 verwerkingsprocessen voor gft-afval. Vergassing en vergistng t.o.v. compostering. Afstudeerverslag Universiteit Twente, werktuigbouwkunde, november 1995.

IBN-DLO, 1998.

Groenrestproducten uit het gemeentelijk groen. Instituut voor bos-en Natuuronderzoek, Vereniging stadswerk Nederland, IBN rapport 366, ISSN-0928-6888.

IPH, 1998.

Gft, hoe staat het er mee. Hoeveelheid en kwaliteit ingezameld gft-afval, stand van zaken 1998. Informatiecentrum Preventie&Hergebruik (IPH) rapport IPH 98-01, Utrecht, april 1998.

KEMA, 1996.

Milieu-effectrapport Houtvergassing bij eenheid 9 Amercentrale te Geertruidenberg. KEMA rapport 64434-KES/MAd 96-3006. In Opdracht van EPZ.

KEMA, 1997.

Milieu Aspecten Studie van de bio energie centrale van de NV PNEM te Cuijk. KEMA rapport 65530-KST/MVC 97-3039 in opdracht van NV PNEM, september 1997.

KEMA, 2000a.

Uitwerking van het begrip energetisch rendement voor beleidstoepassingen, EWAB, 2EWAB-01-03

KEMA, 2000b.

Een Life Cycle Cost Management analyse van vijf verwerkingstechnieken voor gft. KEMA rapport 99560370-KPS/SEN 00-3019. In opdracht van elektriciteitsproductiebedrijven en Novem

KEMA, 2000c.

LCA van drie thermische conversietechnieken: wervelbedverbranding, wervelbedvergassing en verbranding in een Torbed-reactor. KEMA rapport 030097-KPS/MEC 00-3022, april 2000.

- KEMA, 2000 (B.H. te Winkel, C.A.J. Zwaag, A.J. Sarabèr en R. Meij).  
Wervelbedverbranding en -vergassing. Verdeling van elementen en de gevolgen hiervan voor  
askwaliteit en emissies naar de lucht. Eerste fase. KEMA rapport, 50030190-KPS/MEC 00-6143.  
(niet openbaar)
- KEMA, 2001 (B.H. te Winkel, R. Meij en A.J. Sarabèr).  
Wervelbedverbranding en -vergassing. Verdeling van elementen en de gevolgen hiervan voor  
askwaliteit en emissies naar de lucht. Update eerste fase. KEMA rapport 50131073 -KPS/MEC 01-  
6082, (niet openbaar)
- KEMA, 2001.  
Literatuurstudie naar de samenstelling van assen uit wervelbedden. Vertrouwelijk.
- KEMA, 2001b.  
Levenscyclusanalyse van gft-afval: composteren versus voorvergassing in een voorgeschakelde  
vergassingsreactor, fase 1: gegevensverzameling. KEMA rapport, in bewerking.
- K+V, 1998.  
Groen- en houtresten voor de bio-energiemarkt., Arnhem, mei 1998, K+V organisatie en  
adviesbureau b.v.
- Meij, R., 2000.  
Trace elements emissions and leaching studies at Dutch Power stations. In CRC for Black Coal  
Utilisation, Research Symposium on Trace Elements & Fine Particle Emissions", 27 oktober 2000,  
Newcastle, Australië.
- MER MJP-GA II  
Inclusief bijlagenrapport.
- Novem, 1997.  
Milieu aspecten productie en toepassing gft-compost. Novem rapport 9710, in het kader van  
Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van afvalstoffen, augustus 1997.
- Novem, 1999.  
Arbo-aspecten van energiewinning uit biomassa afval. Rapport 9921.
- Regio Twente, 1996.  
Gft-composteringsinrichting Boeldershoek. Uitbreiding met een groencomposteringsinstallatie.  
WM-vergunningaanvraag, mei 1996.
- Stercompost, 2001.  
Persoonlijke communicatie, de heer E.C.B, Blankwater
- STOWA, 2000.  
Groenresten in het waterbeheer. Uitgave van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, rapport  
2000-09, Utrecht, maart 2000.

Stromen, 2001.

Aanvoer blijft bottleneck biomassacentrales. Stromen, derde jaargang, nummer 11, 9 juni 2001.

TNO-MEP, 1997.

Emissievergelijking thermische benutting van biomassa. TNO-MEP rapport R 97/487, december 1997.

TNO-MEP, 2000

EWAB Marsroutes Taak 1, Beschikbaarheid van biomassa en afval, 2EWAB-00.21

VROM, 2001.

Normstelling voor biomassa en afval. Concept circulaire omtrent de emissie eisen voor biomassa installaties in Nederland, versie februari 2001.

VVAV, 1993

Handboek kwaliteitsbeheersing afvalverbranding, Utrecht, ISBN 90-73573-02-5, pag 222

VVAV, 2001

Persoonlijke communicatie, J. Kok.

WAR, 2000

Afvalverwerking in Nederland, gegevens 1999. Werkgroep Afvalregistratie, juli 2000. Rapport nummer AOO 2000-11 / VVAV00007IR.R

WAR, 2001

Afvalverwerking in Nederland gegevens 2000, Werkgroep Afvalregistratie, juli 2001, rapportnr. AOO 2001-04 of VVAV01006IR.R