

**Energetische valorisatie van
hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen**
Deel 2: Afvalaanbod, procesbeschrijvingen
en toepassingsmogelijkheden
Eindrapport

J. Theunis, A. Van der Linden, R. Torfs, A. Vercalsteren, C. Spirinckx,
A. Jacobs, K. Vrancken

Studie uitgevoerd in het kader van de BBT/EMIS referentieopdracht

2003/IMS/R/051



Vito

Boeretang 200, 2400 Mol, België, Tel.: +32 14 33 55 11, vito@vito.be, www.vito.be

Maart 2003

INHOUDSTABEL

0	MANAGEMENTSAMENVATTING.....	1
1	INLEIDING.....	5
1.1	Situering en context.....	5
1.2	Projectuitvoering.....	6
1.2.1	Projectteam.....	6
1.2.2	Begeleidingscomité.....	6
2	WERKWIJZE.....	8
2.1	Inventarisatie en verkenning.....	8
2.2	Analyse van de thermische verwerkingsopties.....	8
3	AANBOD VAN AFVALSTROMEN.....	10
4	AFVALSTROOM-TECHNOLOGIECOMBINATIES.....	12
4.1	Oorspronkelijke selectie van afvalstroom-technologie-combinaties.....	12
4.2	Actualisering op basis van de nieuwe onderzoeksresultaten.....	13
5	TECHNOLOGIEBESCHRIJVINGEN.....	16
5.1	Algemeen.....	16
5.2	Overzicht van verbrandings- en vergassingstechnologieën.....	17
5.2.1	Schema van de bestudeerde verbrandings- en vergassingsroutes.....	17
5.2.2	Algemene beschrijving van de verbrandings- en vergassingstechnologieën.....	19
5.3	Wervelbedoven.....	22
5.3.1	Procesbeschrijving.....	22
5.3.2	Terugwinning van energie uit afval.....	25
5.3.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	25
5.3.4	Rest- en afvalstoffen.....	27
5.3.5	Kosten.....	28
5.4	Decentrale stookinstallaties.....	29
5.4.1	Procesbeschrijving.....	29
5.4.2	Actueel bestaande toepassingen.....	30
5.4.3	Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen.....	30
5.4.4	Terugwinning van energie uit afval.....	31
5.4.5	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	31
5.4.6	Rest- en afvalstoffen.....	34
5.4.7	Kosten.....	34
5.4.8	Toepassing.....	35
5.5	Cementindustrie.....	36
5.5.1	Procesbeschrijving.....	36
5.5.2	Terugwinning van energie uit afval.....	43
5.5.3	Verbruik van grondstoffen.....	46
5.5.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging.....	47
5.5.5	Rest- en afvalstoffen.....	50
5.5.6	Kosten.....	50

5.5.7	Actuele en potentiële toepassing	52
5.6	Co-combustion (Directe bijstook kolencentrale).....	56
5.6.1	Procesbeschrijving.....	56
5.6.2	Terugwinning van energie uit afval.....	58
5.6.3	Verbruik van grondstoffen.....	59
5.6.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	59
5.6.5	Rest- en afvalstoffen	61
5.6.6	Kosten	62
5.6.7	Toepassing	62
5.7	Co-gasification (CFB-vergasser - bijstook in kolencentrale).....	65
5.7.1	Procesbeschrijving.....	65
5.7.2	Terugwinning van energie uit afval.....	68
5.7.3	Verbruik van grondstoffen.....	69
5.7.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	70
5.7.5	Rest- en afvalstoffen	72
5.7.6	Kosten	73
5.7.7	Toepassing	74
5.8	CFB-vergassing – bijstook in STEG (Integrated Gasification Combined Cycle - IGCC).....	75
5.8.1	Procesbeschrijving.....	75
5.8.2	Terugwinning van energie uit afval.....	79
5.8.3	Verbruik van grondstoffen.....	80
5.8.4	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	80
5.8.5	Rest- en afvalstoffen	82
5.8.6	Kosten	82
5.8.7	Toepassing	83
5.9	Stoomintegratie.....	83
5.9.1	Procesbeschrijving.....	83
5.9.2	Terugwinning van energie uit afval.....	84
5.9.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	84
5.9.4	Rest- en afvalstoffen	84
5.9.5	Kosten	84
5.9.6	Toepassing	85
5.10	Vergassing – smeltreactor.....	85
5.10.1	Procesbeschrijving.....	85
5.10.2	Terugwinning van energie uit afval.....	90
5.10.3	Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging	90
5.10.4	Rest- en afvalstoffen	91
5.10.5	Kosten	93
5.11	Vergassing en methanolsynthese.....	94
5.11.1	Procesbeschrijving.....	94
5.11.2	Terugwinnen van energie uit afval.....	101
5.11.3	Rest- en afvalstoffen	101
5.11.4	Kosten	101
5.11.5	Toepassing en toekoms perspectieven.....	101
6	CONCLUSIES EN SAMENVATTING.....	104

De verschillende verwerkingstechnologieën uit de eindverwerkingsmatrix werden verder in detail geanalyseerd. Voor elke verwerkingstechnologie werd een beschrijving opgemaakt, waarin volgende aspecten zijn opgenomen:

- een korte beschrijving van de technologie;
- de actuele en potentiële toepassing, randvoorwaarden;
- technische kengetallen: in- en output van energie en materialen, emissies¹;
- kosten: investeringskosten, vaste en variabele kosten, technische levensduur;

Deze analyse en beschrijving vormt de basis voor het optimaliseren van de infrastructuur voor thermische valorisatie van HCSA, rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies, zoals beschreven in Deel 1 van deze studie. Het doel is dus om zowel kwantitatieve gegevens, die nodig zijn voor een modellering en optimalisatie van het verwerkingspark, als meer kwalitatieve inzichten, die nodig zijn voor een correcte interpretatie van de modelresultaten, het aangeven van onzekerheden, e.d.m. aan te geven.

Een **wervelbedoven** komt in aanmerking voor het verwerken van bijna alle geïnventariseerde hoogcalorische stromen, en is dus flexibel wat verwerking van verschillende typen stromen betreft. Voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen, zonder bijmenging van slib, is de inzet van een extern circulerend wervelbed het meest aangewezen. Momenteel wordt de bouw van een wervelbedverbrandingsinstallatie voor co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval in Beveren gepland. Bijmenging van slib bij het hoogcalorisch afval heeft een belangrijke invloed op de kostprijs. Het gaat om een intern roterend wervelbed. Het rendement daarvan ligt iets lager dan het rendement voor een extern circulerend wervelbed.

Decentrale verbrandingsinstallaties werden enkel in aanmerking genomen voor de verwerking van houtafval. Binnen de houtsector wordt vrij veel gebruik gemaakt van decentrale installaties voor de thermische verwerking van houtafval. Buiten de sector zijn slechts enkele installaties bekend waarin afvalstoffen thermisch worden gevaloriseerd. Theoretisch is er ook buiten de houtsector een groot potentieel voor decentrale houtverbrandingsinstallaties. Ze hebben momenteel echter te kampen met een zwakke acceptatiegraad.

Momenteel wordt vooral gebruik gemaakt van een watergekoeld bewegend rooster. Naast hout kunnen technisch gezien ook andere afvalstoffen in aanmerking komen voor decentrale verwerking. Zo is er momenteel één voorbeeld van een installatie die pellets uit productieafval bestaande uit o.a. kunststof, papier en cellulose verwerkt.

Om de emissiegrenswaarden van Vlarem II, en op termijn van de afvalverbrandingsrichtlijn, te halen moeten de decentrale installaties die behandeld houtafval verwerken, uitgerust zijn met een uitgebreide rookgasreiniging.

Zaagsel, diermeel, dierlijk vet, kunststofafval, tapijtafval, zwaar shredderresidu en rubberbanden worden momenteel reeds op regelmatige basis ingezet in de verschillende **klinkerovens** in Wallonië. Naar schatting 70% van deze afvalstromen komt uit Vlaanderen. De verwerkingscapaciteit die potentieel beschikbaar is voor de inzet van de in deze studie beschouwde uit Vlaanderen afkomstige afvalstromen wordt geschat op ongeveer 5 PJ (exclusief dierlijk vet).

¹ Enkel de emissies van CO₂, NO_x, SO₂, stof en dioxines.

Bij de inzet van afvalstoffen in de klinkeroven worden klassieke brandstoffen (vooral petcoke en steenkool) vervangen a rato van 1 GJ per GJ afvalstof. Het grootste deel van de minerale bestanddelen van de afvalstof wordt opgenomen in de klinker. Dit is echter niet het geval voor een aantal vluchtige bestanddelen (Hg, Tl).

Vanaf 28 december 2005 moeten bestaande cementovens die afval meeverbranden voldoen aan de emissiegrenswaarden van de afvalverbrandingsrichtlijn 2000/76/EG. Deze zijn voor stof, NO_x, SO₂ en voor een aantal zware metalen een stuk strenger dan de huidige vergunningsvoorwaarden, en dan de gemiddelde gemeten waarden.

Voor de inzet van afvalstoffen in de **elektriciteitssector** werden 4 technieken in detail bestudeerd: directe bijstook in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in een STEG-centrale en stoomintegratie.

De elektriciteitssector komt in aanmerking voor het inzetten van houtafval (zowel onbehandeld als behandeld hout) via directe bijstook in poederkoolcentrales. Door inzet van een vergassingsstap komen echter ook andere afvalstoffen in principe in aanmerking voor inzet in een elektriciteitscentrale.

Een belangrijke voorwaarde voor het inzetten van afval in elektriciteitscentrales is de kwaliteit van het vlieggas. Dit vlieggas vindt momenteel immers zijn afzetmarkt in de cementindustrie, onder strikte kwaliteitsvoorwaarden. De ingezette afvalstroom mag geen afwijkingen aan de vliegaskwaliteit veroorzaken. Een andere beperking is het risico op corrosie. Dit legt beperkingen op aan het Cl-gehalte van de in te zetten afvalstromen.

Hoewel sommige studies uitgaan van veel hogere cijfers, werd er hier van uitgegaan dat (op termijn) tot maximaal 10% van de benodigde brandstof kan vervangen worden door afvalstoffen (al dan niet na een vergassingsstap).

Een vergelijking van de realistische emissiefactoren van een alleenstaande kolencentrale met deSO_x en deNO_x installatie leert dat dergelijke centrale zonder veel bijkomende inspanningen aan de nieuwe normen gerelateerd aan bijstoken van afval kan voldoen.

Directe bijstook in een poederkoolcentrale vereist slechts kleine investeringen (aanpassingen aan bestaande centrale) en kan voor onbehandeld hout in de meeste bestaande centrales toegepast worden (althans tot 2007).

Bijstook na vergassing vraagt een grote investering (bouwen van een CFB-vergasser nabij de poederkoolcentrale), waardoor enkel de grotere centrales voor deze technologie in aanmerking komen. Ook in dit geval wordt aangenomen dat enkel de centrales met voldoende rookgasreiniging hiervoor kunnen worden ingezet.

Bijstook in een STEG na vergassing vergt een bijkomende dure syngaszuiveringsstap. Waarschijnlijk zal het pas op langere termijn in België kunnen toegepast worden.

De uiteindelijke netto elektrische rendementen van directe bijstook en bijstook na vergassing zijn gebaseerd op enerzijds literatuurgegevens en anderzijds expertise van Vito- en Electrabel experts.

De capaciteit voor stoomintegratie wordt bepaald door de beschikbare reservecapaciteit op het stoomcircuit van de centrale. Retrofit van bestaande elektriciteitscentrales en inplanting

van afvalverbrandingsinstallaties naast bestaande elektriciteitscentrales is echter zowel technisch als economisch niet evident.

De optie **vergasser met smeltreactor** werd geselecteerd voor de verwerking van het HCSA met een hoog gehalte aan metalen. Voor dit type afval (i.h.b. licht shredderafval) bestaat bijna geen alternatief, en deze installaties vormen dus een belangrijk potentieel voor dit type afval. De investeringen zijn echter een stuk hoger dan voor een gewone wervelbedoven of –vergasser. Kostprijs is dus een bepalend element voor dit type installatie.

Na **vergassing** kan het gevormde syngas worden gebruikt voor de synthese van **methanolsynthese**. De inzet van het gevormde syngas in producttoepassingen vormt een alternatief voor het gebruik van het syngas in energetische toepassingen. De keuze valt daarbij op methanol o.w.v. de opslagmogelijkheid en de mogelijke opvang van kwaliteitsverschillen. Bij andere producttoepassingen is een constante syngaskwaliteit en -toelevering noodzakelijk. Verder levert de methanolsynthese geen meerwaarde ten opzichte van de onmiddellijke omzetting van het syngas in elektriciteit of warmte. De omweg via methanolsynthese beïnvloedt factoren als kostprijs, efficiëntie en technische uitvoerbaarheid eerder in negatieve zin. In Vlaanderen lijkt bij de industrie weinig interesse voor deze mogelijkheid. Methanol wordt niet geproduceerd in Vlaanderen.

Algemeen kan besloten worden dat voor verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstoffen een aantal direct inzetbare alleenstaande afvalverwerkingsinstallaties bestaan. Daarnaast bestaan er echter belangrijke mogelijkheden voor het bijstoken van afvalstoffen in elektriciteitscentrales of in klinkerovens. Het maximale (technische) potentieel hiervoor werd ingeschat. In de meeste gevallen halen deze laatste een hoger energetisch rendement.

Vooraf de beschikbaarheid en de kwaliteit van de kostengegevens is soms problematisch. Dikwijls worden inschattingen gegeven waarvan niet steeds duidelijk is wat wel en niet inbegrepen is. Precieze inschattingen van investerings- en werkingskosten zijn sterk afhankelijk van talrijke randvoorwaarden. Daarom zijn de kostengegevens te beschouwen als grootte-orde, niet als exacte inschattingen.

Ondanks deze onzekerheid op de kostengegevens laat de combinatie van kostprijs, energierecuperatie en emissies toch toe om na te gaan hoe de mogelijke inzet van de verschillende verwerkingstechnologieën optimaal kan worden gecombineerd. De resultaten van deze analyse worden weergegeven in Deel 1 van deze studie.

1 INLEIDING

1.1 Situering en context

Dit rapport kadert in het Strategisch Project Eindverwerking dat door het Kabinet Leefmilieu van de Vlaamse Gemeenschap werd opgestart in 2000, en dan meer in het bijzonder in de opmaak van het Uitvoeringsplan Hoogcalorisch Afval.

De algemene aanpak van het beheer van afvalstromen gaat uit van de Ladder van Lansink. Deze studie behandelt echter enkel de infrastructuur voor thermische valorisatie in detail. Het thermisch te verwerken afval bestaat dus uit de restfractie van verschillende stromen na preventie en recyclage.

Een eerder door Vito in opdracht van OVAM uitgevoerde studie, *Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie*, was gericht op het verschaffen van een inzicht in de huidige stromen van hoogcalorische en selectief ingezamelde afvalstromen in de Vlaamse context, en in de verwerkingswijzen die potentieel kunnen ingezet worden voor de thermische verwerking van deze stromen. Dit leidde tot een eerste inventaris van afvalstromen en verwerkingstechnologieën¹.

Dit werd door OVAM gezien als een eerste stap in een onderzoek dat uiteindelijk moest leiden tot het optimaliseren van de infrastructuur voor thermische valorisatie van HCSA, rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies. Daartoe was er verder nood aan een gedetailleerde analyse van de verschillende mogelijke thermische verwerkingstechnologieën die kunnen worden ingezet. Deze analyse van de thermische verwerkingsopties moest zowel kwantitatieve gegevens, die nodig zijn voor een modellering en optimalisatie van het verwerkingspark, als meer kwalitatieve inzichten, die nodig zijn voor een correcte interpretatie van de modelresultaten, het aangeven van onzekerheden, e.d.m. opleveren.

Daar een dergelijke technologie-analyse nauw aansluit bij de activiteiten van het BBT-kenniscentrum werd dit deel van het onderzoek gefinancierd in kader van de BBT/EMIS referentieopdracht van Vito. De resultaten hiervan worden in dit rapport voorgesteld en onder andere verspreid via EMIS.

Het onderzoek gaat, naar analogie met de huidige praktijk, hoofdzakelijk uit van grootschalige, gecentraliseerde verwerking van het afval. Kleinschalige verwerking wordt enkel als mogelijkheid opgenomen voor de verwerking van houtafval. Een afweging en evaluatie van klein – versus grootschalige verwerking wordt uitgevoerd in een afzonderlijke casestudie rond houtafval² die Vito heeft uitgevoerd in opdracht van OVAM.

1.2 Projectuitvoering

1.2.1 Projectteam

De uitvoering van dit project lag in handen van een team van Vito-onderzoekers (in alfabetische volgorde):

Anne Jacobs (Kenniscentrum Beste Beschikbare Technieken);

Carolin Spirinckx (Product- en Technologiestudies);

Jan Theunis (Emissiereductie strategieën);

Rudi Torfs (Risico-evaluatie en Milieukosten);

Ann Van der Linden (Afval en Secundaire Grondstoffen);

An Vercalsteren (Product- en Technologiestudies);

Karl Vrancken (Afval en Secundaire Grondstoffen).

1.2.2 Begeleidingscomité

Het verloop van de studie werd opgevolgd door een extern begeleidingscomité. Dit begeleidingscomité had als taak de gebruikte informatiebronnen te evalueren en aanvullende informatie aan te leveren. Ze dienden de gebruikte onderzoeksmethode op te volgen en te evalueren, advies te geven voor verfijning van de studie en suggesties of commentaar bij het opstellen van het eindrapport.

Het begeleidingscomité werd samengesteld met vertegenwoordigers van de uitvoerders, de overheid en de verwerkers.

Vito:	Jan Theunis Ann Van der Linden Karl Vrancken/Rudi Torfs
OVAM:	Peter Van Acker Luc Vanacker Anneleen De Wachter Danny Wille Hugo Geerts
Kabinet leefmilieu:	Werner Annaert;
Kabinet Energie:	Wim Buelens;
VVSG:	Christof Delatter;
MINA-raad:	Francis Noyen; Bart Martens;
SERV:	Peter Van Humbeeck;
Verwerkers:	Kamiel Janssens; André Meyfroots; Bert Straetmans; Jacques Soenens; Peter Norro; Paul De Bruycker; Jan Remeysen; Henri Toté; Fred Popelier;

Filip Robinet;
Bruno Vanderborght;
Baudouin Nizet/Eric Waeyenbergh;
Walter Tempst.

2 WERKWIJZE

2.1 Inventarisatie en verkenning

Voor de inschatting van de huidige markt voor hoogcalorische en selectief ingezamelde stromen werd uitgegaan van de eerder vermelde studie *Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie* die door Vito in opdracht van OVAM werd uitgevoerd. Daarin werden een aantal hoogcalorische en selectief ingezamelde stromen en thermische verwerkingsmethoden geïnventariseerd en geanalyseerd. Deze inventaris werd opgemaakt met informatie uit de OVAM-studie ‘Aard en hoeveelheid van de in het Vlaamse gewest geproduceerde afvalstoffen en hun eindbestemming’ en gegevens van de federaties, verwerkers en houders van afvalstoffen. Bovendien werd geput uit een studie die het bureau ERM afwerkte in opdracht van Vito^{3,4}. Tenslotte werden de resultaten grondig geëvalueerd door de OVAM.

Bij de inventarisatie van de hoogcalorische afvalstromen werden volgende elementen onderzocht:

- de aard;
- de hoeveelheid;
- de belangrijkste karakteristieken i. f. v. eindverwerking;
- de recyclagegraad;
- de huidige verwerkingroutes.

In overleg met OVAM werd deze inventaris op een aantal punten verder verfijnd en aangevuld.

In de eerder vermelde studie werden ook de huidige verwerkingsinfrastructuur en een aantal mogelijk inzetbare technologieën geïnventariseerd. De verschillende mogelijke stroom-technologie-combinaties werden in een eindverwerkingsmatrix voorgesteld. Deze matrix geeft een overzicht van thermische verwerkingsopties die voor elke HCSA-stroom potentieel kunnen worden ingezet (voor de periode 2001 – 2015).

Op basis van de resultaten van de gedetailleerde analyse van de verwerkingsopties (zie 2.2) werd deze matrix op een aantal punten aangepast.

2.2 Analyse van de thermische verwerkingsopties

De verschillende verwerkingstechnologieën uit de eindverwerkingsmatrix werden verder in detail geanalyseerd. Voor elke verwerkingstechnologie werd een beschrijving opgemaakt, waarin volgende aspecten zijn opgenomen:

- een korte beschrijving van de technologie;
- de actuele en potentiële toepassing, randvoorwaarden;
- technische kengetallen: in- en output van energie en materialen, emissies²;
- kosten: investeringskosten, vaste en variabele kosten, technische levensduur;

² Enkel de emissies van CO₂, NO_x, SO₂, stof en dioxines.

Deze analyse en beschrijving vormt de basis voor het optimaliseren van de infrastructuur voor thermische valorisatie van HCSA, rekening houdend met kosten, energieproductie en emissies, zoals beschreven in Deel 1 van deze studie. Het doel is dus om zowel kwantitatieve gegevens, die nodig zijn voor een modellering en optimalisatie van het verwerkingspark, als meer kwalitatieve inzichten, die nodig zijn voor een correcte interpretatie van de modelresultaten, het aangeven van onzekerheden, ed. aan te geven.

De methodische achtergrond bij de opgave van gegevens voor kosten en emissies wordt respectievelijk weergegeven in paragraaf 4.2.2 en 4.2.4 van Deel 1 van deze studie.

3 AANBOD VAN AFVALSTROMEN

De inventaris die in opdracht van OVAM werd opgesteld, werd op een aantal punten, na overleg met OVAM, verder verfijnd. De aangepaste inventarisatie van de afvalstromen wordt integraal in bijlage A weergegeven. Tabel 3-1 geeft een overzicht van het resultaat van deze inventarisatie.

Tabel 3-1: Inventaris van het aanbod van afvalstromen en de huidige verwerkingswijzen

2001	totaal (in kton)	hergebruik	thermische verwerking binnen de houtsector	energetische valorisatie	verbranding	storten	andere
houtafval	1.130	565	230	172	49	115	
houtsector	550	250	230	70			
eindgebruikers (selectief ingezamelde fractie)	430	315		102	1	13	
huishoudens	120	90		26		4	
industriële sectoren	310	225		76	1	9	
<i>bouw- en sloopsector</i>	100	75		22		3	
<i>algemene industriële sectoren</i>	200	140		54		6	
<i>spoorwegdwarsslagers</i>	10	10			1		
eindgebruikers (niet selectief ingezamelde fractie)	150				48	102	
huishoudens	50				31	19	
industriële sectoren	100				17	83	
<i>bouw- en sloopsector</i>							
<i>algemene industriële sectoren</i>							
<i>spoorwegdwarsslagers</i>							
dierlijk afval	300	90		210			
diermeel	200	20		180			
dierlijk vet	100	70		30			
kunststofafval	504	237		16	91	158	1
verpakkingsafval	153	56		16	40	41	
<i>selectief ingezameld</i>	77	56		16		5	
huishoudelijk	41	29		7		5	
<i>flessen en flacons (PMD-inzameling)</i>	20	20					
<i>PMD-residu (residu + zakken)</i>	12			7		5	
<i>via aparte inzameling</i>	7	7					
<i>andere (containerparken?)</i>	3	3					
industrieel	36	27		9			
<i>niet selectief ingezameld</i>	76				40	36	
huishoudelijk	51				32	19	
<i>overige</i>	51				32	19	
industrieel	25				8	17	
ander dan verpakkingsafval	338	182			50	107	
<i>selectief ingezameld</i>	207	182			18	7	
huishoudelijk	7	7					
<i>via aparte inzameling</i>	7	7					
industrieel	200	175			18	7	
<i>niet selectief ingezameld</i>	131				32	100	
huishoudelijk	26				18	8	
<i>in huishoudelijk afval</i>	26				18	8	
industrieel	105				14	91	
kunststof uit bouw en sloopafval	8					8	
<i>selectief ingezameld</i>							
<i>niet selectief ingezameld</i>	8					8	
land- en tuinbouwfolie	6				1	3	1
<i>selectief ingezameld</i>	1						1
<i>niet selectief ingezameld</i>	4				1	3	
papierresidu en restfractie	65					65	
residu van papierverwerking	50					50	
lichte restfractie	15					15	
textiel- en tapijtafval	178	95		10	51	22	
<i>textielafval</i>	120	58			46	16	
industrieel	80	26			46	8	
huishoudelijk	40	32				8	
<i>tapijtafval</i>	58	37		10	5	6	
rubberbanden	51	11		32			8
shredderafval	107			10		97	
lichte fractie	97					97	
zware fractie	10			10			
frituurvetten en-oliën	30	21			5	4	
huishoudens	9	1			5	3	
horeca	16	14			1	1	
voedingsmiddelenindustrie	6	6					
TOTAAL	2.366	1.019	230	451	196	461	10

In deel 1 van deze studie wordt verder ingegaan op de inschatting van het toekomstige aanbod van deze afvalstromen. Naast de huidige geproduceerde hoeveelheden werd daar ook rekening gehouden met RDF uit voorbehandelingsinstallaties voor huishoudelijk en gelijkgesteld categorie 2 bedrijfsafval.

Tabel 3-2 geeft een overzicht van de gemiddelde samenstelling, de calorische waarde en asgehalten van de beschouwde afvalstromen³.

Tabel 3-2: Gemiddelde samenstelling, verbrandingswaarde en asgehalte van hoogcalorische afvalstromen

samenstelling in gew%	hout	dierlijk afval		kunststofafval	papier		tapijtafval	rubberbanden	ASR		RDF
		diermeel	dierlijk vet		residu	restfractie*			zware	lichte*	
C	49,1	43,0	76,6	72,2	60,7		45,1	79,8	38,3		46,7
H	5,8		12,3	7,8	10,7		5,8	7,5	5,3		6,2
O	44,1		11,1		12,5		30,1	1,2	11,7		29,9
N	0,1	9,5			0,2		2,8	0,4	2,0		0,7
S	0,1	0,6		0,0	0,1		0,1	1,3	0,3		0,3
Cl	0,1	0,6		0,2	0,2		0,4		0,6		
DS%	90,0	95,0		89,3	56,0		86,5	99,3			67,7
As (op droge basis)	6,5	17,0		3,7	14,3		16,2	8,0			16,0
calorische waarde											
Mj/kg	15,4	17,0	39,0	27,0	15,0	12,0	21,0	35,0	17,0	20,0	16,0

* geen samenstelling beschikbaar

Voor rubberbanden werd vanuit de cementindustrie een verbrandingswaarde van 25 GJ/ton en een asgehalte van 20% voor rubberbanden vooropgesteld. Andere bronnen geven hogere verbrandingswaarden (34-35 GJ/ton)^{5,6} en lagere asgehaltenes (6-10%) op.

³ phyllis database (<http://www.ecn.nl/phyllis/>)

voor RDF werd gebruik gemaakt van de studie :Vrancken K. et al., Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval.

4 AFVALSTROOM-TECHNOLOGIECOMBINATIES

4.1 Oorspronkelijke selectie van afvalstroom-technologie-combinaties

In het inventarisatierapport voor OVAM werd een overzicht gegeven van realistisch geachte afvalstroom-technologie-combinaties (zie bijlage B). Vito voerde de selectie van technieken uit op basis van bespreking met vertegenwoordigers van de afval-, elektriciteits- en chemische sector. De geselecteerde technieken werden door Vito en de Vlaamse industrie als realistisch beoordeeld voor mogelijke invoering in Vlaanderen in de periode 2001-2015. De technieken werden allen reeds gedemonstreerd op industriële schaal of uitgetest op pilotschaal.

De verschillende installaties werden volgens hun aard en doel ingedeeld in volgende categorieën:

- *Alleenstaande afval-tot-energie installatie*: de installatie ontvangt afval en levert elektriciteit (of warmte). De installatie wordt afzonderlijk gerealiseerd, onafhankelijk van bestaande industriële processen of elektriciteitsproductie-infrastructuur.
- *Coverbranding in industrieel proces*: Het afval wordt ingezet ter vervanging van brandstoffen (en eventueel grondstoffen) in een industrieel proces.
- *Integratie in (bestaande) elektriciteitsinfrastructuur*: het afval wordt rechtstreeks ingezet in een bestaande elektriciteitscentrale of er wordt een specifieke thermische verwerking voorgeschakeld aan een bestaande elektrische centrale. De afvalverwerking wordt een bijkomende bron van warmte, syngas of stoom.
- *Productie van chemische basisstoffen*: het afval wordt thermisch geconverteerd tot syngas, dat op zijn beurt wordt omgezet tot chemicaliën zoals methanol of waterstof.

Er wordt dus een onderscheid gemaakt tussen technologieën die als primair doel hebben afval te verwerken, en technologieën die een ander primair doel hebben maar waarbij de verwerking van afval een bijkomende optie is.

In het eerste geval gebeurt de investering in functie van het te verwerken afval. De teruggewonnen energie is een bijproduct.

In het geval van een elektriciteitscentrale of een cementoven is de aanwezigheid van de centrale of de oven een voorwaarde om ze te kunnen aanpassen voor verbranding van afval. Binnen deze categorieën kunnen een breed gamma van verwerkingsinstallaties gesitueerd worden.

De verwerkingstechnologie werden indicatief ingedeeld in een thermische en een energetische conversietrap, hoewel deze scheiding fysisch niet steeds even duidelijk te maken is. Voor coverbranding in cementovens geldt deze indeling niet. In de tabel worden volgende afkortingen gebruikt:

- LTP: lage temperatuur en druk (400°C, 40 bar)
- HTP: hoge temperatuur en druk (540°C, 120-190 bar)
- WKK: warmtekrachtkoppeling
- CFB: circulerend wervelbed
- STEG: stoom en gasturbine

De verschillende technieken stellen eigen eisen aan de aard en het type van de te verwerken afvalstoffen. Hierbij moet rekening gehouden worden met volgende parameters:

- vorm en grootte van de voeding,
- as- en metaalgehalte,
- calorische waarde – thermische belasting,
- aanwezigheid van specifieke componenten (Cl⁻, zware metalen, ...),
- ...

De technieken kunnen dan ook maar ingezet worden in specifieke afval-technologiecombinaties. De afvalstroom-technologie-combinaties werden weergegeven in een eindverwerkingsmatrix (zie Bijlage B).

4.2 Actualisering op basis van de nieuwe onderzoeksresultaten

De gedetailleerde technologie-analyses leidden tot een aantal nieuwe inzichten die maakten dat de oorspronkelijke eindverwerkingsmatrix op een aantal punten gewijzigd werd. Het resultaat daarvan wordt weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Aangepaste eindverwerkingsmatrix: afval-technologiecombinaties voor verwerking van HCSA

		hout	dierlijk					shredder					
		houtstof	houtzaagsel	resthout	diermeel	dierlijk vet (zie opmerking)	kunststofafval	papierresidu	textiel- en tapijtafval	rubberbanden	zware fractie	lichte fractie	RDF (huish.-+cat.2-bedrijfsafval)
thermische conversie	energetische conversie												
alleenstaande afval-tot-energie													
wervelbedoven	stoomketel (LTP)												
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie												
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)												
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)												
vergassing + smeltreactor	stoomketel (LTP)												
coverbranding in industriële processen													
coverbranding cementoven													
integratie in elektriciteitsinfrastructuur													
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)												
CFB-vergassing	bijstook in stoomketel kolencentrale												
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG												
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)												
productie van basischemicaliën													
vastbedvergassing	methanolsynthese												

Opmerking:
In de matrix wordt de cementindustrie als enige optie voor de verwerking van dierlijk vet aangegeven. Tijdens de studie bleek echter dat er meer verwerkingsmogelijkheden zijn waarin dierlijk vet kan worden ingezet (bv. wervelbedverbranding, oleochemie). O.w.v. het weinig problematische karakter van de verwerking van dierlijk vet werd er in de studie verder weinig aandacht aan besteed. De invloed hiervan op de resultaten en zeker op de besluiten is beperkt. Het feit dat in deze studie verder enkel de cementindustrie als mogelijke verwerker wordt beschouwd, is louter pragmatisch en mag niet worden geïnterpreteerd als een beperking op de verwerkingsmogelijkheden.

Deze eindverwerkingsmatrix verschilt op de volgende punten van de matrix in bijlage B.

CFB vergassing - bijstook ketel STEG is een verwarrende verwoording en blijkt in praktijk zelfs niet toegepast te worden. Er bestaat wel zoiets als vergassing gevolgd door bijstook in aardgascentrales, analoog aan vergassing en bijstook in kolencentrales. Bijgevolg kunnen de elektriciteitsopties anders gegroepeerd worden.

Enerzijds is er directe bijstook van afval (houtpoeder) in steenkoolcentrales. Anderzijds kan men na vergassing van afval het syngas in zowel steenkool- als gascentrales bijstoken. De bijstook van syngas in gasgestookte centrales (verbranden van syngas samen met aardgas in de gasturbine van de STEG: zie §5.8 voor meer gedetailleerde uitleg) is uiteraard minder vanzelfsprekend, aangezien de kwaliteitseisen van het syngas hoger zullen zijn, en deze optie dus duurder is.

Stoomzijdige integratie van stoom geproduceerd uit verbranding van afval (in een wervelbed) met stoom van een elektriciteitscentrale. In deze studie is stoomintegratie omwille van twee redenen niet volledig uitgewerkt. Enerzijds is er een gebrek aan vergelijkbare data. Toch kan een goede afschatting gegeven worden van de kosten-efficiëntie van deze optie. De investeringen en kosten zijn immers analoog aan deze van een wervelbedoven, met uitzondering van een bijkomende investering in de verbinding met de steenkoolcentrale. Anderzijds is retrofit van bestaande elektriciteitscentrales en inplanting van afvalverbrandingsinstallaties naast bestaande elektriciteitscentrales echter zowel technisch als economisch niet evident. Bij investeringen in elektriciteitscentrales zou de optie afvalverwerking van in de beginfase moeten worden meegenomen. Ondanks deze beperking zou dit een realistische optie kunnen zijn in de toekomst.

Er werd geopteerd om de pyrolyse met smeltreactor te vervangen door een vergassing met smeltreactor. Momenteel bestaat er een vergassingsinstallatie met smeltreactor die commercieel en grootschalig shredderafval verwerkt.

Voor een verdere onderbouwing van deze keuzes wordt verwezen naar de gedetailleerde technologie-beschrijvingen in hoofdstuk 5.

Enkele afvalstromen werden verder uitgesplitst. Omdat de verwerkingsmogelijkheden verschillen wordt bij houtafval nu een onderscheid gemaakt tussen houtstof, houtzaagsel en resthout. Hetzelfde geldt voor het onderscheid tussen diermeel en diervet, en tussen de lichte en de zware shredderafval-fractie.

Tenslotte werden in de loop van de studie andere mogelijkheden voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen naar voor geschoven:

- Zo werd o.a. gewezen op de mogelijke verwerking van hoog-calorisch afval in een non-ferrosmelter. Aanvankelijk was er bij Umicore in de eerste plaats interesse voor het bijstoken van afvalolie. Daar er echter reeds een belangrijke fractie brandbare materialen aanwezig is in de normale voeding, wordt nu ook gedacht aan het gedeeltelijk vervangen van de klassieke brandstof (fuel) door alternatieve brandstoffen andere dan olie.

Sedert de opstart van de kopersmelter (ISA-smelter) in 1997 worden secundaire grondstoffen ingezet in overeenstemming met de mogelijkheden van de oven en de hiervoor verleende vergunning. Sommige daarvan, o.a. elektronische printplaten, bevatten een deel kunststof. Gebaseerd op deze ervaring wordt nu ook toevoeging van vaste afvalstoffen ter vervanging van fuel in de kopersmelter overwogen. Het fysisch

aspect en de afmetingen zijn daarbij belangrijk. Te licht materiaal (o.a. licht shredderafval) komt bijvoorbeeld niet in aanmerking. Hout, verkleinde rubberbanden en sommige kunststoffen zouden in aanmerking kunnen komen. Op jaarbasis zou maximaal 590.000 GJ primaire brandstof kunnen worden vervangen door vaste afvalstoffen met een gemiddelde verbrandingswaarde van 30 GJ/ton (ongeveer 20.000 ton).

Er moet aandacht besteed worden aan de emissiegrenswaarden voor SO₂. De in de rookgassen van de kopersmelter aanwezige SO₂ wordt via het contactprocédé omgezet in H₂SO₄. Het emissiepunt van de zwavelzuurinstallatie moet momenteel voldoen aan de sectorale voorwaarden voor zwavelzuurproductie (SO₂: 1700 mg/Nm³, zwavelzuurmist), aangevuld met de normering voor metallurgische procédés - non-ferro). Printed circuit boards en andere secundaire grondstoffen worden daarbij beschouwd als grondstof, en niet als afvalstof.

Indien door toepassing van de emissiegrenswaarden voor afvalverbranding of door toepassing van de mengregel, de inzet van afvalstoffen leidt tot een substantiële verlaging van de emissiegrenswaarde voor SO₂, dan moet bijkomend geïnvesteerd worden in bv. een kalkmelkscrubber. In dat geval vervalt waarschijnlijk de interesse voor de inzet van afvalstoffen ter vervanging van de primaire brandstoffen.

- SIDMAR gebruikt momenteel afvalolie als reductiemiddel in de hoogovens ter vervanging van cokes, en overweegt ook het gebruik van een aantal van de hier beschouwde afvalstoffen (kunststoffen, rubberbanden, behandeld hout, tapijtresten). Bij Stahlwerke Bremen, een onderdeel van de Arcelor-groep, gebruikt men momenteel reeds hoogcalorisch afval in de hoogovens. Vast afval moet verkleind zijn tot deeltjes van ongeveer 5 mm. Daarnaast is een hoge mate van zuiverheid belangrijk (voor de kwaliteit van het ruwijzer, het hoogovenzand, de hoogoveslak en het hoogovengas). In het huidige stadium kan SIDMAR nog geen algemene uitspraken doen over de economische aspecten. Het is de bedoeling dat het zou gaan om voldoende grote hoeveelheden: aanvankelijk ongeveer 20.000 ton/jaar, oplopend tot 40.000 ton/jaar en meer in de volgende jaren.

5 TECHNOLOGIEBESCHRIJVINGEN

5.1 Algemeen

De onderstaande technologiebeschrijvingen kwamen tot stand in nauw overleg met specialisten uit de verschillende betrokken sectoren.

Voor elke technologie werd op de volgende aspecten ingegaan:

- een korte beschrijving van de technologie;
- de actuele en potentiële toepassing, randvoorwaarden;
- technische kengetallen: in- en output van energie en materialen, emissies;
- kosten: investeringskosten, vaste en variabele kosten, technische levensduur;

Waar nodig werd aangegeven welke voorbehandeling het materiaal moet ondergaan om te kunnen worden verwerkt. Op deze voorbehandelingen wordt hier niet verder ingegaan. Nochtans kan de voorbehandeling een belangrijke invloed hebben op de globale energetische valorisatie van een afvalstroom.

In geval van co-incineratie werd telkens nagegaan hoe de oorspronkelijke procesvoering, de kosten en de emissies worden beïnvloed door de inzet van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen.

In dit rapport worden enkel de directe procesemissies, de toepasbare emissiegrenswaarden en de mogelijke invloed van bijstook van specifieke afvalstoffen op procesemissies (waar bekend) beschreven. Een volledige inschatting van emissies vergt een ketenbenadering die rekening houdt met vermeden emissies als gevolg van uitsparing van brandstoffen en grondstoffen. In Deel 1, § 4.2.3 wordt in detail ingegaan op de wijze waarop de emissies worden ingeschat en op de beperkingen die daarbij komen kijken. Enkel de emissies van CO₂, NO_x, SO₂ en stof werden opgenomen.

Ook kosten worden in dit deel slechts deels behandeld. De verwerking van afvalstoffen gaat gepaard met kosten en baten. Enerzijds zijn dit directe investerings- en werkingskosten. Anderzijds wordt door de inzet van afvalstoffen bijkomende energie geproduceerd, klassieke brand- of grondstoffen uitgespaard, en kunnen eventueel veranderingen optreden in gebruik van hulpstoffen of in de productie van reststoffen.

Voor elke technologie wordt een inschatting gemaakt van de basisinvesteringen, van de verwachte technische levensduur van de investering en van een aantal specifieke werkingskosten. Werkingskosten kunnen dikwijls slechts benaderend en via algemene regels worden ingeschat. In Deel 1, §4.2.2 wordt in detail ingegaan op de wijze waarop de kosten in het optimaliseringsmodel worden ingeschat. Ook kosten voor aankoop van inputs (hulpstoffen) of verwerking van outputs (bodmassen, vliegassen, ...) worden daar gespecificeerd.

Bij alleenstaande afvalverwerkingsinstallaties zijn alle kosten toewijsbaar aan de verwerking van afvalstoffen. Bij co-incineratie geldt als algemeen principe dat het enkel gaat om kosten die specifiek toewijsbaar zijn aan de verwerking van afvalstoffen (bv. bijkomende analyses voor kwaliteitsopvolging).

Voor alle investeringen in elektriciteitsinfrastructuur en in grootschalige alleenstaande afval-tot-energie-installaties werd een technische levensduur van 20 jaar aangenomen.

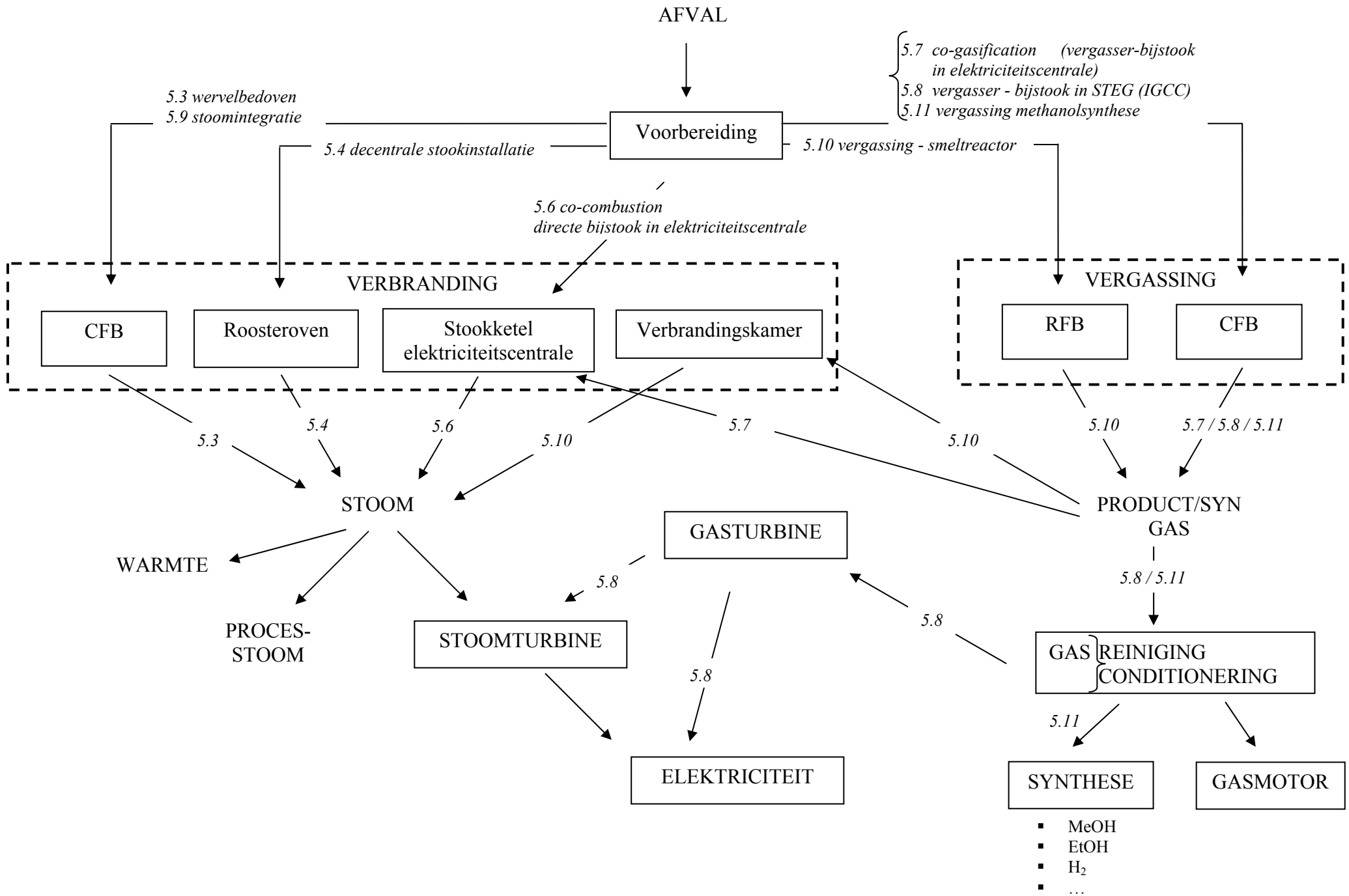
5.2 Overzicht van verbrandings- en vergassingstechnologieën

5.2.1 Schema van de bestudeerde verbrandings- en vergassingsroutes

In de onderstaande figuur wordt een schematisch overzicht gegeven van de verschillende verbrandings- en vergassingstechnologieën die in deze studie onderzocht worden. Telkens wordt aangegeven in welke rubriek van dit rapport de beschrijving van de technologie terug te vinden is. Enkel de verbranding in de cementindustrie werd niet in dit schema opgenomen omdat het hoogcalorisch afval in dit geval ingezet wordt in een industrieel productieproces.

De afvalstroom kan na voorbereiding rechtstreeks verbrand worden in een verbrandingsinstallatie. Dit kan een wervelbed van een afvalverbrandingsinstallatie (§ 5.3 of § 5.9), een roosteroven van een kleinschalige stookinstallatie (§ 5.4) of de stookketel van een elektriciteitscentrale (§ 5.6) zijn. In elk van deze toepassingen wordt afval omgezet in energie. In een decentrale, kleinschalige installatie gebeurt dit op maat van het verbruiker in de vorm van productie van warmte (warm water of stoom) of van warmte en elektriciteit (warmtekrachtkoppeling). In een elektriciteitscentrale gebeurt de verbranding op grote schaal en wordt de geproduceerde stoom gebruikt voor het opwekken van elektriciteit in een stoomturbine.

Anderzijds kan de afvalstroom ook ingezet worden in een vergassingsinstallatie. Na de vergassing van het afval kan het syngas of productgas op verschillende manieren toegepast worden. Het syngas kan bijgestookt worden in kolen- of gascentrales voor de productie van elektriciteit (§ 5.7). Een bijkomende zuivering van het syngas is bij deze optie niet nodig. Indien men het syngas wenst te gebruiken in een STEG (§ 5.8) of voor de synthese van chemische basisproducten (§ 5.11) is een doorgedreven zuivering van het syngas noodzakelijk. Indien de afvalstroom een belangrijke fractie herwinbare metalen bevat, kan de voorkeur gegeven worden aan de combinatie vergassing – smeltreactor (§ 5.11). Uit de afvoer van de vergasser wordt dan de gereinigde metaalfractie teruggewonnen (ferro en non-ferro), terwijl de mineralen op hoge temperatuur smelten in de verbrandingskamer (smelter) en op die plaats vrijkomen. Door afschrikken in een waterbad worden ze omgezet in een inert glasgranulaat.



5.2.2 Algemene beschrijving van de verbrandings- en vergassingstechnologieën

5.2.2.1. Verbranding

In alle verbrandingsprocessen wordt de organische fractie van het afval, bij hoge temperatuur en onder toevoeging van een overmaat lucht, geoxideerd tot CO₂ en water, met vrijgave van de verbrandingswarmte. Indien heteroatomen zoals Cl, S en N aanwezig zijn, worden deze voornamelijk omgezet in HCl, SO_x en NO_x.

Roosteroven

Bij de verbranding op een rooster worden 4 fasen doorlopen. In een 1^{ste} fase wordt het afval gedroogd, in de 2^{de} fase vindt vergassing plaats. Vervolgens ontvlammen de vluchtige koolwaterstoffen, en op het einde van het rooster brandt de asrest uit. Het rooster zorgt voor het transport van de vaste stoffen door de oven en voor de opmenging ervan, meestal door middel van bewegende tegels.

Onder het rooster zijn trechters opgesteld, voor de opvang van roosterdoorval. Daarnaast wordt de primaire verbrandingslucht via de trechters toegevoerd. De toevoer wordt per trechter gestuurd, aan de hand van temperatuursmetingen die boven het rooster worden uitgevoerd. Hierbij wordt naar een compromis gezocht tussen een goede uitbrand en een daling van de rookgastemperatuur door te sterke verdunning.

De rookgassen worden door een naverbrandingskamer gevoerd, waar secundair verbrandingslucht wordt toegevoerd. De warmte wordt uit de rookgassen gerecupereerd door middel van een stoomketel. De oventemperatuur wordt tussen 850 en 900°C gehouden. Boven 900°C kan verslakking van inertien optreden, wat voor praktische problemen zorgt.

Wervelbedoven

Bij wervelbedverbranding wordt het materiaal in een turbulent zandbed verbrand. Door inblazen van lucht onderin de zandlaag, gedraagt deze zich zoals een vloeistof. Door de grote turbulentie en de warmtecapaciteit van het bedmateriaal wordt een zeer goede warmteoverdracht gerealiseerd. Dit resulteert in een goede uitbrandkwaliteit. In het bed wordt een onderstoichiometrische hoeveelheid lucht ingeblazen. De temperatuur in het bed ligt rond de 600°C. Volledige verbranding vindt plaats door injectie van secundaire lucht boven het bed. Door controle van de hoeveelheid secundaire lucht wordt aan de wettelijke vereisten (temperatuur, zuurstofovermaat) voldaan.

Fijne as en vliegashouding wordt met de lucht/rookgasstroom meegevoerd. Bodemassen bezinken en worden afgescheiden van het zand door zeping op continuë of discontinuë wijze.

Algemeen vormt een wervelbed een goed controleerbare reactor met snelle responstijd. Hierdoor kan een stabiele thermische werking worden bekomen, zij het met variabel rookgasvolume. Deze stabiele werking heeft voordelen op vlak van NO_x-productie (lager niveau, beter controle) en -reductie (stabiele en efficiënte werking van SNCR mogelijk). De grote warmte-inhoud van het wervelbed maakt het mogelijk om na een periode van stilstand van enige uren tot een dag weer snel in bedrijf te komen. De temperatuur is fijner regelbaar

in een wervelbed dan in een roosteroven. Dit is vanwege het risico op sintering ook een noodzaak.

De warmtecapaciteit van bubbling en intern roterende wervelbedden wordt beperkt door het risico op smelten van het zand. De temperatuur in het bed moet $<900^{\circ}\text{C}$ blijven. Voor brandstoffen met hoge calorische waarde ($>14\text{MJ/kg}$) moet water geïnjecteerd worden. De thermische capaciteit van een CFB wordt vergroot door sturing van de dichtheid van de zandwolk. Hierdoor is het mogelijk brandstoffen met calorische waarde tot 30 MJ/kg te verbranden.

5.2.2.2. Vergassing

Vergassen is een thermische verwerkingstechniek waarbij het te verwerken materiaal wordt behandeld met een ondermaat lucht of zuurstof. Het organisch materiaal wordt maximaal omgezet in een gasvormige fase (syngas of productgas). Deze omzetting gebeurt door een partiële verbranding/oxidatie van de aanwezige koolstof. De inbreng van de substoechiometrische hoeveelheid zuurstof kan gebeuren onder de vorm van lucht, zuivere zuurstof of stoom. Wanneer er lucht wordt gebruikt als vergassingsmedium, wordt er een armer stookgas gevormd met een verbrandingswaarde van $4 - 8\text{ MJ/Nm}^3$. Maakt men gebruik van zuivere zuurstof dan ontstaat er een gas met een hogere calorische waarde, nl. $10 - 15\text{ MJ/Nm}^3$. Het syngas bestaat voornamelijk uit CO , C_xH_y (o.a. CH_4), H_2 , N_2 en H_2O . Anorganische stoffen blijven als residu achter. In sommige processen worden metalen en inerten op hoge temperatuur van elkaar gescheiden door decantatie.

De gevormde gasfractie kan verbrand worden met energierecuperatie, of kan als grondstof ingezet worden in de chemische industrie. Afhankelijk van het beoogde gebruik dienen de verontreinigingen (stof, roet en teerachtigen) te worden verwijderd.

De temperaturen die voor vergassing worden gebruikt, bevinden zich tussen 750°C en 1.400°C . Om een maximale conversie van het organische materiaal, en een minimaal teergehalte in de gevormde gasfase te bekomen, wordt de temperatuur in principe zo hoog mogelijk gekozen. Er zijn echter factoren die de verwerkingstemperatuur limiteren:

- optreden van sintering bij gebruik van afvalstoffen met een hoog asgehalte;
- maximaal aanvaardbare temperatuur van het syngas, afhankelijk van de samenstelling;
- warmtebestendigheid van de gebruikte materialen.

Vergassen heeft in vergelijking met verbranden enkele voordelen (zie verder :

- vrijwel geen dioxines dankzij de reducerende omstandigheden;
- bij verbranding van het gas in low- NO_x branders is toepassing van een De NO_x wellicht niet noodzakelijk;
- de te reinigen gashoeveelheid is aanzienlijk kleiner dan bij verbranding, ook indien de gevormde gasfractie wordt verbrand (tot 3x lager);
- met vergassen kan een hoog elektrisch rendement bereikt worden door het gas toe te passen in een STEG of stoomketel.

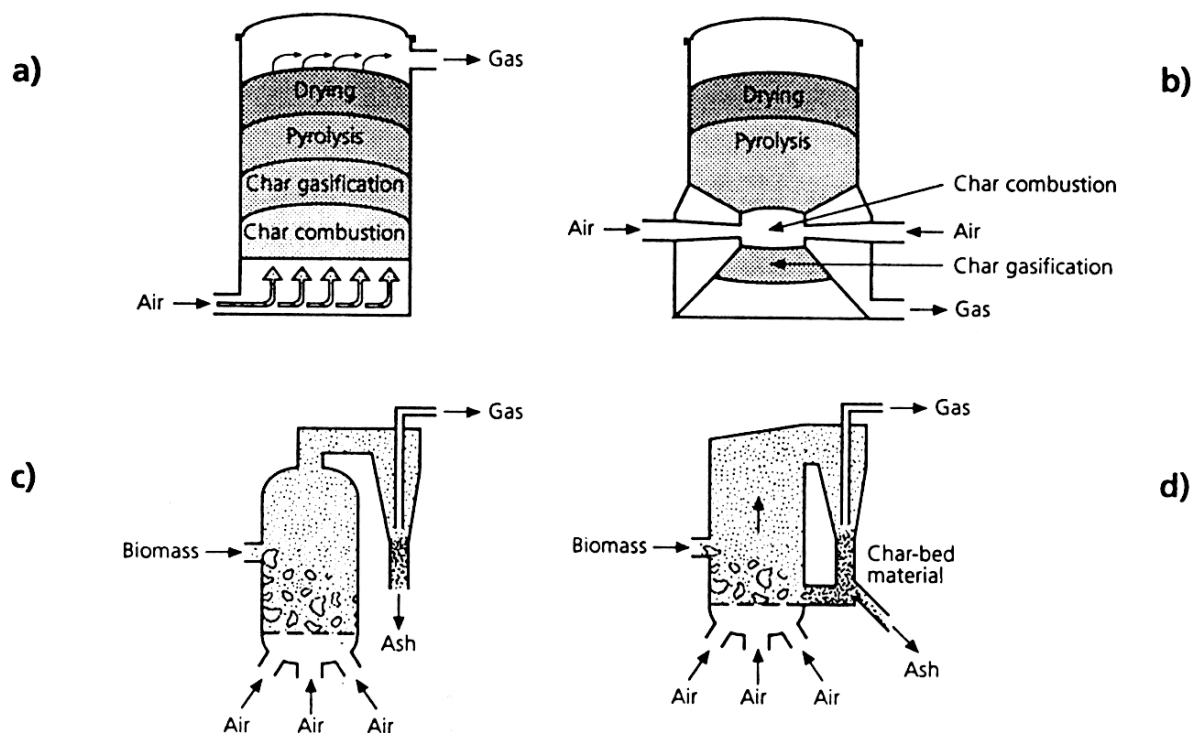
Vastbedvergassing

In vastbedreactoren beweegt de afvalstof van boven naar beneden door een reactor en wordt op weg naar beneden vergast. Het vergassingsmedium wordt in meestroom, tegenstroom of dwarsstroom toegevoerd. Elke uitvoeringsvorm heeft specifieke voor- en nadelen:

- *Meestroom*: Weinig teervorming, er is echter wel een uniforme brandstofgrootte en droge brandstof vereist;
- *Tegenstroom*: simpel en goedkoop, maar het gas bevat een hoog teergehalte. Hierdoor is een vergaande reiniging vereist eer het gas toegepast kan worden in bijvoorbeeld een gasmotor;
- *Dwarsstroom*: Is geschikt voor fluctuerende belastingsgraden, maar het bevat ook bij dit type reactoren een hoog teergehalte, en vereist een diepgaande reiniging alvorens het kan worden toegepast.

Wervelbedvergassing

Bij de wervelbedvergassing kan men dezelfde typen reactoren onderscheiden dan bij wervelbedverbranding.



Figuur 1 : Verschillende types van vergassers: (a) vergasser met vast bed en opwaartse luchtstroom; (b) vergasser met vast bed en neerwaartse luchtstroom; (c) gewone wervelbedvergasser (d) circulerende en wervelbedvergasser

5.3 Wervelbedoven

5.3.1 Procesbeschrijving

5.3.1.1 Algemeen principe

Afvalontvangst

Het afval wordt gelost in de afvalbunker. De bunker zelf heeft voldoende capaciteit om een ongestoorde werking tijdens een verlengd weekend te verzekeren. De lucht in de bunker wordt continu afgezogen en gebruikt als primaire verbrandingslucht.

Het afval wordt via transportbanden vanuit de ontvangstput naar de top van het wervelbed gevoerd.

Verbranding

Voor een algemene beschrijving van de verbranding in een wervelbed wordt verwezen naar 5.2.2.1.

Voordelen van een wervelbed zijn:

- Goede uitbrand ($< 1\%$)
- Lage NO_x productie (200 mg/Nm³ zonder deNO_x)
- SNCR (deNO_x) gemakkelijk te installeren
- Lage energieopslag in de oven (bij noodstop is er weinig afval dat ongecontroleerd kan verder branden)
- Goede verbranding van slib in grote hoeveelheden mogelijk
- Soms een hogere energieopbrengst (circulerend wervelbed: CFB)
- Hoge capaciteit mogelijk (bubbling en circulerend wervelbed: BFB en CFB)
- Flexibel in verbrandingswaardes
- WBO-slakken voldoen na onschroten aan VLAREA

Nadelen van een wervelbed zijn :

- Temperatuur beperkt door smeltpunt van het zandbedmateriaal (wervelbedden worden meestal geopereerd op 900 °C; daarom geen toepassingen gekend voor gevaarlijk afval)
- Gevoelig voor grotere hoeveelheden metalen met laag smeltpunt (Al, Pb, Sn)
- Voorbehandeling van het afval is noodzakelijk
- Hogere (lokale) slijtage door schurend effect van zand
- Soms hogere stofbelasting aan de ingang van de stoomketel
- Hogere vlieggasproductie (bestemming ervan is onzeker en kan daardoor duur uitvallen); de hogere vlieggasproductie betekent een evenredig lagere slakkenproductie.

Niet geschikt voor vloeistoffen via branders (vloeistof gemengd met vaste afval is mogelijk)

Afhankelijk van de luchtsnelheid en manier van inblazen kunnen verschillende regimes en wervelbedtypes onderscheiden worden.

Bubbling bed (BF): Bij lage luchtsnelheid heeft het wervelbed de vorm van een kokende vloeistof. Luchtbelllen stijgen op in de zandmassa en spatten open aan het zandoppervlak. Het zand valt terug in het bed.

Voor de verwerking van afval met een energieinhoud van 4 – 14 MJ/kg. De stukgrootte van het afval dient te worden beperkt tot 100 mm. De grove asrest dient kleiner dan 0,1% te zijn tenzij zandcirculatie wordt toegepast⁷.

Intern roterend (RFB): Door variatie van de luchtsnelheid in het centrum en aan de buitenkant van het bed, wordt een intern transport van zand veroorzaakt. Het bedmateriaal wordt in het midden opgestuwd en daalt aan de zijkant. Assen en zand worden aan de zijkant afgevoerd voor afzeving. Het zand wordt terug naar het bed gevoerd.

Een intern roterend bed kan worden toegepast voor de verwerking van afval met een calorische waarden van 7 tot 15 MJ/kg. De stukgrootte van het afval dient kleiner te zijn dan 300 mm. In verband met de grove asrest gelden er weinig beperkingen⁷.

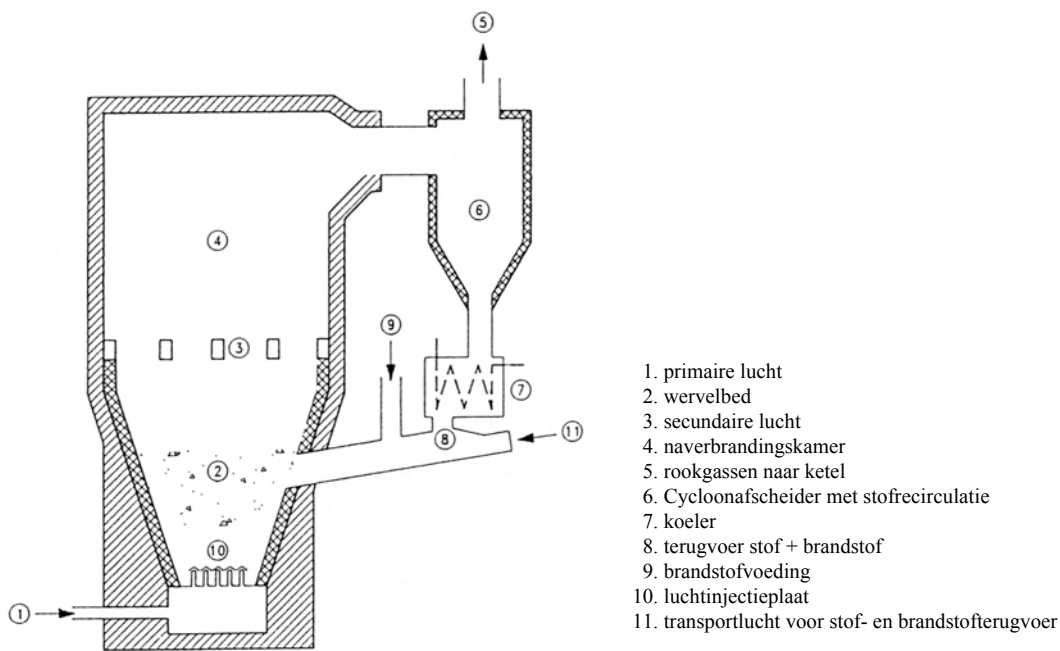
Circulerend wervelbed (CFB): De primaire lucht wordt veel sneller door de oven gejaagd dan bij de andere typen wervelbedden. Op die manier wordt in plaats van een zandbed een zandwolk gecreëerd. Door variatie van de luchtsnelheid wordt de dichtheid van de zandwolk gecontroleerd. Bij hoge luchtsnelheid wordt het zand uit het bed getransporteerd. Met behulp van een cycloon wordt het zand afgescheiden en teruggevoerd. met permanente terugvoer van het zand. De cycloon wordt in de zandreactor (intern) of buiten de zandreactor (extern) opgesteld. Het circulerend wervelbed kent een breed toepassingsgebied in industriële processen en electriciteitsproductie (verbranding van kolen, turf,...).

In een circulerend wervelbed kan afval verwerkt worden met een energieinhoud van 7 tot 30 MJ/kg. De stukgrootte van het afval dient kleiner dan 150 mm te bedragen. Voor de grove asrest gelden geen beperkingen. Het is niet geschikt voor de verwerking van smeltpuntverlagende producten (bijvoorbeeld glas, Na-zouten, polyesterresten, glasvezel gewapend met kunststoffen, ed.) waardoor het zand coaguleert

De warmtecapaciteit van bubbling en intern roterende wervelbedden wordt beperkt door het risico op smelten van het zand. De temperatuur in het bed moet <900°C blijven. Voor brandstoffen met hoge calorische waarde (>14MJ/kg) moet water geïnjecteerd worden. De thermische capaciteit van een CFB wordt vergroot door sturing van de dichtheid van de zandwolk. Hierdoor is het mogelijk brandstoffen met calorische waarde tot 30 MJ/kg te verbranden.

Voor de verwerking van hoogcalorisch afval werd geopteerd voor een circulerend wervelbed. Alle gegevens gebruikt in de studie zijn dus gebaseerd op een CFB.

Wanneer geopteerd wordt voor de co-verwerking van hoogcalorisch afval met slib, is het beter een intern roterend wervelbed te gebruiken⁶.



Figuur 2: circulerend wervelbed

5.3.1.2 Actueel bestaande toepassingen

In Vlaanderen is er momenteel 1 wervelbedverbrandingsinstallatie voor het verwerken van afval (de installatie van aquafin voor de verwerking van RWZI slib). Het type wervelbed is een bubbling bed. Bij BASF Antwerpen wordt in een gelijkaardige installatie industrieel waterzuiveringslib gestookt met aardgas als steunbrandstof. Voor de verwerking van andere afvalstoffen zijn er geen Vlaamse (noch Belgische) referenties.

In Beveren is de bouw van een wervelbedverbrandingsinstallatie, type intern roterend wervelbed, gepland. De installatie is ontworpen om 233.000 ton slib en 233.000 ton RDF te verwerken.

In de studie wordt voorvermelde RFB installatie beschouwd als bestaande verwerkingscapaciteit.

BFB's worden toegepast voor het verwerken van oa. schors, turf, houtspaanders, pulp en slibs. In de afvalsector wordt dit type installatie typisch toegepast voor de monoverbranding van slib (slib van biologische waterzuiveringsstations).

RFB's worden gebruikt voor de verbranding van huishoudelijk en daarmee gelijkgesteld afval, na een minimale voorbehandeling en slib (coverbranding).

CFB's gebruikt men reeds lang voor de verwerking van oa. kolen, schort, turf ed. In 1999 werden de eerste CFB's opgestart die volledig ontworpen waren om afval te verbranden⁷.

5.3.1.3 Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen

Afhankelijk van het type wervelbed dient het afval te worden verkleind tot 150 of 300 mm. Voor verwerking in het CFB dient rekening te worden gehouden met smeltpuntverlagende elementen (Na-zouten, glas, ed). Bij het RFB mag de calorisch waarde van het te verwerken afval niet hoger zijn dan 14 MJ/kg, of er dient water te worden geïnjecteerd in de installatie.

5.3.2 *Terugwinning van energie uit afval*

Volgens gegevens van leveranciers zou het netto elektrisch rendement van een wervelbed 24 à 25% bedragen^{4,5}. Het rendement wordt typisch iets hoger ingeschat voor een CFB t.o.v. een RFB. Volgens gegevens van Indaver komt 24% ongeveer overeen met het bruto elektrisch rendement van de door hun geplande RFB. Het nettorendement (rekening houdend met het verbruik van ovens, stoomkring en gaswassing) van een wervelbed zou, na opstart, ongeveer 18,5 à 19% bedragen.

Momenteel wordt er uitgegaan van een rendement van 20% in 2001. Er wordt verondersteld dat er gewerkt wordt aan maatregelen welke tot gevolg hebben dat het nettorendement van afvalverwerkingsinstallaties verhoogt. Er wordt verondersteld dat dit rendement stijgt tot 22,5% in 2007 en 25% in 2015.

5.3.3 *Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging*

5.3.3.1 Emissiegrenswaarden

Voor de verbranding van enkel onbehandeld houtafval dient de installatie te voldoen aan de emissiegrenswaarden die gelden voor stookinstallaties met vaste brandstoffen.

Indien in de installatie behandeld houtafval wordt verwerkt dient de installatie te voldoen aan de emissiegrenswaarden die gelden voor verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval.

Voor de verbranding van afvalstoffen dient de verbrandingsinstallatie te voldoen aan de emissiegrenswaarden die gelden voor verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval.

⁴ leverancier Foster Wheeler

⁵ restafvalstudie

Tabel 5-1: Emissiegrenswaarden verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval

> 1 en < 30 ton/u		Vlarem II afvalverbranding	afvalverbrandings- RI.2000/76/EG	afvalverbrandin- gs- RI.2000/76/EG
totaal stof	stof	30	10	8
gasvormige en vluchtige organische stoffen uitgedrukt als totaal organische koolstof	org. C	20	10	8
zoutzuur	HCl	50	10	8
waterstoffluoride	HF	2	1	0,8
zwaveldioxide	SO ₂	300	50	40
stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO ₂), uitgedrukt in stikstofdioxide, voor bestaande verbrandingsinstallatie met een nominale capaciteit van meer dan 6 ton per uur of een nieuwe verbrandingsinstallaties	NO ₂	400	200	160
zware metalen:				
- de som van cadmium en cadmiumverbindingen uitgedrukt als cadmium (Cd) en thallium en thalliumverbindingen uitgedrukt als thallium (Tl)	Cd	0.1	0.05	0.04
- kwik en kwikverbindingen uitgedrukt als kwik (Hg)	Hg	0.1	0.05	0.04
- tin en tinverbindingen uitgedrukt als tin (Sn)	Sn	1.5		
- antimoon en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in antimoon (Sb)	Sb			
- arseen en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in arseen (As)	As			
- lood en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in lood (Pb)	Pb			
- chroom en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in chroom (Cr)	Cr			
- kobalt en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in kobalt (Co)	Co			
- koper en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in koper (Cu)	Cu			
- mangaan en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in mangaan (Mn)	Mn			
- nikkel en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in nikkel (Ni)	Ni			
- Vanadium en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in vanadium (V)	V			
dioxinen en furanen (in ng/Nm ³)	PCDD/F	0.1	0.1	0.08

5.3.3.2 Effectieve emissies

Er werden geen emissiegegevens gevonden voor al de verschillende soorten afvalstoffen die in deze studie worden besproken. Onderstaande gegevens werden bepaald aan de hand van literatuurgegevens en modelberekeningen voor twee typen RDF, afkomstig van huishoudelijk restafval. De CO₂ en metaalemissies zijn afhankelijk van de afvalsamenstelling. CO, NO_x, SO_x, stof, dioxine en TOC emissies worden als brandstofafhankelijke emissies beschouwd.

Tabel 5-2: Effectieve emissies bij verbranding in wervelbed

mg/Nm ³		
emissies		
CO ₂	109000	148000
CO	23,8	23,8
NO _x	95	95
SO _x	14,3	14,3
stof	2,2	2,2
HCl	/	/
HF	/	/
dioxines	0,038	0,038 ng/Nm ³
TOC	1,85	1,85
Cd	0,000136	0,000019
Hg	0,00043	0,000145
Pb	0,0137	0,00666
Cr	0,00404	0,00148
Cu	0,0331	0,0155
As	0,00005	0,000014
Co	0,00005	0,000007
V	0,00086	0,000374
Zn	0,00917	0,00352

5.3.3.3 Rookgasreiniging

De rookgasreiniging bestaat uit achtereenvolgens een cycloon of elektrofilter, een natte gaswassing, een SNCR – deNO_x, actiefkoolinjectie en mouwenfilter. Door de deNO_x, en natte gaswassing zullen de emissiewaarden voor NO_x respectievelijk SO₂, HCl en HF gecontroleerd onder de norm liggen en niet meer gerelateerd zijn aan de input.

5.3.4 Rest- en afvalstoffen

In onderstaande Tabel 5-3 wordt een inschatting gemaakt over de hoeveelheid rest- en afvalstoffen die worden geproduceerd gedurende de verbranding in een wervelbedoven. Deze inschatting werd gemaakt op basis van het asgehalte van de afvalstoffen en gegevens die werden opgegeven een leverancier.

Tabel 5-3: Rest- en afvalstoffen bij verbranding in wervelbed

in kg/ton

	hout	diermeel	kunststof	papier residu en restfractie	textiel en tapijtafval	RDF
ketel + bodemas	27	54	22	33	49	40
cycloonas	31	61	25	37	54	45
RGR	47	93	38	57	83	69

Bij het wervelbed is de ketel geïntegreerd in de ovenwand. De assen (ketelassen) van de eerste lege trek wordt samen met het bodemas opgevangen. Cycloonassen en rookgasreinigingsresidu (RGR) worden afzonderlijk gecollecteerd.

Er werden geen gegevens bekomen omtrent milieuhygiënische kwaliteit van de bodemassen. Gezien de aard van het materiaal en op basis van contacten met experts, kan met voldoende zekerheid gesteld worden dat deze bodemassen een voldoende milieuhygiënische kwaliteit bezitten om zonder verdere voorbehandeling te voldoen aan de VLAREA-eisen voor niet-vormgegeven bouwstoffen. Er wordt in de studie verondersteld dat deze installaties worden beschouwd als verbrandingsinstallaties van huishoudelijke afvalstoffen.

In de studie wordt aangenomen dat het samen opvangen van de ketelassen met de bodemassen geen afbreuk doet aan de mogelijkheid om deze fractie te hergebruiken als secundaire grondstof.

De cycloonassen en het rookgasreinigingsresidu dienen te worden gestort, na eventuele voorbehandeling (Deel 1 § 4.2.8).

5.3.5 *Kosten*

5.3.5.1 Investeringskosten

Het totale investeringsbedrag voor een circulerend wervelbed wordt geraamd op 67 mio euro voor een installatie met een verwerkingscapaciteit van 150.000 ton afval/jaar met een calorische waarde van 16 MJ/ton. Deze kostprijs is gebaseerd op praktijkgevallen, gecorrigeerd voor de eigen uitgangssituatie. In deze kostprijs is de investeringskost voor de rookgasreiniging en dergelijke inbegrepen.

Wanneer gekozen wordt voor co-incineratie van hoogcalorisch afval met slib in een 50/50 verhouding, dan dient men rekening te houden met verschillende wijzigingen t.o.v. de bovenstaande situatie. Wanneer men een mengsel van slib en hoogcalorisch afval wenst te verwerken, dient er een ander type wervelbed (RFB) te worden gebruikt. De investeringskosten zullen toenemen. Deze meerkost kan worden toegeschreven aan de aanpassing van het type installatie, een toegenomen thermische capaciteit van de installatie, een toenemend rookgasvolume. Het rookgasvolume neemt toe, omwille van een verhoging van de thermische input, en door de waterinhoud van het slib. De toename van de investeringskost wordt geschat op ongeveer 20%.

Hiernaast dient ook een investering te worden gedaan voor de opslag en verdeling van het slib. Voor de geschetste situatie wordt deze bijkomende investering geschat op ongeveer 8⁶ mio €⁸.

Globaal kan gesteld worden dat de kosten voor verwerking van slib en hoogcalorisch afval 20 to 30% hoger liggen dan voor een gelijke hoeveelheid hoogcalorisch afval zonder slib-bijmenging.

5.3.5.2 Operationele kosten

Vaste kosten

Voor de personeelskost van de grootschalige afval-tot-energie installaties wordt uitgegaan van een vaste personeelskost van ongeveer € 5,4 per ton⁹.

Voor de onderhoudskosten, verzekering ed. wordt uitgegaan van een vast percentage ten opzichte van de totale investeringskost. Voor het onderhoud wordt gerekend met 3% van de totale investering, voor de verzekering ed. bedragen deze kosten 2% van de totale investering.

Variabele kosten

De variabele kosten bestaan deels uit de kost van de gebruikte hulpstoffen (vnl. gedurende de rookgasreiniging). Afhankelijk van de bron, bedraagt de kost voor de hulpstoffen voor een zelfde rookgasreiniging 0,15 – 0,46 EUR/GJ. In de studie wordt gerekende met een kost van 0,30 EUR/GJ.

Voor het meerverwerken van slib werd ingeschat dat de variabele kost met ongeveer 20% zou stijgen⁸.

⁶ schatting op basis van 150.000 ton slib/jaar, met een DS gehalte van 35%.

Voor de kosten voor verwerking van bodem- en vliegassen wordt verwezen naar Deel 1, § 4.2.8.

5.3.5.3 Technische levensduur

Er wordt uitgegaan van een technische levensduur van de installatie van 20 jaar.

5.4 Decentrale stookinstallaties

5.4.1 Procesbeschrijving

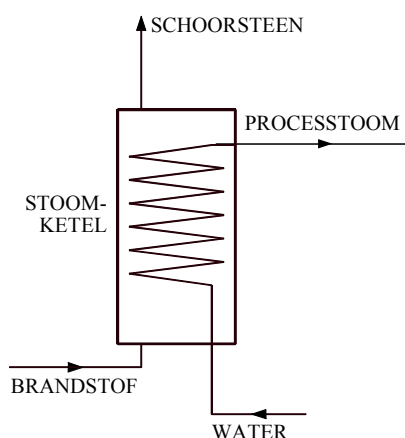
5.4.1.1 Algemeen principe

Decentrale installaties werken op maat van de gebruiker en kunnen economisch voordelig zijn. Afhankelijk van de behoeften van het bedrijf maakt men de keuze tussen een kleinschalige verbranding met de productie van warmte (warm water of stoom) of warmte en elektriciteit (warmtekrachtkoppeling).

In deze studie worden twee decentrale installaties opgenomen. Eén installatie van 10 MW met stoomproductie en één WKK van 14 MW met stoomturbine.

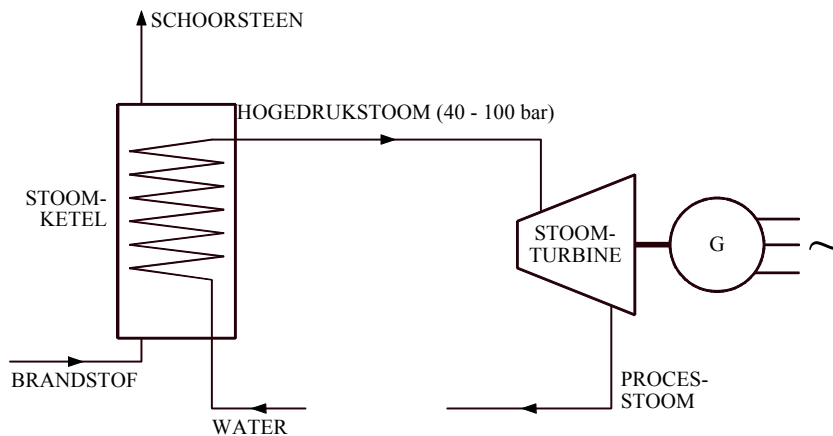
In deze decentrale installaties wordt op jaarbasis respectievelijk 16,4 en 22,9 ton houtafval verwerkt.

In deze studie werd er voor beide installaties geopteerd de verbranding uit te voeren op een watergekoeld bewegend rooster. Dit verbrandingssysteem wordt momenteel het meest toegepast bij dit type installaties (Vyncke, 2001). De rookgassen van de verbranding worden gebruikt om oververhitte stoom te produceren in een nageschakelde stoomketel. Bij een kleinschalige installatie met enkel stoomproductie wordt de geproduceerde stoom afgevoerd.



Figuur 3: Werkingsprincipe decentrale stookinstallatie

Het beschouwde WKK-systeem is er een op basis van een tegendrukturbine. In de stoomketel wordt stoom geproduceerd met een hogere druk dan nodig is voor de levering van de gevraagde warmte. De stoom wordt geëxpandeerd in een turbine tot de gewenste druk. Wanneer alle stoom tot deze druk expandeert, spreken we van een tegendrukstoomturbine. De warmtekrachtverhouding van deze turbine is niet regelbaar en als er geen stoomvraag is, wordt er geen elektriciteit geproduceerd.



Figuur 4: WKK-werkingsprincipe

5.4.2 Actueel bestaande toepassingen

Beide decentrale systemen (WKK en enkel stoomproductie) worden reeds veelvuldig toegepast. Meestal worden fossiele brandstoffen gebruikt maar er zijn eveneens installaties die gebruik maken van afvalstoffen. Binnen de houtsector wordt vrij veel gebruik gemaakt van decentrale installaties, voor de thermische verwerking van voornamelijk houtafval. Buiten de houtsector zijn slechts enkele installaties bekend waarin afvalstoffen, kleinschalig, thermisch wordt gevaloriseerd (Nico Vanaken, OVAM) (voorbeelden: houtafval, Lemahieu; hoogcalorisch productieafval, Ontex).

Het is mogelijk om met decentrale verwerkingssystemen (van 0,5 tot 50 MW) afval thermisch te verwerken zonder de geldende emissienormering te overschrijden (Vyncke, 2002).

5.4.3 Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen

De decentrale verwerkingsopties worden hier enkel voor houtafval weerhouden. Het te verwerken afval dient te worden gehomogeniseerd en eventueel verkleind zodat het via het transportsysteem (schroef, transportband, ...) op het rooster kan worden gevoed. In de studie wordt er vanuitgegaan dat al het verwerkt afval verkleind wordt.

Er wordt van uitgegaan dat ook zaagsel en houtstof kunnen worden verwerkt als ze toegevoegd worden aan hout met een grotere afmeting. Voor 2007 wordt uitgegaan dat 50% hout < 1mm kan worden verwerkt, tegen 2015 wordt verwacht dat tot 80% fijne fractie kan worden bijgemengd¹⁰.

Er werd geopteerd om voor houtafval een case-studie uit te voeren, parallel met voorliggende studie². Deze keuze werd gemaakt omdat het voor houtafval aangewezen is te opteren voor een stroomgerichte aanpak/studie, gelet op de specifieke kenmerken van deze afvalstroom qua samenstelling en verwerkingswijze. Het is tevens een prioritair aan te pakken stroom gelet op de ontwikkelingen inzake het beleid rond hernieuwbare energie en het opmaken van een afzonderlijk uitvoeringsplan. Door deze case-studie ontstond de mogelijkheid om voor houtafval kleinschalige verwerkingstechnieken op te nemen.

Uit de resultaten van deze kleinschalige technieken kan eventueel een terugkoppeling gemaakt worden naar andere hoogcalorische stromen. De mogelijkheden daarvan werden echter niet in detail onderzocht. Het voorbeeld van de verwerkingsinstallatie bij Ontex waar hoogcalorisch productie-afval bestaande uit kunststoffen, papier, cellulose, ... wordt verwerkt tot pellets die vervolgens worden verbrand in een roosteroven, toont aan dat dit technisch alleszins ook mogelijk is.

5.4.4 Terugwinning van energie uit afval

Wanneer een kleinschalige stookinstallatie wordt bedreven met een afvalstof als brandstof worden fossiele brandstoffen uitgespaard.

De warmte en elektriciteit die wordt geproduceerd door de besproken WKK, met stoomturbine, op afvalstoffen, vervangt warmte en elektriciteit die anders zou geproduceerd worden door een WKK met stoomturbine, bedreven met een fossiele brandstof.

De warmte die wordt geproduceerd door de kleinschalige stookinstallatie met stoomproductie, vervangt warmte die anders geproduceerd zou worden met een fossiele brandstof.

Het thermisch rendement van een WKK bedreven met hout bedraagt ongeveer 55%, het elektrische rendement 15%. Het thermisch rendement van een kleinschalige stookinstallatie met de productie van proceswarmte is ongeveer 80%. (Paul Vanderstraeten, 2002)

5.4.5 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

5.4.5.1 Emissiegrenswaarden

De verbranding van onbehandeld hout en houtafval vergelijkbaar met onbehandeld houtafval kan vergund worden volgens rubriek 5.2.3.4 van VLAREA.

In onderstaande tabel worden de geldende emissiegrenswaarden (bij 11% O₂) weergegeven voor nieuwe stookinstallaties bedreven met dit type houtafval.

Tabel 5-4: Emissiegrenswaarden volgens VLAREM 5.2.3.4 (verbrandingsinrichtingen voor houtafval)

	emissiegrenswaarden in mg/Nm ³	
	11% O ₂	stof CO
houtkachels < 50kg/h	geen normering	
verbrandingsinrichting voor houtafval <1ton/h	200	100
verbrandingsinrichting voor houtafval >1ton/h	emissiegrenswaarden voor verbrandingsinstallaties voor huishoudelijke afvalstoffen	

Installaties voor de verbranding van onbehandeld hout kunnen en eveneens vergund worden volgens rubriek 5.43 van VLAREM. De volgens deze rubriek geldende emissiegrenswaarden (bij 11% O₂) worden gegeven in Tabel 5-5.

Tabel 5-5: Emissiegrenswaarden volgens VLAREM 5.43.3 (Voorwaarden met betrekking tot nieuwe middelgrote stookinstallaties/verbrandingovens)

	emissiegrenswaarden in mg/Nm ³			
	stof	CO	NO _x	PCDD/F (ng/Nm ³) 16% O ₂
nieuwe middelgrote stookinstallatie				
2 - 5 MWth	175	250	500	0,1
5 - 30 MWth	100	250	500	0,1
30 - 50 MWth	50	250	400	0,1

Bij de in rubriek 5.43 beschreven stookinstallaties ligt de nadruk op energieproductie, met klassieke brandstoffen en secundaire brandstoffen (o.a. onbehandeld houtafval) zoals omschreven in VLAREA.

De in deze studie beschreven installaties dienen te voldoen aan de emissiegrenswaarden voor nieuwe middelgrote stookinstallaties tussen 5 en 30 MW, indien ze gestookt worden met onbehandeld of vergelijkbaar houtafval.

Voor verbrandingsinrichtingen waarin niet gevaarlijk behandeld houtafval wordt verbrand, gelden de voorwaarden die gelden voor verbrandingsinrichtingen voor huishoudelijke afvalstoffen (VLAREM, 5.2.3.4.1§1). De emissiegrenswaarden worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-6: Emissiegrenswaarden volgens VLAREM 5.2.3.3 (Verbrandingsinrichtingen voor huishoudelijke afvalstoffen)

> 1 en < 30 ton/u		Vlarem II afvalverbranding	afvalverbrandings- RL2000/76/EG	afvalverbrandin- gs- RL2000/76/EG
totaal stof	stof	30	10	8
gasvormige en vluchtige organische stoffen uitgedrukt als totaal organische koolstof	org. C	20	10	8
zoutzuur	HCl	50	10	8
waterstoffluoride	HF	2	1	0,8
zwaveldioxide	SO ₂	300	50	40
stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO ₂), uitgedrukt in stikstofdioxide, voor bestaande verbrandingsinstallatie met een nominale capaciteit van meer dan 6 ton per uur of een nieuwe verbrandingsinstallatie	NO ₂	400	200	160
zware metalen:				
- de som van cadmium en cadmiumverbindingen uitgedrukt als cadmium (Cd) en thallium en thalliumverbindingen uitgedrukt als thallium (Tl)	Cd	0,1	0,05	0,04
- kwik en kwikverbindingen uitgedrukt als kwik (Hg)	Hg	0,1	0,05	0,04
- tin en tinverbindingen uitgedrukt als tin (Sn)	Sn	1,5		
- antimoon en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in antimoon (Sb)	Sb			
- arseen en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in arseen (As)	As			
- lood en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in lood (Pb)	Pb			
- chroom en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in chroom (Cr)	Cr			
- kobalt en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in kobalt (Co)	Co			
- koper en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in koper (Cu)	Cu			
- mangaan en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in mangaan (Mn)	Mn			
- nikkel en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in nikkel (Ni)	Ni			
- Vanadium en de verbindingen daarvan, uitgedrukt in vanadium (V)	V			
dioxinen en furanen (in ng/Nm ³)	PCDD/F	0,1	0,1	0,08
			totaal mg/m ³ 0,5	totaal 0,4 mg/m ³

5.4.5.2 Effectieve emissies

In onderstaande tabel worden emissiegegevens weergegeven gemeten tijdens een meetcampagne ('94 – '98) uitgevoerd door Aminimal in de houtsector. Voor zo ver kon worden nagegaan bestond de rookgasbehandeling van de bemonsterde installaties enkel uit een ontstopping. Er dient bij het vergelijken van de resultaten rekening te worden gehouden met de periode waarin de meetcampagne werd gehouden, en dat het niet gaat over recente gegevens. Er konden echter geen resultaten van recentere metingen bekomen worden. In de studie wordt rekening gehouden met een meer uitgebreide rookgasreiniging, zodat de geldende normen gehaald worden.

Tabel 5-7: Resultaten van een meetcampagne in de houtsector door Aminimal in de periode 1994 – 1998

	CO	stof	PCDD/F	HCl	HF	SO ₂	NO _x
niet gevaarlijk behandeld hout	1595	259	2,33	1,47	0,39	78	479
onbehandeld houtafval	949	275	0,37	0,14	0,97	68	772

in mg/Nm³, bij 11 % O₂, PCDD/F in ng TEQ/Nm³

5.4.5.3 Rookgasreiniging

Wanneer de installaties gestookt worden met onbehandeld houtafval, wordt als rookgasreiniging een ontstopping (mouwenfilter) verondersteld.

Wanneer behandeld houtafval wordt verwerkt wordt bestaat de veronderstelde rookgasreiniging uit een de-NO_x (SNCR), de-SO_x (natte wasser), de-diox (actief kool injectie) en ontstopping (electrofilter).

5.4.6 Rest- en afvalstoffen

Tijdens het proces worden bodemassen en vliegassen gevormd. Beide worden afgescheiden en afgevoerd naar een stortplaats. Er wordt uitgegaan van de veronderstelling dat alle assen worden afgevoerd naar een categorie 2 stortplaats, zonder verdere behandeling. De bodemassen zouden eventueel na behandeling wel kunnen voldoen aan de milieuhygiënische eisen die worden gesteld in VLAREA om te kunnen worden hergebruikt als secundaire grondstof. Er wordt echter vanuit gegaan dat voor deze decentrale installaties de kosten voor een opwerkingsinstallatie niet verantwoord zijn, en dat hierin dan ook niet zal worden geïnvesteerd.

Afhankelijk van de interpretatie van bijlage 4.1 § 2 : lijst van afvalstoffen die in aanmerking komen voor gebruik als secundaire grondstoffen, gebruik in of als bouwstof, in VLAREA, komen de bodemassen van deze houtafvalverbrandingsinstallaties momenteel echter niet in aanmerking voor hergebruik. Indien deze houtafvalverbrandingsinstallaties worden beschouwd als verbrandingsinstallaties voor huishoudelijke afvalstoffen, komen de assen, indien ze voldoen aan de gestelde eisen, eventueel wel in aanmerking voor hergebruik.

Voor de kost van deze eindverwerking wordt verwezen naar Deel 1 § 4.2.8.

5.4.7 Kosten

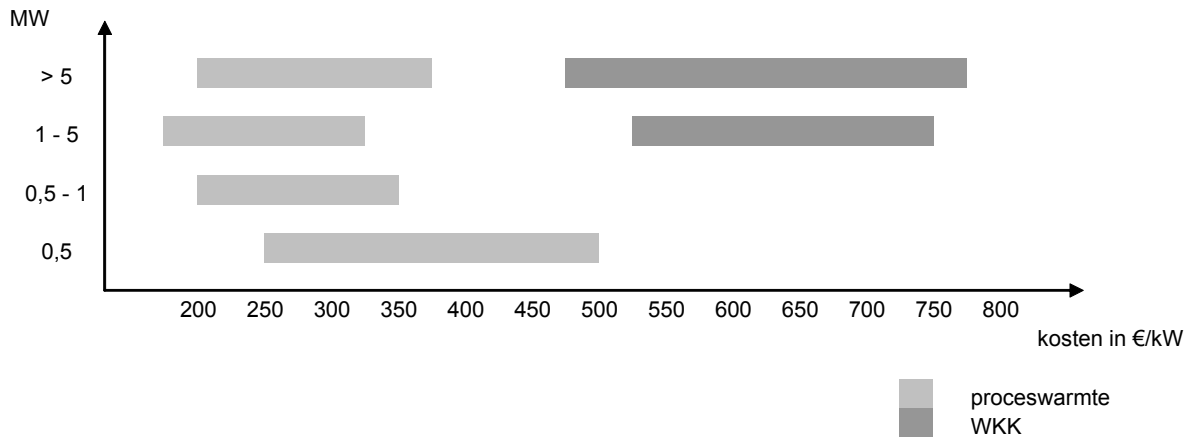
5.4.7.1 Investeringskosten

De kostprijs van een WKK met tegendrukstoomturbine voor de verwerking van biomassa van 14 MW, met bijbehorende randapparatuur en een doekfilter bevindt zich volgens literatuurgegevens tussen 8.700.000 en 10.700.000 EURO¹¹. In de studie wordt gewerkt met het gemiddelde, nl. € 9.700.000.

Voor een kleinschalige stookinstallatie voor de productie van proceswarmte van 10 MW, met bijbehorende randapparatuur en een doekfilter zou de investeringskost zich tussen 5.600.000 en 7.150.000 EURO¹¹ bevinden. In de studie wordt eveneens gewerkt met het gemiddelde, nl. € 6.375.000.

Wanneer een uitgebreidere rookgasreiniging wordt verondersteld, voor de verwerking van behandeld houtafval, wordt voor de beide installaties gerekend met een investeringskost voor deze rookgasreiniging van € 293 per ton input.

In onderstaande grafiek (zie Figuur 5) wordt ter illustratie de invloed van de schaalgrootte op de kostprijs gegeven.



Figuur 5: Invloed van de schaalgrootte op de kostprijs (WKK)

5.4.7.2 Operationele kosten

Vaste kosten

Omwille van het schaafeffect van decentrale verwerkingsinstallaties wordt voor dit type installaties gewerkt met andere veronderstellingen. Er wordt een vaste personeelskost verondersteld van 317.000 EURO/jaar voor beide installaties.

Voor de onderhoudskosten wordt uitgegaan van 2% van de investeringskosten, en voor de overige kosten (zoals verzekering ed.) van 1,5% van de investering.

Variabele kosten

Voor het gebruik van hulpstoffen wordt gewerkt met een kost van 2,50 EURO per ton verwerkt materiaal. Deze kostprijs omvat het verbruik van hulpbrandstoffen, chemicaliën en dergelijke.

Voor de verwerking van reststoffen worden de kosten voor storten weergegeven in Deel 1, § 4.2.8.

5.4.7.3 Technische levensduur

Er wordt een technische levensduur van de installaties verondersteld van 15 jaar.

5.4.8 Toepassing

In Vlaanderen wordt voornamelijk in de houtsector gebruik gemaakt van decentrale stookinstallaties op houtafval. Binnen deze sector wordt volgens OVAM 230.000 ton houtafval thermisch verwerkt. Buiten de houtsector zijn slechts enkele stookinstallaties bekend waarin (hout)afval wordt verwerkt.

Het decentraal verwerken van homogene afvalstromen is echter mogelijk volgens Vyncke.

5.5 Cementindustrie

5.5.1 Procesbeschrijving

5.5.1.1 Algemene procesbeschrijving

De productie van cement gebeurt in twee stappen: de sintering (productie van klinker) en de vermaling van de klinker met verschillende componenten (vliegashoudend, slakken, gips, ...) tot cement.

Productie van klinker

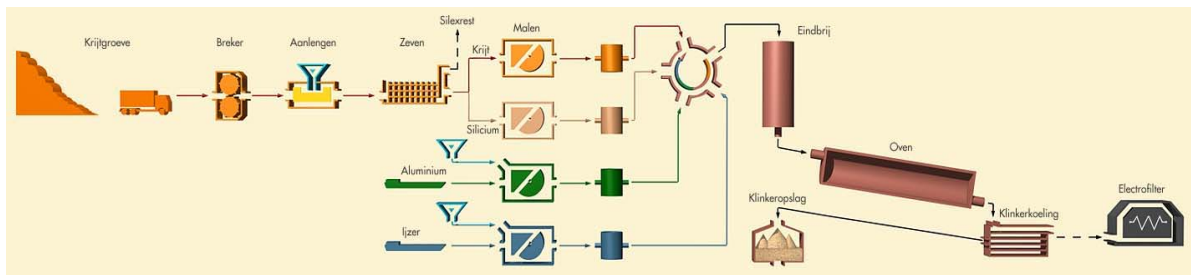
Klinker is het basisbestanddeel van cement en is een zeer hydraulisch product, wat betekent dat het in staat is hard te worden in contact met water. Klinker wordt bekomen door het zorgvuldig doseren van vier minerale oxides (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 en Fe_2O_3). De klinker wordt gevormd in een thermisch proces. De essentiële reactie waarmee het proces van de klinkerproductie begint, is de decarbonisatie van het calciumcarbonaat dat aanwezig is in krijt, kalksteen of mergel en waarbij calciumoxide gevormd wordt en CO_2 ontsnapt [CaCO_3 (krijt) \rightarrow CaO (kalk) + CO_2 (koolstofdioxide)]. Daarna volgt het klinkerproces waarin de CaO (kalk) reageert bij hoge temperatuur met silicium-, aluminium- en ijzeroxide om aldus silicaten, aluminaten en ferrieten van calcium te geven die de klinker vormen. Dankzij een snelle koeling met lucht wordt een amorfe structuur van complexe oxiden bekomen. Deze klinker is in feite het actieve bestanddeel van cement, dat eens in contact gebracht met water een kristallisatie ondergaat.

Afhankelijk van het watergehalte van het grondstofmengsel voor de klinkerproductie wordt een ander productieproces toegepast en daaraan gekoppeld een ander ovenconcept gebruikt. Elk van deze processen vereisen een specifieke installatie-opbouw. De sintering en calcinatie gebeuren echter steeds in een draaitrommeloven. Hierin beweegt het materiaal in tegenstroom met de hete rookgassen. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen installaties met lange draaitrommelovens en installaties met korte draaitrommelovens.

Klinkerproductie volgens het “natte proces”

Het “natte proces” (zie *Figuur 6*) wordt gebruikt wanneer het krijt een watergehalte heeft van meer dan 16% (waterrijke groeve of groeve onder grondwaterstand). Na ontginning wordt het in de groeve gebroken. In de klinkerfabriek wordt het krijt gemalen, gedoseerd met de andere mineralen (leem- SiO_2 , vliegashoudend- Al_2O_3 , pyriet- Fe_2O_3 , ...) en vervolgens in een homogenisatiekuip gebracht (watergehalte van 35% - ruwpap). Uit de ruwpap worden aanwezige silexstenen gezeefd (men gebruikt deze op nuttige wijze voor de aanleg van wegfunderingen). Deze ruwpap wordt in het hoogste gedeelte van een lange, lichtjes hellende en roterende oven gebracht. Door die draaiende beweging glijdt de pap naar de sinterzone (initiële droogfase). Na deze eerste droogfase bereikt de mengeling, in het midden van de oven, een temperatuur van $800\text{ }^\circ\text{C}$ en gaat ze decarbonateren ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$). Naarmate de massa verder door de oven naar de vlam toe glijdt (temperatuur vlam = 1800 à 2000°C) wordt ze gesinterd bij een temperatuur van ongeveer

1400°C. Daarbij worden calciumsilicaten en – aluminaten gevormd (= klinkergranulaten). De klinkergranulaten worden opgeslagen en zijn klaar voor transport naar de cementfabriek.

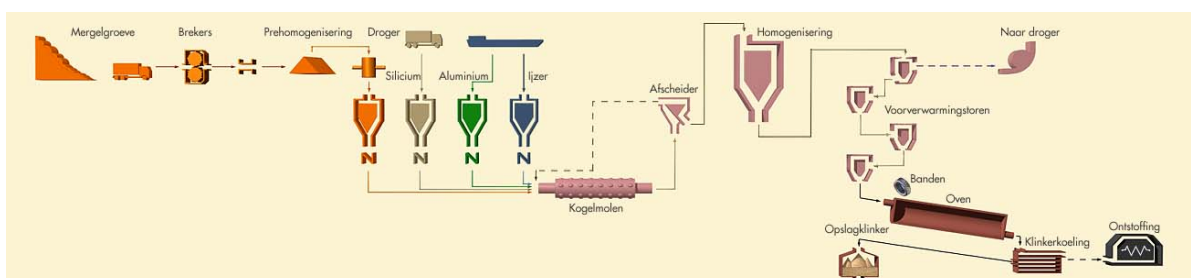


*Figuur 6: Productie van cement volgens de natte weg
(Bron: CBR website)*

Klinkerproductie volgens het “droge proces”

Het “droge proces” (zie *Figuur 7*) wordt gebruikt wanneer de grondstoffen in droge toestand gedolven worden. De klinkerproductie langs droge weg wordt aangewend wanneer de kalksteen een watergehalte heeft dat lager ligt dan 16%. Kalksteen wordt gebroken, eventueel gedroogd en voor-gemengd (door wijze van opslag). Na toevoeging van de andere mineralen, wordt het mengsel gemalen (kogelmolen) en gehomogeniseerd. Het ruwe meel dat op die manier ontstaat wordt bovenaan in een voorverwarmer met verschillende cyclonen gebracht (= precalcinator). Het mengsel wordt hierdoor opgewarmd als gevolg van het contact met de hete stijgende gassen, en bereikt het uiteindelijk een temperatuur van 800 °C. Bij deze temperatuur gaat het meel gedeeltelijk decarbonateren. De toepassing van het voorverwarmingsproces maakt het mogelijk om, met behulp van een extra brander en met de warme lucht van de koeler, een betere decarbonatatie te verkrijgen. Er is geen zeer hoge vlamtemperatuur nodig en er kunnen dus vervangende brandstoffen gebruikt worden.

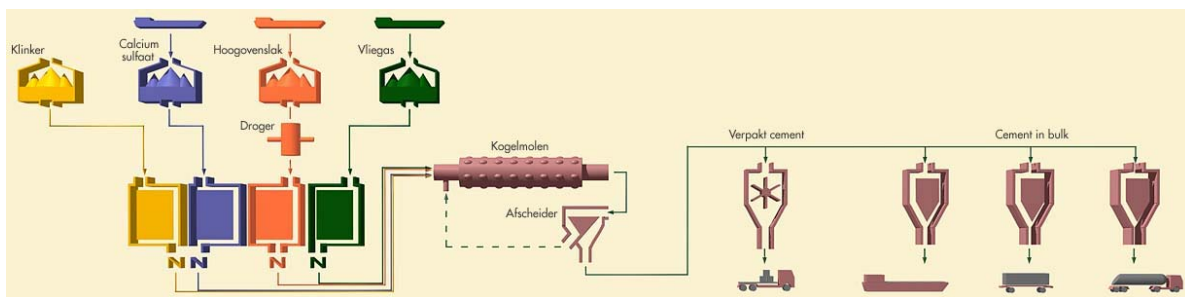
Het meel wordt vervolgens in een hellende draaitrommeloven gebracht, met een vlam die een temperatuur heeft van 1800 tot 2000 °C. Hier voltrekt zich de sintering bij ongeveer 1400 °C. Het droge proces is korter dan het natte proces wat zorgt voor energiebesparing. Na het proces in de oven komt het mengsel in een koeler waar de klinker snel wordt afgekoeld. De gerecupereerde warmte wordt opnieuw gebruikt in de precalcinator. De klinker wordt opgeslagen en is gereed voor transport naar de cementfabriek.



Figuur 7: Productie van cement volgens het droge procédé (Bron: CBR website)

Vermalen van klinker tot cement

Om cement te verkrijgen, moet de geproduceerde klinker die uit de draaitrommeloven komt van kleine korreltjes tot stof worden vermalen (zie *Figuur 8*). Hierbij wordt een kleine hoeveelheid calciumsulfaat (gips of anhydriet) in de maalinstallatie toegevoegd. Dit calciumsulfaat regelt de binding van de verschillende componenten tijdens de hydratatie van het cement (bindtijdregelaar). Daarnaast kan ook nog vliegas, kalksteen en slak toegevoegd worden. En verder worden ook nog vulstoffen en additieven toegevoegd (maximaal enkel massaprocenten). Dit zijn doorgaans steenachtige stoffen en organische maalhulpmiddelen, die lijken op de anderen inkomende grondstoffen. Na dosering wordt het mengsel in een kogelmolen gebracht, waar het tot poeder wordt vermalen. Na het malen wordt het cement opgeslagen in silo's.



Figuur 8: Productie van cement (Bron: CBR website)

5.5.1.2 Actueel bestaande toepassingen

De geografische situering van de cementfabrieken is het gevolg van de geologische structuur van ons land. De cementfabrieken zijn geconcentreerd in Wallonië, dicht bij de ontginningszones van de grondstoffen (o.a. krijt- en/of mergelgroeves).

CBR is een onderdeel van de Duitse Heidelberg cementgroep en heeft klinkerovens te Lixhe (1 nat en 1 droog proces), Antoing (droog proces) en Harmignies (nat proces, wit cement). De natte oven in Lixhe zal op het einde van 2002 gesloten worden. In de vestigingen van Gent en Mons wordt de klinker van Antoing gebruikt om tot cement te vermalen. De vestiging in Mons zal begin 2002 gesloten worden, de capaciteit van Gent zal hierdoor toenemen.

Ciments d'Obourg is een onderdeel van de Zwitsers Holderbank groep en heeft twee cementovens die zich in Obourg bevinden (nat proces met midkiln injectie). De Holderbankgroep beoogt een maximale substitutie van grond- en brandstoffen. Hiertoe wordt een specifiek beleidsplan opgesteld. Ciments d'Obourg heeft een gespecialiseerde dochteronderneming voor 'secundaire brandstoffen', genaamd Scoribel.

CCB, onderdeel van de Italiaans groep Italcementi, heeft 2 droge cementovens te Gaurain-Ramecroix, nabij Doornik.

De totale gezamenlijke klinkerproductie bedroeg 5.9 miljoen ton in 2000¹². 70% hiervan werd geproduceerd via het droge proces en 30% via de natte weg. Deze capaciteit is hoofdzakelijk gebonden aan de Belgische consumptie en zal in de komende jaren ongeveer stabiel blijven. De enige variabele voor de komende jaren is de evolutie van de import van cement uit landen zoals Polen en Indonesië.

5.5.1.3 Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen

De Belgische cementindustrie profileert zich actief in de ontwikkeling van de nuttige toepassing van brandbare en onbrandbare afvalstoffen. De drie cementfabrieken hebben wel een verschillend beleid en een andere ervaring op vlak van het gebruik van afvalstoffen als brandstof. De verwerking van vetten en diermeel geldt momenteel als algemene praktijk.

In de klinkerovens van de drie cementbedrijven komt gemiddeld 70% van het afval uit Vlaanderen, 10% uit Wallonië en 20% uit het buitenland¹³. De klinkerovens richten zich prioritair op hoogcalorisch en gevaarlijk industrieel afval. Ook niet-hoogcalorisch afval wordt gebruikt in de cementindustrie indien de samenstelling van de afvalstof toe laat een deel te benutten als secundaire grondstof in de klinker.

Ciments d'Obourg richt zich op afvalstoffen met een toegevoegde waarde voor het product (vervanging van natuurlijke mineralen) of het proces (vervanging van fossiele brandstoffen). Deze voorwaarde vertaalt zich in de twee volgende eisen:

1. Bovenste verbrandingswaarde > 5 MJ/kg; of
2. Gehalte $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_3 > 50\%$

Bovendien wordt een negatieve lijst opgesteld van afvalstoffen welke men niet wenst te verwerken. Hierop zullen laagcalorische en onbehandelde afvalstromen voorkomen. Om de verwerking van de afvalstoffen mogelijk te maken worden aanpassingen gedaan aan de installaties. Zo werd midden 1995 een midkiln-injectie geïnstalleerd op één van de ovens. Er wordt gebruik gemaakt van afvalstoffen met maximale negatieve waarde. Daarom verwerkt Ciments d'Obourg in de eerste plaats industrieel (gevaarlijk) hoogcalorisch afval. Daarnaast worden RWZI-slib en baggerspecie aangetrokken omwille van hun hoge grondstofwaarde (Si, Al, Ca, Fe).

De installatie van Ciments d'Obourg heeft de volgende technische mogelijkheden voor de introductie van afvalstoffen:

- inblaassysteem via trommelfront (voor *vloeibare, visceuze en vaste afvalstoffen*)
 - Vaste en semi-vloeibare afvalstoffen dienen gehomogeniseerd en geconditioneerd te worden door menging met zaagsel. Verder dienen ze verstufbaar te zijn voor de vaste-stof brander. Het mengsel wordt in open lucht opgeslagen.
 - Vloeibare afvalstoffen worden door Scoribel in een tankpark opgeslagen.
- drooginstallatie waar *slib* voorgedroogd wordt;
- midkiln injectiesysteem op oven voor *vaste afvalstoffen* (rubberbanden, balen reststoffen van huisvuil, houtbrokken, enz.), maar dit wordt in praktijk, o.a. omwille van technische problemen, niet op frequente basis gebruikt.

Ook **CBR** heeft ruime ervaring met de verwerking van afvalstoffen. In de verschillende ovens wordt 20-50 gew.% van het brandstofverbruik ingevuld met afvalstoffen. Het betreft

o.a. dierlijk meel en vet, afvalolie, autobanden, kunststofafval, bedrijfsafvalstoffen. Een deel van het afval wordt onder de vorm van een zaagsel-afvalmengsel, Resofuel genaamd, ingebracht. In 1995 werd aan CBR een vergunning toegekend voor verwerking van vaste, viskeuze en vloeibare gevaarlijke afvalstoffen. Het nat proces van Lixhe beschikt niet over een midkiln-injectie. Vaste afvalstoffen worden daarom aan het hete trommelfront (de materiaalzijde) ingevoerd. De “natte oven” in Lixhe zal op het einde van 2002 gesloten worden. In de droge processen van Lixhe en Antoing worden brandstoffen op de verschillende mogelijke injectiepunten toegevoegd. De cementoven van Harmignies produceert uitsluitend witte cement. Omwille van de specifieke eisen die aan de brandstoffen worden gesteld, is deze oven minder geschikt voor verwerking van afvalstoffen.

CCB heeft een beperkte ervaring op vlak van bijstoken van afval. De verwerking bleef momenteel beperkt tot autobanden, diermeel en dierlijk vet. CCB heeft een relatief laag alternatief brandstofgebruik. Momenteel loopt een vergunningsprocedure voor gevaarlijk afval. CCB heeft plannen om meer afvalstoffen in te zetten in de toekomst.

Algemene voorwaarden m.b.t. inzet van afvalstromen

In de klinkerovens kunnen onbrandbare anorganische afvalstoffen worden ingezet ter vervanging van de natuurlijke grondstof kalk. Daarnaast kunnen ook brandbare organische afvalstoffen en mengsels van beide gebruikt worden ter vervanging van de fossiele brandstoffen. Afvalstoffen worden geselecteerd op basis van hun calorische waarde en de aanwezigheid van nuttige componenten (Al, Si, ...) voor de klinkerproductie.

Maximaal 15% van de grondstoffen (mineralen) van de klinker komt via de vlam (inzet van afvalstoffen ter vervanging van de klassieke brandstof)¹⁴. Boven 15% kan men heterogeneïteiten in de klinker verwachten. Bijgevolg zal minimum 85% van de minerale grondstoffen afkomstig zijn van de natuurlijke kalk, klei en leem. De asresten van bijvoorbeeld autobanden (voornamelijk Si en Fe) worden volledig nuttig gebruikt als grondstof voor de klinker.

Men spreekt van een “talon noble” van 10%. Dit wil zeggen dat minstens 10% van de ingezette brandstoffen van hoogcalorische waarde moeten zijn. Indien dit lager is heeft men een te lange vlam in oven.

Afhankelijk van het gebruikte proces (nat of droog) gelden verschillende voorwaarden voor de behandeling van de afvalstoffen (stukgrootte, watergehalte, samenstelling, ...). Afhankelijk van het oventype kan fijn verdeeld, verkleind en/of niet verkleind afval verwerkt worden:

- Bij het *natte proces* kunnen fijn verdeelde vaste brandstoffen aan de vlamkant worden ingezet. Aan de vlamkant is een fijne verdeling van de brandstof nodig om tot volledige uitbrand te komen (deeltjes kleiner dan enkele mm). Daarnaast kan afval met een grote stukgrootte (bijvoorbeeld balen en rubberbanden, ...) ook ‘midkiln’ worden toegevoegd. Daar moet dan wel extra lucht worden bijgeblazen.
- Ook in het *droge proces* kunnen fijnverdeelde brandstoffen aan de vlamkant worden ingezet. Bijkomend kan daarnaast ook grover materiaal gebruikt worden in de

secundaire brander van de precalcinator (voorverwarmingstoren). Bij CBR in Lixhe bijvoorbeeld kunnen hele autobanden via een sluisprincipe aan de brander van de precalcinator worden toegevoegd als secundaire brandstof. De afvalstoffen die als vervangende brandstof aan de precalcinator worden ingezet passeren allemaal een temperatuurszone van 1000 °C zodat het risico dat componenten van een onvolledig verbranding rechtstreeks naar de schouw gaan zeer klein is.

De toepasbaarheid van de afvalstoffen wordt bepaald door de nood aan energie en specifieke grondstofelementen (Si, Al, alkali,...). De klinkeroven wordt immers in de eerste plaats bedreven om kwaliteitsvol cement te maken. Bij samenstelling van de brandstofmix, moet dan ook rekening gehouden worden met de aanwezigheid van basiselementen en eventuele storende elementen. De belangrijkste storende elementen zijn hieronder opgelijst:

- Reststromen met hoog **chloor**gehalte kunnen niet toegepast worden. Chloor, die met de brandstof wordt ingebracht, accumuleert in de trommeloven. Bij de hoge temperatuur worden vluchtige alkalichlorides gevormd die met de rookgassen worden meegevoerd naar het voorverwarmingsrooster, afkoelen, sublimeren en mee teruggaan met de stroom vast materiaal naar de warmere zones, waar ze opnieuw verdampen. Eens de opnamecapaciteit van het cement voor alkalichlorides is overschreden, gaan deze zich in de precalcinator afzetten (chloor-verdamping en -deponie in cyclonen) waardoor deze gaat blokkeren en de installatie moet stil gelegd worden. Bij CBR in Lixhe heeft men een by-pass geplaatst die een deel van het stof met o.a. chloor afzuigt. Dit kan dan opnieuw ingezet worden bij de cementproductie (menging). Bij CBR mag maximaal 1% chloor in de inputstroom aanwezig zijn. Bij Scoribel worden afvalpartijen tot maximaal 3% Cl-gehalte aanvaard. Scoribel mengt deze stromen met andere partijen met een lager of geen Cl-gehalte.
- **Antimoon** wordt als vuurvertrager gebruikt in de auto-industrie. Deze stof is aanwezig in kunststoffen en shredderafval. CimENTS d'Obourg heeft een vergunning voor 50 ppm¹³. CBR heeft een vergunning voor 200 ppm (enkel CBR verwerkt shredderafval op dit moment)¹⁵. Eigenlijk geeft antimoon geen technische problemen voor het klinkerproces.
- Ook het **P₂O₅** gehalte van de secundaire brandstoffen dient te worden beperkt. Aangezien een hoog P₂O₅ gehalte in de klinker een negatieve invloed heeft op de sterkte van de cement. Het P₂O₅ gehalte in de klinker mag zich tussen 0,3 en 0,7% bevinden¹³.
- De meeste **metalen** worden in het kristalrooster van de klinker gebonden. De inzet van afvalstoffen leidt niet tot de aanreiking van zware metalen in de klinker. Vluchtige metalen (Hg, Tl) echter kunnen via de rookgassen geëmitteerd worden of door het tegenstroomprincipe van de oven een kringloop vormen (verdamping in de warme delen, condensatie in de koudere delen). Hg en Tl moeten dan ook vermeden worden in de voeding. As is in principe ook vluchtig, maar wordt sterk in de klinker gebonden.

Specificaties per afvalstroom

Houtafval

Pasteus en vloeibaar afval wordt in gespecialiseerde behandelingsinstallaties (o.a. Scoribel, Recyfuel, ...) opgemengd met houtzaagsel tot een droog injecteerbaar mengsel of kan

eveneens rechtstreeks gebruikt worden als vervangingsbrandstof. Schuurstof wordt niet gebruikt bij de opmenging o.w.v. de stofemissies. Groter hout dat eerst moet fijngemalen worden is o.w.v. kostprijs niet interessant voor de cementindustrie.

Het houtzaagsel dat gebruikt wordt is voornamelijk afkomstig uit Vlaanderen (Forenex en Spano). Het is een onmisbaar product voor de verwerking van gevaarlijke afvalstoffen in de cementindustrie. Houtzaagsel dat gebruikt wordt voor de opmenging moet in principe voldoen aan volgende specificaties¹³:

- max. 15% < 90 micron
- 35% > 0.5 mm
- 90% < 4 mm
- 100% < 8 mm

Schuurstof (van Forenex, zoals gebruikt in Ruien) < 100 micron wordt niet aanvaard door Scoribel.

Deze specificaties worden ook gehanteerd bij Recyfuel. De opgemengde vaste brandstoffen hebben een constante kwaliteit (calorische waarde en samenstelling).

Diermeel

In België wordt diermeel voornamelijk in Vlaanderen geproduceerd. De hoeveelheid diermeel die kan worden verwerkt in de cementoven wordt beperkt door het P₂O₅ gehalte van het diermeel. De klinker mag maximaal 0,7 % P₂O₅ bevatten. Ook chloor is een beperkende factor. Diermeel bevat gemiddeld 0.6% chloor¹³. In de cementindustrie wordt voornamelijk diermeel van RENDAC verwerkt en slechts een kleine hoeveelheid van andere producenten of via import. Import (en export) van diermeel winnen immers aan belang. Het diermeel dat niet van RENDAC komt heeft vaak een iets andere samenstelling (meestal hoger P₂O₅-gehalte en een lagere verbrandingswaarde). De inzet van diermeel vereist geen andere fundamentele voorbehandeling.

Dierlijk vet

Dierlijk vet is een zeer geschikte brandstof voor de cementindustrie. De substitutiecapaciteit is enkel begrensd door de totale energievraag. De toepassing van dierlijk vet vereist geen voorbehandeling.

Kunststofafval

Kunststofafval heeft een hoge calorische waarde (tussen 20 en 40 MJ per kg) en is bijgevolg een uitstekende brandstof. Beperkende factor bij het inzetten van kunststofafval in de klinkeroven is het chloorgehalte. 1-1,5% chloor in het kunststofafval wordt aanvaardbaar geacht. In praktijk wordt geen scheiding uitgevoerd tussen de verschillende types kunststof. Verder is een goede voorbehandeling nodig, bijvoorbeeld de versnippering of pelletisatie tot een deeltjesgrootte van minder dan 10 mm. Bij inbrengsystemen kunnen problemen optreden omdat kunststoffen smelten alvorens te verbranden.

Afgedankte autobanden

Autobanden hebben een hoge calorische waarde en bevatten eveneens elementen zoals ijzer of silicium die gebruikt kunnen worden als nuttige grondstof voor de klinker. Autobanden

kunnen vermalen worden maar kunnen ook in hun geheel ingezet worden als secundaire brandstof in de cementoven.

Vermalen rubberbanden worden samen met tapijtresten en kunststofpellets aan de precalcinator van de het droge klinkerproces ingezet in de oven. De vermaling gebeurt door derden (Recigom, Recytire, Ecotri, ...). De vermalen rubberbanden worden via de precalcinator ingebracht in de oven. Chips van banden zouden in principe aan de vlamkant (hoofdbrander) kunnen worden ingebracht maar de kosten van verkleining maken dat oninteressant. In de praktijk wordt dit niet toegepast.

Hele banden worden via een speciaal sluisstelsel bij de precalcinator ingebracht in de oven (droog proces). Bij CimENTS d'Obourg kunnen hele autobanden enkel via de midkiln in de oven ingebracht worden maar momenteel gebeurt dit niet. De inzet van volledige autobanden (niet-vermalen) vereist een automatische installatie die bestaat uit een lift, een inkomsas en een camera die aan een computer is gekoppeld. Met de camera wordt nagegaan of de ingevoerde banden geschikt zijn voor de installatie en ontdaan zijn van de velg.

Tapijtresten

Tapijtresten kunnen in een verkleinde vorm (10 op 10 cm) gebruikt worden als brandstof in de cementindustrie. Meestal worden ze samen met vermalen banden en kunststofpellets ingebracht aan de precalcinator van de droge oven.

Schredderafval

In een aantal installaties voor de recyclage van afgedankte auto's worden de metalen stoffen gescheiden van de brandbare stoffen zoals kunststof, rubber, enzoverder. De zware fractie van het shredderafval heeft een uitstekend warmtevermogen en kan bijgevolg gebruikt worden in de cementoven. Shredderafval wordt enkel bij CBR in Antoining ingezet als secundaire brand- en grondstof. Shredderafval wordt daar toegepast in de precalcinerie zodat geen fundamentele voorbehandeling (bv. verkleining) vereist is.

Het chloorgehalte van shredderafval is relatief hoog, als gevolg van de aanwezigheid van chloorrijke rubbers. Coverbranding in de cementindustrie is enkel mogelijk mits bijmenging van voldoende hoeveelheden chloorarme stromen.

Zware metalen in het shredderafval zijn over het algemeen geen probleem voor het proces, enkel aanreiking in de klinker zou eventueel een probleem kunnen zijn.

5.5.2 Terugwinning van energie uit afval

Cementproductie is per definitie een energie- en brandstofintensief proces. De cementindustrie tracht dan ook tot een maximale benutting van alternatieve brandstoffen te komen.

In theorie is ongeveer 1800 MJ/ton energie nodig om klinker te produceren uit zijn grondstoffen¹⁶. In de praktijk is meer energie nodig:

- verdamping van water uit de grondstoffen vergt energie, met droge grondstoffen kost dit minder energie;
- energie-inhoud van de rookgassen, hoe meer verbrandingsgassen in het proces vrijkomen hoe groter het energieverbruik;

- stralings- en convectieverliezen van de oven;
- vermaling, kalksteen is een harde grondstof en vergt voor klinkervorming meer energie dan het zachte krijt.

In de praktijk ligt het energieverbruik ergens tussen 3000 en 6000 MJ/ton, afhankelijk van het proces (nat of droog proces). De streefwaarde die op Europees niveau is vastgelegd in de BREF voor de cementindustrie bedraagt 3000 MJ/ton¹⁷ wat overeenkomt met een rendement van 60% (ter vergelijking: 62% in BBT-slib¹⁸)

Gemiddelde voor de cementindustrie in België is 4,3 GJ aardolie-equivalent thermische energie per ton klinker nodig. De totale energievraag van de Belgische klinkerproductie in 2000 bedroeg dus 25,5 PJ (5,9 miljoen ton klinker x 4300 MJ/ton). In 2000 werd gemiddeld 32% van de totale energievraag ingevuld door substitutiebrandstoffen. We veronderstellen dat de cementproductie tussen 2000 en 2007 stabiel blijft (5,9 miljoen ton klinker) en dat de gemiddelde energievraag per ton klinker 10 % afneemt (van gemiddeld 4300 GJ/ton naar gemiddeld 3900 GJ/ton). Daardoor daalt de totale energievraag van de cementindustrie ook met 10 %, namelijk van 25,5 PJ in 2000 naar 22,8 PJ in 2007 (zie *Tabel 5-8*).

Tabel 5-8: Overzicht energieverbruik in de Belgische cementindustrie

	Totaal 2000	Potentieel 2007
Jaarlijkse klinkerproductie (Mton)	5,924	5,9
Energie per ton klinker (GJ/ton)	4,3	3,9
Totaal energieverbruik (PJ)	25,5	22,8
Totaal substitutiepercentage (%)	32	55
Totaal substitutie (PJ)	8,15	12,6

In 2000 werd 32% van de totale energievraag ingevuld door substitutiebrandstoffen. In 2007 zal het substitutiepercentage stijgen tot gemiddeld 55%. Deze doelstelling wordt opgelegd door de aandeelhouders van de cementindustrie. Als de Europese cementindustrie wil blijven bestaan (om tegen Aziatische cementindustrie te kunnen concurreren), moeten zij hun kosten significant reduceren. De inzet van alternatieven brandstoffen en grondstoffen is een van de belangrijkste opties voor kostenreductie voor de komende jaren.

De afvalstromen die worden ingezet vervangen een deel van de klassieke brandstoffen (zie *Tabel 5-9*). Daarbij vervangt de energie-inhoud van een afvalstof een gelijke hoeveelheid klassieke brandstof (d.w.z. 1 MJ afvalstof vervangt 1 MJ brandstof). De inzet van afvalstoffen leidt o.a. tot vermeden emissies voor de winning van klassieke energiedragers. Meer algemeen voor de beschouwde afvalstoffen geldt dat:

- (dierlijke) vetten hoogcalorisch zijn en bijgevolg stookolie en aardgas vervangen;
- zaagsel, diermeel, hele autobanden, shredderafval en de mix van kunststofafval, tapijtresten, vermalen rubberbanden een mix van de klassieke brandstoffen petcoke en steenkool vervangen.

Tabel 5-9 : Vermeden klassieke brandstoffen door inzet afvalstoffen

Afvalstroom	Vervangen brandstof
Houtzaagsel	brandstofmix van 60% petcoke en 40% steenkool
Diermeel	brandstofmix van 60% petcoke en 40% steenkool
Dierlijk vet	brandstofmix van 60% aardolie en 40% aardgas
Kunststof-, rubber- en tapijtafval	brandstofmix van 60% petcoke en 40% steenkool
Schredderafval	petcoke

De calorische waarde van de afvalstof bepaalt hoeveel fossiele brandstoffen kunnen worden vervangen door inzet van deze afvalstof en dus hoeveel energie en emissies kunnen worden uitgespaard voor de winning van deze klassieke brandstoffen. Onderstaande Tabel 5-10 geeft een overzicht van de gegevens die gebruikt werden om de kostenreductie en de vermeden emissies t.g.v. de uitsparing van deze klassieke brandstoffen in kaart te brengen in het model.

Tabel 5-10: Emissies en kosten voor de winning van de klassieke brandstoffen

	Calorische waarde (GJ/ton)	Asgehalte (gew.%)	Aankoop-prijs in Euro/GJ	Emissies bij winning (kg/GJ)				Referentiebronnen
				CO2	NO2	SO2	stof	
Steenkool	26	15	2	10,5960	0,0751	0,1072	0,1403	Buwal 300 (coal precombustion) + ECN - phyllis databank + Website Ministerie Economische Zaken
Aardgas	36	0	3,5	8,4642	0,0216	0,0442	0,0040	Buwal 300 (natural gas precombustion) + EMIS + Website Ministerie Economische Zaken
Aardolie	40	0	4	15,9950	0,0775	0,1025	0,0100	Buwal 300 (heavy oil precombustion) - Website Ministerie Economische Zaken
Petcoke	33	7,5	1,67	12,1015	0,0636	0,0864	0,0379	Omdat geen specifieke gegevens over de productie van petcoke voorhanden zijn, werd met gerekend met een combinatie (50/50) van gegevens van steenkool en aardolie. Prijs via CBR en Scoribel
Brandstof mix 1 (60% petcoke en 40% steenkool)	30,2	10,5	1,802	9,7061	0,0555	0,0766	0,0551	Gewogen gemiddelden (steenkool - petcoke)
Brandstof mix 2 (60% aardolie en 40% aardgas)	38,4	0	3,8	12,9827	0,0551	0,0792	0,0076	Gewogen gemiddelden (steenkool - petcoke)

5.5.3 Verbruik van grondstoffen

Klinker bestaat grosso modo uit 65% CaO, 22% SiO, 5% Al₂O₃, 3% Fe₂O₃, 1% MgO, 1% K₂O+Na₂O. Steengroeven leveren krijt (bron van CaO) en klei (bron van SiO₂ en Al₂O₃). In de klinkeroven kunnen naast de natuurlijke grondstoffen ook onbrandbare anorganische afvalstoffen worden ingezet ter vervanging van kalk. De inzet van afvalstoffen leidt tot vermeden emissies voor de ontginning van kalksteen of krijt.

In de klinkeroven is geen bijkomend verbruik van grondstoffen nodig door inzet van afvalstoffen. De afvalstromen die worden ingezet vervangen een deel van de natuurlijke grondstoffen (zie Tabel 5-11). De inzet van afvalstoffen leidt o.a. tot vermeden emissies voor de ontginning van voornamelijk krijt en kalksteen.

Tabel 5-11: Vermeden natuurlijke grondstoffen door inzet afvalstoffen

Afvalstroom	Vervangen grondstof
Houtzaagsel	natuurlijke grondstof krijt of kalksteen
Diermeel	natuurlijke grondstof krijt of kalksteen
Dierlijk vet	geen
Kunststof-, rubber- en tapijtafval	minerale grondstoffen, vereenvoudiging: 100% kalksteen
Schredderafval	natuurlijke grondstof krijt of kalksteen

Door na te gaan wat de bijdrage is van de afvalstof aan het asgehalte van de klinker kan worden afgeleid hoeveel van de natuurlijke grondstoffen door vervangende brandgrondstoffen kan worden vervangen en dus hoeveel energie en emissies kunnen worden bespaard voor de winning van kalksteen/krijt/mergel. Onderstaande Tabel 5-12 geeft een overzicht van de gegevens die gebruikt werden om de kostenreductie en de vermeden emissies t.g.v. de uitsparing van kalksteen in kaart te brengen in het model.

Tabel 5-12: Emissies en kosten voor ontginning kalksteen

	Calorische waarde (GJ/ton)	Asgehalte (gew.%)	Aankoop-prijs in Euro/GJ	Emissies bij winning (kg/GJ)				Referentiebronnen
				CO2	NO2	SO2	stof	
Kalksteen	0	100	2 Euro/ton	6,1501 kg/ton	0,012 kg/ton	0,024 kg/ton	0,161 kg/ton	ETH-ESU, Zurich, Switzerland + B. Nizet (Scoribel)

5.5.4 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

De belangrijkste emissies in de cementindustrie zijn emissies die vrijkomen aan de schouw van de oven, en dit met uitzondering van de stofemissies die voornamelijk vrijkomen bij het malen van de steenkool (maalininstallatie met kogelmolen). De emissies die vrijkomen aan de schouw van de oven zijn afkomstig van fysische en chemische reacties van grondstoffen en brandstoffen die gebruikt worden. De belangrijkste componenten in de rookgassen aan de schouw van de klinkeroven zijn NO_x, CO₂ van de calcinatie van CaCO₃ en de verbranding van de brandstof, SO₂ van de grond- en brandstoffen, en stof.

Iedere cementfabriek krijgt specifieke lokale vergunningsvoorwaarden opgelegd door het Waals gewest waarin emissiegrenswaarden staan.⁷ Deze limietwaarden kunnen van oven tot oven verschillen. Tabel 5-13 geeft een overzicht van de spreiding van de grenswaarden die worden vastgelegd in de exploitatievergunning en van de spreiding op de gemiddelde gemeten waarden. Daarnaast wordt ook een overzicht gegeven van de gemiddelde emissiekwaliteit in de Belgische cementindustrie die werd gerapporteerd in de Europese BREF in zijn bijlage A¹⁷. De berekening van de emissiefactoren is telkens gebaseerd op een rookgasdebiet van 2000 m³/ton klinker en een zuurstofgehalte van 10 vol% (bron: ERM rapport).

Tabel 5-13: Overzicht van huidige emissiegrenswaarden en –kwaliteit in de Belgische cementindustrie

Huidige emissiegegevens Belgische cementindustrie					
Parameter	Range van limietwaarden, vastgelegd in exploitatievergunning (mg/Nm ³)	Range van gemiddelde gemeten waarden (mg/Nm ³)	Gemiddelde Belgische emissiekwaliteit uit de Europese BREF (mg/Nm ³)	Emissiefactor o.b.v. grenswaarden (kg/ton klinker) [†]	Emissiefactor o.b.v. gemeten waarden (kg/ton klinker)*
NO _x (als NO ₂)	1500 - 1800	790 - 1500	1800	3 - 3,6	1,58 - 3
SO ₂	400 - 1200	160 - 250	1000	0,8 - 2,4	0,32 - 0,5
Stof	50 - 100	<25 - 65	50 - 100	0,1 - 0,2	<0,05 - <0,13
HCl	30	2,2 - 6,2	30	0,06	0,0044 - 0,012
Hg, Cd, Tl	0,2	0,013 - 0,065	0,2	0,0004	2,6E-05 - 1,3E-04
As, Co, Ni (klasse 2)	1	<0,2 - <0,7	1	0,002	< 0,0004 - <0,0014
Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn (klasse 3)	5	<1,2 - <2	5	0,01	0,0024 - 0,004
Totaal VOC	75 - 150	4 - 53	75	0,15 - 0,3	0,008 - 0,106
Dioxines en furanen	0,1	0,0045 - 0,055 (ng Teq/Nm ³)	/	0,0002	9E-06 - 11E-05 (ng Teq/ton klinker)

[†] stel rookgasdebiet van 2000 m³/ton klinker en een zuurstofgehalte van 10 vol% (bron: ERM rapport)

Uit Tabel 5-13 kan afgeleid worden dat stof, NO_x en SO₂ de voornaamste knelpunten in de sector zijn. Op te merken valt dat de vermelde emissies gerelateerd zijn aan de productie van de klinker en slechts gedeeltelijk aan de verbranding van de afvalstoffen.

⁷ Vanaf meer dan 40% brandstofsubstitutie (op thermische energie) door gevaarlijk afval gelden de normen voor afvalverbrandingsinstallaties. In de praktijk wordt dit maximum bijgevolg niet overschreden.

Volgens de afvalverbrandingsrichtlijn 2000/76/EG moeten bestaande cementovens die afval meeverbranden vanaf 28 december 2005 voldoen aan de emissiegrenswaarden in Tabel 5-14.

Tabel 5-14: Overzicht van de emissiegrenswaarden in richtlijn 2000/76/EG: bijzondere voorschriften voor grote cementovens waarin afval wordt meeverbrand

	mg/m ³
stof	30
HCl	10
HF	1
NO _x bestaande installaties	800
NO _x nieuwe installaties	500 ¹
SO ₂	50
Cd + Tl	0.05
Hg	0.05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0.5
TOC	10
dioxinene en furanen	0.1

De belangrijkste, en doorgaans enige, rookgaszuiveringsinstallatie na een cementoven is de ontstopping van de rookgassen met behulp van een elektro- en doekenfilter. De filters zijn eveneens nodig wanneer geen afvalstromen worden ingezet.

Voor meer details betreffende de modelering van emissies wordt verwezen naar Deel 1 § 4.2.4.

In hetgeen volgt worden de belangrijkste emissies van de klinkeroven wat meer in detail besproken.

CO₂

De rookgassen van de cementovens bevatten hoge CO₂ concentraties, die grosso modo voor 50% afkomstig zijn van de verbranding van de brandstof, en voor 50% door decarbonisatie van de kalksteen. De CO₂ emissies afkomstig van de verbranding van afvalstoffen kunnen berekend worden op basis van de samenstelling van de afvalstof (omrekening aan de hand van het koolstofgehalte). Voor meer details betreffende de omrekening wordt verwezen naar Deel 1 § 4.2.4. (onderdeel CO₂ emissies).

SO_x

Het grootste deel van de zwavel dat via de gebruikte grond- en brandstoffen in de cementoven wordt binnengebracht, wordt als CaSO₄ (gips) chemisch in de klinker gebonden. Ondanks het feit dat de meeste zwavel in de klinker (cement) blijft als sulfaat, kunnen de emissies van SO₂ toch significant hoog zijn voor de cementoven afhankelijk van de aanwezigheid van vluchtig zwavel in de gebruikte brandstoffen en grondstoffen. Uit Tabel 5-15 blijkt echter dat het zwavelgehalte voor de hier beschouwde afvalstoffen over het algemeen lager ligt dan voor de vervangen fossiele brandstoffen. We kunnen hieruit concluderen dat de SO₂ emissies waarschijnlijk niet verhogen door de inzet van afvalstoffen.

Tabel 5-15: Zwavelgehalte van enkele fossiele brandstoffen versus enkele afvalstromen

Zwavelgehalte	gew% op droog
Petcoke	4,85
Steenkool	1
ASR	0,32
rubberbanden	1,29
kunststofafval	0,01
Tapijt- en textielresten	0,12
Houtzaagsel	0,1

NO_x

Stikstofoxides in de rookgassen zijn hoofdzakelijk een gevolg van de oxidatie van stikstof (N₂) in de verbrandingslucht bij zeer hoge temperaturen (sintering). NO_x emissies zijn inherent verbonden aan de procesvereisten, en worden weinig beïnvloed door de kwaliteit van de brandstoffen. Emissies van NO_x worden bijgevolg mede bepaald door het type proces dat gebruikt wordt (nat of droog). Het Minox systeem dat bij CBR wordt gebruikt aan de precalcinator vermindert preventief de emissies van NO_x door iets minder O₂ toe te voegen.

Dioxines

De procescondities in de cementovens zijn overwegend ongunstig voor de vorming van dioxines in de rookgassen. Het toevoegen van brandstoffen bij de grondstoffen kan de dioxine emissie sterk verhogen, in het bijzonder als deze dosering plaatsvindt na de zone van hoge temperatuur. Kalksteen/krijt is de meest logische bron van dioxine emissies. Kalksteen/krijt bevat namelijk een hoeveelheid humus of lignine. Wanneer deze wordt ingebracht aan de koude kant kan het daar aanleiding geven tot dioxinevorming.

Metingen in cementovens in Zwitserland, België en Duitsland hebben aangetoond dat de emissies van dioxines en furanen onafhankelijk zijn van de gebruikte energiedrager en dat de emissies duidelijk lager zijn dan 0,1 ng TEQ/Nm³. Dit is de grenswaarde die ook in Vlaanderen geldt voor verbrandingsinstallaties van gevaarlijk afval. Bij normale werking van de oven zijn de EU-specificaties voor verbranding van gevaarlijk afval voldaan en kan bijgevolg gesteld worden dat de emissies van dioxines en furanen laag zijn¹⁹.

Fijn stof

Een belangrijke milieu-impact binnen de cementindustrie is te wijten aan het vrijkomen van stofdeeltjes. Het stof van de cementoven (in de ruwe rookgassen) bestaat hoofdzakelijk uit fijne grondstof- en klinkerdeeltjes, waarop vluchtige metalen en zouten zijn gecondenseerd. De concentratie vliegias en zware metalen van de brandstof- en afvalverbranding is relatief laag. De rookgassen worden ontstof met elektrofilters. De stofemissies zijn erg afhankelijk van de ouderdom van de installatie, de staat van onderhoud en de bedrijfsvoering van de installaties.

Stofemissies worden opgevangen door een elektrofilter (extra investering). Daarna gaan ze naar de kogelmogel en worden ze gebruikt in de cement. Er kan geen verschil in stofemissies toegewezen worden aan de inzet van specifieke afvalstoffen.

5.5.5 *Rest- en afvalstoffen*

De asrest van de verbranding van het bijgestookte afval wordt integraal in de klinker en de cement opgenomen. De meeste metalen worden effectief geïmmobiliseerd in de klinker, zodat de uitloogbaarheid beperkt is. De elementen Ca, Si, Al, Mg, Fe en S zijn essentiële elementen voor de vorming van cement.

De enige reststromen die bij cementovens vrijkomen zijn het niet-gerecycleerde gedeelte van het cementovenstof dat door de elektrofilter uit de rookgassen wordt afgescheiden en het vuurvast materiaal uit oven. Deze reststromen worden opnieuw intern ingezet en komen uiteindelijk weer terug in de klinker terecht.

5.5.6 *Kosten*

Om een goede evaluatie te kunnen maken van de inzet van afvalstoffen in de cementindustrie, in vergelijking met alternatieve mogelijkheden, is het noodzakelijk om de verwerkingskosten zo goed als mogelijk in te schatten. Daarvoor zijn gegevens nodig enerzijds van het uitsparen van brandstoffen en grondstoffen, anderzijds van de bijkomende investeringskosten (bijkomende opslaginfrastructuur, transport- en voedingslijnen op het bedrijfsterrein, bijkomende infrastructuur voor ontvangst en analyse van goederen, aanpassingen aan de ovens (bijvoorbeeld midkiln), ...), eventueel vaste kosten (onderhoud, verzekeringen, ...) en variabele kosten (extra personeelsinzet, variabele analysekosten, ...) voor specifieke afvalstoffen.

Gebruik van brandbare afvalstoffen in de cementindustrie leidt tot het **uitsparen** van de kosten van primaire brandstoffen en grondstoffen. Voor de kosten van deze primaire brandstoffen en grondstoffen wordt verwezen naar Tabel 5-10 en Tabel 5-11.

Daarnaast brengt het gebruik van afvalstoffen **extra kosten** met zich mee. De verplichting om voortdurend de eigenschappen van de vervangende grondstoffen en brandstoffen in het oog te houden heeft een hoge kostprijs:

- kosten verbonden aan de *procedures* voor de aanvaarding en opvolging (personeel, analyse en controle van inkomend afval en van emissies)
- kosten verbonden aan *technische investeringen* (laboratorium, uitwerking van nieuwe analysemethodes, enz.)

Deze kosten variëren afhankelijk van de eigenschappen van de afvalstof. Voor sommige van deze kosten kan één cijfer worden gegeven dat voor eender welke van de beschouwde afvalstromen van toepassing is. Sommige kosten werden echter per afvalstof gespecificeerd worden, bv. kosten voor inbreng van hele rubberbanden via precalcinator of midkiln.

De **technische levensduur** van alle aanpassingen voor alle afvalstromen bedraagt 15 jaar.
(aan te passen in onderstaande tabel)

Tabel 5-16: Overzicht van de kosten gerelateerd aan de inzet afvalstoffen die beschouwd worden in deze studie

	Investeringskosten		Technische levensduur	Vaste kosten	Variabele kosten
	Analysekosten	Opslag-capaciteit + aanpassingen installatie			
	Euro/ton	Euro/(ton/jaar)			
Zaagsel	gebonden aan verwerking van gevaarlijk afval - inkoop aan -10 Euro/ton				
Diermeel	5	33	15	5	30
Dierlijk vet	5		15		
Rubberbanden (heel)	5	150	15	7	30
Mix "kunststof, tapijt, rubber" + ASR	5	67	15	5	20

opmerking: de investeringskosten voor opslagcapaciteit en aanpassingen aan de bestaande installaties zijn uitgedrukt in Euro/(ton/jaar). Dit is het volledige investeringsbedrag voor een verwerkingscapaciteit van 1 ton/jaar.

5.5.6.1 Investeringskosten

Analysekosten zijn voor elke afvalstof hetzelfde, namelijk 5 Euro per ton. De andere investeringskosten (opslagcapaciteit en aanpassingen aanvoerleidingen, brander en oven) kunnen verschillend zijn voor de afvalstromen die beschouwd worden (zie Tabel 5-16). De investeringskosten voor opslagcapaciteit en aanpassingen aan de bestaande installaties worden omgerekend naar Euro/(ton/jaar). Dit is het volledige investeringsbedrag voor een verwerkingscapaciteit van 1 ton/jaar.

Voor bestaande investeringen gaan we ervan uit dat deze capaciteit nog voor de helft beschikbaar is in 2007, en volledig verdwenen is in 2013.

Zaagsel

In tegenstelling tot de andere afvalstoffen kan aan zaagsel niet echt een verwerkingskost worden toegekend. Zaagsel moet worden gezien als een hulpstof die het mogelijk maakt om andere (gevaarlijke) afvalstoffen in verwerkbaar vorm om te zetten. De cementindustrie koopt het zaagsel in aan positieve prijzen (ongeveer 10 Euro per ton houtzaagsel). Een gedetailleerde (economische) analyse van de verwerking van deze gevaarlijke afvalstoffen valt buiten het opzet van deze studie. Vereenvoudigend zal daarom voor het gebruik van zaagsel een 'negatieve verwerkingskost' (m.a.w. baten) worden gebruikt van 10 Euro per ton.

Diermeel

Voor diermeel wordt met een investeringskost van 1,2 miljoen Euro gerekend voor een capaciteit van 40000 ton (= kosten voor 2 silo's, 1 lijn). Dit komt overeen met 33,33 Euro voor een verwerkingscapaciteit van 1 ton per jaar (onafhankelijk van de herkomst van het diermeel).

Er wordt van uitgegaan dat de investeringen in verwerkingscapaciteit voor diermeel voor 70% overdraagbaar zijn naar de verwerking van de mix van kunststof/tapijt/shredderresidu.

Volle banden

Investering van 3 miljoen Euro voor capaciteit van 20000 ton of 150 Euro per ton banden.

Mix van kunststof/tapijt/vermalen rubberbanden/shredderafval

De opslag van 20000 ton kunststof-tapijt-vermalen rubberbanden-shredderafval kost 2 miljoen Euro (opslag, lopende band, voeding). Per ton van deze afvalmix komt dit neer op een investeringskost van 66,67 Euro voor een verwerkingscapaciteit van 1 ton per jaar. Voor de modellering zijn we ervan uitgegaan dat investeringen voor kunststoffen, tapijtafval, verkleinde rubberbanden, shredderafval onderling overdraagbaar zijn. De kosten voor analyse werden toegevoegd aan de variabele kosten.

5.5.6.2 Operationele kosten

Vaste kosten zijn o.a. kosten voor onderhoud van de installatie, verzekeringen, enzoverder. Variabele kosten omvatten de extra personeelsinzet die nodig is om de afvalstroom te kunnen inzetten, variabele analysekosten voor specifieke afvalstoffen, enzoverder.

De meeste afvalstromen die beschouwd worden in deze studie hebben een vaste kost van 5 Euro per ton. De vaste kost voor de rubberbanden ligt iets hoger (7 Euro per ton) omdat de onderhoudskost van het sluisstelsel aan de precalcinator relatief hoger ligt (zie Tabel 5-16).

Verder liggen de variabele kosten in de grootte-orde 30 Euro per ton, met uitzondering voor de mix kunststof, rubber en tapijtafval, die een lagere variabele kost heeft (namelijk 20 Euro per ton).

5.5.7 Actuele en potentiële toepassing

5.5.7.1 Bespreking per afvalstroom

Houtafval

In de drie cementbedrijven werd in 2000 in totaal 55 kton of 0,85 PJ aan houtzaagsel ingezet (calorische waarde 15,4 MJ/ton)²⁰.

Het gebruik van zaagsel is gekoppeld aan de verwerking van gevaarlijke afvalstoffen. De verwerking van gevaarlijke afvalstoffen is een prioriteit voor de cementindustrie. Het zaagsel is eerder een grondstof, die moet worden aangekocht, dan een te verwerken afvalstof. De inzet van houtzaagsel is bijgevolg afhankelijk van zowel de prijs van het houtzaagsel als de prijs van het gevaarlijk afval. Volgens inschattingen van de cementindustrie kan het verbruik van zaagsel voor indrenking van gevaarlijke afvalstoffen stijgen tot ongeveer 75 kton (1,15 PJ)²⁰ in 2007.

Diermeel

In 2000 werd er 85 kton of 0,7 PJ (gem. calorische waarde van 17 MJ/kg) diermeel verwerkt in de Belgische cementindustrie. In 2001 werd dit al verhoogd tot 110 kton en voor 2002 verwacht men een inzet van 150 kton diermeel²⁰.

De maximale totale capaciteit van de verwerking van diermeel in de cementindustrie wordt geschat op 165 kton²¹.

Dierlijk vet

Het totale inzet van dierlijk vet in de Belgische cementindustrie bedroeg ongeveer 18 kton (calorische waarde van 39 MJ/kg) of ongeveer 0,7 PJ in 2000²⁰.

We kunnen ervan uitgaan dat er op de inzet van dierlijk vet in de Belgische cementindustrie geen beperkingen staan, en dat een eventuele verhoogde inzet van dierlijk vet ook geen invloed heeft op de mogelijke inzet van andere afvalstoffen. We beschouwen daarom het dierlijk vet afzonderlijk van de overige in deze studie beschouwde potentieel inzetbare afvalstoffen.

Mix kunststof, rubber en tapijresten

De mix kunststofafval, rubbergranulaten en tapijtafval wordt tesamen besproken omdat deze afvalstoffen meestal onder dezelfde vorm (pellets) en op dezelfde manier in de klinkeroven worden gebracht.

Bij CBR en CCB werd in 2000 gezamenlijk 51 kton of 1,17 PJ (gemiddelde calorische waarde van 23 MJ/kg) ingezet van de mix kunststof-rubber-tapijt. Ciments d'Obourg verwerkt deze mix niet omdat men daar geen precalcinator heeft (enkel nat proces).

De maximale totale capaciteit van de verwerking van de mix kunststof-rubber-tapijt in de cementindustrie wordt geschat op 110 kton of 2,5 PJ. Men verwacht dat ook Ciments d'Obourg deze mix in de toekomst gaat inzetten (via midkiln systeem). Verder verwacht men vooral een sterk verhoogde inzet bij CCB¹³.

Volledige autobanden

In de droge oven in Lixhe worden rubberbanden in hun geheel ingebracht in de precalcinator via een apart sluisstelsel. In 2000 werd 17 kton banden ingezet, wat overeenkomt met 0,42 PJ (calorische waarde van 25 MJ/kg)¹⁵.

Men verwacht een stabilisatie van de inzet van hele autobanden voor 2007.

Schredderafval

In 2000 werd 10 kton of 0,17 PJ (zware fractie heeft een gemiddelde calorische waarde van 17 MJ/kg) shredderafval ingezet als afvalstof bij CBR¹⁵.

Men verwacht dat in 2007 ook CCB en Ciments d'Obourg een kleine hoeveelheden shredderafval zullen verwerken. De gezamenlijke en totale maximale capaciteit voor de verwerking van shredderafval in de Belgische cementindustrie wordt geschat op 25 kton of 0,42 PJ¹⁵.

5.5.7.2 Samenvatting actuele en potentiële verwerkingscapaciteiten

In onderstaande *Tabel 5-17* wordt een overzicht gegeven van de verwerkingscapaciteit van de verschillende afvalstromen in de Belgische cementindustrie en wordt een inschatting gemaakt van de hoeveelheid afval van Vlaamse herkomst. Het overzicht maakt een onderscheid tussen de verwerkingscapaciteiten in 2000 en de potentiële capaciteiten in het jaar 2007.

Tabel 5-17: Samenvatting afvalverwerkingscapaciteit in de Belgische cementovens

stromen beschouwd in HCSA studie	calorische waarde (MJ/kg)	Referentiejaar 2000		Potentieel 2007	
		ton	GJ	ton	GJ
zaagsel	15,4	55000	847000	75000	1155000
diervet	39	18000	702000	110000	4290000
diermeel	17	85000	1360000	165000	2640000
rubberbanden	25	17000	425000	17000	425000
ASR	17	10000	170000	25000	425000
Mix kunststof, rubber, tapijt	23	51000	1173000	110000	2530000
Totaal	20	236000	4677000	502000	11465000
Totaal exclusief dierlijk vet	18	218000	3975000		7175000
Substitutiepercentage exclusief dierlijk vet			16%		31%
Substitutiepercentage exclusief dierlijk vet t.o.v. totale substitutie			50%		57%
Totaal Vlaams aandeel			70%		70%
Totaal Vlaams excl. dierlijk vet			2782500		5022500
Stromen niet beschouwd in HCSA studie			3474424		1093150

Dierlijk vet is een zeer geschikte brandstof voor de cementindustrie. De substitutiecapaciteit is enkel begrensd door de totale energievraag. Het inzet in 2000 bedroeg ongeveer 18 kton of 0,7 PJ. We kunnen ervan uitgaan dat er op de inzet van dierlijk vet uit Vlaanderen in de cementindustrie gelocaliseerd in Wallonië geen beperkingen staan, en dat een eventuele verhoogde inzet van dierlijk vet ook geen invloed heeft op de mogelijke inzet van andere afvalstoffen. We beschouwen daarom het dierlijk vet afzonderlijk van de overige in deze studie beschouwde potentieel inzetbare afvalstoffen.

De overige afvalstoffen (alle stromen die beschouwd worden in deze studie, exclusief het dierlijk vet) stonden in het jaar 2000 in voor 16 % van de energievraag of voor 50% van de

totale hoeveelheid vervangende brandstoffen (zie *Tabel 5-17*). Dit komt overeen met bijna 4 PJ die ter beschikking was voor de verwerking van deze afvalstromen. Deze 4 PJ kan grosso modo verdeeld worden over diermeel enerzijds en een mengeling van kunststofafval, tapijtafval, rubberbanden en shredderafval anderzijds.

De huidige verwerkte hoeveelheden (2000) van afvalstoffen worden beschouwd als een indicatie van de in 2001 geïnstalleerde capaciteit. Daarvan wordt 70 % beschouwd als beschikbaar voor Vlaams afval (uitgezonderd diermeel). Bijgevolg was ongeveer 2,8 PJ beschikbaar (in 2000) voor de verwerking van Vlaams afval in de cementovens die in Wallonië gelocaliseerd zijn.

In de Belgische cementindustrie werd in 2000 in totaal 8,15 PJ ingevuld door alternatieve brandstoffen, waarvan 4,7 PJ door afvalstromen die beschouwd worden in deze studie (inclusief dierlijk vet). Bijgevolg werd 3,5 PJ ingevuld door andere afvalstromen die niet beschouwd worden in deze studie (o.a. filterperskoeken, verfafval, verontreinigde koolwaterstoffen en olie, ...).

We veronderstellen dat de cementproductie tussen nu en 2007 stabiel blijft. De gemiddelde energievraag per ton klinker neemt 10 % af (van gemiddeld 4300 GJ/ton naar gemiddeld 3900 GJ/ton). Daardoor daalt de totale energievraag van de cementindustrie ook met 10 % (van 25,5 PJ in 2000 naar 22,8 PJ in 2007). Anderzijds veronderstellen we dat de substitutie van klassieke brandstoffen door afvalstoffen verder toeneemt. De totale brandstofsubstitutie kan toenemen van 32 % naar 55 % (of 12,6 PJ).²⁰

Voor 2007 werden in overleg met de Belgische cementindustrie schattingen gemaakt over maximale potentiële capaciteiten (zie *Tabel 5-17*). De beschouwde afvalstoffen (alle stromen die beschouwd worden in deze studie, exclusief het dierlijk vet) zullen op basis van deze inschatting voor 31 % van de energievraag instaan of voor 57% van de totale hoeveelheid vervangende brandstoffen of voor 7 PJ (zie *Tabel 5-17*).

Indien men de inzet van dierlijk vet toch mee in beschouwing neemt dan kan 11,4 PJ worden ingezet en blijft er slecht 1 PJ over voor andere stromen die niet beschouwd worden in de studie (o.a. slib, vloeistoffen, distillatieresidues, ...).

We kunnen ervan uitgaan dat de fractie van de totale hoeveelheid afval die uit Vlaanderen komt ook 70% bedraagt in 2007. Bijgevolg zal ongeveer 5 PJ beschikbaar zijn voor de verwerking van Vlaams afval in de Waalse cementovens (exclusief dierlijk vet). Dit getal zal worden gebruikt als maximum-grens voor de inzet van diermeel, kunststofafval, rubberbanden, tapijtafval en shredderafval.

De huidige verwerkte hoeveelheden (2000-2001) van afvalstoffen worden beschouwd als een indicatie van de in 2001 geïnstalleerde capaciteit. Daarvan wordt 70 % beschouwd als beschikbaar voor Vlaams afval (uitz. diermeel). Rekening houdend met een levensduur voor de investeringen van 10 jaar kunnen we veronderstellen dat deze capaciteit nog voor de helft beschikbaar is in 2007, en volledig verdwenen is in 2013.

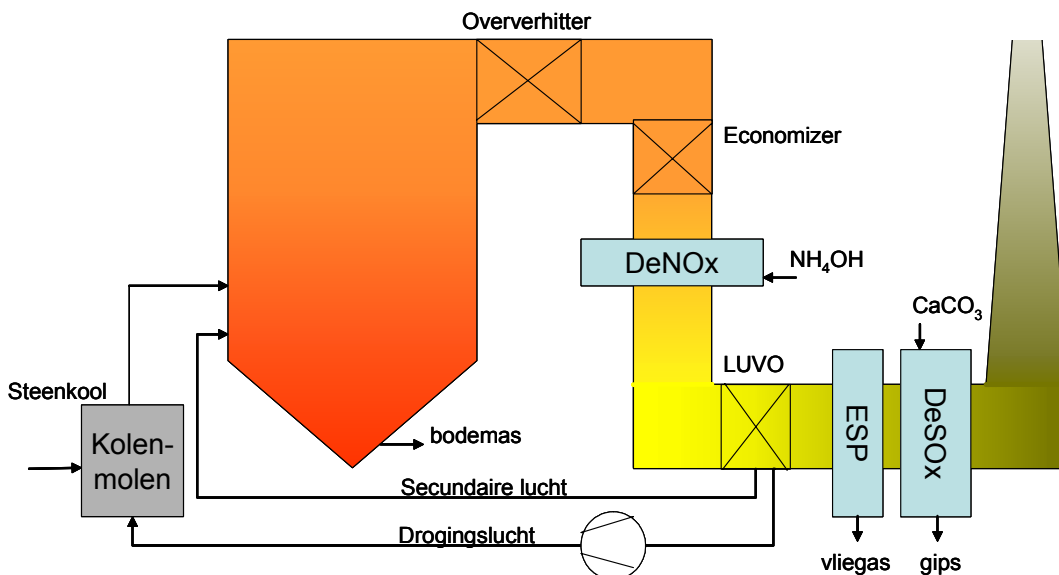
De Belgische cementindustrie is vrij optimistisch over de duurzaamheid van alle afvalstromen die beschouwd worden in de studie, met uitzondering voor wat betreft de inzet van diermeel. De inzet van deze stroom in de toekomst is zeer moeilijk in te schatten. Als

deze stroom zou verdwijnen, is de prognose dat de diermeelsilo's en de diermeelinjectielijnen zouden kunnen hergebruikt worden voor de inzet van andere fijne materialen zoals kunststof, rubber, tapijt of shredderafval. Gezien het feit dat deze materialen moeilijker te verbranden zijn dan diermeel (grovere deeltjes), stelt de Belgische cementindustrie voor om de trade-off te berekenen aan 70 % van de Joules die door het diermeel wordt aangebracht, namelijk 1,8 PJ (2,6 PJ x 70%).

5.6 Co-combustion (Directe bijstook kolencentrale)

5.6.1 Procesbeschrijving

- Algemene procesbeschrijving



Figuur 9: Algemeen schema van een steenkoolcentrale

Steenkool kan niet in de bestaande vorm in een kolencentrale gebruikt worden, maar moet een voorbehandeling ondergaan alvorens aan de branders als brandstof te worden aangeleverd. Die voorbehandeling bestaat uit een droog- en maalproces tot uiteindelijk een soort poeder ontstaat, wat met een maximaal rendement kan ontbranden.

In de stoomketel wordt het poederkool verstoofd in een vuurhaard. De hitte van de vlammen wordt overgedragen op een buizenstelsel waardoor gedemineraliseerd water stroomt. Het water wordt een eerste keer verwarmd door een "economiser" en stroomt dan verder naar de verdamer. Ook in de rookgangen bevinden zich pijpen "oververhitters" waarin de stoom door de rookgassen nog meer wordt verhit. Nadat de rookgassen over een stoffilter worden geleid (scheiding van stofdeeltjes), worden ze geloosd via een hoge schoorsteen.

De hogedrukstoom uit de stoomketel drijft een turbine aan, die bestaat uit meerdere lichamen (hoge druk, middendruk en lage druk). Op die manier ontspant de stoom in verschillende fasen. De stoom die de turbine verlaat is afgewerkt, hij bevat geen bruikbare energie meer. Om hetzelfde voedingswater opnieuw te gebruiken, moet de stoom terug in water worden omgezet. Dat gebeurt in de condensor. Het koelwater dat gebruikt wordt om de stoom te condenseren, wordt ofwel geloosd ofwel naar een koeltoren geleid. Elektriciteit wordt uiteindelijk geproduceerd doordat de turbine een alternator aandrijft, welke mechanische energie omzet in elektrische.

Indien biomassa of afval wordt ingezet om bij te stoken in de stoomketel van een kolencentrale, moet die biomassa of dat afval in poedervorm worden aangeboden aan de centrale. De verpoederde biomassa/afval wordt samen met de kolen naar de branders gevoerd en in de installatie gebracht.

In de praktijk wordt het “schoon hout” op een centrale plaats (bv. haven) behandeld en op voorhand gemengd met de poederkool. Deze gemengde stroom wordt in de kolencentrale vervolgens behandeld als steenkool. Er zijn in wezen geen aanpassingen aan de kolencentrale nodig. Wel moet rekening gehouden worden met grotere logistieke problemen, vermits een mengeling van hout en steenkool voor eenzelfde thermisch vermogen een groter volume vereist. Aan de stoomketel en de branders zijn weinig of geen aanpassingen nodig, wanneer een maximaal bijstookpercentage niet overschreden wordt.

- Actueel bestaande toepassingen

De centrale in Ruien (eenheid 5) wordt reeds gebruikt om houtstof bij te stoken (De pilootinstallatie van 3.4 MW genereerde meer dan 2.5 GWh in een paar maanden). Bedoeling is een installatie van 15 MW te bouwen in de toekomst. Dit houtstof (zaag- en schuurstof) wordt aangeleverd in containers, wordt rechtstreeks in de leiding van de poederkool geïnjecteerd en gaat samen met de poederkool naar de branders. Electrabel streeft ernaar om uiteindelijk 5% kolen (200.000 ton per jaar) te vervangen door coverbranding van hout.

In één van de centrales van Electrabel Nederland (Gelderland) wordt sinds 1996 ongeveer 41.000 ton/jaar onbehandeld en opgeschoond behandeld niet-gevaarlijk houtafval bijgestookt²². Gemiddeld komt het erop neer dat maximum 5% van de energie door hout wordt geleverd. De centrale heeft een totale capaciteit van 600 MWe. (input: 1500 MWth kolen en 54 MWth hout; output: 580 MWe kolen en 20 MWe hout).

In Nederland is de EZH-centrale (Maasvlakte) recent gestart met de coverbranding van biomassapellets, onder andere bestaande uit papierpulp, de lichte fractie van huishoudelijk afval en gedroogd zuiveringsslib (15 MWe). De biomassa wordt voornamelijk aangeleverd door een bedrijf dat op korte afstand van de centrale gelegen is en dat tevens in handen is van de beheerder van de centrale. De combi-korrels die gestookt worden bestaan uit waterzuiveringsslib, gecomposteerd snoeihout en papierslib. In 1999 werd 130.000 ton biomassa bijgestookt, wat ongeveer 68 GWh groene stroom opleverde. 32.000 ton kolen werd uitgespaard (om eenzelfde hoeveelheid energie op te wekken). Er werd ongeveer 73.000 ton CO₂ minder uitgestoten. EZH streeft ernaar om 10% van de totale brandstof bij te stoken met alternatieve brandstoffen.

- Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen

Uit gesprekken met Electrabel en ervaringen uit omliggende landen is gebleken dat voor directe bijstook van afval in een kolencentrale enkel houtafval op dit ogenblik in aanmerking komt. In zoverre een brandstof “nobel” is (weinig verontreinigingen zoals zware metalen of stoffen met laag smeltpunt, laag asgehalte en homogene samenstelling) kan elke brandstof in meer of mindere mate verwerkt worden in een steenkoolcentrale). Hout kan verder opgesplitst worden in 2 types stromen: onbehandeld hout (stof en snippers; biomassa) en behandelde niet-gevaarlijke houtsnippers (afval).

Het hout moet in de vorm van poeder in de branders van de kolencentrale worden gebracht. Wanneer het hout wordt aangeleverd in de vorm van houtstof (zaag- of schuurstof), is geen voorbehandeling meer nodig. In het geval van houtsnippers is dus nog een extra voorbehandeling nodig om de snippers verder te verkleinen (vermalen) en te verpoederen (zie ook paragraaf 5.6.1). Hiervoor is een aparte installatie nodig, welke vrij specifiek is (het is niet zo evident om houtsnippers in poedervorm om te zetten) en tevens vrij duur. Dit is ook de reden waarom Electrabel geen houtsnippers gebruikt voor bijstook in Ruien 5. Die eenheid gebruikt enkel houtstof als inputstroom. Wanneer houtsnippers rechtstreeks moeten ingezet worden, zal dit in Ruien in de toekomst gebeuren in de CFB-vergassingseenheid (zie 5.7).

Daarnaast is het ook belangrijk dat geen vervuild hout wordt gebruikt, omdat dit een daling van de kwaliteit van de vliegashandling oplevert. De kwaliteitsborging van de vliegashandling is erg belangrijk vermits dit wordt aangeleverd aan de cementindustrie.

Directe bijstook van houtstof gebeurt enkel met droog houtstof, dat afkomstig is van bv. de spaanderplaatindustrie. Schuurstof afkomstig van de verwerking van vers hout kan dus niet gebruikt worden.

5.6.2 Terugwinning van energie uit afval

Het bijstoken van houtafval (of andere afvalstromen) in een kolencentrale levert een bepaalde hoeveelheid energie. In deze studie nemen we aan dat de calorische waarde van houtafval 15,4 MJ/kg bedraagt, en die van steenkool ongeveer 25,3 MJ/kg. Om 1 ton steenkool uit te sparen moet ongeveer 1.7 ton houtafval worden ingezet, uitgaande van de veronderstelling dat het rendement niet drastisch gaat dalen wanneer houtafval wordt bijgestookt.

Het rendement van een traditionele kolencentrale schommelt rond 37-38%. Op basis van de gegevens m.b.t. netto elektrische rendementen van het energiepark in Vlaanderen is ervoor geopteerd als gemiddelde netto elektrisch rendement 37% aan te nemen. Rendementsverlies is te wijten aan warmte- of elektriciteitsverliezen t.g.v. de voorbehandeling van de afvalstroom. Het hangt er dus van af over welke afvalstroom het gaat om te bepalen of er een rendementsdaling is of niet. Bijstook van houtstof zal in principe dus geen rendementsdaling veroorzaken, andere afvalstromen die geen voorbehandeling of droging vereisen in de centrale zullen ook geen daling van het rendement veroorzaken. Vermits in deze studie het energieverbruik nodig voor de voorbehandeling van de houtsnippers afzonderlijk wordt beschouwd, wordt aangenomen dat het rendement van de centrale niet daalt tengevolge van directe bijstook van houtafval.

Er is van uitgegaan dat het maximale bijstookpercentage momenteel 5% bedraagt. Algemeen kan aangenomen worden dat dit percentage kan stijgen tot 10% in 2007 en 2015.

5.6.3 Verbruik van grondstoffen

Vermits in deze toepassing extra grondstofverbruik enkel te wijten is aan het gebruik van CaCO₃ voor de rookgasreiniging (ontzwaveling), wordt voor meer informatie hierover verwezen naar volgende paragraaf.

5.6.4 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

▪ Emissies

Volgens Electrabel zijn de emissies in Ruien (met bijstook van onbehandeld houtstof) niet hoger dan de emissies van een gewone kolencentrale. In deze installatie is geen deNO_x of deSO_x geïnstalleerd.

Zoals in Deel 1 (§4.2.4) reeds werd beschreven, wordt rekening gehouden met de emissiegrenswaarden waaraan de installatie moet voldoen. In het geval van directe bijstook in een kolencentrale moeten 2 verschillende stromen bekeken worden: onbehandeld hout (houtstof en houtsnippers; biomassa) en behandeld hout (afval).

Tabel 5-18: Emissiegrenswaarden per afvalstroom (directe bijstook in kolencentrale)

	CO ₂	NO _x , SO _x en stof
Onbehandeld hout	Hernieuwbare CO ₂ -emissies (directe bijstook van biomassa)	2001: Vlarem IIbis – stookinstallaties gebouwd voor 1996, thermisch vermogen >300MWth 2007: LCP-norm voor nieuwe stookinstallaties met een thermisch vermogen groter dan 500MWth (tenzij Vlarem II bis strenger is) 2015: LCP-norm 20% strenger voor nieuwe stookinstallaties met een thermisch vermogen groter dan 500MWth (tenzij Vlarem II bis strenger is); voor NO _x -emissies geldt de LCP-norm vanaf 1/1/2016
Behandeld hout	Behandeld hout wordt in principe beschouwd als afval. Om voor de analyse geen te grote verschillen te creëren tussen de houtstromen, wordt toch aangenomen dat ook in dit geval de CO ₂ -emissies 0 (hernieuwbaar) zijn.	Vermits de elektriciteitscentrale houtafval bijstookt, valt ze niet meer onder de richtlijnen voor stookinstallaties, maar moet de mengregel (bijlage C) gehanteerd worden.

In het model is aangenomen dat voor 2001 de normen volgens Vlarem II bis voor bestaande installaties geldig zijn, wat logisch is vermits geen nieuwe kolencentrales gebouwd worden voor het bijstoken van afval. Voor 2007 en 2015 daarentegen wordt aangenomen dat, onafhankelijk van de discussies en mogelijkheden van hoogcalorisch afval, de grote elektriciteitscentrales Ruien 5 en Genk-Langerlo 1&2 nieuwe normen opgelegd krijgen. Men wenst immers na 2007 deze centrales in bedrijf te houden, en men moet dus de LCP

richtlijnen aannemen. De vertaling van deze LCP richtlijnen in Vlarem zullen strenger zijn. De vergunning van Genk-Langerlo is hiervan een voorbeeld.

	stof	SOx	NOx
LCP (vergund voor 11/2002, inwerking 2003)	50	400	500
LCP-Vlarem	30	200 (250*)	200

*: vergunning Genk-Langerlo

Onderstaande tabel geeft een vergelijkend overzicht van de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn op een kolencentrale bij normale werking (zonder bijstook; ook geldig voor bijstook van houtstof (biomassa)), de emissiegrenswaarden die gelden wanneer de kolencentrale houtafval bijstookt en benaderende realistische emissiefactoren voor een alleenstaande poederkoolcentrale in België (Bron: Emissies en energieverbruiken van energiedragers, Torfs R. et al, 1999).

Tabel 5-19: Vergelijking van de emissiegrenswaarden voor alleenstaande kolencentrale en directe bijstook in kolencentrale

EGW (mg/Nm ³ rookgassen)	SO ₂	NO _x	stof
realistische emissiefactoren kolencentrale zonder deSO _x en deNO _x	1150	875	50
realistische emissiefactoren kolencentrale met deSO _x en deNO _x	120	140	3
2001			
kolencentrale (normale werking)	250	650	50
kolencentrale met directe bijstook van afval	270	645	49,5
2007			
kolencentrale (normale werking)	200	200	30
kolencentrale met directe bijstook van afval	187,5	210	28,5
2015			
kolencentrale (normale werking)	160	160	24
kolencentrale met directe bijstook van afval	150	168	22,8

Voor de omrekening van de emissiegrenswaarden per Nm³ rookgas naar ton hout wordt het rookgasvolume gebruikt.

De emissiegrenswaarde voor de uitstoot van dioxines bedraagt 0,1 ngTEQ/Nm³, voor 2015 is aangenomen dat die grenswaarde met 20% zal verstrengen.

▪ Rookgasreiniging

Voor wat betreft het gebruik van schoon afvalhout als brandstof, gaan we ervan uit dat geen bijkomende rookgaszuivering nodig is, althans niet in functie van de bijgestookte fractie. De centrale Ruijn 5 is hiervan een voorbeeld. Een invoering van de LCP richtlijn leidt in onze aannames ook niet tot bijkomende rookgaszuivering, gezien ervoor gekozen wordt oudere installaties slechts 20000 uur uit te baten.

Het bijstoken van behandeld hout wordt aanzien als het bijstoken van afval, wat tot gevolg heeft dat de installatie aan strengere emissiegrenswaarden moet voldoen. In dit geval is de mengregel van toepassing zoals beschreven in bijlage C. Om deze reden wordt er in deze studie van uitgegaan dat directe bijstook van afval enkel mogelijk is in centrales die uitgerust zijn met een deSO_x- en deNO_x-installatie. In Vlaanderen komt op dit moment enkel de centrale in Langerlo hiervoor in aanmerking. Er kan immers niet verwacht worden dat de elektriciteitssector zijn centrales gaat uitrusten met een rookgasreiniging enkel om op die manier afval te kunnen bijstoken.

Voor het ontzwavelen is een input van CaCO₃ (calcium-carbonaat) nodig. Vermits de hoeveelheid CaCO₃ die specifiek toe te wijzen is aan de directe bijstook (wat slechts een beperkt percentage is, max. 10%) klein is, en het zwavelgehalte van bvb. hout veel lager is dan dat van steenkool, wordt dit niet mee in rekening gebracht bij de doorrekening van de gegevens. Er is bovendien onvoldoende specifieke informatie voorhanden hieromtrent: de beperkte ervaring met directe bijstook van afvalstoffen is veeleer technisch en beschouwt dit soort allocatieproblemen niet.

5.6.5 Rest- en afvalstoffen

Directe bijstook van onbehandeld hout (biomassa) in kolencentrales levert geen nieuwe afvalstromen op, wel kan de samenstelling van de bestaande afvalstromen enigszins wijzigen. De belangrijkste afvalstromen die optreden zijn: rookgassen, bodemassen (brander) en vliegassen (ontstoffing). De hoeveelheid residu (bodem- en vliegassen) hangt af van de asrest van de verwerkte afvalstof, voor hout bedraagt dit 1%. Ter vergelijking: de asrest van steenkool bedraagt ongeveer 15%²³ (steenkool met laag asgehalte werd niet beschouwd in deze studie). Uit berekeningen blijkt wel dat de hoeveelheid residu nauwelijkt wijzigt vermits een beperkt percentage hout wordt ingezet. Vliegassen (afkomstig van de elektrofilters voor ontstoffen van rookgassen) worden aangeleverd als grondstof voor de cementindustrie. Het is bijgevolg erg belangrijk dat de samenstelling ervan constant blijft. Bodemassen (residu in de ketel) kunnen worden ingezet als secundaire bouwstof. Een gebruikscertificaat is niet verplicht.

Wanneer echter behandeld hout wordt ingezet en bijgevolg een additionele rookgasreiniging nodig is, treedt wel een bijkomende afvalstroom op. Ontzwaveling levert als bijproduct gips op, wat nuttig gebruikt wordt bij de productie van Gyproc-panelen. Ook hier wordt dezelfde redenering gevolgd als bij het gebruik van CaCO₃: de hoeveelheid gips die specifiek toe te wijzen is aan het bijstoken van houtafval is klein en onvoldoende bekend, waardoor dit niet is meegenomen in de analyse.

De (theoretische) berekening van de hoeveelheid vlieg- en bodemassen is gebaseerd op de asrest van hout (1%) en het theoretisch gegeven dat ongeveer 15% van de assen worden uitgestoten als vliegassen en ongeveer 85% als bodemassen.

5.6.6 *Kosten*

- Investeringskosten

Wat betreft de nodige investeringen moet een onderscheid gemaakt worden tussen enerzijds de directe bijstook van houtstof en anderzijds de directe bijstook van houtsnippers (onbehandeld en behandeld).

Wanneer houtstof (zaagsel etc.) de inputstroom is, is geen extra voorbehandelingsstap meer nodig maar kan het houtstof nagenoeg onbehandeld naar de brander worden aangevoerd. In dit geval moet enkel geïnvesteerd worden in de aanvoerleiding en extra branders wat globaal neerkomt op een investering van 500 000 Euro.

Wanneer houtsnippers worden aangevoerd, moeten deze een voorbehandeling (vermalen, verpoederen en drogen) ondergaan. Deze voorbehandeling is energie-intensief en duur in investering. De enige centrale die momenteel houtsnippers direct bijstookt is de EPON-centrale in Gelderland (Nederland). De investeringskosten voor de aanpassingen aan de bestaande centrale en de aankoop van de voorbehandelingsinstallatie bedroegen 10.6 MEuro²².

- Operationele kosten

In het geval van directe bijstook van houtsnippers zijn de kosten voor onderhoud, verzekeringen en andere jaarlijks vastgelegd op 5% van de investering, wat neerkomt op 530.000 Euro per jaar²². Dit cijfer komt overeen met de gegevens voor de centrale in Gelderland, waar 2 extra werknemers nodig zijn voor onderhoud en der kosten voor verzekering e.d. geraamd worden op 3% van de investering.

Voor de jaarlijkse kosten wordt verwezen naar Deel 1 §.4.2.2.

- Technische levensduur

De technische levensduur van de installatie wordt geraamd op 20 jaar, identiek aan de geschatte technische levensduur van een elektriciteitscentrale. Dit cijfer hangt echter samen met de residuele levensduur van de centrale, vermits voor directe bijstook geen nieuwe centrales zullen gebouwd worden. De levensduur van de bijstookinstallatie is dus rechtstreeks afhankelijk van de nog resterende levensduur van de kolencentrale.

5.6.7 *Toepassing*

- Actuele toepassing – bestaande installaties

Momenteel wordt in Vlaanderen directe bijstook van hout enkel toegepast op pilotschaal in Ruien (Rui5). Hier wordt ongeveer 5000 ton houtstof per jaar verwerkt²⁴.

Veel van bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op een op vollast draaiende installatie. In werkelijkheid gaan de centrales echter slechts een beperkt aantal uren draaien en gaan een aantal uren verloren om op te starten. Indien hiervoor omrekeningen nodig zijn, is gerekend

met een benuttingsgraad van 80%, ervan uitgaand dat de gemiddelde steenkoolcentrale 7000 uren/j draait.

- Potentiële toepassing

In principe kan het bijstoken van houtafval (proper houtafval) nu ingevoerd worden in bestaande installaties. Er zijn slechts weinig investeringen nodig. In de praktijk is het echter zo dat men voornamelijk geïnteresseerd is in houtstof, vermits hiervoor geen bijkomende voorbehandeling meer nodig is. Het vermalen en verpoederen van houtafval vraagt immers een specifieke technologie en specifieke kennis en ook de kostprijs is vrij hoog.

Voor het berekenen van de maximale potentiële capaciteit moet dan ook een onderscheid gemaakt worden tussen directe bijstook van houtstof (onbehandeld) enerzijds en behandelde, niet-gevaarlijke houtsnippers anderzijds.

Voor directe bijstook van houtstof is het grootste probleem de inschatting van de beschikbare capaciteit. In de optimalisatie oefening wordt niet alleen uitgegaan van de bestaande of door Electrabel geplande initiatieven m.b.t. bijstook of vergassing, maar ook van de toekomstige mogelijkheden. Het MARKAL model selecteert uiteindelijk de optimale benutting van dit potentieel. M.a.w. het is niet omdat er steenkoolcentrales of STEGs zijn in Vlaanderen, dat deze a priori als oplossing voor de verwerking van HCSA zullen voorgesteld worden. Hierbij is een kennis van het park, anno 2007 (en nog moeilijker anno 2015) noodzakelijk.

Op basis van emissiereductiescenario's en aannames met betrekking tot CO₂ taks en o.m. de gasprijzen wordt volgende basisconfiguratie weerhouden:

Bestaande groepen boven 125 MWe blijven in dienst, wanneer geen CO₂ taks ingevoerd wordt (in casu Mol 1&2, en Ruien 3&4). Hierdoor wordt het potentieel voor bijstook of vergassing en bijstook in steenkoolcentrales veel groter. In deze optie zijn er nog twee keuzes, volgens de LCP richtlijn:

- ofwel installeert men rookgasreiniging op alle steenkoolcentrales, zodat men ze nog onbeperkt kan benutten;
- ofwel baat men de "kleine" steenkoolgroepen nog uit voor 20 000 uur.

Voor deze studie stellen wij voor om de laatste optie (in dienst houden met 20 000 uur) te beschouwen voor 2007. Tegen 2015 zullen deze "kleine" groepen dan wegvallen, en enkel de grote nog overblijven (Ruien 5, Rodenhuize 4 en Langerlo 1&2).

Voor wat betreft het gebruik van schoon afvalhout als brandstof, gaan we ervan uit dat geen rookgaszuivering nodig is, althans niet in functie van de bijgestookte fractie. De centrale Ruien 5 is hiervan een voorbeeld. Een invoering van de LCP richtlijn leidt in onze aannames ook niet tot bijkomende rookgaszuivering, gezien ervoor gekozen wordt oudere installaties slechts 20000 uur uit te baten. Het gebruik van afval wordt gealloceerd aan de centrale van Genk Langerlo, die reeds voorzien is van een rookgasreiniging. Resultaat van deze aannames voor het basisscenario is dat bijkomende rookgaszuivering niet hoeft geplaatst of niet toegewezen dient te worden aan de afvalstromen.

Samenvattende veronderstellingen m.b.t. beschikbare capaciteit voor het bijstoken van houtstof:

- 2001 : alle centrales > 125 MWe komen in aanmerking;
- 2007: centrales van 125 MWe nog 20 000u (er wordt verondersteld dat deze gelijkmatig verdeeld worden over de volgende 8 jaren, wat neerkomt op 2500u/j), grotere centrales blijven in dienst;
- 2015: de grote centrales komen in aanmerking (Gel 1en2, RDH4 en Rui5);
- er wordt enkel voor afval geen extra investering in rookgasreiniging gedaan.

Er is aangenomen dat alle bestaande steenkoolcentrales met een vermogen groter dan 125 MWe (dus ook diegene waarvan sluiting nog onzeker is) in aanmerking komen voor directe bijstook, zowel in 2001 als in 2007, maar vanaf 2007 zullen de kleinere centrales (zijnde Mol 1en2 en Rui 3en4) nog slechts 20.000 uren draaien. Samen vertegenwoordigen deze centrales een vermogen van 1532 MWe. Rekening houdend met het maximale bijstookpercentage van 5% in 2001 resulteert dit in een maximale potentiële capaciteit voor directe bijstook van 5.2 PJth in 2001. In 2007 bedraagt de maximale potentiële capaciteit 8.2 PJth, rekening houdend met een bijstookpercentage van 10% en het feit dat een aantal centrales nog slechts 20.000 uren kunnen draaien. Er kan m.a.w. maximum 339 000 ton hout verwerkt worden via directe bijstook in steenkoolcentrales in Vlaanderen in 2001, in 2007 is dat 533 000 ton.

Voor 2015 komen enkel de grote centrales (GEL1 en 2, RDH4 en Rui5) nog in aanmerking voor directe bijstook. Dit komt neer op een vermogen van 1022 MWe, wat een maximale potentiële capaciteit van 6.96 PJth vertegenwoordigt.

Houtsnippers (behandeld, niet-gevaarlijk) worden beschouwd als afval. Dit geeft aanleiding tot het verstrengen van de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn op de centrale. In deze studie wordt aangenomen dat deze emissiegrenswaarden enkel kunnen gehaald worden door het toepassen van een rookgasreiniging (deSOx en deNOx). Momenteel beschikt in Vlaanderen enkel de centrale in Genk-Langerlo over dergelijke installatie en mag aangenomen worden dat op termijn in Ruien ook een additionele rookgasreiniging wordt geplaatst om te voldoen aan de LCP-richtlijn. Voor het bepalen van de maximale potentiële capaciteit is dan ook enkel rekening gehouden met de capaciteit van de centrales in Langerlo en Ruien (Gel1 en 2 en Rui5). Er wordt van uitgegaan dat de elektriciteitssector geen rookgasreinigingsinstallaties zal plaatsen enkel om op die manier afval te kunnen bijstoken.

Rodenhuize 4 kan beschouwd worden als eventuele reservecapaciteit. Zelfs indien de centrale beschikbaar is in 2007, na het plaatsen van een rookgasreiniging, dan nog is het onzeker of de centrale capaciteit vrij heeft voor afvalstoffen of hout. Rodenhuize 4 neemt immers in de eerste plaats hoogovengas af van Sidmar. Het is echter ook mogelijk dat in deze centrale niet verder geïnvesteerd wordt (bvb. in het licht van Kyoto, of de contracten m.b.t. het hoogovengas). RDH 4 bevindt zich dus op de rand van de beschikbare capaciteit. In deze studie wordt de capaciteit slechts als een reserve beschouwd en is aldus nog niet meegerekend in de resultaten.

Onderstaande Tabel 5-20 geeft een volledig overzicht van de centrales die in aanmerking komen voor directe bijstook van afvalstromen, vergassing van afvalstromen en bijstook van syngas in kolencentrale en in STEG.

Tabel 5-20: Overzicht van de centrales die in aanmerking komen voor directe bijstook en covergassing

	Vermogen (MW)	directe bijstook						vergassing + bijstook kolencentrale			vergassing + bijstook STEG
		2001		2007		2015		2001	2007	2015	2015
		onbeh. hout	afval	onbeh. hout	afval	onbeh. hout	afval	alle stromen	alle stromen	alle stromen	alle stromen
Gel1	225	x	x	x	x	x	x	x	x		
Gel2	225	x	x	x	x	x	x	x	x		
RDH4	280	x		x		x					
Mol1	125	x		x							
Mol2	125	x		x							
Rui3	130	x		x							
Rui4	130	x		x							
Rui5	292	x	x	x	x	x	x	x	x		
DGSTG	538									x	
HBSTG	460									x	
VVSTG	380									x	

x: 20000 uren

5.7 Co-gasification (CFB-vergasser - bijstook in kolencentrale)

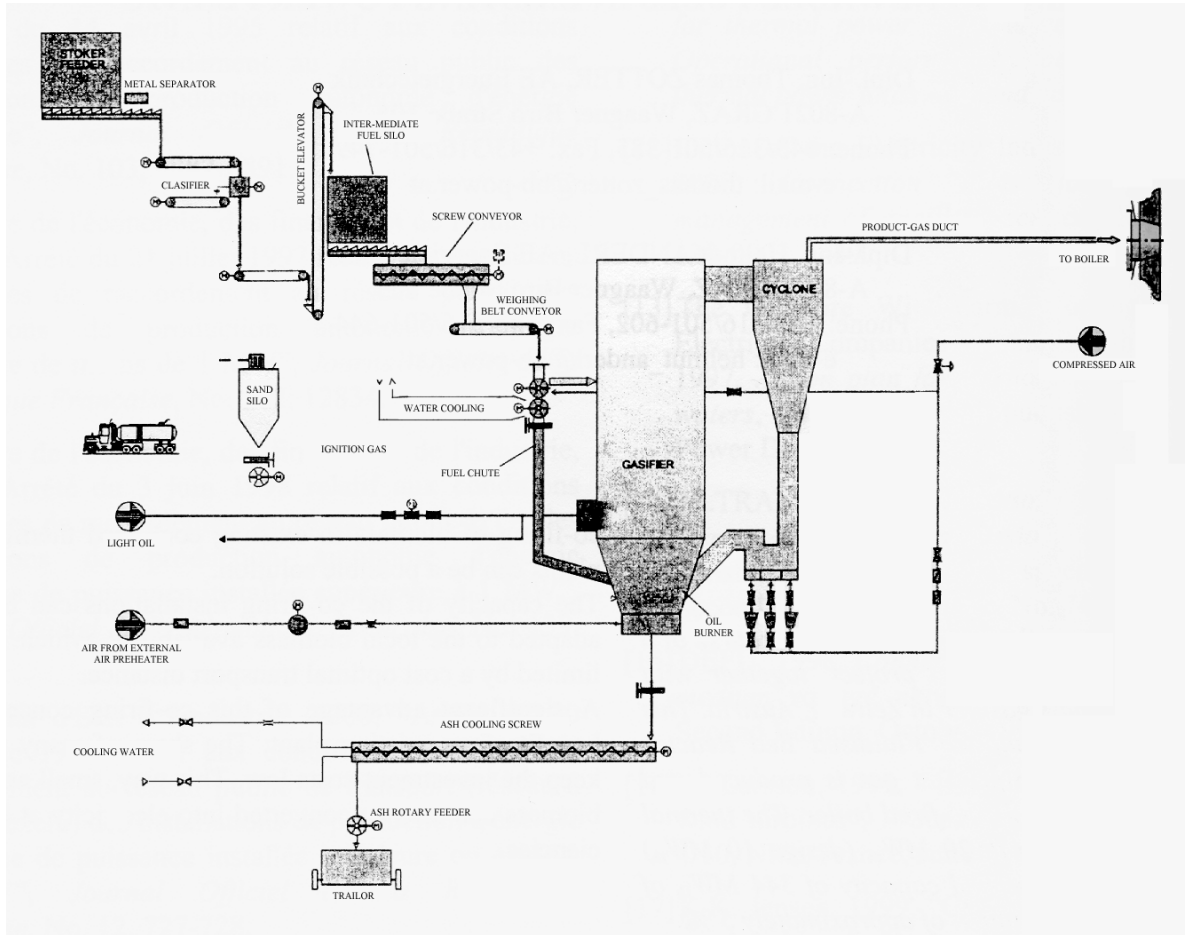
5.7.1 Procesbeschrijving

▪ Algemene procesbeschrijving

Een CFB-vergasser (Circulating Fluidized Bed) bestaat uit volgende onderdelen:

- reactor waar de vergassing plaatsvindt;
- cycloon om de scheiding door te voeren van het bedmateriaal en het gas;
- retourleiding om het bedmateriaal opnieuw naar de bodem van de vergasser te voeren.

Figuur 10 geeft het globale processchema van een CFB-vergasser volgens het BioCoComb-proces²⁵. Voor een beschrijving van de werking van een CFB-vergasser, wordt verwezen naar § 5.2.



Figuur 10: Algemeen schema van het BioCoComb-proces

In het geval van bijstook van het syngas in een kolencentrale kan het syngas rechtstreeks gevoed worden in de stoomketel (plaatsing van syngasbranders onder kolenbranders i.g.v. Ruien; leiding voor syngas heeft buitendiameter 2m i.g.v. Ruien). Een bijkomende reinigungsstap van het gas is niet noodzakelijk. Het gas wordt verbrand in de stoomketel en vervangt een deel van de kolen.

Belangrijke voordelen van dit systeem zijn de volgende:

- slechts kleine aanpassingen aan de stoomketel nodig;
- mogelijke storingen in de vergasser veroorzaken geen stilleggen van de ganze centrale.

Bij normale werking zal de brandstof-voedingssnelheid de output capaciteit van de vergasser bepalen en de lucht-voedingssnelheid controleert de temperatuur in de vergasser.

▪ Actueel bestaande toepassingen

Ruien - BioPower project: vergassen van 130.000 ton hout per jaar. Geplande installatie: atmosferische CFB-vergasser met elektrische capaciteit van 17 MWe (50MWth). Coverbranding van syngas in de bestaande kolencentrale bespaart ongeveer 50.000 ton steenkool en 120.000 ton CO₂ per jaar. Technologie: BioCoComb pilootproject. Bedoeling

is om hout chips, schors en andere residuen van hout te gebruiken. Bedoeling is om met de installatie in Ruien ongeveer 120 GWh/jaar groene elektriciteit te genereren.

In het kader van het BioCoComb-project werd in Finland (Lahti) een proefinstallatie gebouwd bestaande uit een bestaande kolencentrale en een CFB-vergasser (leverancier: Foster-Wheeler, 60 MWth, atmosferische vergasser). Deze installatie werd uitgetest met positieve resultaten. Stabiliteit van stoomcyclus, kolenbranders en syngasbranders is goed. Ook kunststoffen kunnen in de vergasser ingezet worden. PVC wordt echter geweerd. Het laag-calorische syngas (verbrandingswaarde: 2-2.5 MJ/Nm³) wordt gekoeld (van 850°C tot 700°C) vooraleer in de stoomketel te worden geïnjecteerd. Het bijstoken van syngas had geen negatief effect op de werking van de stoomketel. Emissies werden verminderd en de warmte-oppervlakken in de stoomketel werden niet vervuild.

Een ander project dat werd opgestart in het kader van het BioCoComb-project is gesitueerd in Oostenrijk (Zeltweg). Een biomassa-vergasser voor schors, hout chips, zaagsel etc. is gekoppeld aan de bestaande 137 MWe kolencentrale (poederkool). Het geproduceerde gas vervangt ongeveer 3% (10 MWth) van de kolen. De biomassa wordt in zijn oorspronkelijke vorm gebruikt, enkel de grote materialen worden versnipperd. Het laag-calorische gas wordt via een speciale leiding naar de kolencentrale geleid. De installatie is in werking sinds 1998. Voordelen van het BioCoComb-concept:

- drogen van biomassa is niet nodig;
- gaszuivering of koeling is niet nodig;
- positieve effecten op emissies van CO₂ en NO_x;
- geen ingrijpende aanpassingen nodig aan bestaande kolencentrale.

▪ Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische stromen

Voor deze studie zijn we ervan uitgegaan dat volgende stromen in theorie in aanmerking komen voor verwerking in een CFB-vergasser en bijstook van het syngas in een kolencentrale: hout (onbehandeld), behandeld en niet-gevaarlijk houtafval, kunststofafval, papierresidu (geen papier restfractie o.w.v. te hoog Cl-gehalte), tapijtafval en RDF. De keuze van deze stromen is gebaseerd op ervaringen in bestaande installaties, welke in onderstaande paragrafen worden beschreven. De beschreven vergasser is gedimensioneerd op een verbrandingswaarde van ongeveer 10 MJ/kg. We nemen in deze studie aan dat de thermische begrenzing limiterend is, en dat voor hoog calorische afvalstromen de doorvoer (het aantal ton per uur) lager ligt.

In het Lahti-proefproject werden volgende afvalstromen in de vergasser gebracht: houtafval, liggers van sporen, rubberbanden, kunststoffen. Houtafval dat in de CFB-vergasser kan ingezet worden zijn chips, vezels niet meer geschikt voor spaanderplaatindustrie e.d.

In de installatie in Zeltweg werden oorspronkelijk enkel schors, fijngekapt hout en zaagsel vergast. Naderhand werden deze biobrandstoffen gemengd (max 50%) met andere afvalsoorten zoals treinbilzen, houtafval, kunststoffen (excl. PVC), rioleringslib, gesorteerd residu van elektronica afval (kunststoffen en behuizing). Onderstaande Tabel 5-21 vat de eigenschappen van de inputstromen samen (voor Zeltwegproject)²⁶.

Tabel 5-21: Specificaties van de inputstromen (Zeltwegproject)

	vochtigheidsgraad (%wt)	LHV (MJ/kg)
denneschors	50-60	6,2-8,2
gekapt lariks hout	35	10,9
lariks zaagsel	40-50	8,2-10,5
schors, gekapt hout	56	6,8
schors, gekapt hout, treinbilzen	48	9,2
schors, gekapt hout, houtafval	48	8,3
schors, gekapt hout, kunststoffen	58	6,4
schors, gekapt hout, rioleringslib	46	8,5
schors, gekapt hout, elektronica scrap	48	8,8
schors, gekapt hout, mix	57	6,5

Voor de geplande installatie in Ruien verwacht men dat biomassa kan ingezet worden met een vochtigheidsgraad van 20-60% en afmetingen kleiner dan 15 cm (lengte, breedte en hoogte). Voorlopig is het de bedoeling van Electrabel om enkel onbehandeld hout in te zetten in de CFB-vergasser in Ruien.

Wat betreft de mogelijk inzetbare afvalstromen voor co-vergassing dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de afvalstromen waarvoor geen bijkomende voorbehandeling nodig is en de afvalstromen die wel een extra voorbehandeling moeten ondergaan. Volgende stromen moeten geen voorbehandeling ondergaan vooraleer in de CFB-vergasser verwerkt te worden: houtstof (onbehandeld), papierresidu en RDF. Voor volgende stromen is wel een voorbehandeling nodig: houtsnippers, kunststofafval en tapijtafval. Deze stromen moeten eerst geshredderd worden alvorens in de CFB-vergasser te kunnen worden verwerkt. Voor meer gegevens omtrent kosten en energieverbruik voor het verkleinen wordt verwezen naar Deel 1 §.4.2.7.

Volgens bevindingen in het Zeltweg-project is het niet nodig de biomassa of het afval te drogen vooraleer ze in te zetten in de vergasser. Het is wel belangrijk dat het manipuleren ervan correct gebeurt. Eenmaal de biomassa uit de trucks op een transportband terecht komt, wordt ze naar een zeef gevoerd. De grote fracties vallen in een vermaler, de kleine fracties worden via de transportband naar de opslagplaats gevoerd. Deze silo dient eveneens voor het homogeniseren van het biomassa-mengsel.

5.7.2 Terugwinning van energie uit afval

De hoeveelheid uitgespaarde steenkool is afhankelijk van een aantal factoren:

- calorische waarde van de afvalstroom t.o.v. de calorische waarde van steenkool;
- rendement van de co-gasification installatie t.o.v. een traditionele steenkoolcentrale.

De calorische waarde voor steenkool bedraagt 25.3 GJ/ton. Onderstaande Tabel 5-22 maakt een oplijsting van de voor deze studie gehanteerde calorische waarde voor de voor deze technologie inzetbare afvalstromen.

Tabel 5-22: Calorische waarden voor afvalstromen

Afvalstroom	Calorische waarde (GJ/ton)
houtafval (behandeld en onbehandeld)	15.4
kunststofafval	27
papierresidu	15
tapijtafval	21
shredderafval	16
RDF	16

Het netto-elektrisch rendement van een traditionele steenkoolcentrale dat in deze studie gehanteerd wordt is 37%. Het te verwachten netto-elektrisch rendement van de globale installatie vergasser/steenkoolcentrale wordt geraamd op 35%. In de literatuur lopen de schattingen voor het thermisch rendement van de vergasser uiteen: van 80% tot 98%. Voor de beschouwde vergasser op houtafval wordt ervan uitgegaan dat het omzettingsrendement van de calorische inhoud van het hout naar latente en voelbare warmte in het syngas meer dan 90% bedraagt. Wij nemen in deze studie eerder conservatief aan dat het thermisch rendement 90% is. Voor de afvalstoffen alleen betekent dit dat zij met een netto-elektrisch rendement van ongeveer 31.5% omgezet worden in elektriciteit.

Rekening houdend met bovenstaande gegevens kan met behulp van een theoretische berekening de uitgespaarde hoeveelheid steenkool berekend worden, wanneer bijvoorbeeld 1 ton van een bepaalde afvalstroom wordt bijgestookt via co-gasification.

De energie die geproduceerd wordt door het vergassen van een afvalstroom en het bijstoken van het syngas in de steenkoolcentrale is momenteel berekend op basis van de thermische input in het systeem (calorische waarde van de stromen) en het elektrisch rendement van de volledige installatie (35%).

Voorbeeld Ruien: 50 MWth en 17 MWe, 130.000 ton per jaar, meer dan 7000 u/j in werking. Men streeft ernaar om 10-15% van het poederkoolverbruik te vervangen door biomassa. Het thermisch vermogen van 50 MWth wordt bereikt indien vochtigheidsgraad 50% is. Bij 60% vochtigheid bedraagt thermisch vermogen 38 MWth en bij 20% vochtigheid wordt 86 MWth bereikt. De installatie in Lahti werkt met een "fuel-to-power" rendement van 35%. Dankzij de lage warmteverliezen is het elektrisch rendement van het syngas voor de installatie in Zeltweg nagenoeg hetzelfde als het rendement van de kolencentrale.

5.7.3 Verbruik van grondstoffen

De werking van een CFB-vergasser is gebaseerd op een bepaald bedmateriaal. Dit bedmateriaal kan bestaan uit zand of dolomiet. Het inzetten van afval in een vergasser gekoppeld aan een elektriciteitscentrale vereist dus een bepaalde hoeveelheid zand of dolomiet. Tot op heden zijn echter geen concrete cijfers gevonden voor deze hoeveelheid. Voorlopig wordt aangenomen dat dit vergelijkbaar is met de hoeveelheid zand nodig voor een wervelbedverbranding.

Indien een afvalstroom wordt ingezet in de vergasser, wordt de co-gasification installatie aanzien als een gedeeltelijke afvalverbrandingsinstallatie wat enkel kan plaatsvinden in een elektriciteitscentrale uitgerust met een deNO_x- en deSO_x-installatie. Voor het ontzwavelen is een input van CaCO₃ (calcium-carbonaat) nodig. Vermits de hoeveelheid CaCO₃ die specifiek toe te wijzen is aan de afvalstromen (wat slechts een beperkt percentage is, max. 10%) klein is, en het zwavelgehalte van bvb. hout veel lager is dan dat van steenkool, wordt dit niet mee in rekening gebracht bij de doorrekening van de gegevens.

5.7.4 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

▪ Emissies

Zoals reeds in Deel 1 van dit rapport (§ 4.2.4) beschreven is, wordt rekening gehouden met de emissiegrenswaarden waaraan de installatie moet voldoen. In het geval van co-gasification in een kolencentrale moeten de verschillende stromen opgesplitst worden in enerzijds biomassa (onbehandeld hout) en anderzijds afval (behandeld hout, kunststof, papierresidu, textiel- en tapijtafval, ASR en RDF). Onderstaande Tabel 5-23 geeft een overzicht van de regels die gehanteerd worden voor het bepalen van de emissiegrenswaarden voor deze stromen.

Tabel 5-23: Emissiegrenswaarden per afvalstroom (go-gasification in kolencentrale)

	CO ₂	NO _x , SO _x en stof
Onbehandeld hout	Hernieuwbare CO ₂ -emissies (directe bijstook van biomassa)	2001: Vlarem IIbis – stookinstallaties gebouwd voor 1996, thermisch vermogen >300MWth 2007: LCP-norm voor nieuwe stookinstallaties met een thermisch vermogen groter dan 500MWth (tenzij Vlarem II bis strenger is) 2015: LCP-norm 20% strenger voor nieuwe stookinstallaties met een thermisch vermogen groter dan 500MWth (tenzij Vlarem II bis strenger is); voor NO _x -emissies geldt de LCP-norm vanaf 1/1/2016
Behandeld hout	Behandeld hout wordt in principe beschouwd als afval. Om voor de analyse geen te grote verschillen te creëren tussen de houtstromen, wordt toch aangenomen dat ook in dit geval de CO ₂ -emissies 0 (hernieuwbaar) zijn.	Vermits de elektriciteitscentrale houtafval bijstookt, valt ze niet meer onder de richtlijnen voor stookinstallaties, maar moet de mengregel (bijlage C) gehanteerd worden.
Overige afvalstromen	De CO ₂ -emissies worden benaderend berekend o.b.v. de koolstofkarakteristieken van de afvalstromen.	Vermits de elektriciteitscentrale afval bijstookt, valt ze niet meer onder de richtlijnen voor stookinstallaties, maar wordt de mengregel (bijlage C) gehanteerd.

In het model is aangenomen dat voor 2001 de normen volgens Vlarem II bis voor bestaande installaties geldig zijn, wat logisch is vermits geen nieuwe kolencentrales gebouwd worden voor het bijstoken van afval. Voor 2007 en 2015 daarentegen wordt aangenomen dat, onafhankelijk van de discussies en mogelijkheden van hoogcalorisch afval, de grote elektriciteitscentrales Ruien 5 en Genk-Langerlo 1&2 nieuwe normen opgelegd krijgen. Men wenst immers na 2007 deze centrales in bedrijf te houden, en men moet dus de LCP richtlijnen aannemen. De vertaling van deze LCP richtlijnen in Vlarem zullen strenger zijn. De vergunning van Genk-Langerlo is hiervan een voorbeeld.

	stof	SO _x	NO _x
LCP (vergund voor 11/2002, inwerking 2003)	50	400	500
LCP-Vlarem	30	200 (250*)	200

*: vergunning Genk-Langerlo

De volgende Tabel 5-24 geeft een overzicht van de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn voor een alleenstaande kolencentrale en benaderende realistische emissiefactoren voor een poederkoolcentrale in België (Bron: Emissies en energieverbruik van energiedragers, Torfs R. et al, 1999) en vergelijkt deze met de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn voor een volledige covergassinginstallatie (vergasser + kolencentrale).

Tabel 5-24: Vergelijking van de emissiegrenswaarden voor alleenstaande kolencentrale en volledige co-vergassingsinstallatie

EGW (mg/Nm ³ rookgassen)	SO ₂	NO _x	stof	SO ₂	NO _x	stof	SO ₂	NO _x	stof
	2001			2007			2015		
kolencentrale (normale werking)	250	650	50	200	200	30	160	160	24
covergassinginstallatie o.b.v. afval realistische emissiefactoren	270	645	49,5	187,5	210	28,5	150	168	22,8
kolencentrale zonder deSO _x en deNO _x	1150	875	50	-	-	-	-	-	-
realistische emissiefactoren kolencentrale met deSO _x en deNO _x	120	140	3	-	-	-	-	-	-

Uit praktische ervaringen met de proefinstallaties in o.a. Zeltweg en Lahti kunnen een aantal conclusies genomen worden betreffende de te verwachten effecten van het bijstoken van syngas op de emissies van een steenkoolcentrale.

Uit het BioCoComb-project in Oostenrijk (Zeltweg) bleek dat de CO₂-emissies daalden tgv het bijstoken van syngas in een kolencentrale, maar bleek de asrest wel meer C te bevatten. Uit de testen met de Lahti-proefinstallatie bleek dat ook de SO_x-emissies van de stoomketel dalen o.w.v. de lage S-inhoud van biobrandstoffen. Uit bevindingen tijdens het project in Lahti bleek dat de NO_x-emissies van de stoomketel verminderden (met 5-10%) wanneer syngas in de stoomketel werd verbrand. Ook bij de installatie in Zeltweg bleken de NO_x-emissies van de totale installatie te verminderen. Testen met de Lahti-proefinstallatie wezen uit dat het aandeel stof in de rookgassen daalt (ongeveer met de helft), waarschijnlijk door een stijging van de vochtigheidsgraad van de rookgassen en een stijgende conductiviteit van stof.

De verwachting van de installatie die in Ruien gepland is, is dat de stofemissies hetzelfde blijven of verminderen omwille van het laag droge stof gehalte van hout en het feit dat de meeste asresten in de vergasser blijven o.w.v. de cycloon.

- Rookgasreiniging

Het al dan niet vereist zijn van een rookgasreiniging hangt af van de aard van de ingezette stroom. Wanneer, zoals in de installatie in Ruien, enkel onbehandeld hout wordt toegevoerd aan de vergasser, volstaat het dat de co-gasification eenheid voldoet aan de richtlijnen voor stookinstallaties en is het niet nodig een deNO_x- en deSO_x-installatie te voorzien.

Indien echter een afvalstroom wordt ingezet (behandeld hout, kunststofafval enz.), valt de installatie onder de richtlijnen voor stookinstallaties in combinatie met afvalverbrandingsinstallaties en moet de mengregel worden toegepast. Dit houdt in dat de emissiegrenswaarden strenger worden, waardoor algemeen kan aangenomen worden dat een rookgasreiniging nodig is. Voor meer gedetailleerde informatie over de mengregel, wordt verwezen naar bijlage C.

In deze studie wordt aangenomen dat afval alleen in Genk-Langerlo (Gel1 en 2) en Ruien (Rui5) wordt verwerkt, waar reeds een RGR voorzien is of waar naar alle waarschijnlijkheid in de nabije toekomst een RGR wordt geïnstalleerd. In andere centrales wordt geen RGR voorzien specifiek voor het meestoken van afval en kan dus ook geen afval verwerkt worden.

Rodenhuize 4 kan beschouwd worden als eventuele reservecapaciteit. Zelfs indien de centrale beschikbaar is in 2007, na het plaatsen van een rookgasreiniging, dan nog is het onzeker of de centrale capaciteit vrij heeft voor afvalstoffen of hout. Rodenhuize 4 neemt immers in de eerste plaats hoogovengas af van Sidmar. Het is echter ook mogelijk dat in deze centrale niet verder geïnvesteerd wordt (bvb. in het licht van Kyoto, of de contracten m.b.t. het hoogovengas). RDH 4 bevindt zich dus op de rand van de beschikbare capaciteit. In deze studie wordt de capaciteit slechts als een reserve beschouwd en is aldus nog niet meegerekend in de resultaten.

5.7.5 Rest- en afvalstoffen

Co-gasification levert als afvalstromen bodem- en vliegassen (eigen aan een steenkoolcentrale), assen van de CFB-vergasser en eventueel gips (in geval van deSO_x-rookgasreiniging) op.

Het vergassen van de afvalstoffen en het bijstoken van het syngas in een steenkoolcentrale heeft geen invloed op de samenstelling van de bodem- en vliegassen van de centrale. De hoeveelheid bodem- en vliegassen is afhankelijk van de asrest van de brandstof, in dit geval is dit voor een deel het syngas. In de huidige modellering is aangenomen dat de verhouding bodemassen (zowel uit CFB-vergasser als uit kolencentrale) t.o.v. vliegassen identiek is aan een alleenstaande kolencentrale en dus rechtstreeks afhankelijk is van het asgehalte van de afvalstroom. Dit is realistisch, uitgaande van een verdeling van 45% bodemassen (b.a.) en 55% (vlieg)assen (v.a.) in syngas bij de CFB-vergasser (analoog aan verdeling assen bij wervelbedoven). De vliegassen worden met het syngas naar de steenkoolcentrale gevoerd en komen daar volgens de klassieke verdeling 85%/15% terecht in bodem- en vliegassen. De som van alle bodemassen (vergasser + centrale) komt ongeveer overeen met 85% en hetzelfde geldt voor de vliegassen (ongeveer 15% van alle assen).

Bodemassen van de vergasser (CFB-assen) bevat minder dan 3% niet-verbrande koolstof, welke bestaat uit bedmateriaal (zand en kalksteen) en assen van vergaste biomassa. Dit bodemas kan mogelijk worden ingezet in de cement- of bouwindustrie. Er treden geen wijzigingen op in de vliegassen van de kolencentrale omwille van het laag asgehalte in syngas, dit vlieggas wordt ingezet in de cementindustrie. De bodemassen van de centrale worden gerecupereerd in de wegenbouw. Ontzwaveling (RGR) levert als bijproduct gips op, wat gebruikt wordt voor de productie van Gyproc-panelen. Hier wordt dezelfde redenering gevolgd als bij het gebruik van CaCO₃ in de deSO_x-installatie: voor het bepalen van de hoeveelheid gips die specifiek toe te wijzen is aan het bijstoken van afval zijn onvoldoende gegevens voorhanden, waardoor deze hoeveelheid niet meegenomen wordt in de modellering.

5.7.6 *Kosten*

- Investeringskosten

Volgens het BioCoComb-concept zijn geen ingrijpende aanpassingen aan de bestaande kolencentrale nodig. Het is eveneens niet nodig een gasreiniging of koeling te voorzien. De enige aanpassing aan de bestaande centrale is het creëren van een opening voor de inlaatpijp van het syngas. Er zijn eveneens geen aanpassingen nodig aan controle-uitrusting en instrumentarium.

In deze studie is 25 miljoen Euro als basis genomen voor de investeringskost voor een co-gasification installatie. Deze kost omvat de installatie, het brandstofsysteem, luchtaanvoersysteem, reactor, syngasleiding, aanpassingen aan de centrale, ontvangst en logistiek.

- Operationele kosten

De vaste kosten worden ook hier, analoog aan de andere technieken, geraamd op 5% van de investering (2% verzekeringen en diversen en 3% onderhoud). Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar Deel 1 § 4.2.2.

Voor de variabele kosten werd aangenomen dat geen extra personeel ingezet moet worden voor de vergasser en de centrale, dit op basis van literatuurgegevens en gegevens van Electrabel²⁷. De meeste bronnen geven melding van de nood aan extra personeel tijdens de opstart, maar eenmaal de installatie goed functioneert zou dit extra personeel overbodig zijn.

In de modellering is dus geen rekening gehouden met extra personeel, hoewel dit ons insziens een onderschatting lijkt te zijn. Het lijkt weinig waarschijnlijk dat het inzetten van een afvalstroom (logistiek, behandeling en kwaliteitscontrole) en het verwerken ervan in een bijkomende installatie (vergasser) geen extra personeel vereist.

- Technische levensduur

De technische levensduur van de installatie wordt geraamd op 20 jaar, identiek aan de geschatte technische levensduur van een elektriciteitscentrale. Dit cijfer hangt echter samen met de residuele levensduur van de centrale, vermits voor covergassing geen nieuwe

centrales zullen gebouwd worden. De levensduur van de installatie is dus rechtstreeks afhankelijk van de nog resterende levensduur van de kolencentrale.

5.7.7 Toepassing

▪ Actuele toepassing – bestaande installaties

Momenteel wordt in Vlaanderen nog geen co-gasification toegepast. Er wordt wel een installatie gepland in Ruien. Het is de bedoeling dat de bouw hiervan in de loop van dit jaar aanvangt. Deze installatie zou dus in werking zijn voor 2007, vandaar dat de jaarlijks verwerkte hoeveelheid (gepland: 130 000 ton) hiervan in rekening wordt genomen voor het bepalen van de residuele capaciteit in 2007.

Veel van bovenstaande gegevens zijn gebaseerd op een op vollast draaiende installatie. In werkelijkheid gaan de installaties echter slechts een beperkt aantal uren draaien en gaan een aantal uren verloren om op te starten. Indien hiervoor omrekeningen nodig zijn, is gerekend met een benuttingsgraad van 80%, ervan uitgaand dat de gemiddelde steenkoolcentrale 7000 uren/j draait. Het is echter mogelijk dat de CFB-vergasser een lagere benuttingsgraad heeft, vermits de werking van de steenkoolcentrale onafhankelijk is van de werking van de CFB-vergasser.

▪ Potentiële toepassing

Een absolute voorwaarde om dergelijke technologie toe te passen is de aanwezigheid van een CFB-vergasser in de onmiddellijke nabijheid van een steenkoolcentrale. Dit is niet zo evident, vandaar dat niet kan verwacht worden dat dergelijke installaties zullen geplaatst worden bij veel steenkoolcentrales.

Voor het bepalen van de maximale potentiële capaciteit die in Vlaanderen bestaat voor het toepassen van co-gasification wordt uitgegaan van het standpunt dat enkel die centrales in aanmerking komen waarbij reeds een CFB-vergasser geïnstalleerd is of waarvoor een installatie voorzien is binnen afzienbare tijd. Het is immers niet realistisch te verwachten dat bij elke steenkoolcentrale een CFB-vergasser kan geïnstalleerd worden.

De installatie die in Ruien gepland is zal werken met onbehandeld hout, maar er kan aangenomen worden hier dat binnen afzienbare tijd een rookgasreiniging wordt geïnstalleerd (om te voldoen aan de LCP-richtlijn). Deze centrale (Ruien 5) komt dan ook in aanmerking voor het bepalen van de potentiële capaciteit. Daarnaast komt ook de centrale in Langerlo (1 en 2) in aanmerking omdat hier reeds een deSO_x- en deNO_x-installatie staat, welke noodzakelijk is wanneer afvalstromen zouden verwerkt worden.

Er wordt in deze studie immers aangenomen dat de dan geldende emissiegrenswaarden enkel kunnen gehaald worden door het toepassen van een rookgasreiniging (deSO_x en deNO_x). Momenteel beschikt in Vlaanderen enkel de centrale in Langerlo over dergelijke installatie. Er wordt van uitgegaan dat de elektriciteitssector geen rookgasreinigingsinstallaties zal plaatsen enkel om op die manier afval te kunnen verwerken.

Het totale vermogen van Gel1 en 2 en Rui5 komt neer op 742 MWe, wat in 2001 en 2007 resulteert in ongeveer 2.7 PJth (5% bijstook) en in 2015 in ongeveer 5.3 PJth (10% bijstook).

5.8 CFB-vergassing – bijstook in STEG (Integrated Gasification Combined Cycle - IGCC)

5.8.1 *Procesbeschrijving*

▪ Algemene procesbeschrijving

Om afvalstoffen te kunnen inzetten in een STEG-eenheid, worden ze in een eerste stap vergast in een CFB-vergasser. Het stookgas (syngas) dat hierbij wordt geproduceerd wordt uitgebreid gereinigd in een gasreinigingssysteem.

Samengevat bestaat de IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) technologie uit volgende stappen:

- voorbereiding van brandstof en drogen (indien nodig);
- vergassing in CFB-vergasser;
- tar cracking in secundaire CFB reactor;
- koeling van product gas en reiniging in conventionele filter/scrubber;
- syngascompressie in meer-fasen compressor;
- syngasverbranding en expansie in gasturbine;
- gasturbine rookgasen warmterecuperatie in stoomturbine.

Vergassing

Voor de procesbeschrijving van een CFB-vergasser wordt verwezen naar § 5.2.

Syngasreiniging

Een belangrijk verschil met de covergassingstechnologie is dat voor de IGCC-technologie het biomassa-stookgas (of syngas) dat uit de vergasser komt, een reiniging moet ondergaan vooraleer het kan ingezet worden in een STEG (SToom En Gasturbine).

Het toepassen van turbines vereist hoge gasdrukken en dit heeft geleid tot de ontwikkeling van twee schema's voor de integratie van het vergassingssysteem en de gasturbine. Ofwel wordt gekozen voor een vergassing onder druk en een hete gasfilter met gaszuivering, ofwel kiest men voor een atmosferische vergasser met een koude gaszuivering, maar dan moet het gas nadien nog verdicht worden. De gaszuiveringsprocessen zijn aangepast aan de gekozen route.

Bij een vergassing onder druk volstaat een ontstopping van het syngas. In dit geval wordt het stof verwijderd bij een voldoende lage temperatuur om de alkali's uit het gas te verwijderen, maar wel boven de condensatietemperatuur van de tar. Dit leidt tot een efficiënt proces met een minder dure kostprijs. Deze optie is genomen door Bioflow (joint venture tussen Sydkraft AB en Ahlström) voor de oprichting van een 6 MW plant in Värnamo, Zweden.

Bij gebruik van syngas uit een atmosferische vergasser moet het gezuiverde gas verdicht worden bij lage temperatuur. Bij deze temperatuur moeten strengere eisen opgelegd worden aan de verwijdering van tar voor het gas gekoeld en ontstoft wordt om teercondensatie in de filter of scrubber te voorkomen. In dit geval is een meer uitgebreide gasreiniging nodig. Bij filtreren op late temperatuur worden de alkali en het stof gemakkelijker verwijderd. Anderzijds geeft de koude gasreiniging een toegevoegde

flexibiliteit voor de verwijdering van ammoniak en andere verontreinigingen. Dit maakt het mogelijk een breder gamma brandstoffen, inclusief afvalstoffen, te gebruiken. Deze weg wordt gevolgd in de TPS-technologie.

Afhankelijk van de vergasstechnologie moet de conditionering van het productgas bestaan uit één of meerdere van de volgende processen:

1. vermijden van condensatie van tars
2. koeling van productgas
3. reiniging in conventionele filter/scrubber tegen zure gassen
4. verwijdering van deeltjes en alkali's
5. verwijdering van NO_x precursoren (NH₃ of HCN bv.)
6. verwijdering van zware metalen

1. Vermijden van condensatie van tars

Er zijn 3 mogelijkheden om problemen met condensatie van tars te voorkomen:

- katalytische omzetting in lichtere moleculen die niet condenseren bij lage temperatuur
- gasscrubber
- temperatuur boven het dauwpunt van de tars houden

Het teerkraken is de eerste stap van de conditionering en wordt onmiddellijk uitgevoerd op het hete productgas (bij 750°C - 950°C) bij ongeveer atmosferische druk. Als het gas in aanraking komt met dolomiet worden de tars (zware koolwaterstoffen) afgebroken tot lichtere materialen. Met dit proces kan meer dan 95% van de tars verwijderd worden. Bij het afkoelen van het gas wordt HCl geabsorbeerd door de gecalcineerde dolomiet in het gas om CaCl₂ te vormen, welke op zijn beurt verwijderd wordt uit het gas in de filter. Eventueel kan een wet scrubber worden ingezet als laatste stap in de gasreiniging, afhankelijk van de toepassing (boiler, motor, gasturbine). Het gas direct na vergasser (tar inhoud van 0.5-2% van droog gas) heeft een calorische waarde van 4-7 MJ/Nm³.

Het verwijderen van teer kan ook gebeuren door natte gaswassing zoals gebruikelijk voor het afkoelen van het gas en voor de verwijdering van zuur gas. Deze methode heeft echter het nadeel dat vervuild afvalwater ontstaat dat verder behandeld moet worden. Het verwijderingspercentage ligt tussen 10 en 90%.

2. Koeling van productgas

Gaskoeling kan nodig zijn om verschillende redenen:

- reduceren van het volume waardoor compressiekosten verlaagd worden
- reduceren van het volume om een te arm lucht/brandstof mengsel te voorkomen
- om te voldoen aan de temperatuurseisen van de gaswasser

3. Reiniging in conventionele filter/scrubber tegen zure gassen

Zure gassen kunnen corrosie veroorzaken in de turbines. Ze kunnen verwijderd worden met technieken die vergelijkbaar zijn met deze toegepast in verbrandingsprocessen, vb. droge, semi-droge of natte gaswassers met een basisch reagens. De gassen worden ook in mindere mate verwijderd in een eenvoudige waterquench voor het afkoelen van de gassen. Eventueel kan kalksteen toegevoegd worden in de fluidized bed vergasser om de zure gassen te reduceren.

4. Verwijderen van deeltjes en alkali's

Gasturbines zijn gevoelig aan stof en bovendien zijn alkalicomponenten schadelijk en veroorzaken corrosie en afzettingen bij hoge temperaturen. Wanneer het productgas gebruikt wordt in een turbine moet een elektrostatische filter, een doekenfilter of een ceramische filter ingezet worden om de deeltjes en de alkali's te verwijderen. Deze moet werken boven het dauwpunt van de condenseerbare gassen of geplaatst worden na de verwijderingstechnieken voor deze componenten. De filters leveren een fijne as fractie op die zware metalen en organische verbindingen kan bevatten. Indien een natte gaswasser gebruikt wordt voor de verwijdering van zure gassen of als koeling, worden daar de stofdeeltjes ook gedeeltelijk mee verwijderd.

5. Verwijderen van NO_x precusoren

N-verbindingen in de afvalstroom zullen in reducerende omstandigheden omgezet worden in ammoniak en in zekere mate in HCN. Nadien worden deze omgezet in NO_x bij de verbranding. Daarom is het best om NO_x-precursoren uit het productgas te verwijderen. Natte gaswassing met zuurtoevoeging of wassing met koud water en stripping van de gassen kunnen hiervoor toegepast worden.

6. Verwijdering van zware metalen

Het gebruik van filters, natte gaswassers en water quench-systemen voor stofdeeltjes of zure gassen verwijderen in zekere mate de zware metalen uit het productgas. Bijgevolg bevatten de filteras en het effluent van de gaswasser deze zware metalen.

STEG

Een STEG bestaat in hoofdzaak uit een gasturbine, een recuperatiestoomketel, een stoomturbine en een alternator. De gasturbine drijft rechtstreeks een alternator aan, waardoor elektriciteit wordt geproduceerd. De hete uitlaatgassen van de gasturbine worden herbenut om, via een recuperatiestoomketel, een stoomturbine met alternator aan te drijven. Hierdoor wordt nog eens extra elektriciteit opgewekt.

Met STEG-eenheden ontworpen voor max. elektriciteitsproductie kunnen elektrische rendementen worden gerealiseerd vanaf ca. 43% LHV voor een capaciteit van 20 MWe, tot ca. 55% LHV op een schaal van 300 MWe.

Voor het bijstoken van stookgas in aardgas-gestookte gasturbine-installaties kunnen twee concepten worden onderscheiden:

- bijstoken van stookgas in gasturbine
- bijstoken van stookgas in nageschakelde afgassenketel (niet toegepast voor grote STEG-eenheden voor max. elektriciteitsproductie)

Op basis van bevragingen van leveranciers blijkt dat de mogelijkheden voor het bijstoken van biomassa stookgas in bestaande gasturbines sterk afhankelijk is van

- de verbrandingstechnologie die wordt toegepast ter beperking van de NO_x-emissie ("dry low-NO_x" versus water-/stoominjectie)
- het type gasturbine (aeroderivative versus industrieel). (Bron: ECN-studie, Marsroutes)

Betreffende de verbrandingstechnologie:

De mogelijkheden voor het bijstoken van biomassa stookgas in gasturbines uitgerust met een "dry low-NO_x" verbrandingskamer (meest voorkomend) zijn volgens een aantal

leveranciers beperkt. De grootste limitering blijkt het gevaar voor vlamterugslag t.g.v. de aanwezigheid van waterstof. Om in dit type van gasturbines toch biomassa-stookgas te kunnen bijstoken, moet de verbrandingskamer vervangen worden door een verbrandingskamer met water-/stoominjectie. De kosten van dergelijke vervanging worden geschat op 20% van de gasturbine investering. (Bron: ECN-studie, Marsroutes)

Betreffende het type gasturbine:

De mogelijkheden voor het bijstoken van biomassa-stookgas in industriële gasturbines uitgerust met water-/stoominjectie verbrandingskamers lijken eerder groot te zijn. Na modificatie kan tot 100% laagcalorisch gas worden verstoekt. Volgende modificatie is nodig:

- vanaf een bijstookpercentage (op energiebasis) van ca. 25% laagcalorisch gas is vervanging van de gehele verbrandingskamer nodig
- bij lagere bijstookpercentages is de vervanging van bestaande branders door "dual fuel burners" noodzakelijk
- voor zeer lage bijstookpercentages (tot enkele procenten) kan worden volstaan met aanpassing van de bestaande branders. (Bron: ECN-studie, Marsroutes)

▪ Actueel bestaande toepassingen

Er zijn nog geen concrete praktijkvoorbeelden voorhanden van IGCC-installaties. Wel worden projecten uitgevoerd waarin meer onderzoek gebeurt rond deze technologie.

In Zweden (Värnamo) is een demonstratieplant gebouwd waarin biomassa (hout chips en schors) wordt vergast om nadien het syngas in te zetten in een STEG voor de productie van elektriciteit. Belangrijk verschil met het systeem dat hier besproken wordt is dat de installatie in Zweden enkel biomassa (syngas) als brandstof aanwendt, er is geen gecombineerde input syngas-aardgas. De demonstratie-installatie bestaat uit een droogeenheid, een drukbedreven CFB-vergasser (type FosterWheeler, 20 bar en 950-1000°C), een gasturbine, een warmte-recuperatie eenheid en een stoomturbine. De installatie heeft een capaciteit (output) van 6 MWe en 9 MWth (18 MWth input). Het syngas heeft een calorische waarde tussen 5-6 MJ/Nm³. Dergelijk systeem is meest geschikt voor regio's met een overaanbod aan biomassa (relatie met bepaalde industrieën)²². De biomassa wordt gedroogd van 50% tot 10-20% vochtigheidsgraad. Deze demonstratie-installatie heeft enkele technische verbeteringen ondergaan op vlak van de syngaszuivering, en heeft in totaal een 8500 uur gedraaid, waarvan 3600 met de gasturbine in werking. Tests op basis van RDF waren succesvol. Het hoge asgehalte leidde wel tot een overbelast filtersysteem.

Brazilië - "Brazilian Wood Biomass Integrated Gasification-Gas Turbine (32 MWe)" demonstratie project in voorbereiding: atmosferische CFB-vergasser van type TPS (leverancier) lage druk, "tar cracking" in 2^{de} CFB-reactor (gebruik makend van dolomiet als katalysator), conventionele syngaskoeling, syngas compressie in meer-fasen compressor, syngas naar STEG. Inputstroom is eucalyptus. Vergasser levert laagcalorisch syngas (6-7 MJ/Nm³). Na "tar cracking" volgt filter gecombineerd met wet scrubbing systeem voor finale gasreiniging.

Grève-in-Chianti (Italië): installatie van 2 RDF-based vergassers, elk met een thermische capaciteit van 15MWth, gebruik makend van lucht als vergassingsmedium en werkzaam bij 850°C. Deze installatie is momenteel commercieel. Dagelijks wordt 200 ton RDF verwerkt. Het niet-gereinigde syngas wordt gevoerd naar een cementfabriek, het overige deel wordt gereinigd in een 3-fasen dry scrubber systeem. De stoom geproduceerd in de boiler drijft een 6.7MWe stoomturbine aan. (operation data en samenstelling zie tabel 4)²⁸

▪ Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische stromen

Vermits deze techniek nog in ontwikkeling is en enkel wordt toegepast op proefondervindelijke basis, zijn slechts weinig gegevens gekend omtrent specificaties waaraan afvalstromen moeten voldoen. Wel is duidelijk dat het syngas dat wordt ingezet in de STEG van zeer goede kwaliteit moet zijn en geen vervuilingen mag bevatten. Gasturbines vereisen een bepaalde minimale LHV van het syngas en zijn gevoelig voor stof.

Brandstoffen met een hoge vochtigheidsgraad en asgehalte resulteren in een syngas met een lage calorische waarde. De reden voor deze verlaging van de calorische waarde van het syngas bij brandstoffen met een hogere vochtigheidsgraad ligt in het feit dat een deel van de warmte die vrijkomt bij de gedeeltelijke verbranding in de vergasser gebruikt wordt om het water te verdampen. Er wordt ook meer lucht naar de vergasser gevoerd wanneer meer water verdampt wordt, omdat meer energie nodig is voor verdamping en dus meer brandstof moet verbrand worden (gedeeltelijk). Het verdampte water en de bijkomende lucht (N) vervuilen het gas waardoor de calorische waarde daalt.

De daling van de calorische waarde tengevolge van een hoger asgehalte is te wijten aan het feit dat deze assen moeten opgewarmd worden tot 800-900°C (vergassingstemp.). Hiervoor is meer brandstof nodig om dit inert materiaal op te warmen.

Vereisten: (op basis van referentie gasturbine: General Electric LM 2500)

- Calorische waarde van syngas: min. 5.6 MJ/Nm³
- Variatie op calorische waarde syngas: ong. 5% van Wobbe-index (5.5 – 5.7 MJ/Nm³)
- Dit vereist vochtigheidsgraad van brandstof max. 20%.
Brandstoffen met vochtigheidsgraad beneden 70-80% kunnen gedroogd worden met warmte van de schoorsteen (rookgassen).
- Mogelijke voorbehandelingen: vermalen, ‘densification’, drogen
- Stromen met asgehalte boven 20% moeten gemengd worden met andere.
- Grenzen op alkalis, ammonia en deeltjes.

In de meeste gevallen dient de afvalstroom verkleind te worden vooraleer deze kan ingezet worden in de vergasser. Afhankelijk van de vochtigheid (boven 20%) is eveneens een droging nodig.

5.8.2 Terugwinning van energie uit afval

De hoeveelheid aardgas die uitgespaard wordt met deze technologie is afhankelijk van de calorische waarde van de inputstroom en het rendement van de installatie.

In de literatuur wordt het rendement van een dergelijke installatie (CFB-vergasser + STEG) geschat op 42.5%. Dit rendement zou waarschijnlijk stijgen tot 45% tegen 2020²⁹. Andere studies maken melding van een rendement van 40-45% (gebaseerd op LHV) voor vermogens tussen 10-60 MWe. Algemeen wordt gesteld dat de efficiëntie van IGCC-installaties op korte en middellange termijn ongeveer 45% zal bedragen.

De installatie in Puertollano (Spanje) heeft een netto rendement van 45% en een technische levensduur van 25 jaar³⁰. De installatie in Varnamo (Zweden) heeft een netto elektrische rendement van 32%. In de toekomst moet een rendement van 40-45% mogelijk zijn²². Volgens TPS (leverancier) zijn netto elektr. rendementen boven 40% mogelijk.

Het rendement van de IGCC installatie kan worden verbeterd door de efficiëntie van de vergassing te verbeteren. Om de calorische waarde van het stookgas te verhogen, kan de vochtigheidsgraad van de “voeding” verlaagd worden of worden 2-fase vergassers toegepast.

Het meest efficiënte systeem is momenteel de luchtgedreven CFB-vergasser met HGCU (hot gas clean up; 550°C) en in-bed S-verwijdering. Reiniging van syngas op lage temperatuur vereist een herverhitting van het gas voor de verbranding, wat het globale rendement naar omlaag brengt. Bij het inzetten van zuurstof voor de vergassing wordt minder gasvolume geproduceerd, maar dergelijke systemen vereisen meer energie voor het aanmaken van zuurstof (in de air separation unit).

5.8.3 Verbruik van grondstoffen

De werking van een CFB-vergasser is gebaseerd op een bepaald bedmateriaal. Dit bedmateriaal kan bestaan uit zand of dolomiet. Het inzetten van afval in een vergasser gekoppeld aan een elektriciteitscentrale vereist dus een bepaalde hoeveelheid zand of dolomiet. Tot op heden zijn echter geen concrete cijfers gevonden voor deze hoeveelheid. Voorlopig wordt aangenomen dat dit vergelijkbaar is met de hoeveelheid zand nodig voor een wervelbedverbranding.

5.8.4 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

▪ Emissies

Identiek aan de vorige technologieën wordt ook hier rekening gehouden met de emissiegrenswaarden die van toepassing zijn wanneer een STEG-installatie afval bijstookt m.b.v. een vergasser.

Tabel 5-25: Emissiegrenswaarden per afvalstroom voor STEG-installatie

	CO ₂	NO _x , SO _x en stof
Behandeld hout	Behandeld hout wordt in principe beschouwd als afval. Om voor de analyse geen te grote verschillen te creëren tussen de houtstromen, wordt toch aangenomen dat ook in dit geval de CO ₂ -emissies 0 (hernieuwbaar) zijn.	Vermits de elektriciteitscentrale houtafval (via vergassing) bijstookt, valt ze niet meer onder de richtlijnen voor stookinstallaties, maar moet de mengregel (zie bijlage C) gehanteerd worden.
Overige afvalstromen	De CO ₂ -emissies worden benaderend berekend o.b.v. de koolstofkarakteristieken van de afvalstromen.	Vermits de elektriciteitscentrale afval bijstookt, valt ze niet meer onder de richtlijnen voor stookinstallaties, maar wordt de mengregel (zie bijlage C) gehanteerd.

Een overzicht van de emissiegrenswaarden voor een alleenstaande STEG, de emissiegrenswaarden voor een IGCC-installatie en benaderende realistische emissiefactoren voor een STEG in 2001 en 2005 (nieuwe technologie) (Bron: Emissies en energieverbruik van energiedragers, Torfs R. et al, 1999) wordt gegeven in onderstaande Tabel 5-26. Vermits de IGCC-technologie ten vroegste vanaf 2007 (of zelfs 2009) implementeerbaar is, zijn geen emissiegrenswaarden voor 2001 in de tabel opgenomen.

Tabel 5-26: Emissiegrenswaarden voor een alleenstaande STEG en de emissiegrenswaarden voor een IGCC-installatie

EGW (mg/Nm ³ rookgassen)	SO ₂	NO _x	stof
realistische emissiefactoren STEG in 2001	0	50	0
realistische emissiefactoren STEG in 2005	0	25	0
2007			
STEG (normale werking)	35	200	5
IGCC o.b.v. afval	34,5	192	5,1
2015			
STEG (normale werking)	28	160	4,0
IGCC o.b.v. afval	27,6	153,6	4,1

▪ Rookgasreiniging

De productie van elektriciteit m.b.v. een STEG veroorzaakt lage S-emissies en stof. NO_x wordt wel geëmitteerd, maar de hoeveelheid hiervan kan beperkt worden (tot 20 mg/Nm³) door het beperken van de vlamtemperatuur.

Wanneer een afvalstroom, via vergassing, ingezet wordt in een STEG-eenheid wordt de installatie gedeeltelijk beschouwd als een afvalverbrandingsinstallatie en moet bijgevolg ook de mengregel toegepast worden. Uit bovenstaande tabel wordt duidelijk dat het

toepassen van de mengregel weinig invloed heeft op de emissiegrenswaarden. Er kan bijgevolg aangenomen worden dat een additionele rookgasreiniging niet direct vereist is.

5.8.5 Rest- en afvalstoffen

Elektriciteitsproductie in een STEG levert normaalgesproken geen assen op (noch bodem- noch vliegassen). Wanneer de IGCC-technologie wordt toegepast zullen assen optreden in de vergasser (bodmassen en vliegassen in syngas) en in de syngasreiniging (zie § 5.8.1). Voor het bepalen van de verdeling van de assen in de vergasser is uitgegaan van een identieke situatie als bij de wervelbedoven: 45% van de assen vormen de bodemas van de vergasser, 55% van de assen zitten in het syngas vervat als vliegassen. Vooraleer dit syngas in de STEG kan geïnjecteerd worden moet het een doorgedreven zuivering ondergaan. In deze syngaszuivering (wat in vele gevallen wordt doorgevoerd in een wet scrubber) worden de vliegassen uit het syngas gecapteerd. Uiteindelijk gaat het syngas dat in de STEG wordt geïnjecteerd geen asresten meer bevatten.

Het bodemas van de vergasser (CFB-assen) bevat minder dan 3% niet-verbrande koolstof, welke bestaat uit bedmateriaal (zand en kalksteen) en assen van vergaste biomassa. Dit bodemas kan nuttig worden ingezet in de cement- of bouwindustrie. De assen van de syngasreiniging (gecapteerd uit syngas) daarentegen mogen niet hergebruikt worden, maar moeten gestort worden na eventuele voorbehandeling (Deel 1 § 4.2.8).

5.8.6 Kosten

▪ Investeringskosten

In het algemeen worden de specifieke additionele investeringkosten voor dergelijk concept (CFB-vergasser + aanpassingen STEG) geraamd op 1500 Euro/kWe voor 5% bijstook, 1340 Euro/kWe voor 10% bijstook en 1185 Euro/kWe voor 20% bijstook²⁹. Zoals reeds eerder beschreven zal dit bedrag sterk afhangen van het type gasturbine dat gebruikt is in de STEG. Bepaalde types vereisen enorme investeringen, terwijl bij andere types een beperkt percentage biomassa-stookgas kan bijgestookt worden met relatief lage investeringen.

In deze studie gaan we ervan uit dat de syngasreiniging een even grote investering vraagt als de CFB-vergasser. In deze studie is 25 miljoen Euro aangenomen als investeringskost voor de CFB-vergasser (zie ook par.5.6), de investeringskost voor een vergasser-syngasreiniging bedraagt bijgevolg 50 miljoen Euro. Dit komt neer op een investeringskost van ongeveer 2300 Euro/kWe bij een vermogen van 17 MWe en een efficiëntie van 41.5%.

▪ Operationele kosten

De vaste kosten worden ook hier, analoog aan de andere technieken, geraamd op 5% van de investering (2% verzekeringen en diversen en 3% onderhoud). Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar Deel 1 par.4.2.2.

Voor de variabele kosten werd aangenomen dat geen extra personeel ingezet moet worden voor de vergasser en de centrale, dit op basis van literatuurgegevens en gegevens van Electrabel³¹. De meeste bronnen geven melding van de nood aan extra personeel tijdens de opstart, maar eenmaal de installatie goed functioneert zou dit extra personeel overbodig zijn.

In de modellering is dus geen rekening gehouden met extra personeel, hoewel dit ons insziens een onderschatting lijkt te zijn. Het lijkt weinig waarschijnlijk dat het inzetten van een afvalstroom (logistiek, behandeling en kwaliteitscontrole) en het verwerken ervan in een bijkomende installatie (vergasser) geen extra personeel vereist.

- Technische levensduur

De technische levensduur van dergelijke installatie wordt geraamd op 20 jaar.

5.8.7 Toepassing

- Actuele toepassing

Tot op heden is geen enkele IGCC-installatie op grote schaal in werking. De bestaande installaties zijn alle demonstratie- of pilootinstallaties.

- Potentiële toepassing

Een belangrijke randvoorwaarde voor het in gebruik nemen van een IGCC is dat het biomassa-stookgas dat ingezet wordt in de gasturbine voldoende zuiver moet zijn om een goede werking van de STEG te waarborgen. Hiervoor is de zuivering van het stookgas na de CFB-vergasser erg belangrijk.

In vergelijking met een CFB-vergasser en bijstook van syngas in kolencentrale is het inzetten van het syngas in een STEG duurder en is nog onderzoek nodig naar het reinigen en koelen van het syngas enerzijds en het dimensioneren en aanpassen van de gasturbine anderzijds.

Het is moeilijk een termijn te bepalen binnen dewelke deze technologie in de praktijk gaat toegepast worden. Dit is sterk afhankelijk van de resultaten die in de pilootprojecten behaald worden. In deze studie is verondersteld dat een eerste pilootinstallatie in Vlaanderen ten vroegste vanaf 2009 kan verwacht worden. Vanaf 2015 kan deze technologie zich voldoende bewezen hebben om op grotere schaal te worden toegepast.

5.9 Stoomintegratie

5.9.1 Procesbeschrijving

Het relatief eenvoudige concept bestaat erin de wervelbedoven te koppelen aan een elektriciteitscentrale. In het wervelbed worden de afvalstromen verbrand, waarna stoom

geproduceerd wordt in een stoomketel. De stoom wordt vervolgens via een pijpleiding naar de elektriciteitscentrale gevoerd en gekoppeld aan het stoomcircuit van de centrale. Hierdoor kan de stoomkwaliteit opgedreven worden, en verbetert de efficiëntie van de terugwinning van energie uit het afval ten opzichte van een “stand-alone” wervelbedoven. Bovendien beïnvloeden de kwaliteit van en de verontreinigingen in het afval, de steenkoolcentrale niet. Corrosie, aanslag, kwaliteitsverlies van de assen wordt dus vermeden. In deze studie is stoomintegratie wegens een gebrek aan vergelijkbare data niet volledig uitgewerkt. Toch kan een goede afschatting gegeven worden van de kosten-efficiëntie van deze optie. De investeringen en kosten zijn immers analoog aan deze van een wervelbedoven, met uitzondering van een bijkomende investering in de verbinding met de steenkoolcentrale. Ondanks deze beperking is dit een realistische optie in de toekomst.

Men overweegt verder nog om de stoomproductie van een wervelbed te koppelen aan een stoomnetwerk, voor levering aan de industrie. Dit is een interessant en haalbaar alternatief, bvb. industriegebieden waar WKK's normaal instaan voor stoomproductie en waarbij extra stoom als backup kan dienen. Voor het berekenen van de stoomprijs wordt rekening gehouden met de marktprijs van fossiele brandstoffen (gasprijs, de verkoop van elektriciteit is gerelateerd aan de steenkoolprijzen).

5.9.2 Terugwinning van energie uit afval

Door het opdrijven van de stoomkwaliteit uit een wervelbed kan theoretisch een elektrisch rendement gehaald worden dat gelijk is aan dit van de steenkoolcentrale. In de praktijk, in niet optimale omstandigheden, verwacht men een winst van ongeveer 5% bruto-elektrisch rendement.

5.9.3 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

cfr. § 5.3.3

5.9.4 Rest- en afvalstoffen

cfr. §5.3.4

5.9.5 Kosten

Een haalbaarheidsstudie voor een elektriciteitscentrale van 600 MWe in Nederland kwam tot een kostprijs van 1360 Euro/kWe³².

Wij gaan uit van de kosten voor een wervelbedcentrale (cfr 5.3). Extra investeringen worden geraamd op 200 Euro/kWe uit afval. Deze investeringen slaan zowel op de pijpleiding en de koppeling als op de meerkost voor het wervelbed.

Kostprijs van het stoomnetwerk wordt grotendeels bepaald door de kostprijs van de leidingen. Per lopende meter kan men rekenen op een kostprijs van ongeveer 1000 euro per lopende meter voor een leiding met diameter 3m en een debiet van 100 ton stoom per uur.

5.9.6 Toepassing

De capaciteit voor een dergelijke stoomintegratie wordt bepaald door de beschikbare reservecapaciteit op het stoomcircuit van de centrale. In België zijn de grote centrales GEL 1&2, Rodenhuzen 4 en Ruien 5 in het verleden geconverteerd om steenkool in plaats van stookolie te verbranden als hoofdbrandstof. Hierdoor nam het maximale vermogen van deze centrales af, omdat de verbrandingswaarde van steenkool lager is dan van stookolie en de dimensionering van de ketel dezelfde bleef. Dit heeft echter ook als gevolg dat er op de stoomcyclus nog thermische capaciteit over is. Op elk van bovenstaande groepen is nog ongeveer een 40 tot 50 MWe onbenut.

Behalve EZH Moerdijk waar stoom van een afvalverbrandingsinstallatie gekoppeld is aan een elektriciteitscentrale, en er bovendien nog een synergie is met het nabijgelegen Shell, zijn er geen voorbeelden van stoomintegratie. Deze laatste gecombineerde afval-elektriciteitsinstallatie werd specifiek ontworpen met het oog op stoomintegratie. Retrofit van bestaande elektriciteitscentrales en inplanting van afvalverbrandingsinstallaties naast bestaande elektriciteitscentrales is zowel technisch als economisch niet evident.

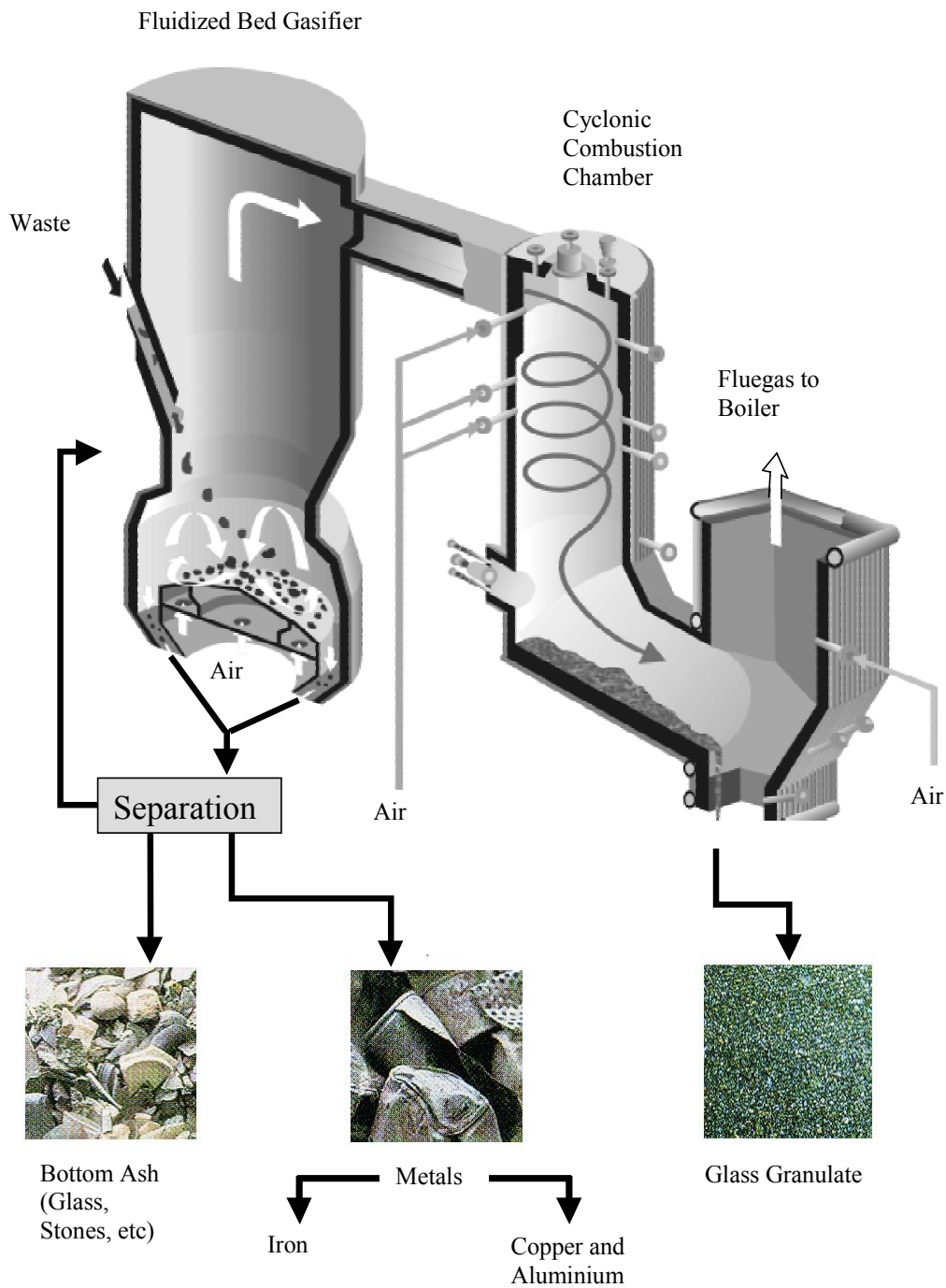
5.10 Vergassing – smeltreactor

5.10.1 Procesbeschrijving

5.10.1.1 Algemeen principe

De pyrolyse of vergassing, gevolgd door een smeltreactor is bij uitstek geschikt voor thermische verwerking van (hoogcalorische) afvalstromen met hoge metaalbelasting. In de eerste stap wordt het metaal gezuiverd zonder oxidatie, zodat terugwinning (van bvb. aluminium) mogelijk wordt. De inertfractie en vluchtige metalen worden omgesmolten en afgeschikt in een smeltreactor. Verschillende technologieleveranciers leveren systemen die volgens dit principe werken: Ebara, Mitsui, Nippon Steel, Von Roll. Deze leveranciers hebben alle grootschalige installaties, waarin de verwerking van ASR (eventueel gemengd met andere stromen) werd gedemonstreerd. Op de Europese markt zijn vooral Ebara en Von Roll actief.

Ebara beschikt over een volledig commercieel beschikbare en grootschalige installatie 2x40MW, waarin een mengsel van 10/90 RWZIslib/ASR wordt verwerkt, gelokaliseerd in Japan. Vermits deze installatie de meest grootschalige gedemonstreerde eenheid is, wordt deze techniek besproken in de onderstaande technologiebeschrijving. Het proces is gebaseerd op technologie van Ebara en ABB en wordt in Europa door Ebara vermarkt onder de naam TwinRec[®].



Figuur 11: schema vergassing-verbranding

5.10.1.2 Afvalontvangst

Het afval wordt verkleind aangeleverd en opgeslagen in een bunker of op een stortvloer. Het wordt via een manueel bediende (of geautomatiseerde) kraan gevoed in de vergasser.

5.10.1.3 Verwerking

Vergasser

De vergassing wordt uitgevoerd in een intern roterend wervelbed. In de vergasser wordt gewerkt met een lage luchtfactor ($\lambda = 0,2 - 0,3$) en temperaturen onder het smeltpunt van de metalen (500-600°C). Dit wervelbedtype wordt gekenmerkt door een snelle en turbulente menging van het afval in het bed. Zware en niet-brandbare delen worden afgevoerd aan de zijkant van het bed. In de praktijk worden deeltjes met grootte $>0,3$ mm eveneens zijdelings afgevoerd.

Uit deze afvoer wordt een gereinigde metaalfractie (zowel ferro als non-ferro) teruggewonnen. Het zand wordt afgescheiden en teruggevoerd naar het bed.

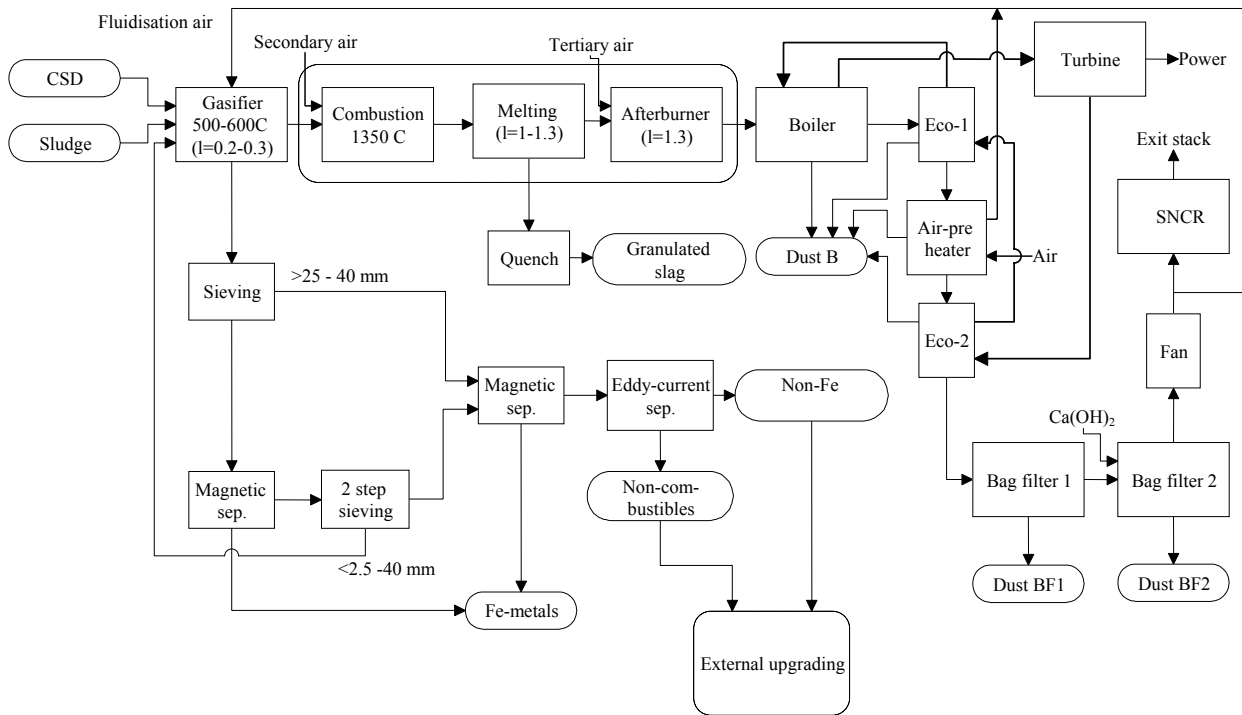
De fijne fractie ($< 0,3$ mm) met vliegashouding, vluchtige metalen en metaalzouten wordt meegevoerd met de syngasstroom naar de verbrandingskamer.

Verbranding

Het syngas (met meegevoerde char) wordt verbrand in de cycloonvormige verbrandingskamer na toevoeging van secundaire lucht ($\lambda = 1 - 1,3$). Deze lucht wordt tangentieel toegevoegd om de circulerende beweging van het gas te bevorderen en een goede menging te krijgen. De verbrandingstemperatuur bedraagt 1.350-1.450°C. Het gas en de gesmolten mineralen worden onderaan de verbrandingskamer afgevoerd. De gesmolten fractie wordt afgeschikt in een waterbad tot een inert glasgranulaat. De verbrandingsgassen worden via een naverbrandingskamer ($\lambda = 1,3$), waar tertiäre lucht kan worden toegevoegd, afgevoerd naar de stoomketel. Bovenaan de naverbrandingskamer wordt de stoomketel geplaatst. De rookgassen geven hun warmte af via straling convectie, in horizontale buizen. Na de stoomketel is de temperatuur van de gassen gedaald tot ongeveer 350°C. Na de boiler passeren de rookgassen een economizer, een lucht voorverwarmer en een tweede economizer. Hierdoor daalt de temperatuur van de rookgassen tot 180 – 200°C.

Scheiding

De mineralen, metaalfractie en het zand die de vergasser verlaten worden via zeving, een magnetische separator en een Eddy-current verdeeld in verschillende fracties. De ferro, non-ferro en niet-brandbare delen worden extern verwerkt.



Figuur 12: type processchema TwinRec proces

5.10.1.4 Energierecuperatie

De stoom die wordt geproduceerd (400 °C, 40 bar) in de stoomketel kan gebruikt worden als processtoom, voor afstandsverwarming of voor elektriciteitsproductie. Vermits het wervelbed in vergassingsmode wordt gebruikt, is het rookgasvolume klein in vergelijking met een verbrandingssysteem. Er kan dan ook gewerkt worden met een relatief compacte stoomketel. Indien elektriciteit geproduceerd wordt, ligt het bruto energetisch rendement in dezelfde grootteorde als dat van een roosteroven (20-23%)³³.

Het nettorendement, van de installatie (inclusief rookgasreiniging) bevindt zich tussen 17 en 20%³⁴.

5.10.1.5 Rookgasreiniging

De typische rookgasreiniging die na dit type installatie wordt geïnstalleerd is een doekfilter, een natte of halfnatte gaswassen en een SNCR DeNO_x installatie. Deze rookgasreiniging kan op vraag van de klant, en de te respecteren normen worden aangepast³⁵. Om de geldende regelgeving te kunnen respecteren wordt in deze studie uitgegaan van een rookgasreiniging waarin wordt gewerkt met een natte gaswassing, en waar de bovenstaande reiniging wordt uitgebreid met een actieve koolinjectie.

De afgescheiden vlieg- en boilerassen worden teruggevoerd naar de verbrandingskamer.

5.10.1.6 Waterverbruik

Wanneer een droge gaswassing wordt toegepast, komt er geen afvalwater vrij gedurende de rookgasreiniging. Bij een natte gaswassing wordt het afvalwater na zuivering intern hergebruikt.

Het quench water wordt intern gecirculeerd. Gezuiverd water kan naar de vergasser, zodat de installatie afvalwatervrij is.

5.10.1.7 Actueel bestaande toepassingen

Van dit type installaties zijn momenteel 6 werkende installaties bekend. Al deze installaties bevinden zich in Japan. Van de 6 installaties verwerken er 4 ASR, in combinatie met andere afvalstoffen zoals RWZI-slib, huishoudelijk afval, kunststofafval, ed. In de overige installaties wordt in de ene gedroogd slib, in combinatie met kunststofafval verwerkt en in de andere kunststofafval in combinatie met vloeibaar en medisch afval.

5.10.1.8 Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstromen

De maximale stukgrootte voor vergasbare materialen bedraagt (plastic, ...) 300x300mm. Voor niet-brandbare delen (metalen) bedraagt de maximale afmeting 300mm in 1 dimensie (bvb. stangen, draden).

De techniek is geschikt voor verwerking van specifieke stromen of mengsels. De limiterende karakteristieken voor de brandstof zijn:

- calorische waarde (>10,5MJ/kg)
- stukgrootte (<300mm)
- gehalte aan laag smeltende metalen (of legeringen, $T_{\text{smelt}} > 600^{\circ}\text{C}$)

Mits aan deze voorwaarden wordt voldaan kan de techniek gebruikt worden voor ASR, RDF, elektronisch schroot, banden, houtafval, afvalplastic, slib en assen (beide laatste mits opmenging met hoogcalorische stroom).

Afhankelijk van de karakteristieken van de input kunnen een aantal procesparameters worden bijgesteld. De installatie wordt bij voorkeur bedreven bij een constante afvalinputkwaliteit. In de installatie in Japan (Aomori) werden testen gedaan met afval met een vochtgehalte tot 30% en asgehalte tot 50%.

In deze studie werd er voor geopteerd dit type installatie in te zetten voor het verwerken van stromen met een hoog metaalgehalte zoals ASR en banden. Aangezien de voornaamste functie van de vergasser het afscheiden is van de brandbare fractie van de inerte en metaalfractie, wordt gedurende deze eerste stap een groot deel van de metaalfractie afgescheiden. Deze metalen zijn niet geoxideerd of gesinterd met andere asbestanddelen, waardoor het schroot een hogere kwaliteit heeft als het schroot dat uit bodemassen van een roosteroven wordt geïsoleerd.

Ook de verglazing van de slak van de naverbrandingskamer biedt het voordeel dat deze slak een lage uitloging vertoont, en hierdoor in aanmerking komt om te worden hergebruikt als secundaire grondstof.

Het ASR dient geen verdere voorbehandeling te ondergaan voor verwerking in de installatie. Autobanden dienen te worden verkleind.

5.10.2 Terugwinning van energie uit afval

Indien er elektriciteit wordt geproduceerd, bedraagt het netto energetisch rendement van de installatie 17%. Er wordt verwacht dat dit in de toekomst, tegen 2015, zal stijgen^{29,33}. In deze studie wordt er aangenomen dat dit rendement zal stijgen, tot 20% in 2007 en 23% in 2015.

5.10.3 Emissiegrenswaarden, effectieve emissies en rookgasreiniging

5.10.3.1 Emissiegrenswaarden

Voor de verbranding van ASR en rubberbanden dient de verbrandingsinstallatie te voldoen aan de emissiegrenswaarden die gelden voor verbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval.

Tabel 5-27: Emissiegrenswaarden voor verbrandingsinstallatie voor huishoudelijk afval

in mg/Nm ³			
verontreinigende stof		minder dan 1 ton/u	van 1 ton/u tot 30 ton/u
totaal stof	stof	100	30
gas- en dampvormige organische stoffen uitgedrukt als totaal organische koolstof	org. C	20	20
gasvormige anorganische chloriden uitgedrukt in HCl	HCl	100	50
gasvormige anorganisch fluoriden uitgedrukt in HF	HF	4	2
zwaveldioxyde uitgedrukt als SO ₂	SO ₂	300	300
stikstofoxiden (NOx) uitgedrukt als NO ₂	NO ₂	400	400
zware metalen			
de som van cadmium en cadmiumverbindingen uitgedrukt als cadmium (cd) en thallium en thalliumverbindingen uitgedrukt als thallium (Tl)	Cd	0,2	0,1
kwik en kwikverbindingen uitgedrukt als kwik (Hg)	Hg	0,2	0,1
tin en tinverbindingen uitgedrukt als tin (Sn)	Sn	5	1,5

5.10.3.2 Effectieve emissies

Tabel 5-28: Effectieve emissies bij vergassing - smeltreactor

parameter	eenheid	gemeten
SOx	mg/Nm ³	16
NOx	mg/Nm ³	178
HCl	mg/Nm ³	90
CO	mg/Nm ³	8
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,016

Gedurende de metingen werd een mengsel van shredderstof en slib verwerkt, met een verhouding 7/1,8.

De bemonsterde installatie bevindt zich in Aomori, Japan. De installatie werd ontworpen op de voldoen aan de Japanse wetgeving. Voor HCl is de Japanse norm 110 mg/Nm³ en voldoet de installatie aan de geldende wetgeving. Om aan de in Vlaanderen geldende normering te voldoen, dient een natte scrubber te worden geïnstalleerd³⁴.

5.10.3.3 Rookgasreiniging

De typische rookgasreiniging die na dit type installatie wordt geïnstalleerd is een doekfilter, een natte of halfnatte gaswassen en een SNCR DeNO_x installatie. Deze rookgasreiniging kan op vraag van de klant, en de te respecteren normen worden aangepast.

Om de geldende regelgeving te kunnen respecteren wordt in deze studie uitgegaan van een rookgasreiniging die bestaat uit een electrofilter, een natte gaswassing, SNCR, actief koolinjectie en mouwenfilter.

De afgescheiden vlieg- en boilerassen worden teruggevoerd naar de verbrandingskamer.

5.10.4 Rest- en afvalstoffen

In het TwinRec proces worden 3 afvalstromen geproduceerd. Een glasgranulaat, een metaalfractie, bodemassen. Bij de rookgasreiniging ontstaat (afhankelijk van de geïnstalleerde installatie) een rookgasreinigingsresidu en eventueel een gipsfractie (natte gaswassing). Het glasgranulaat, de metaalfractie en de bodemassen kunnen hergebruikt worden. Er wordt eveneens aangenomen, dat wanneer er een gipsfractie wordt geproduceerd, de kwaliteit hiervan voldoende is om te kunnen afzetten als secundaire grondstof. Het rookgasreinigingsresidu dient te worden gestort.

De metaalfractie komt gemengd uit de vergasser, waarna deze gescheiden wordt in een ferro en non-ferro fractie. Beide fracties vinden afzet voor recyclage. Er zou, afhankelijk van de input, 20 – 25 kg/ton ferro worden afgescheiden, en 95 – 140 kg/ton non-ferro+niet brandbare delen. Deze laatste wordt via een Eddy-current separator gescheiden in een niet-brandbare fractie en non-ferro fractie. De non-ferro fractie bevat voornamelijk aluminium. De niet-brandbare fractie is een mix van assen en metaaldeeltjes met de grootte van <10 – 20 mm waarvan het grootste deel bestaat uit koperdraad. De gerecupereerde ferro-fractie bestaat voor 70% uit ijzer.

De opbrengsten uit de verkoop van deze metaalfracties bedragen volgens³⁴ ongeveer € 4/ton input (€ 0,08/kg metaal). Volgens eigen berekeningen zou de opbrengst van de metalen tot € 9/ ton input kunnen bedragen (opbrengst ferro € 0,03/kg; non-ferro € 0,4/kg).

In de studie wordt gerekend met een opbrengst van de verkoop van metalen van € 4/ ton input.

Tabel 5-29: uitlooggegevens van het glasgranulaat en de bodemassen vergeleken met VLAREA grenswaarden

	mg/kg DS		in mg/l	
	VLAREA	glasgranulaat	bodemassen	
	NEN 7343		DIN-S4	
As	0,8	na	na	
Cd	0,03	< 0,001	na	
Cr	0,5	< 0,005	na	
Cu	0,5	0,056	0,02	
Hg	0,02	<0,0005	na	
Pb	1,3	0,013	0,04	
Ni	0,75	<0,01	na	
Zn	2,8	0,05	< 0,05	

In Tabel 5-29 worden de uitloogwaarden van de restfracties vergeleken met de VLAREA-grenswaarden. Naast deze uitloogwaarden wordt ook de gebruikte testmethode gemeld. VLAREA schrijft de kolomtest volgens NEN 7343 voor. De uitloogresultaten van deze test worden uitgedrukt in mg/kg. In Duitsland wordt de uitloogbaarheid bepaald met de DIN-S4 test. De resultaten van deze test worden uitgedrukt in mg/l. Omzetten in mg/kg, om te kunnen vergelijken met de VLAREA-grenswaarden, kan door te vermenigvuldigen met 10. Vermits de condities in beide testen enigszins verschillen is een rechtstreekse vergelijking niet mogelijk. De omrekening kan wel gebruikt worden om een indicatie te hebben van de uitloging van de metalen.

De bodemassen en het glasgranulaat voldoen waarschijnlijk aan de VLAREA-eisen om te worden hergebruikt als niet vormgegeven bouwstof. Er wordt in de studie verondersteld dat dit type installatie wordt beschouwd al een verbrandingsinstallatie voor huishoudelijke afvalstoffen.

In Tabel 5-30 wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheden hulpstoffen voor de rookgasreiniging gebruikt worden. Ook de hoeveelheid rest- en afvalstoffen worden vermeld^{36, 38,37,34}. De in- en output gegevens verschillen afhankelijk van de geraadpleegde bron. In de studie wordt gewerkt met de gegevens die worden vermeld in de studie, uitgewerkt door het AOO, aangezien de globale configuratie van het proces het nauwste aanleunt bij diegene die wordt gebruikt in deze studie.

Tabel 5-30: input en output van hulp en reststoffen in het TwinRec proces

in kg/ton				
input	80/20 ASR/slib ³⁶	ASR ³⁸	ASR ³⁷	ASR ³⁴
CaO		28,3		50
Actieve Kool		0,3	2	
Ammoniak		6,7	5	
Ca(OH)			2	
NaOH			35	
olie				12,92
output				
Metaal	80	113,6	125	140
Bodemas	70	97	} 285	
Glasgranulaat	200	204		200,00
Rookgasreinigingsresidu	50	85,6	39	70,00
Boileras en vliegas				67,50
Spui (waterzuivering)			294	
Sproeidroogproduct			4	
Gips			35	

Er wordt in de studie uitgegaan van de veronderstelling dat de samenstelling van het ASR gebruikt in de verschillende vermelde studies, vergelijkbaar zijn onderling. Ook wordt er verondersteld dat ASR geproduceerd in Vlaanderen qua samenstelling vergelijkbaar is met deze die werden gebruikt in de verschillende studies.

Voor de kost van de te verwijderen reststoffen wordt verwezen naar Deel 1, § 4.2.8.

5.10.5 Kosten

5.10.5.1 Investeringskosten

Voor een installatie voor de verwerking van 50.000 ton, met als ontwerpcondities de verwerking van een ASR-slib mengsel (verhouding 6,3/3,1), en een calorische waarde van de input van 16,78 GJ/ton, bedraagt de investeringskost ongeveer € 55.900.000³⁴. Deze investeringskost omvat de totale investering voor de installatie inclusief gebouwen. De rookgasreiniging voorzien in deze installatie omvat twee doekfilters en een katalytische deNOx.

Bij de in de studie geïnventariseerde installatie wordt een andere rookgasreiniging verondersteld. Er wordt een electrofilter, een niet-katalytisch de-NOx, een natte gaswassing, actief kool injectie en een mouwenfilter voorzien.

Op basis van literatuurgegevens werd berekend dat de kostprijs van de oorspronkelijk voorziene rookgasreiniging ongeveer 2.5 tot 3.5 mio EURO bedraagt. De investeringskost van de uitgebreidere rookgasreiniging zou volgens literatuurgegevens tussen 7 en 12 mio EURO bedragen. In de studie wordt verondersteld dat de bijkomende investeringskost bijna 5 mio EURO bedraagt. De investeringkost van de installatie waarmee in deze studie wordt gewerkt bedraagt 60.000.000 mio EURO.

De installatie is 7300 u/jaar operationeel³⁴.

Er zijn geen gegevens bekend over de invloed van de schaalgrootte van de installatie.

5.10.5.2 Operationele kosten

Vaste kosten

Voor de personeelskost van de grootschalige afval-tot-energie installaties wordt uitgegaan van een vaste personeelskost van ongeveer € 5,4 per ton.

Voor de onderhoudskosten, verzekering ed. wordt uitgegaan van een vast percentage ten opzichte van de totale investeringskost. Voor het onderhoud wordt gerekend met 3% van de totale investering, voor de verzekering ed. bedragen deze kosten 2% van de totale investering.

Variabele kosten

De variabele kosten bestaan deels uit de kost van de gebruikte hulpstoffen (vnl. gedurende de rookgasreiniging). Deze kost voor de rookgasreiniging werd berekend op basis van gegevens uit de studie van het AOO³⁷. Per GJ input wordt er gerekend op een variabele kost voor de rookgasreiniging van € 0,4.

Voor de kosten voor verwerking van bodem- en vliegassen wordt verwezen naar Deel 1, § 4.2.8.

5.10.5.3 Technische levensduur

Er wordt uitgegaan van een technische levensduur van de installatie van 20 jaar.

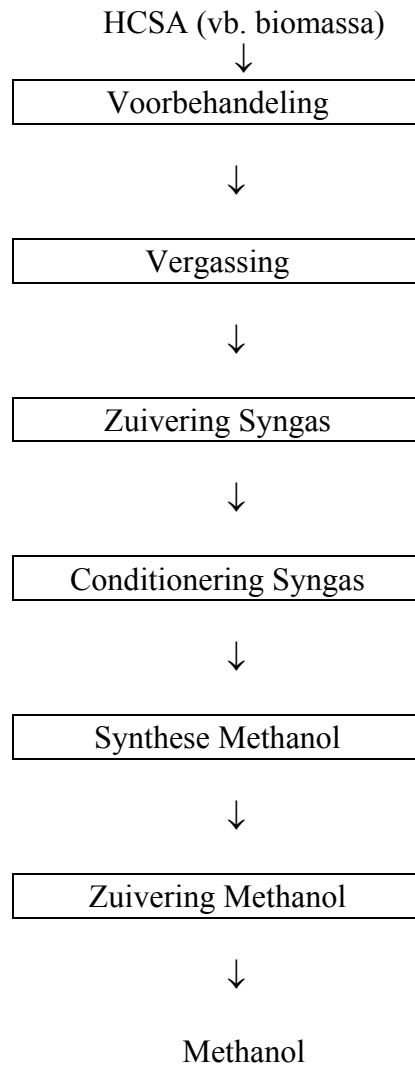
5.11 Vergassing en methanolsynthese

5.11.1 Procesbeschrijving

5.11.1.1 Algemeen principe

Methanol wordt traditioneel gesynthetiseerd uitgaande van een mengsel van waterstof en koolstofdioxide (CO en CO₂), waarbij gebruik gemaakt wordt van een katalysator. Hoge druk en lage temperatuur waren aanvankelijk de optimale condities voor de synthese, maar later ontwikkelde ICI (1960's) en Lurgi (1970's) een katalysator die toeliet om het proces uit te voeren bij een lagere druk. Hierdoor werd de energie- en ook de kosten-efficiëntie van deze installaties aanzienlijk verhoogd. Elke koolwaterstofverbinding die omgezet kan worden in een synthese gas door een reforming met stoom of vergassing met zuurstof is een potentiële feedstock voor methanol. Het synthese gas afkomstig van de vergassing van afvalstoffen kan hier bijgevolg ook voor gebruikt worden.

Het globale processchema ziet er als volgt uit:



Voor de algemene procesbeschrijving van een vergasser wordt verwezen naar § 5.2.2.2. Omdat de methanolproductie een grootschalige toepassing is, wordt voor de vergassing de voorkeur gegeven aan een pressurized fluidized bed reactor.

Het syngas moet gezuiverd worden om erosie, corrosie en desactivatie van de katalysator in de navolgende processen te vermijden, alsook om aan de milieu-eisen te voldoen. Er bestaan “natte” lage temperatuur en “droge” hoge temperatuur gasreinigingssystemen (zie ook beschrijving van syngasreiniging in § 5.8.1.). Verder moet nog een optimalisatie van de samenstelling van het syngas gebeuren. De CO_2/CO verhouding en de stoechiometrie van het synthesegas moeten aangepast worden voor de methanolsynthese. Dit gebeurt bij de conditionering van het gas. De methanolsynthese zelf gebeurt bij 200-280°C and bij 50-100 bar in aanwezigheid van een Cu-Zn-oxide katalysator. De ruwe methanol bevat nog 15% water en kleinere hoeveelheden bijproducten. Afhankelijk van de beoogde toepassing moet de ruwe methanol verder gezuiverd worden.^{xxxix}

5.11.1.2 Actueel bestaande toepassingen

Systeem van SVZ (Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum Schwarze Pumpe GmbH)

Het enige praktische voorbeeld inzake vergassing van afvalstromen ter productie van synthese gas is te vinden bij SVZ, nl. de installatie van Schwarze Pumpe. SVZ werd opgericht bij reconversie van (één van) Duitslands grootste vergassingsinstallaties voor bruinkool. Begin jaren '90 schakelden de nieuwe Duitse staten over van stadsgas naar aardgas en werd de installatie overbodig. Er werd geïnvesteerd in omschakeling naar de vergassing van afval, met behoud van een deel van de infrastructuur en uitgaand van de knowhow op vlak van bruinkoolvergassing.

Bij SVZ is het vergassingsproces een gecombineerd gebeuren. Het voorbehandelde afval wordt toegevoerd naar de vergassers. SVZ beschikt over 'fixed bed'-reactoren met roterende bodem en 'entrained flow'-reactoren. Beide types werden eerder gebruikt voor bruinkoolvergassing en werden geleverd door Lurgi. Momenteel is een nieuw type reactor opgestart: de slakkenbadreactor, geleverd door BGL (British Gas-Lurgi). Deze is ontwikkeld op basis van de vast-bedreactor in samenwerking tussen BGL en SVZ en is gericht op een geoptimaliseerde vergassing van afval. De vergassingsreactor vormt echter slechts een beperkt deel in een uitgebreide verwerkingsketen van afval tot methanol en elektriciteit

– Vastbedvergassers

Bij SVZ blijven 7 vastbedvergassers over van de oorspronkelijke 24. Hiervan zijn er 3 of 4 in gebruik. Vanaf '92 werd de bruinkool gradueel vervangen door afval. Momenteel wordt gewerkt met 75-80% afval en 20% kolen. Zowel bruinkool als (Poolse) steenkool worden gebruikt. De vastbedvergassers werken momenteel met een hoge onderhoudskost. De ervaring op de vastbedvergassers leidde tot de ontwikkeling van de nieuwe slakkenbadvergasser.

Indien men enkel over een vastbedvergasser beschikt, moet het teer afgevoerd worden of terug verwerkt in de vastbedvergasser. Mogelijk leidt dit tot een opconcentreren van metalen in de reactor.

- Slakkenbadvergasser (BGL-vergasser):

In vergelijking met de vastbedvergasser heeft de slakkenbadvergasser:

- hogere doorzet (25 t/h vs. 8-14 t/h)
- lagere onderhoudskost
- meer stabiele werking
- betere slakkwaliteit
- lager energie- en stoomverbruik (stoom ca.85 % lager dan vastbed)

Procesmatig werd hoofdzakelijk de brandstof toevoer en de slakkenafvoer aangepast. De vernieuwde brandstof toevoer laat toe om kleinere brandstof/afvalpakketten te doseren. In de vastbedvergasser leidt voeding in te grote pakketten tot temperatuurschommelingen en dus verstoring van het vergassingsproces. Het voedingsysteem omvat een sluizensysteem en toevoegtrechter met een conische klep. Het systeem wordt gespoeld met stikstof en gereinigd syngas. Bij voeding moet doorslag van syngas en versmelten van het afval in de toevoertrechters vermeden worden.

De reactor is een verticale tegenstroomvergasser, die werkt op een druk van 25 bar. Afval wordt bovenaan gedoseerd op het brandstofbed. Onderaan de reactor zorgen toortsen gestookt met een stoom/zuurstofmengsel (10 % stoom) voor temperaturen tot 1400°C. De bedtemperatuur bedraagt ca. 800°C. De gastemperatuur bovenaan de reactor is 500-700°C.

De korrelgrootte van de brandstof is van belang voor vlotte dosering en voor goede doorlatendheid van het brandstofbed. De doorlatendheid bepaalt immers de efficiëntie van de vergassing. Daarnaast moet de brandstof een minimaal C-gehalte hebben. Steenkool wordt toegevoegd om een basis-C-gehalte te behouden en homogene werking te verzekeren. Afvalpercentages boven 85% leiden tot onstabiele werking.

De BGL heeft een maximale (massa)capaciteit voor steenkool van 25 t/h. De verwerkingscapaciteit bedraagt echter 14-20 t/h. Deze wordt gelimiteerd door de maximale zuurstofdosing van 6000 m³/h.

De reactor heeft een vuurvaste bemetseling en dubbele watergekoelde wand. Het wandwater wordt omgezet tot stoom (40 bar) en gerecupereerd als 'middendrukstoom' in een ander deel van de SVZ-installatie. De vuurvaste bemetseling heeft een levensduur van 'enkele jaren'. Op vlak van sleet zijn de doseer- en meetlansen de kritische punten. Deze moeten 'eerder dan de bemetseling' vervangen worden.

– Entrained flow vergasser

Het geproduceerde gas wordt afgekoeld in een gaswasser. De teerfractie condenseert en wordt afgevoerd met het waswater, naar de 'entrained flow' vergassers. De vloeibare afvalstoffen en teer uit de syngasreiniging worden aldus vergast in de entrained-flow vergasser. Dit is een verticale reactor met bovenaan injectie van brandstof en zuurstof/stoomtoorts. De reactor is ook van belang in het kader van verwerking van de vaste afvalstoffen, vermits de zware metalen uit het afval verdampen in de vastbedvergassing en condenseren in de teerfractie. Door verdere vergassing van de teerfractie komen de metalen hier in de slakfractie terecht.

Slakken worden afgevoerd via een slakkenuitlaat met ringbrander en afgeschrikt in een slakkenbad. Van hieruit worden batchgewijs slakken doorgezet naar het tweede slakkenbad, waaruit de afvoer gebeurt. Aan de brandstof wordt kalksteen toegevoegd als fluxmiddel voor optimalisatie van de slakkenvorming.

SVZ verwerkt huishoudelijk afval, maar ook plastics, slibs, afvalolies, ... Condenseerbare stoffen die in de vastbedvergasser in het gas terechtkomen worden via waterafscheiding naar de "entrained flow" vergasser gevoerd en vernietigd. Vluchtige metalen en mineralen komen uiteindelijk via de "entrained flow" vergasser in de slakken terecht. Gas processing

Het syngas na vergassing van bv. RDF is samengesteld uit:

- een brandbaar gas (CO, H₂, CH₄, C_xH_y)
- een ballastgas (N₂, CO₂, H₂O)
- sporengassen (H₂S, COS, NH₃, HCN, HCl, ...)
- nevenproducten/verontreinigingen (condensaat, teerachtigen, benzeen, naftaline, roet, ammoniumzouten, alkaliën, zware metalen...)

In het SVZ-proces wordt het syngas na afkoeling langs een CO/H₂-rectifier gestuurd. Hier wordt de CO/H₂-verhouding gecorrigeerd voor optimale werking van de methanolproductie. Het gas wordt verder gereinigd en gekoeld m.b.v. een 'Rectisol'-installatie. De Rectisol-installatie produceert gereinigd gas en een afgasstroom. Hiervoor wordt het gas gekoeld tot -60 °C en gewassen met methanol. De afgasstroom wordt ontzwaveld en verbrand in een afzonderlijke installatie (REA-Kessel), met productie van gips.

Het syngas wordt na reiniging gedeeltelijk gebruikt voor de methanolsynthese (100 000 ton/jaar methanolsynthese eenheid). Een percentage van het zuivere syngas en het overflowgas van de methanolproductie worden omgezet tot elektriciteit in een STEG (60 MWe). Deze heeft een vermogen van 75 MW. De helft tot 1/3e van de geproduceerde elektriciteit wordt intern verbruikt. Naast overflowgas van methanolproductie en syngas wordt ook aardgas verbrand. Voor opstart wordt gewerkt met lichte stookolie.

Andere mogelijke leveranciers

In de literatuur³⁸ worden een aantal vergassingsinstallaties teruggevonden, waarvan gemeld wordt dat ze ook een syngas kunnen leveren dat geschikt is voor methanolsynthese. Voor zover geweten, is de combinatie van deze twee processen echter nog nergens gerealiseerd. In onderstaande tabel worden de verschillende leveranciers van deze vergassingsinstallaties opgesomd. De status van de installatie slaat enkel op het gedeelte van de vergasser zonder de methanolproductie, aangezien deze nergens gepland is.

Leverancier	Type installatie	Status	Doel syngas	Soort afval
Thermoselect	trage pyrolyse en vastbed, oxygen blown vergasser met residu melting.	commerciële plant in werking gezet, maar terug stilgelegd (zie Genève JT).	omzetting in warmte en elektriciteit, evt. methanol	voor huishoudelijk en industrieel afval
Brightstar Synfuels	primaire warmtewisselaar en stoom reformer	kleine schaal demonstratieplant	stoom of elektriciteit, evt. chemische producten	voor afvalhout, papier- en pulpslib, ...
MTCI Thermochem	pulse indirect heater en atmosferische, fluidized bed reactor	medium tot grote schaal, pilotschaal	energie-opwekking of chemische feedstock synthese	organisch afval of biomassa
Noel Conversion Process	entrained flow vergasser	medium tot grote schaal, pilotschaal	nuttig product (H ₂ , ammoniak, methanol) of elektriciteit	vast en vloeibaar afval
PEAT inc.	plasma torch vergasser en stoom reformer	kleine schaal, semi-commerciële	feedstock voor chemische processen of voor elektriciteit of stoom.	afval met anorganische en organische componenten (vooral bedoeld voor gevaarlijk afval)
Texaco	hoge druk vergasser	volledig commerciële voor raffinaderij residu en in ontwikkeling voor plastics	feedstock voor chemie en elektriciteit.	residus van raffinaderijen, gemengd kunststof afval
Thermogenics	direct gestookt, air-blown updraft vergasser	kleine tot medium schaal, pilootinstallatie	voor elektriciteit en blending stock voor automotieve fuel	huishoudelijk afval, houtafval, biomassa
UET's CARBO-V proces	entrained flow vergasser	klein tot medium schaal, pilootinstallatie	biofuel voor energieconversie	rioolslib en biomassa
Rectisol (Lurgi)			feedstock voor o.a. methanolsynthese	zware olie, petroleum coke en afvalmaterialen

5.11.1.3 Mogelijke verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische stromen

SVZ verwerkt verschillende afvaltypes: slib, houtafval, ASR-stof, teerafval, restfracties/RDF van huishoudelijk afval. Voor de niet-gepelletiseerde stromen beschikt SVZ over een pelletizeer- of briketteerinstallatie. De invoer in de vergasser mag een maximale afmeting van 10-15cm hebben en een minimaal DS-gehalte van 85%. SVZ verwerkt 100.000 ton/j DSD plastics.

Elke koolwaterstofverbinding die omgezet kan worden in een synthese gas door een reforming met stoom of vergassing met zuurstof is een potentiële feedstock voor methanol. Globaal genomen kan men voor proces vergasser/methanolsynthese deze afvalstromen verwerken die in een vergasserinstallatie aanvaard worden.

5.11.1.4 Rookgasreiniging

De installatie beschikt over een rookgaszuiveringsinstallatie. In de gaswassing wordt zwavelzuur ingezet en gips geproduceerd dat nuttig toegepast wordt in de aanmaak van bouwmaterialen.

5.11.1.5 Waterbehandeling

Het effluent van de vergassing wordt gezuiverd en geloosd. De samenstelling van het afvalwater van SVZ is niet gekend.

5.11.1.6 Massabalans

SVZ rapporteert een brede waaier van gassamenstellingen en verbrandingswaarden, zodat het reconstrueren van een massa-en energiebalans quasi onmogelijk is. Bovendien wordt bij SVZ ook energie verbruikt voor de methanolfabriek en voor de voorbehandeling van afvalstromen.

Input

Hulpstoffen:

- water (stoom): 310 kg/t RDF , intern aangemaakt bij SVZ (hoge druk, energie-inhoud onbekend)
- zuurstof: 235 kg/t RDF
- CaO : 1.94 kg/t RDF
- steenkool: bijgemengd om de C-parameter op peil te houden.

Output

De niet energetisch valoriseerbare fracties van SVZ worden in onderstaande tabel weergegeven. Hierbij werden de waterlozingen en luchtmissies niet opgenomen.

Product	hoeveelheid	bestemming
Slakken	350 kg/t RDF	hergebruik (laagwaardige toepassingen)
NaCl	11.4 kg/t RDF	strooizout
Rookgasreinigingsresidu	? kg/t RDF	storten

5.11.2 Terugwinnen van energie uit afval

In onderstaande tabel wordt een overzicht van de energie in- en output bij SVZ gegeven.

Type energiedrager	hoeveelheid	oorsprong
Input		
Elektriciteit	180 kWh/t RDF	
Output		
Zuiver synthese gas	0.5 m ³ /t RDF	voor gebruik in turbine of motor LHV= 14 MJ/ Nm ³
Stoom	57 kWh/t RDF	afkomstig van de offgasboilers na de syngaszuivering

SVZ produceert elektriciteit in een nageschakelde STEG. Het bruto rendement van de STEG bedraagt 56%, het netto rendement ongeveer 43% wanneer afval verwerkt wordt. D.w.z. dat ongeveer 25% van de elektriciteit verbruikt wordt. Hierin zit evenwel ook het verbruik van de methanol plant en de voorbehandeling in.

5.11.3 Rest- en afvalstoffen

Naast gips van de onzweveling, worden er nog recupereerbare slakken geproduceerd. Bovendien wordt chloor in de vorm van NaCl afgescheiden.

5.11.4 Kosten

Omdat de integrale installatie van vergassing en methanolsynthese uit afvalstromen nog niet gedemonstreerd is, zijn geen economische gegevens voorhanden. Volgens berekeningen^{xxxix} ligt de prijs van methanol uit biomassa een eind boven de marktprijs van methanol. De verhouding productieprijs/marktprijs is tussen 1,4 tot 5,8 (in 1997).

5.11.5 Toepassing en toekoms perspectieven

Door de oliecrisis in 1974 werd gezocht naar alternatieve motorbrandstoffen in de westerse landen. Voor de aanmaak van synthese gas voor de methanolproductie werd onderzocht of het gebruik van vaste brandstoffen, hout en turf mogelijk was. Vanuit deze interesse werd de zuurstof/stoom vergassing in een fluidized bed onder verhoogde druk ontwikkeld, omdat de vergassingstechnologie aangepast moest zijn aan de druk van de synthese processen en om te kunnen genieten van de schaalvoordelen van de grote installaties in de petrochemische industrie. Tot het midden van de jaren '80 werden alle aspecten van de grote vergassingsinstallaties onderzocht van pilotschaal tot full scale. In Finland werd een

installatie met een voorloper van de TPS-technologie gebouwd en deze heeft een tijd gewerkt. Nadien werden de scenario's die ingegeven waren door de olieschaarste verlaten.

Momenteel wordt methanol gebruikt in 3 toepassingen:

- als feedstock voor bulk organische chemicaliën (voornamelijk formaldehyde)
- als (additief voor) brandstof
- voor direct gebruik als een solvent

Hierin zit slechts een matig groeipotentieel. Na 1990 steeg de vraag naar methanol echter wanneer het een belangrijke component werd in motorbrandstoffen. Er wordt een groei verwacht vanuit de alternatieve en oxygenated brandstofsectoren, gedreven vanuit strategische en milieu-overwegingen. De individuele processtappen voor de productie van methanol uit biomassa zijn reeds ontwikkeld. De minst bewezen onderdelen zijn de vergassing van biomassa en de gasreiniging^{xxxix}.

5.11.5.1 Actueel bestaande toepassing

Momenteel is het enige praktische voorbeeld inzake vergassing van afvalstromen ter productie van synthese gas te vinden bij **SVZ**, nl. de installatie van Schwarze Pumpe.

5.11.5.2 Potentiële toepassing

Het voordeel van de omzetting van het gevormde syngas met CO/H₂ naar CH₃OH is de opslagmogelijkheid en de mogelijke opvang van kwaliteitsverschillen. Verder levert de methanolsynthese geen meerwaarde ten opzichte van de onmiddellijke omzetting van het syngas in elektriciteit of warmte. De omweg via methanolsynthese beïnvloedt factoren als kostprijs, efficiëntie en technische uitvoerbaarheid eerder in negatieve zin.

Bij **BASF** te Antwerpen werd nagevraagd of een vergassingsinstallatie voor hoogcalorisch afval met methanolproductie voor het bedrijf nuttig zou kunnen zijn. Methanol is echter geen 'core business' voor BASF.

Andere mogelijke toepassingen van vergassingsproducten zijn voor BASF ook niet relevant. BASF gebruikt H₂ en CO afkomstig van 2 eigen syngasbedrijven of geleverd door Air Liquide. CO kan ingezet worden voor productie van MDI (methyldiisocyaan) dat gebruikt wordt bij de synthese van PUR. H₂ gaat naar de steam cracker of naar het PS bedrijf. Maar steeds is een constante samenstelling en kwaliteit van het gas cruciaal, en een hoge bedrijfszekerheid (volledige productietrein is ervan afhankelijk) moet gegarandeerd kunnen worden. De geproduceerde hoeveelheid dient steeds te voldoen aan de vraag.

BASF bedrijft 3 vergassers in Ludwigshafen op basis van interne nevenproducten. Daar blijven echter synthese gas-eenheden de hoofdleveranciers en de Texaco-vergasser doet dienst als back-up. Een pilot-plant op basis van kunststofafval werd stilgelegd. In Silsands (UK) is een eenheid in opstartfase (Noell, 70 T/uur, vergassing van N-houdende verbindingen). Het gevormde syngas wordt gebruikt voor de aandrijving van een gasturbine. Er wordt geen scheiding CO/H₂ uitgevoerd.

In Engeland wordt momenteel een vergassingsinstallatie opgestart welke als brandstof verschillende, door BASF, geproduceerde nevenproducten gebruikt.

Qua vergassingstechniek is BASF vooral geïnteresseerd in het vergassen van vloeibare brandstoffen.

Problemen treden op met aanwezigheid van stikstof, met zuurstof bij wisselende samenstelling (meer vorming van CO₂) en met roetvorming.

In 1995 werd door *WATCO* onderzocht of de installatie van een vergasser voor gemengd kunststof afval al dan niet haalbaar zou zijn. De eindconclusie was dat de gate fee te hoog lag om redabel te worden, vandaar dat het project niet verdergezet werd.

6 SAMENVATTING EN BESLUITEN

In deze studie werd een inventarisatie en een analyse gemaakt van verwerkingstechnologieën die potentieel kunnen worden ingezet voor de verwerking van een aantal hoogcalorische selectief ingezamelde afvalstromen (HCSA).

Op basis van gedetailleerde technologie-analyses werd de afvalstroom-technologiematrix die in een eerdere fase werd opgesteld, verder verfijnd. Dit leidde tot een aangepaste matrix. Deze matrix geeft aan welke technologieën volgens de huidige kennis van de techniek mogelijk kunnen worden ingezet voor de verwerking van de in deze studie beschouwde afvalstromen.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	houtstof	hout houtzaagsel	resthout	diermeel	dierlijk dierlijk vet	kunstofofval	papierresidu	textiel- en tapijfafval	rubberbanden	zware fractie	lichte fractie	shredder RDF (huish.+cat.2-bedrijfsafval)
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>													
wervelbedoven	stoomketel (LTP)												
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie												
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)												
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)												
vergassing + smeltreactor	stoomketel (LTP)												
<i>coverbranding in industriële processen</i>													
	coverbranding cementoven												
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>													
directe bijsmaak	kolencentrale												
directe bijsmaak	stoomketel (HTP)												
CFB-vergassing	bijsmaak in stoomketel kolencentrale												
CFB-vergassing	bijsmaak in turbine STEG												
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)												
<i>productie van basischemicaliën</i>													
vastbedvergassing	methanolsynthese												

Een aantal van de beschouwde technologieën hebben als primair doel afval te verwerken. Andere technologieën hebben een ander primair doel (elektriciteitsproductie, klinkerproductie, ...). Afvalverwerking is daar een bijkomende optie. Voor deze laatste technologieën wordt de verwerkingsmogelijkheid voor afvalstoffen uiteraard in de eerste plaats bepaald door de aanwezigheid van de productie-eenheid zelf.

Een **wervelbedoven** komt in aanmerking voor het verwerken van bijna alle geïnventariseerde hoogcalorische stromen, en is dus flexibel wat verwerking van verschillende typen stromen betreft (binnen de technische grenzen van een gegeven installatie).

Voor de verwerking van hoogcalorische afvalstromen, zonder bijmenging van slib, is de inzet van een extern circulerend wervelbed het meest aangewezen. Voor elektriciteitsproductie kan hiermee een netto-rendement van naar schatting 20% gerealiseerd worden. Er wordt van uitgegaan dat dit nog verder kan stijgen tot 22,5% in 2007 en 25% in 2015. Deze rendementen zijn gebaseerd op gegevens afkomstig van leveranciers, en genuanceerd na overleg met uitbaters.

Gegevens uit literatuur en modelberekeningen wijzen er op dat de effectief te verwachten emissies van de installatie 62 tot 95 % lager kunnen liggen dan de te respecteren emissiegrenswaarden.

Kosten werden afgeleid uit gegevens van leveranciers.

Momenteel wordt de bouw van een wervelbedverbrandingsinstallatie voor co-verbranding van slib en hoogcalorisch afval in Beveren gepland. Bijmenging van slib bij het hoogcalorisch afval heeft een belangrijke invloed op de kostprijs. Het rendement wordt er niet door beïnvloed. Het gaat om een intern roterend wervelbed. Het rendement daarvan ligt iets lager dan het rendement voor een extern circulerend wervelbed.

Decentrale verbrandingsinstallaties werden enkel in aanmerking genomen voor de verwerking van houtafval (in deze studie houtafval dat niet binnen de houtsector zelf wordt verwerkt). Binnen de houtsector wordt vrij veel gebruik gemaakt van decentrale installaties voor de thermische verwerking van houtafval. Buiten de sector zijn slechts enkele installaties bekend waarin afvalstoffen thermisch worden gevaloriseerd. Theoretisch is er ook buiten de houtsector een groot potentieel voor decentrale houtverbrandingsinstallaties. Ze hebben momenteel echter te kampen met een zwakke acceptatiegraad. Een belangrijke factor daarin is het feit dat heel wat bedrijven niet willen gezien worden als een afvalverwerker. Ze worden ook afgeschrikt door de, in vergelijking met een installatie op fossiele brandstof, strenge emissie-eisen. Tenslotte speelt er momenteel een sterke onzekerheid op de houtmarkt.

Momenteel wordt vooral gebruik gemaakt van een watergekoeld bewegend rooster. Verwerking in een roosteroven stelt beperkingen aan het te verwerken houtafval: maximaal 50% kan bestaan uit deeltjes kleiner dan 1 mm. Op termijn kan dit toenemen tot 80%. Naast hout kunnen technisch gezien ook andere afvalstoffen in aanmerking komen voor decentrale verwerking. Zo is er momenteel één voorbeeld van een installatie die pellets uit productieafval bestaande uit o.a. kunststof, papier en cellulose verwerkt.

Uit literatuurgegevens werd afgeleid dat het thermisch rendement van een WKK bedreven met hout ongeveer 55% bedraagt, het elektrische rendement 15%. Het thermisch rendement van een een kleinschalige stookinstallatie met de productie van proceswarmte is ongeveer 80%.

Om de emissiegrenswaarden van Vlarem II, en op termijn van de afvalverbrandingsrichtlijn, te halen moeten de decentrale installaties die behandeld houtafval verwerken, uitgerust zijn met een uitgebreide rookgasreiniging.

Kosten werden afgeleid uit literatuurgegevens.

De **cementindustrie** in België profileert zich actief in de ontwikkeling van de nuttige toepassing van brandbare en onbrandbare afvalstoffen. Zaagsel, diermeel, dierlijk vet, kunststofafval, tapijtafval, zwaar shredderresidu en rubberbanden worden momenteel reeds op regelmatige basis ingezet in de verschillende klinkerovens in Wallonië. Naar schatting 70% van deze afvalstromen komt uit Vlaanderen.

De belangrijkste storende elementen voor de klinkeroven zijn chloor, P_2O_5 en vluchtige metalen (Tl en Hg). De inzet van reststromen die deze elementen bevatten, dient beperkt te worden.

Op basis van gedetailleerde gegevens over de verschillende klinkerovens in Wallonië en rekening houdend met technische beperkingen en met de inzet van afvalstoffen die niet in deze studie worden beschouwd (o.a. gevaarlijke afvalstoffen), werd een inschatting gemaakt van de verwerkingscapaciteit die potentieel beschikbaar is voor de inzet van de in deze studie beschouwde uit Vlaanderen afkomstige afvalstromen.

De totale energievraag van de cementindustrie werd ingeschat op 25,5 PJ in 2000 en 22,8 PJ in 2007. In 2000 werd 32% van de totale energievraag ingevuld door substitutiebrandstoffen. Verwacht wordt dat het substitutiepercentage op termijn (2007) kan stijgen tot 55%. De inzet van alternatieve brandstoffen en grondstoffen is een van de belangrijkste opties voor kostenreductie voor de komende jaren.

We kunnen ervan uitgaan dat de fractie van de totale hoeveelheid afval die uit Vlaanderen komt ook 70% bedraagt in 2007. Ongeveer 5 PJ zal bijgevolg beschikbaar zijn voor de verwerking van de in deze studie beschouwde afvalstromen in de klinkerovens in Wallonië (exclusief dierlijk vet). Voor dierlijk vet is er geen beperking op de mogelijke inzet.

Bij de inzet van afvalstoffen in de klinkeroven worden klassieke brandstoffen (vooral petcoke en steenkool) vervangen a rato van 1 GJ per GJ afvalstof. Het grootste deel van de minerale bestanddelen van de afvalstof wordt opgenomen in de klinker. Dit is echter niet het geval voor een aantal vluchtige bestanddelen (Hg, Tl).

Momenteel heeft iedere cementfabriek specifieke lokale vergunningsvoorwaarden opgelegd gekregen door het Waals gewest waarin emissiegrenswaarden staan. Deze limietwaarden kunnen van oven tot oven verschillen. Vanaf 28 december 2005 moeten bestaande cementovens die afval meeverbranden voldoen aan de emissiegrenswaarden van de afvalverbrandingsrichtlijn 2000/76/EG. Deze zijn voor stof, NO_x , SO_2 en voor een aantal zware metalen een stuk strenger dan de huidige vergunningsvoorwaarden, en dan de gemiddelde gemeten waarden.

Kostengegevens werden opgegeven door betrokkenen uit de cementindustrie.

Voor de inzet van afvalstoffen in de **elektriciteitssector** werden 4 technieken in detail bestudeerd: directe bijstook in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in poederkoolcentrales, vergassing gevolgd door bijstook van het syngas in een STEG-centrale en stoomintegratie.

De elektriciteitssector komt in aanmerking voor het inzetten van houtafval (zowel onbehandeld als behandeld hout) via directe bijstook in poederkoolcentrales. Door inzet van

een vergassingsstap komen echter ook andere afvalstoffen in principe in aanmerking voor inzet in een elektriciteitscentrale.

Een belangrijke voorwaarde voor het inzetten van afval in elektriciteitscentrales is de kwaliteit van het vlieggas. Dit vlieggas vindt momenteel immers zijn afzetmarkt in de cementindustrie, onder strikte kwaliteitsvoorwaarden. De ingezette afvalstroom mag geen afwijkingen aan de vliegaskwaliteit veroorzaken. Een andere beperking is het risico op corrosie. Dit legt beperkingen op aan het Cl-gehalte van de in te zetten afvalstromen.

Hoewel sommige studies uitgaan van veel hogere cijfers, werd er hier van uitgegaan dat (op termijn) tot maximaal 10% van de benodigde brandstof kan vervangen worden door afvalstoffen (al dan niet na een vergassingsstap).

Met uitzondering van onbehandeld hout vergt bijstook van afvalstoffen en doorgedreven rookgasreiniging. Op basis van de bestaande rookgasreiniging en aannames over de toekomstige evolutie van het elektriciteitspark werd een inschatting gemaakt van de centrales die mogelijk in aanmerking komen voor bijstook van afval. Daarbij werd er van uitgegaan dat de elektriciteitssector niet zal investeren in bijkomende rookgasreiniging enkel om afvalstoffen te kunnen bijstoken.

Een vergelijking van de realistische emissiefactoren van een alleenstaande kolencentrale met deSO_x en deNO_x installatie leert dat dergelijke centrale zonder veel bijkomende inspanningen aan de nieuwe normen gerelateerd aan bijstoken van afval kan voldoen. Dit geldt zowel voor bijstook in een kolencentrale (directe bijstook of via vergassing) als voor bijstook in een STEG (IGCC-technologie).

Directe bijstook in een poederkoolcentrale vereist slechts kleine investeringen (aanpassingen aan bestaande centrale) en kan voor onbehandeld hout in de meeste bestaande centrales toegepast worden (althans tot 2007). In totaal bestaat er voor directe bijstook van houtstof een potentiële capaciteit van 5,2PJ in 2001, 8,2PJ in 2007 en bijna 7PJ in 2015. Wanneer behandeld hout wordt ingezet valt de centrale onder strengere normen, waardoor alleen de grotere centrales (Genk-Langerlo en Ruien5) hiervoor in aanmerking komen o.w.v. de noodzakelijke aanwezigheid van een rookgasreiniging. Hierdoor daalt vanzelfsprekend de potentiële capaciteit.

Bijstook na vergassing vraagt een grote investering (bouwen van een CFB-vergasser nabij de poederkoolcentrale), waardoor enkel de grotere centrales voor deze technologie in aanmerking komen. Ook in dit geval wordt aangenomen dat enkel de centrales met voldoende rookgasreiniging hiervoor kunnen worden ingezet. Dit komt neer op een totale potentiële capaciteit van 2,7PJ in 2001 en 2007 en 5,3PJ in 2015.

Beide bijstookcapaciteiten zijn uiteraard niet cumulatief. Het gaat in beide gevallen immers om hetzelfde elektriciteitspark.

Bijstook in een STEG na vergassing zal waarschijnlijk pas na 2007 in België kunnen toegepast worden. Bijstook in een STEG vergt een bijkomende dure syngaszuiveringsstap.

De uiteindelijke netto elektrische rendementen van directe bijstook en bijstook na vergassing zijn gebaseerd op enerzijds literatuurgegevens en anderzijds expertise van Vito- en Electrabel experts. Directe bijstook van houtstof zal in principe geen rendementsdaling

veroorzaken. Enkel in geval van voorafgaande verpoedering is er een extra energiebehoefte voor de verpoedering. Het te verwachten netto-elektrisch rendement van de globale installatie vergasser/steenkolcentrale wordt geraamd op 35%. Voor de afvalstoffen alleen betekent dit dat zij met een netto-elektrisch rendement van ongeveer 31.5% omgezet worden in elektriciteit (rekening houdend met een gemiddelde netto elektrisch rendement van een steenkoolcentrale van 37%).

Omwille van het ontbreken van praktijkervaring met vergassing gevolgd door bijstook in een STEG zijn gegevens omtrent het rendement van deze technologie afkomstig uit de literatuur. Rendementen van 40 tot 45% zijn op termijn mogelijk.

De capaciteit voor stoomintegratie wordt bepaald door de beschikbare reservecapaciteit op het stoomcircuit van de centrale. De grote centrales GEL 1&2, Rodenhuize 4 en Ruien 5 werden in het verleden geconverteerd om steenkool in plaats van stookolie te verbranden als hoofdbrandstof. Hierdoor blijft op elk van bovenstaande groepen nog ongeveer een 40 tot 50 MWe onbenut die in theorie kunnen opgevuld worden met extra stoom. Retrofit van bestaande elektriciteitscentrales en inplanting van afvalverbrandingsinstallaties naast bestaande elektriciteitscentrales is echter zowel technisch als economisch niet evident.

Voor het inschatten van de kosten voor de verschillende technologieën zijn enerzijds experts (Electrabel) geraadpleegd en anderzijds literatuurgegevens gebruikt.

De optie **vergasser met smeltreactor** werd weerhouden voor de verwerking van het HCSA met een hoog gehalte aan metalen. Voor dit type afval (i.h.b. licht shredderafval) bestaat bijna geen alternatief, en deze installaties vormen dus een belangrijk potentieel voor dit type afval. In Japan bestaat momenteel een volledig commercieel beschikbare en grootschalige installatie waarin een mengsel van 10/90 RWZI-slib/ASR wordt verwerkt.

Het nettorendement, van de installatie (inclusief rookgasreiniging) bevindt zich tussen 17 en 20%.

De investeringen zijn echter een stuk hoger dan voor een gewone wervelbedoven of –vergasser. Kostprijs is dus een bepalend element voor dit type installatie.

Na **vergassing** kan het gevormde syngas worden gebruikt voor de **synthese van methanol**. De inzet van het gevormde syngas in producttoepassingen vormt een alternatief voor het gebruik van het syngas in energetische toepassingen. De keuze valt daarbij op methanol o.w.v. de opslagmogelijkheid en de mogelijke opvang van kwaliteitsverschillen. Bij andere producttoepassingen is een constante syngaskwaliteit en -toelevering noodzakelijk. De omweg via methanolsynthese beïnvloedt factoren als kostprijs, efficiëntie en technische uitvoerbaarheid eerder in negatieve zin. Verder levert de methanolsynthese geen meerwaarde ten opzichte van de onmiddellijke omzetting van het syngas in elektriciteit of warmte. In Vlaanderen lijkt bij de industrie weinig interesse voor deze mogelijkheid. Methanol wordt niet geproduceerd in Vlaanderen.

Tenslotte zijn er mogelijk nog verwerkingsmogelijkheden in **hoogovens en non-ferro-smelters**. Deze zouden mogelijk kunnen instaan voor de verwerking van 20.000 tot 40.000 ton HCA (vnl. kunststofafval en rubberbanden). Deze mogelijkheden werden echter niet in detail onderzocht. Of deze mogelijkheden toepasbaar zijn, hangt volgens de uitbaters van de hoogovens deels af van de toepasbare emissiegrenswaarden.

Algemeen besluit

Voor verwerking van de in deze studie beschouwde hoogcalorische afvalstoffen bestaan een aantal direct inzetbare alleenstaande afvalverwerkingsinstallaties. Daarnaast bestaan er echter belangrijke mogelijkheden voor het bijstoken van afvalstoffen in elektriciteitscentrales of in klinkerovens. Het maximale (technische) potentieel hiervoor werd ingeschat. In de meeste gevallen halen deze laatste een hoger energetisch rendement. Daarnaast werden kosten- en emissiegegevens bijeengebracht.

Vooraf de beschikbaarheid en de kwaliteit van de kostengegevens is soms problematisch. Dikwijls worden inschattingen gegeven waarvan niet steeds duidelijk wat wel en niet inbegrepen is. Precieze inschattingen van investerings- en werkingskosten zijn sterk afhankelijk van talrijke randvoorwaarden. Daarom zijn de kostengegevens te beschouwen als grootte-orde, niet als exacte inschattingen.

Ondanks deze onzekerheid op de kostengegevens laat de combinatie van kostprijs, energierecuperatie en emissies toch toe om na te gaan hoe de mogelijke inzet van de verschillende verwerkingstechnologieën optimaal kan worden gecombineerd. De resultaten van deze analyse worden weergegeven in Deel 1 van deze studie.

REFERENTIES

-
- ¹ Van der Linden A., Vrancken K. (2001) Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie, Vito, Mol.
- ² P. Vanderstraten, (2002) Evaluatie van de indeling en verwerkingwijzen van houtafval.
- ³ ERM (2000), Industriële proceseen voor de verwerking van specifieke afvalstoffen, deel 1
- ⁴ ERM (2002), Industriële processen voor de verwerking van specifieke afvalstoffen, deel 2
- ⁵ Phyllis database (<http://www.ecn.nl/phyllis/>)
- ⁶ Mededeling INDAVER, N. Alderweireld (2002)
- ⁷ INDAVER, intern document (2002)
- ⁸ Mededeling INDAVER, N. Alderweireld, mail 10/10/2002.
- ⁹ Vrancken et al. (2001) Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval. Vito, Mol.
- ¹⁰ Fastenaekels Hans, mail 3/10/2002
- ¹¹ Leitfaden bioenergie, S. Deimling et al.
- ¹² FEBELCEM, mededeling 2001
- ¹³ Baudouin Nizet, Scoribel, mededeling 2001
- ¹⁴ Eric Waeyenbergh, Ciments d'Obourg, mededeling 2002
- ¹⁵ Philippe Delaisse, CBR, mededeling, 2001
- ¹⁶ Vanderborght, 1996
- ¹⁷ EC JRC report, Reference document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, maart 2000
- ¹⁸ D. Huybrechts en R. Dijkmans, Beste Beschikbare Technieken voor de verwerking van RWZI- en gelijkaardig industrieel afvalwaterzuiveringsslib, Vito, 2001
- ¹⁹ BUWAL, 1997
- ²⁰ Gezamenlijke mededeling B. Nizet (Scoribel) en P. Delaisse (CBR), 2001
- ²¹ P. Decornet, OWD; FEBELCEM op studiedag SRBII
- ²² CADDET-rapport: Alternative Fuels in Electric Power Generating Plants (1999)
- ²³ ERM nv, Industriële processen voor verwerking van specifieke afvalstoffen: Specifieke verwerkingstechnieken, 2001
- ²⁴ Milieujaarverslag Electrabel, 2000
- ²⁵ Proceedings International Conference on Power Generation and Sustainable Development (2001)
- ²⁶ Proceedings International Conference on Power Generation and Sustainable Development (2001): Gasification in a CFB-reactor – a simple and economic way of cofiring renewable fuels in existing power plants, Th. Zotter et al, AE Energietechnik, Austria
- ²⁷ Gesprek met H. Toté
- ²⁸ Paper: Electricity production from solid waste fuels using advanced gasification technology (Swana's Wastecon 1998/ISWA World congress)
- ²⁹ C.J.G. van Halen, E. Hanekamp, O. van Hilten, J.A. Zeevalkink, Marsroutes voor elektriciteit- en warmteopwekking uit afval en biomassa. (2000)
- ³⁰ Externalities of energy, vol.9: Fuel cycles for emerging and end-use technologies, transport & waste, AEA technologies, 1999
- ³¹ Gesprek met H. Toté
- ³² van Zanten, Parallel combustion of biomass. Caddet renewable energy newsletter, pp10-12 (2000).
- ³³ Persoonlijke mededeling, A. Selinger
- ³⁴ Bjoern Malmgren-Hansen, Methods for treatment of waste with content of heavy metals, DTI (2002)
- ³⁵ A. Selinger, mail 04/03/02
- ³⁶ Twin Rec, informatie brochure
- ³⁷ Afval Overleg Orgaan, MER-LAP, Achtergronddocument A22; uitwerking "shredderafval" (2002)
- ³⁸ Juniper Consultancy Services Ltd, Pyrolysis & Gasification of waste: a worldwide technology & business review, Volume 2: Technologies & Processes, 2000.
- ^{xxxix} A.J. De Boer en H. Den Uil, *An evaluation of three routes for the production of liquid fuels from biomass*, ECN-R-97-001, Januari 1997.

BIJLAGE A: INVENTARISATIE VAN HOOGCALORISCH EN SELECTIEF INGEZAMELD AFVAL VOOR THERMISCHE VALORISATIE: ACTUALISERING

Ann Van der Linden, Jan Theunis, Karl Vrancken

INHOUDSTABEL

1	INLEIDING.....	3
2	INVENTARISATIE VAN HET HOOGCALORISCH EN SELECTIEF INGEZAMELD AFVAL	4
2.1	Houtafval	4
2.1.1	Inleiding.....	4
2.1.1.1	Houtafval afkomstig van houtverwerking en –bewerking	4
2.1.1.2	Houtafval afkomstig van eindgebruikers in Vlaanderen.	5
2.1.2	Verwerking	7
2.1.2.1	Voorbehandeling	8
2.1.2.2	Thermische verwerking	9
2.1.3	Besluit.....	10
2.2	Dierlijk afval.....	10
2.2.1	Inleiding.....	10
2.2.2	Verwerking	12
2.2.2.1	Voorbehandeling	12
2.2.2.2	Thermische eindverwerking	14
2.2.3	Besluit.....	16
2.3	Kunststofafval.....	16
2.3.1	Inleiding.....	16
2.3.1.1	Verpakkingsafval	17
2.3.1.2	Ander dan verpakkingsafval	20
2.3.1.3	Kunststof uit bouw- en sloopafval	20
2.3.1.4	Land- en tuinbouwfolie	21
2.3.2	Verwerking	22
2.3.2.1	Thermische eindverwijdering	22
2.3.3	Besluit.....	23
2.4	Papierresidu en restfractie	24
2.4.1	Inleiding.....	24
2.4.2	Thermische eindverwerking	26
2.4.3	Besluit.....	27
2.5	Textiel- en tapijtafval	27
2.5.1	Inleiding.....	27
2.5.2	Textielafval.....	27
2.5.3	Tapijtafval.....	27
2.5.4	Verwerking	29
2.5.5	Besluit.....	29
2.6	Rubberbanden.....	29
2.6.1	Inleiding.....	29

2.6.2	Verwerking	30
2.6.2.1	Voorbehandeling	32
2.6.2.2	Materiaalrecyclage	32
2.6.2.3	Thermische valorisatie	33
2.6.3	Besluit	34
2.7	Shredderafval	34
2.7.1	Inleiding	34
2.7.2	Verwerking	38
2.7.2.1	Thermische eindverwerking	39
2.7.3	Besluit	39
2.8	Frituurvetten en –oliën	40
2.8.1	Inleiding	40
2.8.2	Verwerking	41
2.8.3	Besluit	41
2.9	Refuse Derived Fuel uit huishoudelijk en vergelijkbaar bedrijfsafval	42
2.9.1	Inleiding	42
2.9.2	Verwerking	43
2.9.3	Besluit	44
3	PRODUCTIE EN VERWERKING VAN HCSA	45
4	BESLUIT	48

1 INLEIDING

De Inventarisatie van hoogcalorisch en selectief ingezameld afval voor thermische valorisatie die door Vito in opdracht van OVAM werd opgemaakt, bevatte twee delen:

- een inschatting van het huidige aanbod (aard, hoeveelheid, karakteristieken) en de huidige verwerking van hoogcalorisch afval in Vlaanderen;
- een eerste selectie van mogelijk inzetbare technieken voor thermische valorisatie van de beschouwde hoogcalorische afvalstromen.

De inschatting van het huidige aanbod en de huidige verwerking van hoogcalorisch afval in Vlaanderen werd na overleg met OVAM op een aantal punten aangepast. Deze aanpassingen werden in het oorspronkelijk document aangebracht. De integrale aangepaste versie van de betrokken delen wordt hieronder weergegeven.

In overleg met OVAM werd besloten de stroom plantaardig afval niet op te nemen in voorliggende studie. De besproken stromen zijn namelijk natte stromen, welke eerst een voorbehandeling dienen te ondergaan vooraleer ze beschouwd kunnen worden als zijnde een hoogcalorische stroom. Bovendien wordt de stroom reeds behandeld in het uitvoeringsplan organisch-biologisch afval.

De delen die betrekking hebben op de selectie van mogelijk inzetbare thermische verwerkingstechnologieën werden hier niet aangepast. Deze worden immers uitgebreid behandeld in het rapport zelf. Daar wordt aangegeven op welke punten de initiële selectie werd aangepast, en worden de aanpassingen gemotiveerd.

2 INVENTARISATIE VAN HET HOOGCALORISCH EN SELECTIEF INGEZAMELD AFVAL

2.1 Houtafval

2.1.1 Inleiding

Houtafval wordt in Vlarem II opgesplitst in 3 categorieën:

- onbehandeld houtafval en houtafval vergelijkbaar met onbehandeld houtafval
- niet-gevaarlijk behandeld houtafval
- gevaarlijk houtafval

Onbehandeld houtafval kan gebruikt worden in de spaanplaatindustrie.

Onbehandeld houtafval en houtafval vergelijkbaar met onbehandeld houtafval mogen als secundaire grondstof worden gebruikt als brandstof in een met hout of steenkool gestookte verbrandingsinrichting mits voldaan is aan de milieuvorwaarden die voor deze hout-respectievelijk steenkoolverbrandingsinrichting door titel II in het VLAREM zijn vastgesteld.

Voor verbrandingsinrichtingen waarin niet gevaarlijk behandeld houtafval wordt verbrand, gelden de voorwaarden die gelden voor verbrandingsinrichtingen voor huishoudelijke afvalstoffen (Vlarem II, art. 5.2.3.4.1 §1). Als niet gevaarlijk bedrijfsafval komt deze fractie ook in aanmerking voor coverbranding in andere stookinstallaties. In dit geval worden de emissiegrenswaarden op basis van de mengregel berekend.

Voor verbrandingsinrichtingen waar gevaarlijk houtafval wordt verbrand, gelden de voorwaarden die gelden voor verbrandingsinrichtingen voor gevaarlijke afvalstoffen (Vlarem II, art. 5.2.3.4.1 §2). Gevaarlijk behandeld houtafval is strikt genomen geen 'gevaarlijke afvalstof' (staat niet in de lijst van gevaarlijke afvalstoffen in VLAREA), deze fractie komt dan ook in aanmerking voor co-incineratie, met emissiegrenswaarden berekend volgens de mengregel.

Behalve wanneer het houtafval ingevolge een behandeling gehalogeneerde organische verbindingen of zware metalen bevat, is houtafval uitgesloten van het toepassingsgebied van de Europese richtlijn afvalverbranding. Bij verbranding van houtafval dient men bijgevolg niet te voldoen aan de emissiegrenswaarden die gelden voor afvalverbranding. De verbranding van dit houtafval in grote stookinstallaties zal onder het toepassingsgebied vallen van de richtlijn grote stookinstallaties die nu nog in ontwerpfasen is. Voor de verbranding van houtafval in kleine installaties mag de lidstaat (Vlaamse Gewest) eigen normen introduceren.

2.1.1.1 Houtafval afkomstig van houtverwerking en –bewerking

Houtafval afkomstig van deze industrieën kan worden opgedeeld naargelang de sector waarvan het afkomstig is. Er kunnen 3 sectoren onderscheiden worden: primaire verwerking (houtafval afkomstig van de zagerijen), secundaire verwerking (spaanderplatenfabrieken en houtveredelingsfabrieken) en van eindverwerking van hout (omvorming tot meubilair, constructiehout, enz.).

Het geproduceerde houtafval wordt hoofdzakelijk aangewend als grondstof in de spaanderplaatindustrie of wordt ter plaatse verbrand ter verwarming van de werkruimte of voor de productie van proceswarmte.

Een deel van dit houtafval wordt toegepast buiten de houtsector. Dit is het geval voor houtstof, dat wordt gebruikt in klassieke kolencentrales voor de productie van electriciteit en zagemeel, dat gebruikt wordt in de cementindustrie.

Volgens cijfers voor 1999, gebaseerd op een verantwoorde steekproef van meldingsgegevens van bedrijfsafvalstoffen, die werden geëxtrapoleerd op basis van RSZ-gegevens, zou het gaan over een hoeveelheid van 550 à 580 kton/jaar houtafval voor Vlaanderen.

In onderstaande tabel geeft een indicatie van gebruik van houtafval binnen de houtverwerkende en –bewerkende sector.

<u>houtverwerkende en -bewerkende sector</u>	<u>hoeveelheid</u>
verbranding binnen de sector	250.000
recyclage binnen de sector	230.000
<u>eindverwerking buiten de sector</u>	<u>70.000</u>

tabel 1: overzicht van het gebruik van houtafval binnen de houtverwerkende en –bewerkende sector.

2.1.1.2 Houtafval afkomstig van eindgebruikers in Vlaanderen.

Houtafval afkomstig van *eindgebruikers* kan worden opgesplitst in functie van de herkomst in:

- Huishoudelijk;
- Industriële sectoren:
 - Bouw- en sloopsector;
 - Algemene industriële sectoren;
 - Spoorwegdwarsliggers.

De totale productie van houtafval afkomstig van eindgebruikers in Vlaanderen wordt geschat op 580 kton/jaar.

De gemiddelde productie van houtafval door Vlaamse huishoudens steeg van ongeveer 10 kg/persoon in 1997 naar 16,5 kg/per persoon in 1999. Er zou in het Vlaamse Gewest, op basis van het cijfer van 1999, 98 kton kunnen worden ingezameld, indien al het geproduceerde houtafval selectief zou worden ingezameld via bijvoorbeeld containerparken. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met een stijging van de ingezamelde hoeveelheid per inwoner.

In 1999 werd er in Vlaanderen 86 kton houtafval selectief ingezameld.

Voor 2001 werd door OVAM een inschatting gemaakt van de hoeveelheid huishoudelijk houtafval die selectief werd ingezameld. Het zou gaan over ongeveer 120.000 ton.

Over de samenstelling van het houtafval van huishoudens is weinig bekend. Het bestaat voornamelijk uit afgedankte, niet herbruikbare meubels, tuinhout en houtafval van bouw- en

sloopactiviteiten. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de samenstelling van houtafval afkomstig van containerparken:

fractie	aandeel (in gew%)
onbehandeld houtafval (stukhout, spaanderplaten, ...)	5%
niet gevaarlijk behandeld houtafval (geverfd, bekleed, ...)	24 - 43 %
gevaarlijk behandeld houtafval	5 - 11 %
ander houtafval (voornamelijk met stof beklede meubels)	12 - 13 %
andere dan houtachtige stoffen	34 - 48 %

tabel 2: samenstelling van houtafval afkomstig van containerparken

Het grootste deel komt vrij uit bouw- en sloopafval. Deze hoeveelheid wordt in het houtafvalplan geschat op 150 à 250 kton. Volgens het uitvoeringsplan Bouw- en sloopafval (1995) zou het over 100 - 120 kton hout gaan. Volgens schattingen, gemaakt door OVAM, zou er in 2001, 100.000 ton houtafval selectief ingezameld zijn, afkomstig uit bouw- en sloopafval.

Hout uit bouw- en sloopafval bestaat voor 50-60% uit onbehandeld massief hout (= A-hout). De overige fractie bestaat uit B- en C hout, maar de juiste verhouding is momenteel niet geweten.

Over de *algemene industriële sectoren* is weinig bekend inzake houtafval. Het grootste deel van het houtafval bestaat uit verpakingshout (paletten (80-85%), palletboxen, fruitkisten en kabelhaspels). De grootste hoeveelheid is afkomstig van niet meer herstelbare paletten. Jaarlijks wordt volgens OVAM door de sector 300 kton houtafval geproduceerd. Ongeveer 200 kton wordt selectief ingezameld. 170 kton van deze selectief ingezamelde stroom bestaat uit paletten. Deze hoeveelheden worden bevestigd door gegevens van Val-I-Pac. In Vlaanderen werden in 2000 112 kton éénmalige houten verpakkingen op de markt gebracht. Hierbij dient de hoeveelheid paletten die in retoursystemen zaten, maar werden afgekeurd, te worden opgeteld.

Kleine hoeveelheden paletten worden veelal niet selectief opgehaald bij de bedrijfssectoren en komen zo terecht bij de restfractie van het bedrijfsafval. Er wordt geschat dat het bedrijfsafval vergelijkbaar met huishoudelijke afvalstoffen, dat momenteel wordt verwijderd, ongeveer 10% houtafval bevat. Dit zou neerkomen op een jaarlijks beschikbare hoeveelheid van 80.000 tot 100.000 ton.

Spoorwegdwarsliggers vormen een specifieke stroom van houtafval. De NMBS is veruit de enige producent. Door de vervanging van de klassieke houten bielzen door betonnen dwarsliggers en de vervanging van de oude houten dwarsliggers door nieuwe, komt jaarlijks een bepaalde hoeveelheid vrij. In 2000 kwamen er in Vlaanderen, volgens de NMBS, ongeveer 10 kton spoorwegdwarsliggers vrij. Aangezien het gebruik van houten dwarsliggers noodzakelijk blijft bij bepaalde toepassingen zal er ook in de toekomst een zekere hoeveelheid houten dwarsliggers vrijkomen.

4% van de uit bedrijf genomen dwarsliggers is van slechte kwaliteit, wat neerkomt op 400 ton afval. De overige worden hergebruikt als bijvoorbeeld weipalen, tuininfrastructuur. Het is vanzelfsprekend dat deze dwarsliggers in een latere fase in het afvalstadium terechtkomen.

De totale hoeveelheid houtafval, welke selectief wordt ingezameld, kan dus als volgt ingeschat worden:

<u>eindegebruikers (selectief ingezameld)</u>	<u>hoeveelheid</u>
huishoudens	120.000
industriële sectoren	310.000
<i>bouw- en sloopsector</i>	<i>100.000</i>
<i>algemene industriële sectoren</i>	<i>200.000</i>
<i>spoorwegdwarsliggers</i>	<i>10.000</i>

tabel 3: overzicht van de jaarlijkse selectief ingezamelde hoeveelheid houtafval in Vlaanderen, excl. houtsector

Naast deze selectief ingezamelde fractie, wordt geschat dat er zich in het restafval nog een aanzienlijk deel houtafval bevindt. Deze hoeveelheid wordt geschat op 150 kton. Waarvan 50 kton afkomstig van huishoudens en 100 kton van de industriële sectoren.

<u>eindegebruikers (niet selectief ingezameld)</u>	<u>hoeveelheid</u>
huishoudens	50.000
industriële sectoren	100.000

tabel 4: overzicht van de jaarlijkse niet selectief ingezamelde hoeveelheid houtafval in Vlaanderen, excl. Houtsector

2.1.2 Verwerking

Uit cijfers van OVAM¹, bekomen door bevraging van de sectoren, kan worden afgeleid dat 40 – 50 % van het houtafval afkomstig van houtbewerkers en –verwerkers wordt hergebruikt in de spaanplatenindustrie. Het betreft vooral houtkrullen, –spaanders en –stukken. 30 – 40 % wordt intern verbrand met het oog op gebouwenverwarming of de opwekking van productiewarmte of –stoom. Ongeveer 15 % wordt gebruikt buiten de sector. Het gaat voornamelijk naar elektriciteitscentrales en cementovens waar het wordt ingezet als secundaire brandstof.

Indaver schat dat 40% van het houtafval afkomstig van eindegebruikers rechtstreeks in aanmerking komt om naar materiaalrecyclage te gaan. Wanneer we uitgaan van de schatting van 580.000 ton in het totaal, zou er dus 232.000 ton rechtstreeks naar materiaalrecyclage kunnen gaan.

Indien de overige 60% een sortering- en/of zuiveringsproces ondergaat, zal ook daarvan ongeveer 80% in aanmerking komen voor materiaalrecyclage of co-incineratie.

De overige 20%, waarschijnlijk voor een groot deel C-hout, kan verbrand worden in een installatie die voldoet aan de emissiegrenswaarden van een verbrandingsinstallatie voor gevaarlijk afval.

Er is dus een potentieel van 510.000 ton houtafval afkomstig van eindegebruikers dat geschikt is om te worden gebruikt als secundaire grondstof (materiaalrecyclage of co-incineratie). Momenteel wordt er ongeveer 417.000 ton van dit houtafval gerecycleerd of gebruikt als brandstof.

¹ Houtafvalplan, versie 17.05.31, Nico Vanacken, OVAM.

Uit een bevraging uitgevoerd gedurende een bezoeksronde bij verschillende container- en recuperatiebedrijven voor houtafval in het Vlaamse Gewest blijkt dat, selectief ingezameld of gesorteerd gemengd houtafval in 1999 op volgende wijze werd verwerkt:

<u>verwerkingwijze</u>	<u>aandeel (in %)</u>
particuliere verbranding	1,3
verbranding in vergunde installaties	19
verbranding in niet vergunde installaties	2
binnenlandse spaanderplatenindustrie	68
buitenlandse spaanderplatenindustrie	4,3
storten	5
<u>strooisellaag</u>	<u>0,4</u>

Tabel 5: verwerking van selectief ingezameld of gesorteerd gemengd houtafval

Door het ontbreken van een scheiding aan de bron en de hoge kosten die gepaard gaan met het sorteren van recupereerbaar en niet recupereerbaar houtafval, wordt op dit ogenblik gemengd houtafval afgevoerd naar bedrijven die houtafval gebruiken als energiebron (serreteelt, papierfabrieken, cementoven) en buitenlandse spaanderplaten fabrieken. Voor een deel gebeurt de verbranding in installaties die niet vergund noch technisch aangepast zijn voor het verbranden van deze gemengde houtafvalstroom.

De Vlaamse spaanderplatenindustrie heeft de laatste jaren grote investeringen uitgevoerd om een groter aandeel recyclagehout in te zetten als vervanging van natuurlijk hout. Mits voldoende scheiding en voorbehandeling is het mogelijk onbehandeld en niet gevaarlijk behandeld houtafval hiervoor in te zetten.

In 2000 werd een sterke stijging van de uitvoer van gemengd houtafval naar buitenlandse spaanderplatenfabrieken en in mindere mate naar energiecentrales vastgesteld.

Indien in de wetgeving strikte scheidingsregels worden opgenomen, zal een houtafvalstroom vrijkomen die niet in aanmerking zal kunnen komen voor materiaalrecyclage. Deze zal vooral bestaan uit plaatmateriaal (vb. MDF) en verduurzaamd houtafval (tuinhout, spoorwegdwarsliggers,...). Deze stromen komen in aanmerking voor energetische valorisatie in gespecialiseerde installaties. Het is echter onduidelijk welk aandeel dit houtafval heeft in de totale stroom.

2.1.2.1 Voorbehandeling

Breken

Deze voorbehandeling bestaat uit het verkleinen in een breker, om het transport en de uiteindelijke verwerking te vergemakkelijken. Relatief kleine ophalers huren regelmatige een mobiele installatie. Grote ophalers beschikken vaak over een permanente installatie.

Opschonen

Verontreinigingen van niet gevaarlijk behandeld houtafval zijn geconcentreerd aan het oppervlak. Door optimalisatie van het verkleinen in het mogelijk een aanzienlijk deel van de aanwezige deklagen van het hout te verwijderen. Op deze manier kan een deel van de

categorie 2-fractie opgewaardeerd tot een kwaliteit die aanvaardbaar is voor materiaalrecyclage of thermische verwerking in bijvoorbeeld wervelbedovens, biomassa-vergassers of elektriciteitscentrales. De verontreinigingen worden van de houtspanen gescheiden door middel van zieving en windzifting.

2.1.2.2 Thermische verwerking

Volgende thermische valorisatiemogelijkheden werden opgenomen voor de eindverwerking van houtafval:

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	houtafval
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

tabel 6: thermische valorisatiemogelijkheden voor houtafval opgenomen in de studie

Houtafval is geschikt om te verwerken alle opgenomen thermische verwerkingstechnieken, uitgezonderd pyrolyse.

Kleine of middelgrote stookinstallaties²

In de houtverwerkende industrie is de verbranding van de restfracties een voor de hand liggende verwerkingstechniek. Op deze manier wordt de calorische warmte van het resthout gerecupereerd in de vorm van hete rookgassen (voor bijv. droogprocessen), warm water, stoom of thermische olie en wordt bespaard op de verbranding van fossiele brandstoffen.

Het stoken van vaste brandstoffen vergt geëigende technieken. De keuze van de configuratie hangt onder meer af van het type resthout en de capaciteit. De meest gekende types zijn:

² Vyncke

- vast rooster met onderschroefvoeding:
Dit type is eenvoudig van opbouw en wordt daarom overwegend gebruikt voor beperkte vermogens ($<5 \text{ MW}_{\text{th}}$). De techniek is enkel geschikt voor droog en relatief fijn resthout.
Het resthout wordt, eventueel na voorbehandeling in een breker, onderaan via een schroef ingebracht in een verticale vuurhaard. In sommige ontwerpen kan houtstof ook bovenaan in de vuurhaard geïnjecteerd worden. Primaire en secundaire verbrandingslucht wordt rondom de verbrandingskamer ingebracht. Via de naverbrandingskamer worden de rookgassen naar de warm water- of lage druk stoomketel afgevoerd.
- Duwrooster:
Deze installatie is complexer van opbouw, maar is zowel geschikt voor zowel droog en nat als voor fijn en grof resthout. Capaciteiten tot $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ komen voor.
Het resthout wordt bovenaan een horizontaal of schuin opgesteld duwrooster ingebracht, eventueel na verkleining en/of voordroging. Het rooster verplaatst het brandend materiaal naar het andere uiteinde van de installatie, waar de assen geïncollecteerd worden. Zowel luch- als watergekoelde roostertypes komen voor.
Onderaan het rooster wordt primaire verbrandingslucht ingebracht. De rookgassen worden via de naverbrandingskamer naar de warm water- of stoomketel afgevoerd.

2.1.3 Besluit

Er wordt in Vlaanderen ongeveer 1.130 houtafval geproduceerd. 550 kton door de houtsector en ongeveer 580 kton houtafval door eindgebruikers.

Ongeveer 230 kton houtafval afkomstig van de houtsector wordt intern aangewend als brandstof (IV). 250 kton wordt gerecycleerd (MR), voornamelijk in de spaanplaatindustrie. Ongeveer 70 kton wordt aangewend als secundaire brandstof (EV) buiten de houtsector.

315 kton selectieft ingezameld houtafval afkomstig van eindgebruikers gaat naar materiaalrecyclage. 102 kton gaat naar energetische valorisatie en ongeveer 4 kton wordt gestort.

Van de 150 kton niet selectief ingezameld houtafval afkomstig van eindgebruikers wordt naar schatting 98 kton verbrand in afvalverbrandingsinstallaties en 52 kton gestort.

2.2 Dierlijk afval

2.2.1 Inleiding

Wettelijk wordt dierlijk afval omschreven als ‘dode dieren of dode vis, geheel of delen ervan en producten van dierlijke oorsprong die niet voor rechtstreekse menselijke consumptie bestemd zijn, met uitzondering van dierlijke uitwerpselen, keukenafval en etensresten’.

Het dierlijk afval wordt onderverdeeld in 2 categorieën, het hoog-risicomateriaal (HRM, bv. kadavers) en het laag-risicomateriaal (LRM, vnl. slachtafval). Hoog-risicomateriaal, waarvan men vermoedt dat het, zelfs na een warmtebehandeling, een risico inhoudt voor de gezondheid van mens of dier, wordt beschouwd als gespecificeerd risicomateriaal (GRM). Hieronder wordt verstaan:

- De schedel, met inbegrip van de hersenen en de ogen, de tonsillen en het ruggenmerg van:
 - runderen ouder dan 12 maanden
 - schapen en geiten van meer dan 12 maanden of waarbij een van de blijvende snijtanden door het tandvlees is gebroken
- de milt van schapen en geiten
- De kronkeldarm van runderen ouder dan 12 maanden
- mengsels van gespecificeerd risicomateriaal en ander dierlijk afval

In VLAREA en het afvalstoffendecreet wordt dierlijk afval aangeduid als bijzondere afvalstof.

De problematiek rond BSE en de nieuwe variant van de ziekte van Creutzfeldt-Jakob (v-CJD) heeft met zich meegebracht dat er sedert 1996 enerzijds een verstrenging van de verwerkingsnormen is doorgevoerd en anderzijds sinds 01/02/1998 een deel van het hoog-risicomateriaal, namelijk het gespecificeerd risicomateriaal, uit de voedselketen wordt gebannen en wordt verwijderd.

Ten gevolge van de dioxinecrisis (07/06/1999) werd het meel van krenge in België niet meer gevaloriseerd in diervoeders. Sinds 07/12/00 is er ook een officieel verbod op deze valorisatie.

Een voorstel van een nieuwe Europese Verordening (2000/259), die de problematiek omschrijft, is bijna klaar maar de inwerkingtreding wordt pas verwacht begin 2003. Deze wettekst is tijdelijk achterhaald door de nieuwe Europese Beschikking 2000/766/EG van 04/12/2000, die stelt dat het vanaf 01/01/2001 verboden is om dierlijke eiwitten te voeren aan landbouwdieren. Deze beschikking was geldig tot 30/06/2001. Vanaf 1/07/2001 is verordening (EG) nr. 999/2001 van kracht. Volgens art. 7 van deze verordening is het gebruik van eiwitten afkomstig van zoogdieren in veevoeding nog steeds verboden.

Tot 4 december 2000 kon hoog-risicomateriaal, na voorverwerking volgens de BSE-parameters tot diermeel en diervet, worden verwerkt in veevoeding. Krenge dienden naar vernietiging te gaan.

Momenteel wordt alle hoog-risicomateriaal, na voorverwerking tot meel en vet, verbrand. Rendac is de enige in Vlaanderen die hoog-risicomateriaal verwerkt (HRM en GRM wordt in 1 lijn verwerkt). Zij voeren momenteel quasi alles af naar de cementnijverheid in Wallonië, waar het wordt verbrand. De melen en de vetten van BSE-gevallen van veehouderijen worden naar Indaver gebracht voor verbranding. Ook meel afkomstig van laag-risicomateriaal kon tot voor kort verwerkt worden in veevoeding.

Op 4 december 2000 werd door de Europese Commissie beslist dat er (tijdelijk) geen diermeel meer mag verwerkt worden in veevoeding. Momenteel wordt er gewerkt aan een nieuwe Europese verordening. Deze omschrijft nog steeds drie soorten dierlijk afval, maar met een andere benaming en met strengere gebruiksbepalingen. Er wordt veel strenger toegezien op de oorsprong van het dierlijk afval en de bijhorende bestemming.

Jaarlijks wordt in het Vlaamse Gewest, naar schatting, ± 700.000 ton dierlijk afval verwerkt. De grootste hoeveelheid wordt verwerkt tot diermeel en vet door erkende en geregistreerde verwerkers, een deel wordt ook aangewend in de pet-foodindustrie en voor rechtstreeks gebruik (vervoeding, circussen, dierentuinen, wetenschappelijk onderzoek,...)

Het grootste deel van het dierlijk afval uit Brussel en Wallonië wordt in Vlaanderen verwerkt.

Tot het verbod van 04/12/2000 werd jaarlijks 25.800 ton vleesbeendermeel en vet (afkomstig van HRM en GRM), na voorbereiding bij Rendac, naar verbranding in de cementindustrie en Indaver gestuurd. In 2001 ging het grootste deel van al het geproduceerde vleesbeendermeel, 180.000 ton (geschat, op basis van de cijfers uit de eerste helft van 2001) naar verbranding wegens het verbod op het vervoeden van diermeel. Een kleine hoeveelheid vond andere afzetmarkten. Op basis van cijfers van de eerste helft van 2001, werd er een schatting gemaakt worden over de hoeveelheden diermeel die momenteel in de de pet-food- en meststoffenindustrie worden gebruikt. Het zou respectievelijk over 18.500 ton en 3.000 ton gaan.

De op stapel staande Europese verordening zou toelaten dat een deel van het geproduceerde diermeel terug gebruikt kan worden in diervoeding. Een belangrijke voorwaarde die hier aan gesteld wordt is het volledig bannen van kannibalisme. Vermits de sector (nog) niet afgestemd is op deze aanpassing van het beleid is het moeilijk in te schatten hoeveel vleesbeendermeel na het in voegen treden van deze verordening naar eindverwijdering zal moeten blijven gaan. In het beste geval mogen we rekenen op een recuperatie van 140.000 ton meel in de veevoeding, petfood en meststoffen. Het andere uiterste houdt in dat er geen recuperatie meer komt van melen in de veevoeding.

Veel hangt af van het standpunt van de veevoederfabrikanten, de distributiesector en het consumentengedrag. Als zij niet bereid zijn om terug diermeel te accepteren, valt dit afzetkanaal weg. Mogelijk zullen de landbouwbedrijven die gebruik willen maken van diermeel als diervoeder slechts één diersoort mogen houden om kannibalisme via kruisbesmetting te voorkomen. Als er uiteindelijk geen recuperatie mogelijk blijkt van melen in de veevoeding, zullen de hoeveelheden die naar eindverwijdering moet gaan, in de grootteorde van 180.000 ton diermeel blijven.

De vetten van LRM materiaal vallen niet onder het veevoederverbod.

2.2.2 Verwerking

2.2.2.1 Voorbehandeling

Mechanische voorbehandeling

Deze behandeling heeft als doel het materiaal te verkleinen zodat het beter manipuleerbaar wordt. Het materiaal wordt in een bak gestort met onderaan één of twee assen met daarop tanden of messen. Afhankelijk van de gewenste grootte kan het aantal, de grootte en de configuratie van de messen verschillen. De prijs van dit breken is minimaal t.o.v. een warmtebehandeling.

Externe warmte behandeling

De warmtebehandeling heeft tot doel een betere houdbaarheid van het dierlijk afval te bekomen, door het product te ontwateren en te scheiden in een eiwitfractie (diermeel) en een vetfractie.

Het aangeleverde materiaal ondergaat eerst een mechanische voorbehandeling. Voor en/of na de mechanische voorbehandeling wordt het materiaal ontdaan van metalen en andere verontreinigingen. Na deze mechanische behandeling komt het dierlijk afval in een buffertank terecht, van waaruit het wordt gevoed aan de warmtebehandeling (hydrolyse, pasteurisatie en/of sterilisatie).

- **Pasteurisatie:** Warmtebehandeling bij 70 à 95°C die gebruikt wordt om LRM te verwerken of om petfood, technische of farmaceutische producten te produceren van LRM.
Het proces wordt eveneens regelmatig gebruikt als voorbehandeling bij sterilisatie of hydrolyse van dierlijk afval, om de biologische afbraakreactie stop te zetten en het product al op temperatuur te brengen
- **Sterilisatie:** Sterilisatie is een warmtebehandeling onder druk. LRM van zoogdieren en HRM dienen voor bepaalde toepassingen te worden verwarmd tot de deeltjes van maximaal 50 mm, ononderbroken gedurende 20 minuten een inwendige temperatuur van ten minste 133°C hebben bij een druk van 3 bar absoluut.
- **Hydrolyse:** Dit is te vergelijken met de sterilisatie, maar de verwerkingsparameters zijn strenger.

Interne warmtebehandeling

Er werd recent een compact systeem bedacht en gebouwd voor de verwerking van dierlijk afval op de plaats waar het ontstaat.

Door de afvalstoffen op de plaats van ontstaan te verwerken worden aanzienlijke transportkosten van grondstoffen (welke tot 70% uit water bestaan) uitgeschakeld. Het afvalwater van de installatie kan ter plaatse in de afvalwaterzuiveringsinstallatie behandeld worden. Een bijkomend voordeel is dat opslag- en koelkosten van het afval vermeden worden.

Het concept houdt enerzijds rekening met een eventueel totaal verbod van diermeel en dierlijk vet in veevoer. In eerste instantie wordt dan gedacht aan de recuperatie van de eiwitten als organische meststof, terwijl het vet als brandstof aangewend wordt. Deze laatste optie werd reeds geïntegreerd in het concept: het dierlijk vet kan in de stoomketel van de installatie verbrand worden. De vaste fractie heeft na ontvetting nog voldoende hoge energetische waarde om zonder externe energie in een aangepaste oven verbrand te worden. Anderzijds kan deze techniek een oplossing bieden wanneer het meel opnieuw naar de veevoeding mag, om kannibalisme te weren. De slachthuizen die gespecialiseerd zijn in één diersoort kunnen hun eigen slachtafval verwerken zodat de melen gebruikt kunnen worden voor de vervoeding aan een andere diersoort.

Deze techniek werd niet opgenomen, aangezien geopteerd werd enkel voor de verwerking van houtafval kleinschalige verwerkingstechnieken op te nemen.

2.2.2.2 Thermische eindverwerking

Volgende verwerkingstechnieken werden opgenomen in het rapport:

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	dierlijk afval: diermeel en -vet
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

Roosteroven

Technisch is het mogelijk om zowel diermeel als dierlijk vet te verbranden. Mono-verbranding van dierlijk afval via deze verbrandingstechniek is bijna uitgesloten omdat niet gegarandeerd kan worden dat alles volledig is uitgebrand en er geen onverbrande resten in de assen terecht komen.

Verbranding van het meel in de roosteroven kan voor problemen zorgen omwille van roosterdoorval en de hoge calorische waarde. Het aan te raden het meel te mengen met andere afvalstoffen. In Duitsland mengt men tot 15% diermeel met andere afvalstoffen (vooral huishoudelijk afval). Een hoge concentratie aan meel leidt tot geurhinder bij de slakken en de korrelgrootte van de slakken wordt te fijn.

Gezien de mogelijke problemen die kunnen optreden werd deze techniek niet opgenomen als mogelijke verwerkingstechniek.

Wervelbedoven

Technische problemen situeren zich vooral bij het voeden van de afvalstof en de hiermee gepaard gaande geurhinder. Diermeel geeft eveneens problemen door afzettingen in de leidingen. Er is een studie lopende om deze problemen te bekijken en of het gebruik van

andere bedmaterialen een oplossing kan bieden. In de toekomst moet het mogelijk zijn dierlijk afval te verwerken in een wervelbedoven.

Stookinstallaties

Gezien de calorische waarde van dierlijke vetten overeen komt met deze van lichte stookolie, kunnen deze verbrand worden in klassieke stookinstallaties. Om deze dierlijke vetten te verbranden dient men gebruik te maken van een geschikte brander. Een zogenaamde “rotary cup burner” is bijvoorbeeld een geschikt model.

De verbranding van vaste afvalstoffen op relatief kleine schaal maakt gebruik van dezelfde installatietypes als deze op grote schaal.

Voor het verbranden van dierlijke afvalstoffen is een milieuvergunning vereist voor het verbranden van afvalstoffen. Er moet worden voldaan aan de geldende emissienormen.

Kleinschalige installaties worden in de studie enkel opgenomen voor de verwerking van houtafval.

Coverbranding in cementoven

Het gebruik van dierlijk vet en diermeel als brandstof en toevoegstof gebeurt momenteel in alle cementovens in België. Volgens gegevens van de cementnijverheid werd in 2001 110 kton diermeel verwerkt in de cementovens in België. De overige 70 kton wordt elders thermisch verwerkt. Voor 2002 verwacht men in de cementindustrie een inzet van 150 kton.³ De hoeveelheid diermeel die kan worden verwerkt wordt beperkt door het P₂O₅ gehalte van het diermeel (zie 1.2.6). De maximale totale capaciteit van de verwerking van diermeel in de cementindustrie wordt geschat op 165 kton⁴.

De hoeveelheid dierlijk vet die kan worden verwerkt is onbeperkt⁵.

Coverbranding in elektriciteitscentrale

Diermeel kan, gezien zijn hoge calorische waarde, bijgemengd worden bij het steenkoolgruis als brandstof. Het verbranden van diermeel geeft stofvorming, om deze emissie te voorkomen dient een stoffilter te worden geplaatst. De meeste steenkoolcentrales zijn echter reeds uitgerust met elektrofilters, voor de verwijdering van stof uit de rookgassen. Sommige bronnen spreken van verhoogde NO_x, andere spreken dit tegen. Het verbranden van diermeel geeft ook een verhoogde vrijzetting van HCl, vraag is of het een negatief effect heeft op de uiteindelijke emissies, aangezien het verbranden van steenkool ook een verhoogde vrijzetting van HCl geeft. Door het installeren van een natte gaswassing zullen ook de HCl-emissies geen probleem geven.

Het belangrijkste probleem vormt de corrosie in de installatie en het dichtslibben van de vuurhaard en de leidingen. Volgens verschillende bronnen brengt het gebruik van meel een smeltpuntverlaging van de assen teweeg, waardoor er een deegachtige substantie wordt gevormd die de vuurhaard doet dichtslibben. Deze verlaging van het smeltpunt is te wijten aan de aanwezigheid van Na en K in het diermeel.

Ook het meebranden van vet zou dezelfde problemen geven, zij het in mindere mate.

³ Philippe Delaisse (CBR) en Baudouin Nizet (Scoribel), mededeling 2001.

⁴ FEBELCEM, studiedag SRBII, 22 november 2001.

⁵ Baudouin Nizet, SCORIBEL, mededeling, 2001.

Het beperkt vervangen van steenkool door diermeel kan een oplossing bieden. Verdere proeven moeten nagaan tot welk percentage men kan gaan om afzetting in de leidingen te voorkomen. Bovendien moeten testen ook uitwijzen hoeveel men kan bijmengen zonder rendementsverlies te hebben.

Het meeverbranden van dierlijk vet is mogelijk in elektriciteitscentrales die werken op zware stookolie, aangezien de calorische inhoud van dierlijk vet vergelijkbaar is met die van stookolie.

Gezien de risico's die verbonden zijn aan het gebruik van dierlijk afval, zijn de electriciteitsproducenten niet geneigd deze afvalstof te gebruiken in hun centrales.

Vergassing

Vet en meel komen waarschijnlijk wel in aanmerking voor vergassing, al bestaan er voor vet betere oplossingen. Specialisten zijn het erover eens dat het vergassen van dierenmeel mogelijk is maar dit dient nog getest te worden.

2.2.3 Besluit

Naar aanleiding van de dioxine- en BSE crisis moet diermeel momenteel bijna volledig thermisch verwerkt worden. Momenteel betekent dit dat 180 kton vleesbeendermeel energetisch gevaloriseerd moet worden. Kleine hoeveelheden melen kunnen momenteel afgezet worden richting meststoffen (± 3 kton/jaar) en petfood ($\pm 18,5$ kton/jaar).

Wat het vet betreft kan het LRM nog steeds richting veevoeding afgezet worden. Er zal ongeveer 30 kton vet overblijven om energetisch gevaloriseerd te worden de overige 70 kton mag nog gebruikt worden in veevoeding.

2.3 Kunststofafval

2.3.1 Inleiding

Kunststofafval is afkomstig van veel verschillende sectoren. Zo is er het kunststofverpakkingsafval, industrieel kunststofafval, kunststofafval uit de bouwsector, automobielsector en de elektronica-sector. En ook de land- en tuinbouwsector zorgt eveneens voor een aanzienlijke productie van kunststofafval.

In een studie van de Europese Commissie wordt aangegeven dat 16,2 miljoen ton kunststofafval is vrijgekomen in de EU in 1994. De totale hoeveelheid kunststofafval bestaat voor 59% uit verpakkingsafval. APME bevestigt dit percentage en geeft aan dat bouw- en sloopafval 10% uitmaakt van de totale hoeveelheid kunststofafval.

De studie van de EU voorspelt een groei tegen 2015 van 16 naar 29 miljoen ton. De fractie kunststoffen in het huishoudelijk afval en in het afval in de distributiesector, zou met 65% groeien, de fractie kunststofafval in het bouw- en sloopafval met 120%.

In voorliggende studie worden in het hoofdstuk kunststofafval enkel het kunststofverpakkingsafval, land- en tuinbouwfolie en kunststof uit bouw- en sloopafval behandeld. In het hoofdstuk automotive shredder residu komt kunststof uit shredders aan bod.

Het verpakkingsafval bestaat voornamelijk uit polyethyleen (LDPE, HDPE en LLDPE), polypropyleen (PP), polyvinylchloride (PVC), polystyreen (PS) en polyethyleenterephthalaat (PET). Kunststofafval uit de bouwsector bestaat voornamelijk uit PVC en isolatieschuimen (EPS, XPS en PU).

2.3.1.1 Verpakkingsafval

Voor verpakkingsafval werd tussen de drie Gewesten op 30 mei 1996 (B.S. 5 maart 1997) een interregionaal samenwerkingsakkoord gesloten betreffende de preventie en beheer van verpakkingsafval (I.S.A).

Dit akkoord heeft tot doel het voorkomen en verminderen van de productie of schadelijkheid van verpakkingsafval en het aandeel van de herbruikbare verpakkingen handhaven enerzijds en het totale gewicht van de eenmalige verpakkingen voor dezelfde groepen verminderen anderzijds.

In het samenwerkingsakkoord worden minimale globale percentages van nuttige toepassing en recyclage van verpakkingsafval opgelegd. Deze percentages moeten bereikt worden in elk van de gewesten en dit zowel voor verpakkingsafval van huishoudelijke oorsprong als voor verpakkingsafval van bedrijfsmatige oorsprong.

Voor 1 januari 1998 dient voor elke soort van verpakkingsmateriaal, zowel voor de verpakkingen- van huishoudelijke oorsprong, als voor de verpakkingen van bedrijfsmatige oorsprong, een recyclagepercentage van minimaal 15% te worden bereikt. In 2001 wenst de interregionale verpakkingscommissie (IVCIE) dit percentage op te trekken tot 20%, deze cijfers zijn echter nog niet officieel⁶.

In 1999 en 2000 moest 50% van het de op de markt gebrachte eenmalige verpakkingen gerecycleerd worden. De totale nuttige toepassing moest 80% bedragen. Voor 2001 wenst de IVCIE het percentage voor recyclage op te trekken tot 60%, maar deze cijfers zijn eveneens nog niet officieel.

Op voorstel van Vlaams Milieuminister Vera Dua heeft de Vlaamse regering principieel ingestemd met het voorstel van de Interregionale Verpakkingscommissie om de percentages van recyclage en nuttige toepassing van verpakkingsafval gevoelig te verhogen.

De verhoging van de percentages verloopt stapsgewijs met als einddatum 1/1/2003. Vanaf deze datum moeten de bedrijven en de erkende organismen 70% van al hun verpakkingsafval recycleren. Het percentage nuttige toepassing van alle verpakkingsafval stijgt naar 90%. Daarnaast moet van elk verpakkingsmateriaal minstens 30% gerecycleerd worden.

De industrie zelf heeft zijn bedenkingen omtrent deze verhoging van het recyclagepercentage. Op Europees vlak zijn onderhandelingen gaande omtrent de herziening van de verpakkingsrichtlijn⁷.

De Europese richtlijn 94/62/EG betreffende verpakkingen en het verpakkingsafval ligt aan de basis van het I.S.A.

Binnen het verpakkingsafval kan men onderscheid maken tussen primaire of verkoopverpakking, secundaire of groeperende verpakking en tertiaire of transportverpakking. De primaire en secundaire verpakkingen kunnen zowel huishoudelijk

⁶ www.valipac.be/nl/sitisa.htm op 18/09/01

⁷ Bert Straetmans, mededeling, 2001

als bedrijfmatig zijn. Het totaal van het tertiaire valt onder het bedrijfsmatig verpakkingsafval.

Kunststofafval wordt nog voornamelijk gestort en verbrand met of zonder energierecuperatie. In 1997 werd 16% van het huishoudelijk en 24% van het industrieel verpakkingsafval gerecycleerd. Het gaat grotendeels naar materiaalrecyclage.

Huishoudelijk verpakkingsafval

De totale markt van *kunststof verpakkingsafval van huishoudelijke oorsprong* (ook van niet FOST Plus leden) wordt geschat op 138.000 ton (schatting ERM) à 148.000 ton (schatting VITO⁸, gebaseerd op gegevens van FOST Plus).

APME meldt een hoeveelheid van 238.000⁹ ton kunststofverpakkingsafval in huishoudelijk afval. Deze hoeveelheid ligt aanzienlijk hoger dan de schattingen gemaakt op basis van de FOST Plus gegevens. Normaal zouden deze getallen gelijkaardig moeten zijn, aangezien verpakkingen die op de markt worden gebracht, binnen het jaar als afval vrijkomen. In de studie wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de schattingen van APME aan de hoge kant is en wordt verder gewerkt met een hoeveelheid huishoudelijk kunststofverpakkingsafval van 148.000 ton in België.

In 2000 werd door de leden van FOST plus in België 146 kton *huishoudelijk kunststof verpakkingen* op de markt gebracht, 61 kton flessen en flacons, 84 kton andere kunststoffen.

Na omrekening naar Vlaanderen bekomen we, een minimum van 84 kton verpakkingen op de markt gebracht door de leden van FOST plus, waarvan 35 kton flessen en flacons en 49 kton andere kunststoffen.

Indien er wordt uitgegaan van het standpunt dat FOST plus 92% van de kunststofverpakkingsafval markt vertegenwoordigt, bekomt men een hoeveelheid van ongeveer 92 kton kunststofverpakkingsafval dat in 2000 op de markt werd gebracht. In de verdere studie wordt gewerkt met deze hoeveelheid.

Er werd in 2000 ongeveer 19,6 kton flessen en flacons ingezameld, via de PMD inzameling, in Vlaanderen. In het totaal werd er in Vlaanderen 22,6 kton flessen en flacons gerecycleerd.

Naast deze inzameling bestaat er in sommige gemeenten een selectieve inzameling van kunststofafval dat niet in de PMD zak mag, zoals bijvoorbeeld folies. In het totaal werd er in Vlaanderen 13 kton van dit kunststofafval ingezameld in 2000. Naar schatting de helft van het op deze wijze ingezamelde kunststofafval bestaat uit kunststofverpakkingen.

Hiernaast bevat de PMD-zak nog een hoeveelheid residu dat verwerkt dient te worden. In 2000 bedroeg deze hoeveelheid residu 21%. Op de totale hoeveelheid ingezamelde PMD in Vlaanderen, komt dit neer op ongeveer 12 kton.

Uit bovenstaande cijfers blijkt dat er zich nog een aanzienlijke hoeveelheid verpakkingsafval in het restafval bevindt. Uit onderzoek van de restfractie van

⁸ J. Theunis, J. Deurinck, 2001. Greenhouse gas emissions and material flows. Part II: Production and use of beverage packaging.

⁹ APME, Plastics: A Material of Choice for packaging. APME 2007/GB/04/99, 1999.

huishoudelijk afval blijkt dat deze nog voor 9,5 % bestaat uit kunststofafval¹⁰. Dit betekent dat er zich nog ongeveer 77 kton kunststofafval in het de restfractie van het huishoudelijk afval bevind. Naar schatting bestaat 2/3 van dit afval uit kunststofverpakkingsafval.

Het minimum recyclagepercentage per materiaal van 15% dat de Belgische wetgeving eist wordt gehaald voor zowel het huishoudelijk verpakkingsafval als het bedrijfsmatig verpakkingsafval voor al de materialen.

Fost Plus^{11,12} stelt dat alleen de plastic flessen en flacons van voldoende homogene kwaliteit zijn en in voldoende staat van netheid beschikbaar om een duurzame recyclage mogelijk te maken. De recyclage van de overige gebruikte kunststofverpakkingen zou en stuk duurder uitvallen en meer negatieve impact hebben op het milieu. De energetische valorisatie ervan in de huisvuilverbrandingsovens bijvoorbeeld, blijft economisch en ecologisch de beste manier om ze nuttig toe te passen.

Industrieel verpakkingsafval

De totale hoeveelheid industrieel kunststof verpakkingsafval in België voor 1999 wordt geschat op 90 kton. Voor 2000 wordt de hoeveelheid op 87¹³ à 89 kton geschat. Aangezien de leden van Val-I-Pac 57 kton kunststoffen op de markt brachten, en ze 64% van de totale markt vertegenwoordigen, betekent dit ongeveer 89 kton kunststofverpakkingsafval.

APME schat dat er 97 kton kunststofverpakkingsafval wordt geproduceerd door inudstrie en distributie. Er wordt in het verdere document uitgegaan van 87 kton industrieel kunststofverpakkingsafval.

Er wordt uitgegaan van de veronderstelling dat 70 % van de industrie zich in Vlaanderen bevind, dit betekent dan dat er 61 kton industriëel kunststofverpakkingsafval ontstaat in Vlaanderen.

Wanneer alle industriëel kunststofverpakkingsafval dat in Vlaanderen op de markt komt zich op dezelfde manier verdeelt dan dat afkomstig van Val-I-Pac leden dan wordt er 59%, 36 kton nuttig toegepast, 26,8 kton hiervan ging naar recyclage, 9,2 kton werd energetisch gevaloriseerd. De 44% (25 kton) die niet nuttig werd toegepast werd waarschijnlijk afgevoerd in containers met gemengd bedrijfsafval en kwam alzo op een stortplaats of in een verbrandingsoven terecht.

Bij de interpretatie van de cijfers dient men rekening te houden dat er, door het toepassen van deze extrapolatie, een fout wordt gemaakt, aangezien Val-I-Pac een hoog recyclage percentage behaalt omdat ze juist niet de volledige markt vertegenwoordigen. Door het extrapoleren van de cijfers krijgt men dus een overschatting van de hoeveelheid nutting toegepast industriëel kunststofverpakkingsafval.

¹⁰ Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifieke categorie II bedrijfsafval, VITO, 2001

¹¹ Fost plus, jaarverslag 1999.

¹² Fost plus, jaarverslag 2000.

¹³ De Wachter Anneleen, aard en hoeveelheid van de in het Vlaamse gewest geproduceerde brandbare afvalstoffen en hun eindbestemming

2.3.1.2 Ander dan verpakkingsafval

Huishoudelijk ander dan verpakkingsafval

In Vlaanderen werd in 2000, naast de PMD inzameling, 13 kton kunststofafval selectief ingezameld. Naar schatting bestaat ongeveer de helft hiervan uit ander kunststofafval dan verpakkingsafval.

In het restafval bevindt zich naar schatting nog ongeveer 77 kton kunststofafval. Ongeveer 1/3 hiervan bestaat uit niet-verpakkingsafval.

Industriëel ander dan verpakkingsafval

Bij de Vlaamse industrie wordt ongeveer 200 kton kunststofafval (exclusief verpakkingen) selectief ingezameld¹⁴.

Het niet selectief ingezameld bedrijfsafval en de recyclageresidu's bevat naar schatting nog ongeveer 105 kton kunststofafval, ander dan verpakkingsafval.

2.3.1.3 Kunststof uit bouw- en sloopafval

Er is geen specifieke wetgeving van kracht over het hergebruiken van de kunststoffractie uit bouw- en sloopafval. Wel wordt er getracht 75% van het bouw- en sloopafval nuttig toe te passen en maximaal 25% op een doelmatige en milieuhygiënische manier te verwijderen (uitvoeringsplan bouw- en sloopafval, 1995). Van het steenachtige materiaal wordt er momenteel gemiddeld 87,5% hergebruikt

Het samenwerkingsakkoord tussen de 3 gewesten betreffende de preventie en beheer van verpakkingsafval (I.S.A.) en de in VLAREA opgenomen voorwaarden in verband met bedrijfsafvalstoffen gelden eveneens voor bouw- en sloopafval.

De meeste kunststoffen in de bouwsector hebben een levensduur van 5-20 jaar (meubels, vloerbekleding, muurbekleding), tot meer dan 40 jaar (leidingen, vensters en isolatie). Er bevindt zich nog een enorm potentieel aan kunststofafval in gebouwen.

Er werd tot hier toe weinig aandacht besteed aan kunststofafval afkomstig uit de bouwsector om volgende redenen:

- de absolute hoeveelheid kunststofafval afkomstig uit deze sector is tot hier toe relatief gering gebleven wegens de lange levensduur van de kunststoftoepassingen in de bouwsector.
- Het aandeel van het kunststofafval in de totale hoeveelheid bouw- en sloopafval is gering gezien de lage dichtheid van kunststoffen en de hoge dichtheid van steenachtige materialen.
- De kunststoffen komen in een relatief sterk verontreinigde vorm vrij (aanwezigheid van steenachtige materialen en glas).
- Het veelvuldig gebruik van PVC stelt problemen bij een eventuele grondstofrecyclage, terwijl de isolatieschuimen (EPS, XPS en PU) moeilijk mechanisch kunnen gerecycleerd worden.

Door een selectieve inzameling van het kunststofafval in het bouw- en sloopafval kunnen nochtans zonder grote inspanningen grote monostromen kunststofmateriaal worden gegenereerd, omdat voor sommige toepassingen slechts één type polymeer wordt gebruikt

¹⁴ Peter Van Acker, mail 10 januari 2002

(bv. PVC voor vensterprofielen). Deze selectieve inzameling op bouwerven blijkt echter problematisch te zijn¹⁵.

In West-Europa wordt 3,7% van het kunststofafval uit de bouwsector mechanisch gerecycleerd, de rest wordt gestort. Over het aandeel recyclage en valorisatie van het kunststofafval uit bouwtoepassingen in België zijn geen gegevens voorhanden, maar er kan worden aangenomen dat dit aandeel vrijwel nihil is.

Volgens het uitvoeringsplan bouw- en sloopafval (1995) bevat het Vlaamse bouw- en sloopafval 0,12% kunststoffen. Volgens de meldinggegevens van OVAM werd in het Vlaamse Gewest in zowel 1998 als 1999 ongeveer 6.700 kton bouw- en sloopafval geproduceerd en ingezameld. Deze hoeveelheid bevat dan 8 kton kunststoffen/jaar. Volgens APME zou er in België 16 (APME, 1998) tot 78 kton (APME, 2000) kunststofafval in het bouw- en sloopafval zitten.

2.3.1.4 Land- en tuinbouwfolie

Momenteel zijn er geen specifieke wettelijke bepalingen inzake land- en tuinbouwfolies. Vanaf 1 januari 2003 geldt er een aanvaardingsplicht voor de eindverkoper, tussenhandelaar en de producenten of invoerder van deze afvalstroom.

De stroom afkomstig van de landbouw bestaat voornamelijk uit kuilfolie (melkveehouderij) en grondbedekkings- of loopfolie (glastuinbouw).

De landbouwfolies zijn witte of zwarte LDPE of LDPE/LLDPE-folies. Tuinbouwfolies zijn dunner dan landbouwfolies en bestaan meestal uit LDPE of LLDPE.

De ingezamelde folies zijn meestal sterk verontreinigd. De vervuilingpercentages bedragen, afhankelijk van de herkomst, 30-40% (landbouw) tot 100% (tuinbouw).

In 1993 werd de hoeveelheid kunststofafval in de land- en tuinbouwsector geschat voor het Vlaamse Gewest. Er werd hierbij gebruik gemaakt van Nederlandse normen. De totale hoeveelheid die vrijkomt zou 5.614 ton bedragen. 60% van de totale hoeveelheid komt vrij in de melkveehouderij, 20% in de glastuinbouw. In de vermelde hoeveelheid zitten ook de kunststofverpakkingen van meststoffen en fytofarmaceutische producten.

APME maakte in 1997 een schatting voor de productie van productafval in de landbouw voor België. In 1995 bedroeg de productie van kunststofafval in de landbouw 10.000 ton. Via extrapolatie met groeifactoren werd voor 2000 een schatting gemaakt van 11.000 ton en voor 2010, 12.000 ton.

In gegevens van APME wordt voor 1998 9.000 ton kunststofafval gemeld voor de landbouwsector, uitgezonderd verpakkingsafval. 7.000 ton werd opgeslagen of gestort. 1.000 ton werd energetisch gevaloriseerd en 1.000 ton werd geëxporteerd om in het buitenland te worden gerecycleerd.

In 2000 bedroeg de hoeveelheid selectief ingezamelde landbouwfolie 1.420 ton (OVAM).

Gezien de sterke verontreiniging moeten de folies gewassen worden voor ze hergebruikt kunnen worden in de materiaalrecyclage.

¹⁵ Bert Straetmans, mededeling, 2001

Momenteel is er in België geen enkel bedrijf dat de folies recycleert. De ingezamelde folies worden, na voorbehandeling, afgevoerd als secundaire brandstof naar de kalk- en cementindustrie.

EKOL kan veegschone kuilfolie samen met gemengd huishoudelijk afval verwerken tot straatmeubilair.

In Nederland en Duitsland zijn er enkele bedrijven die folies recycleren. De rendabiliteit van de bedrijven is echter twijfelachtig door de hoge verontreinigingsgraad van de folies.

Het regranulaat wordt aan de kunststofindustrie geleverd voor de productie van ondermeer folie, vuilniszakken en tuinartikelen.

Vanaf 1 januari 2003 geldt voor afvallandbouwfolies een aanvaardingsplicht.

2.3.2 Verwerking

2.3.2.1 Thermische eindverwijdering

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	kunststofafval
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

Roosteroven

Een roosteroven is niet geschikt voor monoverbranding van kunststof (te hoge calorische waarde; smeltende kunststoffen kunnen de primaire luchttoevoer blokkeren)

Coverbranding van de niet afgescheiden kunststoffractie van het huishoudelijk afval in huisvuilverbrandingsinstallaties met energierecuperatie is momenteel hoogstwaarschijnlijk de meest verspreide vorm van coverbranding. Tegen het meeverbranden van extra kunststofafval in huisvuilverbrandingsinstallaties kunnen, naast het lage thermische rendement in vergelijking met elektrische centrales, de volgende argumenten aangehaald

worden. De calorische waarde van het huisvuil is momenteel aan het stijgen^{16,17}. Het verlies aan calorische waarde door het selectief inzamelen van bepaalde fracties (papier en karton, flessen, tetrabricks) wordt gecompenseerd door de daling van het aandeel GFT-afval in het huishoudelijkafval. De hogere calorische waarde van het huisvuil laat minder ruimte voor het bijmengen van hoog calorisch afval, gezien de thermische limitaties. De doorzet van een oven daalt indien de calorische waarde van het afval stijgt. Aangezien de ovenuitbaters per ton doorzet worden betaald, zijn deze weinig bereid tot het bijstoken van hoog calorisch kunststofafval. Tenslotte, en dit geldt voornamelijk voor de restfractie PMD en klein witgoed, wordt het kunststofafval dat met veel inzet van energie en middelen werd afgescheiden terug in de huisvuilverbrandingsoven gebracht.

Wervelbedoven

Het circulerend zandwervelbed is geschikt voor monoverbranding van kunststoffen, mits technische aanpassingen. Door de hogere calorische waarde van kunststoffen t.o.v. steenkool is de bedtemperatuur hoger. Proeven in Finland hebben uitgewezen dat de installatie van een naverbrandingskamer noodzakelijk is. Een uitgebreide rookgaszuivering is eveneens nodig. Het circulerend zandwervelbed is ongeschikt voor asrijke kunststofafvalstromen.

Het intern circulerend zandwervelbed lijkt een goed alternatief. De voorbehandeling kan tot een minimum beperkt worden. Door de doorzet aan te passen kan er zowel hoog calorisch als laag calorisch afval verwerkt worden (constante thermische belasting).

Coverbranding cementindustrie

De chloorinput via de brandstof wordt tot 200 ppm beperkt, wat een limitatie oplegt aan het de hoeveelheid kunststofafval die kan worden gebruikt en aan het chloorgehalte van dit kunststofafval. 1-1,5% chloor in het kunststofafval wordt aanvaardbaar geacht, de tendens is echter dat dit zal dalen tot 0,5%¹⁸.

2.3.3 Besluit

In Vlaanderen werd in 2000 ruim 500 kton kunststofafval geproduceerd, afkomstig van eindgebruikers.

284,7 kton werd selectief ingezameld. Hiervan was 47,3 kton afkomstig van huishoudens. 236 kton bestond uit industrieel kunststofafval en 1,42 kton land- en tuinbouwfolies werden selectief ingezameld.

De overige 219 kton niet selectief ingezameld kunststofafval bestaat voor het grootste deel uit industrieel kunststofverpakkingsafval (130 kton) en huishoudelijk kunststofafval (77 kton). De overige hoeveelheid bestaat uit kunststof in bouw- en sloopafval (8 kton) en niet selectief ingezamelde land- en tuinbouwfolie (4 kton).

¹⁶ Devoldere, K. en Laethem, B., Grondstofrecyclage van gemengd kunststofafval.

¹⁷ Adams, B., Goemans, M., Lenaerts, S., Afvalverbranding: geen vuiltje (meer) aan de lucht. Ingenieursblad 6-7/2001, p. 24-33.

¹⁸ Bert Straetmans, mededeling, 2001

2.4 Papierresidu en restfractie

2.4.1 Inleiding

Er worden verschillende papierkwaliteiten onderscheiden:

- Ondersoorten: bont papier, karton
- Middensoorten: kranten, tijdschriften, snijkanten van drukwerk
- Bovensoorten: onbedrukte of weinig bedrukte hoogkwalitatieve papiersorten, hoogwaardig kartonafval.

Voor papierafval voortkomende uit het gebruik of verbruik van volgende publicaties: dagbladen, weekbladen, maandbladen, tijdschriften en periodieken, gratis regionale pers, gratis publicaties, telefoongidsen, faxgidsen, reclamedrukwerk en ander drukwerk geldt er een aanvaardingsplicht voor de eindverkoper, de tussenhandelaar en de producent of de invoerder als bedoeld in art. 10 van het afvalstoffendecreet.

Papierafval voortkomende uit het gebruik van de hier navolgende publicaties vallen niet onder de aanvaardingsplicht: publicaties waarin geen handelsadvertenties, reclame of publiciteitsteksten zijn opgenomen en publicaties van papierproducenten en/of invoerders die minder dan 3 ton papier per jaar in verbruik brengen in het Vlaamse gewest

Art. 3.2.4 van VLAREA zet dat de aanvaardingsplicht tot doel heeft enerzijds preventieve acties te stimuleren en anderzijds de recuperatie van papierafval te maximaliseren met als streefdoel vanaf 2001 een sectoriële recyclingvoet van 85%.

In 1999 bedroeg verbruik voor België van papier en karton 3.293.000 ton. Er wordt aangenomen dat 65% hiervan op economisch verantwoorde wijze kan worden ingezameld en verwerkt. Momenteel wordt er $\frac{3}{4}$ van de potentieel beschikbare hoeveelheid papier en karton van huishoudelijke afkomst ingezameld.

Er werd in 1999, in België, 1.588.000 ton oud papier gerecupereerd. In 2000 steeg deze hoeveelheid tot 1.640.000 ton. In Vlaanderen werd in 1999 950.000 ton ingezameld, waarvan 350.000 ton huishoudelijk bont papier en 600.000 ton bij bedrijven.

Sinds het van kracht worden van het VLAREA zijn alle bedrijven verplicht, naast glas, ook papier selectief in te zamelen. Dit papier kan worden opgesplitst in volgende categorieën:

- bont papier (vergelijkbaar met huishoudelijk bont papier)
- papier uit de grafische en papierverwerkende sectoren (dit papier is meestal zuiver en dus van hogere kwaliteit, nog onbedrukt en niet vermengd met plastics, nietjes, ...; zodat er geen recyclageresidu en geen intinkingslib uit voortkomt
- karton (verpakking)

In 1999 werd 1.715.000 ton oud papier uitgevoerd, en 697.000 ton ingevoerd. In 2000 stegen deze hoeveelheden tot respectievelijk 1.793.000 en 759.000 ton.

De Belgische papierindustrie is voornamelijk afgestemd op de productie van papier van hogere kwaliteit. Hoe hoger de technische eindkwaliteit van een product, hoe groter de inbreng van verse vezels en hoe hoger de kwaliteit van het oud papier moet zijn.

Er wordt dus vooral gebruik gemaakt van 'bovensoorten'. We kunnen veronderstellen dat er voornamelijk bovensoorten geïmporteerd en ondersoorten geëxporteerd worden.

De Belgische papierindustrie verwerkte in 1999 ongeveer 570.000 ton oud papier. In 2000 steeg deze hoeveelheid tot 606.000 ton.

Een deel van het ingezamelde oud papier wordt verkocht op de wereldmarkt.

Tijdens de voorbehandeling van het papierafval (sorteren, shredderen en persen) ontstaat een *recyclageresidu* (maximaal 10%), dat bestaat uit kunststoffen, koorden, niet-recupereerbaar verontreinigd papier, reisgidsen en catalogi met luxecovers en gelijmde ruggen. Deze restfractie wordt in belangrijke mate gestort.

Gedurende de verwerking van papierafval tot pulp worden verschillende zuiveringsbewerkingen toegepast. Hierbij ontstaan afvalstromen. Daarnaast geeft de regeneratie van proceswater en de afvalwaterzuivering aanleiding tot de vorming van slib. De belangrijkste afvalstromen zijn:

<u>fractie</u>	<u> Samenstelling</u>	<u>geschatte hoeveelheden</u>
lichte restfractie	plastics,	30-50 kg/ton papierafval
zware restfractie	zand, glas, nietjes,...	10-20 kg/ton papierafval
slib van de ontinkting	korte vezels, inktdeeltjes, coatings, vulmiddelen, ...	71-150 kg/ton papierafval
slib van de proceswaterzuivering	korte vezels, vulmiddelen, ...	10-250 kg/ton papierafval
slib van de afvalwaterzuivering		± 0,6 kg DS/ kg BOD verwijderd

tabel 7: belangrijkste afvalstromen

De productie van *ontinkings-slib* is in Vlaanderen volledig afkomstig van de papierfabriek van STORA ENSO. Momenteel vindt deze stroom, 26.000 ton DS, volledige afzet. De gebruikte routes worden gegeven in tabel 8. STORA ENSO heeft plannen voor een uitbreiding van de ontinkingscapaciteit. De productie van ontinkings-slib zou toenemen met 64.000 ton DS. De energievoorziening bij de geplande uitbreiding is gebaseerd op WKK en streeft naar de productie van elektriciteit uit de verbranding van papierslib. De geproduceerde stroom ontinkings-slib zal niet langer vrijkomen op de markt voor energetische valorisatie¹⁹.

	<u>hoeveelheden in ton DS</u>
cementindustrie (Wal.)	11.700
poederkoolcentrale (NI)	6.500
steenbakkerij (D)	7.800

tabel 8: afzetroutes ontinkings-slib

Het slib afkomstig van de waterzuivering (*papierschuim* genoemd) wordt in Vlaanderen geraamd op 19.000 ton DS. Deze slibstroom maakt deel uit van het uitvoeringsplan Organisch-Biologisch Afval¹⁹. Het papierschuim is opgenomen in de lijst van afvalstoffen die in aanmerking komen voor gebruik als secundaire grondstof. Het mag gebruikt worden in of als meststof of bodemverbeterend middel. Een gebruikscertificaat is verplicht. De stroom vindt volledige afzet volgens onderstaande afzetroutes.

¹⁹ analysedocument voor het uitvoeringsplan slib, OVAM

	hoeveelheden in ton DS
steenbakkerij	500
landbouw	18.500

tabel 9: afzetroutes papierschuim

De stromen die overblijven voor eindverwerking wanneer we uitgaan van een verwerking van 500.000 ton oud papier in Vlaanderen zijn, het *recyclageresidu* (ongeveer 50 kton; 10 % van de verwerkte hoeveelheid) en de *lichte restfractie* (ontstaat gedurende de verwerking tot pulp) 15 à 25 kton (3-5% van de verwerkte hoeveelheid). Momenteel worden de restfracties hoofdzakelijk afgevoerd naar verbrandingsovens en stortplaatsen.

2.4.2 Thermische eindverwerking

Gezien de aard en samenstelling kan het materiaal aangeboden worden aan de verschillende grootschalige verbrandings- en vergassingstechnieken.

Het wordt niet aanvaard door de cementindustrie omwille van het hoge chloorgehalte en de aanwezigheid van andere vervuilende componenten.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	papier: residu en restfractie
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
coverbranding cementoven		
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

2.4.3 Besluit

Gedurende de recyclage van oud papier ontstaan er verschillende reststromen. Twee hiervan, het ontinktingslib en papierschuim worden besproken in respectievelijk het slibplan en het uitvoeringsplan organisch-biologisch afval, en worden bijgevolg niet opgenomen in de studie.

De overige twee valoriseerbare stromen, het recyclageresidu en de lichte restfractie, zijn geschikt voor energetische valorisatie.

2.5 Textiel- en tapijtafval

2.5.1 Inleiding

Het besproken textiel- en tapijtafval is enerzijds afkomstig van eindgebruikers en anderzijds van de producenten van voornamelijk tapijten.

2.5.2 Textielafval

Het selectief ingezamelde huishoudelijk textiel (kleding) wordt voor 90% nuttig toegepast (tweedehands, versneden tot poetslappen, matrassvulling, hergebruik in textiel-, tapijt- of papierindustrie). De overige 10% wordt gestort of verbrand. Er wordt verwacht dat naar de toekomst toe steeds meer huishoudelijk textielafval selectief ingezameld en gerecycleerd zal worden²⁰.

Van de totale hoeveelheid huishoudelijk textielafval, 40 kton, wordt 80% nuttig toegepast en 20 % gestort¹⁴.

Het textielafval afkomstig van de industrie, 80 kton, wordt voor 32,5% gerecycleerd (26 kton). Van de overige 54 kton wordt 46 kton verbrand, en de resterende 8 kton wordt gestort.

2.5.3 Tapijtafval

Uit de OVAM aangifte van 1995 blijkt de hoeveelheid tapijt- en latexafvalstoffen gemeld door de tapijt-, vilt-, vloerzeil- en wasdoekfabrikanten 12 kton te bedragen.

Op basis van de meldinggegevens van kan 1999 een inschatting gemaakt van de totale hoeveelheid tapijtafval in 2001. In het totaal werd er in 1999 ongeveer 58 kton tapijtafval ter verwerking aangeboden. Ongeveer 32 kton ging rechtstreeks naar recyclage, en 6 kton werd gestort. Een kleine 20 kton werd afgevoerd voor conditionering. In de studie wordt aangenomen dat deze hoeveelheid tapijtafval overeen komt de geïnventariseerde stroom door Indaver.

Een interne studie van Indaver in 1998²¹, gebaseerd op een rondvraag bij 11 tapijtfabrikanten, levert reeds 18.000 ton op.

Op basis van de hoeveelheden die verwerkt worden in de VEA installatie van Indaver of aldaar worden aangeboden werden, doch nog steeds hetzij gestort worden in Vlaanderen,

²⁰ www.ovam.be, beheer van huishoudelijke afvalstoffen : recuperatie. Textiel

²¹ Studie Indaver, 1998

hetzij afgevoerd worden naar de cementindustrie of geëxporteerd worden naar Duitsland, blijkt de hoeveelheid pure tapijtafval in België tussen de 20 en 25 kton/jaar te bedragen.

Voor PA-6 en PA-6.6 bevattend tapijtafval zijn er verschillende installaties binnen Europa waar het PA-6 (en PA-6.6) gerecycleerd kan worden.

In Vlaanderen worden zowel PP, wol, PA-6 en PA-6.6 houdende tapijten geproduceerd. Meestal gebeurt deze productie in dezelfde bedrijven en worden deze verschillende tapijten gezamenlijk in de latexovens behandeld waarna de kantenafsnijresten gezamenlijk in containers worden geblazen. Dit betekent dat het uiterst moeilijk is de PA-6 houdende tapijten van de rest van de productie gescheiden te houden. Indien een aantal investeringen in specifieke voorzieningen uitgevoerd wordt, zal toch ongeveer een 5.000 ton/jaar tapijresten in aanmerking komen voor deze vorm van materiaalrecyclage.

Energetische valorisatie van het tapijtafval kan in niet-gespecialiseerde inrichtingen, maar verschillende parameters zoals Sb, Cr, en Zn kunnen limiterend werken.

Antimoon wordt gebruikt als brandvertrager. Het gehalte kan oplopen tot 4.000 ppm.

Chroom wordt vooral teruggevonden in groen gekleurde tapijten. Het gehalte kan eveneens oplopen tot 4.000 ppm.

Zink wordt als zinkoxide gebruikt als vulstof in de latexbodems van tapijten en kan oplopen tot gehalten van 5.000 ppm.

Ongeveer 5.000 ton/jaar tapijtafval komt omwille van voorstaande criteria niet in aanmerking voor co-incineratie in niet-gespecialiseerde inrichtingen.

<u>toepassing</u>	<u>hoeveelheid</u>
recyclage	5.000
energetische valorisatie:	15.000
co-incineratie	10.000
gespecialiseerde oven	5.000
<u>totaal</u>	<u>20.000</u>

tabel 10: schatting van de toepassingsmogelijkheden van tapijtafval

Er kan worden aangenomen dat in het bouw- en sloopafval en het grof huisvuil een zekere hoeveelheid tapijtafval zit. Er zijn momenteel geen gegevens beschikbaar over welke hoeveelheden het hier gaat.

2.5.4 Verwerking

Volgende verwerkingstechnieken worden opgenomen in het rapport:

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	tapijtafval
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

Gezien de aard en samenstelling van het materiaal kan het worden aangeboden aan grootschalige verbrandings- en vergassingstechnieken.

2.5.5 Besluit

Het textielafval (zowel industrieel als huishoudelijk) wordt voor bijna de helft gerecycleerd (48,3%). Van de overige hoeveelheid wordt 46 kton verbrand (volledig industrieel textielafval) en 16 kton wordt gestort¹⁴.

Van de totale hoeveelheid tapijtafval (58 kton) wordt ongeveer 64% gerecycleerd (37 kton). Ongeveer 10 kton wordt na conditionering afgevoerd voor energetische valorisatie, 5 kton gaat naar verbranding en zo'n 6 kton wordt gestort.

2.6 Rubberbanden

2.6.1 Inleiding

Artikel 3.4.3 van VLAREA verplicht de eindverkopers elke afvalband in ontvangst te nemen die door de consument wordt aangeboden bij de aankoop van een rubberband van een overeenkomstige soort als de afvalband.

De eindverkoper wordt verplicht de ingezamelde banden op eigen kosten te laten verwerken in een daartoe vergunde inrichting.

In artikel 3.4.5 wordt volgende doelstellingen vooropgesteld:

- rond de 100% van de afvalbanden wordt ingezameld;
- van ten minste 25% van de ingezamelde afvalbanden, uitgedrukt in gewicht, wordt het loopvlak vernieuwd;
- ten minste 65% van de ingezamelde afvalbanden, uitgedrukt in gewicht, worden nuttig toegepast op een andere wijze dan door loopvlakvernieuwing.

Richtlijn 1999/31/EG van 26 april 1999 betreffende het storten van afvalstoffen verbiedt het storten van hele banden vanaf 1 januari 2003 en het storten van geshredderde banden vanaf 2006.

In 2000 werden in het totaal 76,6 kton banden opgehaald door leden van RECYTYRE. 67% van de ingezamelde banden werd opgehaald in Vlaanderen (51,4 kton), 28% in Wallonië (21,6 kton) en 5% in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (3,4 kton).

Er werden in 2000 68,9 kton autobanden op de markt gebracht door de gehomologeerde operatoren. In het totaal werden in België 72,7 kton banden op de markt gebracht, waarvan 41,6 kton in het Vlaamse gewest. Wanneer we de opgehaalde hoeveelheden vergelijken met de op de markt gebrachte hoeveelheden voor alle categorieën van banden dan wordt een ophaalpercentage van 111% behaald.

Als mogelijke redenen voor dit hoge ophaalpercentage kunnen gesteld worden dat de cijfers van de op de markt gebrachte banden in de realiteit hoger liggen daar de fabrikanten/importeurs aangesloten bij RECYTYRE 90 à 95% van de op de vervangingsmarkt gebrachte banden vertegenwoordigen. Van de andere kant kunnen we stellen dat niet voor elke opgehaalde band een nieuwe band op de vervangingsmarkt gebracht wordt. In de cijfers met betrekking tot de opgehaalde hoeveelheden zijn ook banden aanwezig afkomstig van sloopbedrijven van voertuigen alsook afvalbanden afkomstig van het opruimen van illegale en verlaten stocks van afvalbanden door de Gewesten. Bovendien zullen heel wat garagebedrijven en bandencentrales tot opruimacties van hun afvalbanden uit de voorbije jaren overgegaan zijn. Een andere reden, die volgens RECYTYRE minder belangrijk is, is het feit dat de dubbeltellingen voor de buitenlandse operatoren niet kunnen gedetecteerd worden²².

2.6.2 Verwerking

In Vlaanderen werd in 2000 51,4 kton banden ingezameld door de leden van RECYTYRE. Aangezien zij slechts 90-95% van de markt vertegenwoordigen, dient deze hoeveelheid beschouwd te worden als ondergrens

Indien er wordt uitgegaan van de veronderstelling, dat de verwerking van de in Vlaanderen ingezamelde banden door leden van RECYTYRE op dezelfde manier gebeurd dan de totale hoeveelheid banden ingezameld in België door leden van RECYTYRE, komen we tot volgende percentages. 97% van de ingezamelde banden werd verwerkt. Hiervan wordt

²² gegevens RECYTYRE

6,5% afgevoerd als tweedehandsband. 31,7% werd rechtstreeks afgevoerd naar de cementindustrie en 31,1 % werd vermalen tot brandstof. Er werd in 2000 13,9% van de verwerkte banden geregranuleerd. Het betreft voornamelijk vrachtwagenbanden. De hoeveelheid van de banden afgevoerd voor loopvlakvernieuwing bedroeg in 2000 slechts 1%. 13 % van de verwerkte banden werd afgevoerd via een andere verwerkingswijze. Er moet nog worden nagegaan welke deze verwerkingswijze is.

Van de totale hoeveelheid selectief ingezamelde banden door de leden van RECYTYRE, wordt 81% nuttig toegepast, waarvan 20,7% wordt hergebruikt en 60,7% energetisch gevaloriseerd. (RECYTYRE, 2001).

verwerking	totaal	
	in kton	in %
overslag	1,52	2,96
tweedehands	3,36	6,54
loopvlakvernieuwing	0,48	0,93
cementoven	16,27	31,66
vermalen tot brandstoffen	15,96	31,05
granuleren tot grondstof	7,19	13,99
andere	6,62	12,88
	51,40	100

tabel 11: verwerkingswijzen van de in Vlaanderen verwerkte banden

Aangezien 51,4 kton geldt als een minimum, wordt er in de verdere studie vanuitgegaan dat deze ingezamelde hoeveelheid volledig wordt verwerkt, niet de 97% die nu verwerkt wordt.

Uit verklaringen van de ophalers/verwerkers van gebruikte banden blijkt dat de voertuigbanden in Nederland en Duitsland sneller vervangen worden dan in België. In België wordt gewacht met het vervangen tot de profieldiepte duidelijk minder is dan de wettelijk voorgeschreven 1,6 mm. Daardoor is het percentage personenwagenbanden dat geschikt is voor loopvlakvernieuwing of verkoop als tweedehandsband minder dan 10%.

De vooropgestelde doelstelling met betrekking tot loopvlakvernieuwing wordt momenteel niet gehaald. RECYTYRE geeft hiervoor volgende verklaring: de banden die hiervoor in aanmerking komen, komen niet terecht bij de afvalbanden die door de operatoren van RECYTYRE worden opgehaald en verwerkt. Er wordt geschat dat voor vrachtwagenbanden 1/3 tot 1/2 van de nieuw op de markt gebrachte banden van een nieuw loopvlak wordt voorzien.

Het grootste deel van de in Vlaanderen ingezamelde autobanden gaat naar de cementovens.

Voor de toekomst wordt er vanuit gegaan dat het aantal gebruikte banden in België zal stijgen. Dit omdat het aantal verkochte voertuigen, evenals de afgelegde kilometers in België blijven stijgen en omdat er volgens VLAREA een inzamelingspercentage van 100% moet zijn (OVAM).

Ook de aanpassing van het technisch reglement inzake motorvoertuigen zal eveneens leiden tot een belangrijke toename van de hoeveelheid afvalbanden.

2.6.2.1 Voorbehandeling

Shredderen

Shreddering tot een typische stukgrootte van 5-20 cm kan uitgevoerd worden in functie van een goedkoper transport. Ook de verbranding in sommige cementovens vereist een voorafgaande verkleining.

In België zijn 5 bandenshredders actief:

- BUT – Belgian Used Tyres (Indaver), Willebroek (capaciteit van 25.000 ton)
- Eco-Tri (Watco), Estampuis,
- Garwig, Houthulst,
- Nouel Autobandenrecup, Rumst
- Recygom (Indaver en Watco), Andrimont

Hun gezamenlijke verwerkingscapaciteit wordt geschat op 50.000 ton per jaar (ongeveer 10.000 ton per shredder, beroepsvereniging gebruikte banden)

De geshredderde banden worden hoofdzakelijk aangeleverd aan de cementindustrie in Wallonië en Luxemburg. De aanvoer van banden naar de shredderinstallaties komt zowel uit België als uit het buitenland

Vermalen

Met het ook op materiaalrecyclage kunnen afvalbanden tot granulaat vermalen worden. Dit kan zowel bij omgevingstemperatuur gebeuren als cryogeen. Cryogeen vermalen levert een granulaat met meer regelmatige vorm, wat voor sommige toepassingen gewenst is. Dit proces is, door het gebruik van vloeibare stikstof voor de vereiste koeling, echter 2 maal duurder. (ERM, 2001)

Re-tyre is het enige bedrijf in België dat banden vermaalt, bij omgevingstemperatuur. Het bedrijf heeft een capaciteit van 15.000 ton²³. De aanvoer komt voornamelijk uit het buitenland. Uit gegevens van RECYTYRE blijkt dat 91% van de banden die worden vermalen tot granulaat, vrachtwagenbanden zijn.

2.6.2.2 Materiaalrecyclage

Zowel volledige, als geshredderde banden als rubbergranulaat komen in aanmerking voor materiaalhergebruik.

De toepassing van rubbergranulaten in België is marginaal te noemen. Zowel de Beroepsvereniging gebruikte banden als RECYTYRE wijzen op een nood aan een constante afzetmarkt.

²³ www.avr.nl

2.6.2.3 Thermische valorisatie

Omwille van de aanwezigheid van staalkoofd zijn banden een relatief moeilijk thermisch verwerkbaar product. Afvalverbrandings- en vergassingsprocessen komen niet in aanmerking wegens de hoge restfractie.

De cementovens zijn momenteel de belangrijkste afnemers. Ook pyrolyseprocessen zijn geschikt voor de verwerking van banden, wegens hun goede metaalrecuperatie.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	rubberbanden
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
coverbranding cementoven		
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

Pyrolyse

Pyrolyseprocessen kenmerken zich door de recuperatie van een zuivere metaalfractie. Hierdoor is deze techniek geschikt voor materialen die door hun hoge metaalinhoud in andere thermische processen ongewenst zijn.

Coverbranding cementindustrie

Afvalbanden worden courant gebruikt als co-brandstof in (droge) cementovens. Zowel volledige als geshredderde banden komen hiervoor in aanmerking. De volledige banden hebben als nadelen dat de acceptatieprijs hoger is, moeilijkere dosering en hogere transportkosten. Manipulatie van de geshredderde banden is eenvoudiger, maar de shredderkost vormt een nadeel.

In België zijn twee cementovens actief in de verbranding van afvalbanden²⁴:

- CBR, Lixhe: volledige banden, capaciteit 17.000 ton/jaar, ½ uit België;
- CCB, Gaurain: geshredderde banden, capaciteit 8.000 ton/jaar.

²⁴ Gegevens SCORIBEL

2.6.3 Besluit

Momenteel worden er in Vlaanderen 51,4 kton banden ingezameld in Vlaanderen. Volgens RECYTYRE worden deze op volgende wijze verwerkt: bijna 22% wordt gerecycleerd, 11 kton. Hiervan wordt 6,5% gebruikt als tweedehands band, van 1% wordt het loopvlak vernieuwd. De overige 14% wordt geregranuleerd tot secundaire grondstof.

Het grootste deel van de ingezamelde banden wordt gebruikt voor co-incineratie: bijna 63%, 32 kton. De ene helft wordt gebruikt in de cementovens, de andere wordt vermalen tot brandstof.

De overige 16 %, 8.4 kton, wordt verwerkt op andere wijze dan nuttige toepassing. 3% hiervan wordt tijdelijk opgeslagen, de verwerkingswijze van de overige 13% werd in het verslag van recyctyre niet nader gespecificeerd.

2.7 Shredderafval

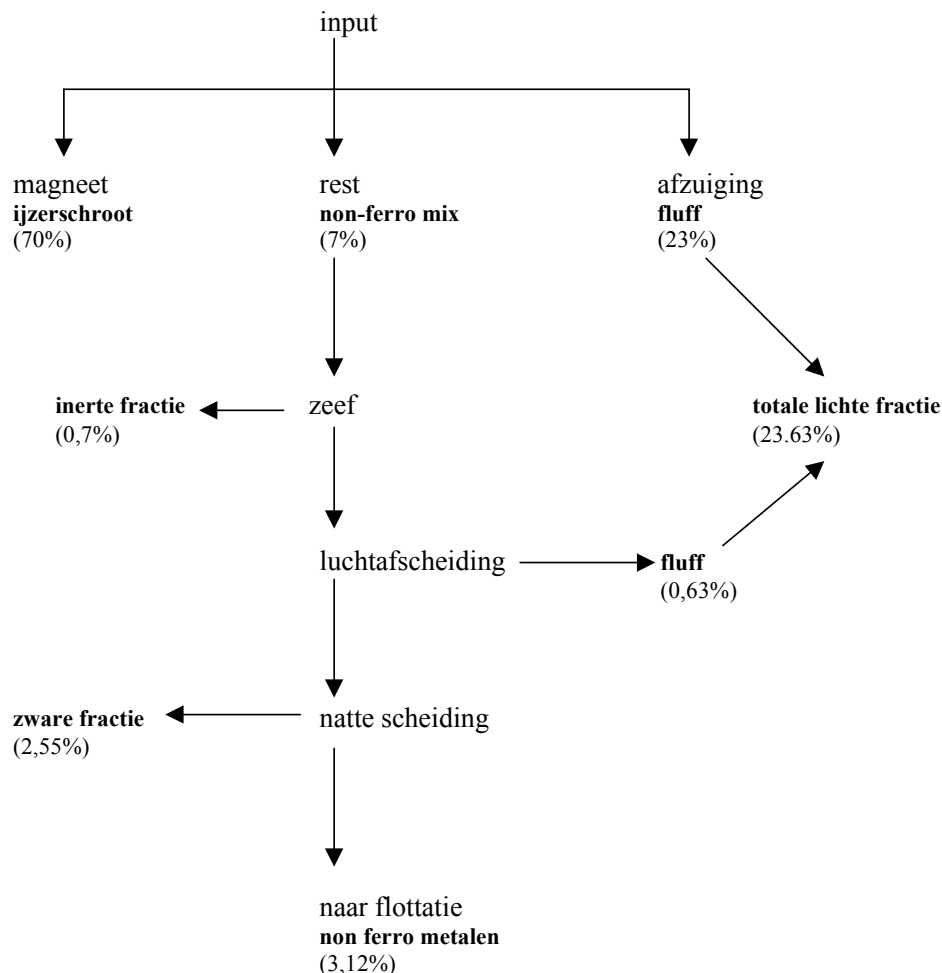
2.7.1 Inleiding

Shredderafval ontstaat gedurende het vermalen van autowrakken, oude huishoudtoestellen en fabrieksschroot in een shredderinstallatie. De installatie heeft als doel de aanwezige metalen maximaal te recupereren.

Het aangeleverde materiaal wordt verkleind tot stukken van een vuist groot door middel van een breekmolen. Door middel van een afzuiginstallatie wordt het shredderstof (fluff) gescheiden van het shredderproduct. Dit shredderproduct bestaat uit 2 verschillende stromen, nl. de ferro fractie en de non-ferro mix. Deze non-ferro-mix bestaat uit non-ferro, rubber, inerte materialen ed. De non-ferro mix wordt opgeschoond tot een vrij zuivere non-ferro-fractie en shredderafval. Dit kan gebeuren door middel van afzeving, luchtafscheiding en flotatie of door gebruik te maken van de Eddy Current techniek. Deze opschoning van de non-ferro mix kan gebeuren bij een flotatiebedrijf of bij de recyclagefirma zelf²⁵.

²⁵ Coberec, mail, 2001

Vereenvoudigd schema van het shredderproces:



Het inputmateriaal bestaat voor 50% uit *voertuigwrakken*. In 1999 bedroeg het aantal autowrakken voor België 300 kton.

De overige 50 % bestaat uit *wit- en bruingoed* en *fabrieksschroot*.

Artikel 3.3.2 van VLAREA zegt dat het verboden is *voertuigwrakken* of resten hiervan te verwijderen zonder dat voorafgaandelijk volgende bewerkingen, gericht op gehele of gedeeltelijke nuttige toepassing van deze voertuigwrakken plaatsvond.

De voertuigwrakken dienen voor verdere verwerking te worden ontdaan van alle vloeistoffen, banden, accu's, airconditioningsystemen, airbags, katalysatoren en andere gevaarlijke onderdelen en materialen.

De materialen en onderdelen van het voertuigwrak worden op selectieve wijze verwijderd en/of verwerkt, zodat shredderafval niet als gevaarlijk afval wordt beschouwd.

Voor voertuigwrakken geldt een aanvaardingsplicht welke de eindverkoper verplicht elk voertuigwrak in ontvangst te nemen dat door de consument wordt aangeboden bij de aankoop van een voertuig van een overeenstemmende soort als het voertuigwrak. De voertuigproducent of invoerder wordt verplicht de voertuigwrakken op eigen kosten te laten verwerken in een daartoe vergunde inrichting (art. 3.3.3 van VLAREA).

Volgens artikel 3.3.5 dient de verwerking op volgende wijze te gebeuren:

De onderdelen van voertuigwrakken dienen als volgt verwerkt: herbruikbare onderdelen worden hergebruikt; niet herbruikbare onderdelen worden teruggewonnen waarbij, voor zover daartegen geen milieubezwaren bestaan en onverminderd de eisen inzake veiligheid, de voorkeur wordt gegeven aan recyclage.

Volgende doelstellingen worden vooropgesteld:

- Op uiterlijk 1 januari 2005 moet minimaal 85% van het gewicht van alle voertuigwrakken of afgedankte voertuigen worden hergebruikt en teruggewonnen, en minimaal 80% van gewicht moet worden hergebruikt en gerecycled.
- Op uiterlijk 1 januari 2015 moet minimaal 95% van het gewicht worden hergebruikt en teruggewonnen, en minimaal 85% van het gewicht moet worden hergebruikt en gerecycled.

Deze doelstellingen komen overeen met de *EU richtlijn 2000/53/EG van 18 september 2000* betreffende autowrakken.

Deze doorgedreven selectieve demontage biedt geen totaaloplossing. Bij ver doorgedreven demontage blijft een belangrijk percentage afval in het wrak achter (12 % van het restwrak) zonder dat alle schadelijke stoffen volledig werden verwijderd. Bovendien is de doorgedreven demontage financieel niet zelfdragend. Voor de toekomst wordt aangenomen dat 30 % van de autowrakken door doorgedreven demontage wordt behandeld. Rekening houdend dat het inputmateriaal van de shredder slechts voor 50 % uit autowrakken bestaat, verdwijnt er dus 90 kton naar deze sloopstraten en wordt er via deze sloopstraten 10,8 kton afval geregenereerd²¹.

Ook voor *wit- en bruingoed* geldt een aanvaardingsplicht. Het is volgens artikel 3.5.3 verboden wit- of bruingoed of resten hiervan te verwijderen zonder dat er voorafgaandelijk enige bewerking gericht op de gehele of gedeeltelijke recyclage plaatsvond.

Het wit- en bruingoed dient, na een scheiding in herbruikbaar en niet-herbruikbaar, als volgt te worden behandeld in een daarvoor vergunde inrichting:

- het niet-herbruikbaar wit- of bruingoed wordt ontdaan van de verschillende schadelijke componenten;
- de materialen en onderdelen van het wit- en bruingoed worden op een selectieve en milieuvriendelijke wijze afgehaald en/of behandeld.

Uit een rapport, geproduceerd voor de EU commissie DG11 (juli 1997) "Recovery of waste of electrical and electronic equipment: economic and environmental impacts", wordt afgeleid dat algemeen mag aangenomen worden dat per huishouden \pm 28 kg wit- en bruingoed per jaar per huishouden vrijkomt. Rekening houdend met 4,2 miljoen huishoudens in België (NIS, 1999) komt er jaarlijks 117,6 kton wit- en bruingoed vrij. Wanneer we er vanuitgaan dat deze hoeveelheid integraal naar de shredders gaat betekent dit dat bijna 20% van het inputmateriaal uit wit- en bruingoed bestaat.

De overige 30% zou dan bestaan uit *fabrieksschroot*.

De samenstellingen van de verschillende inputmaterialen verschillen enigszins (zie tabel 12). Men kan er dus veronderstellen dat de samenstelling van de verschillende outputstromen eveneens verschillend is. Hiermee wordt echter geen rekening gehouden. Het shredderafval dat in de studie wordt opgenomen is dus niet enkel afkomstig van het shredden van voertuigwrakken, maar bestaat uit het restproduct dat ontstaan na het shredden

van een mengsel van 50% voertuigwrakken, 20% bruin- en witgoed en 30% fabrieksschroot.

In de studie wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de samenstelling van shredderafval en ASR (automotive shredder residu) gelijkaardig is.

samenstelling in %	voertuigwrak	wit- en bruingoed
metaal	77	49
staal	68	
Al en legeringen	6	
andere non-ferro	3	
kunststof	12	20,7
glas	3	18,1
rubber	5	0,4
andere (textiel, verf, hout,...)	4	11,8

tabel 12: vergelijking tussen de samenstelling van een voertuigwrak en wit- en bruingoed.

De *lichte fractie* (wordt ook wel fluff genoemd), die vrijkomt bij afzuiging gedurende de eerste vermaling en na luchtafscheiding van de non-ferro mix vormt bijna 24 gew% van de totale input. Deze lichte fractie wordt momenteel integraal gestort op een categorie 1 stortplaats. Aangezien Wallonië niet beschikt over openbare categorie 1 stortplaatsen, komt deze stroom volledig op Vlaamse stortplaatsen terecht. In 1999 werd er in Vlaanderen 148,9 kton shredderafval gestort, 97 kton was afkomstig uit het Vlaamse gewest.

Deze fractie bestaat voor ongeveer 60% uit kunststoffen en voor 40% uit een minerale fractie. Opwerken van deze lichte fractie tot een voor de cementindustrie accepteerbare brandstof is niet mogelijk omwille van het hoge gehalte aan zware metalen. Uit analyses is gebleken dat de Cu, Pb, Zn, As, Cr en Sb gehalten boven de normen liggen, gehanteerd door Eurits en opgenomen in vergunningen voor voorbehandelingsinstallaties voor energiedragers voor co-incineratie in niet-gespecialiseerde inrichtingen. Naast de aanwezigheid van deze zware metalen is ook het Cl gehalte veel te hoog om als energiedrager gebruikt te kunnen worden voor co-incineratie in niet gespecialiseerde inrichtingen.

Een verdere scheiding van deze twee fracties om de kunststofstroom in aanmerking te laten komen voor coverbranding in een niet-gespecialiseerde inrichting heeft vandaag geen zin. De kunststoffractie wordt na afscheiding van de minerale fractie wel rijker aan energie, maar het gehalte aan zware metalen blijft te hoog.

De lichte fractie komt enkel in aanmerking voor verbranding in een gespecialiseerde oven met aangepaste rookgasreiniging.

De *zware fractie*, hoog calorisch materiaal, vormt 2 tot 4 gew% van de totale input. Deze fractie vindt afzet in de cementindustrie. Ze bestaat voornamelijk uit rubber en afval van autobanden. We mogen aannemen dat er in 1999 ongeveer 12.133 ton (tussen 8.089 en 16.178 ton) zware fractie werd verbrand in de cementindustrie.

De verwachting van OVAM is dat de hoeveelheid shredderafval licht zal minderen. Enerzijds doordat de shredderinstallaties meer en meer gebruik maken van doorgedreven scheidingstechnieken, waardoor er meer recuperatie gebeurt van de verschillende fracties (kunststof, ...) vooral bij de ontmanteling van voertuigwrakken. Anderzijds door de in

VLAREA opgelegde doelstellingen voor terugwinning en recyclage, zowel voor voertuigwrakken als wit- en bruingoed.

Er wordt aangenomen dat een gevoelig aandeel van het witgoed selectief zal worden ingezameld, en in specifieke installaties zal worden behandeld. De totale stroom wit- en bruingoed, 50,4 tot 66,5 kton, bevat 30 à 40 kton witgoed. Bij doorgedreven selectie blijkt dat maximaal 50 % van de kunststoffractie in aanmerking komt voor materiaalrecycling of (en vooral) co-incineratie in niet gespecialiseerde inrichtingen. De rest en de andere restfracties zoals hout, rubber, isolatie ea. dienen verbrand te worden in een gespecialiseerd installatie. Het zou gaan over een hoeveelheid van 8,4 à 11,1 kton per jaar.

	Vlaanderen	België
totale stroom	66.466	117.854
witgoed	39.563	70.151
bruingoed	26.903	47.703
geproduceerde restfractie	11.133	19.740

Rekening houdend met bovenstaande redenering blijft er 440 à 480 inputmateriaal voor de shredders over. Deze leveren 104 tot 115 kton lichte fractie en 11 tot 12 kton zware fractie op.

De shredders zijn aldus verzekerd van een zuiverder input en recycleerbare onderdelen worden alsnog uit de verwerking bij shredders gehouden.

De Belgische shredderbedrijven streven ernaar de hoeveelheid te storten residu's te minimaliseren en verder te valoriseren. Het standpunt van de shredderbedrijven in verband met demontage en depollutie is als volgt:

integrale demontage is enkel dan aangewezen wanneer het geheel van de automobieleronderdelen werkelijk recycleerbaar zijn (en er dus economische afzetmarkten voor bestaan). Zoniet is demontage niet enkel overbodig maar ook bijzonder kostelijk. Voor bepaalde onderdelen of materialen is selectieve demontage dus wel aangewezen.

'depollutie' (ontdoen van oliën, koelvloeistoffen en batterij, ...) van autowrakken is noodzakelijk, daar zij de samenstelling van het shredderafval garandeert.

(Coberec, 1998)

2.7.2 Verwerking

Pyrolyse processen en vergassingstechnieken komen in aanmerking voor de verwerking van zowel de zware als de lichte fractie. De zware fractie komt eveneens in aanmerking voor verwerking in de cementindustrie.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	ASR
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

2.7.2.1 Thermische eindverwerking

Pyrolyse

Zie banden.

Coverbranding cementindustrie

De zware fractie, hoogcalorisch materiaal wordt momenteel verbrand in cementovens. Het chloorgehalte van deze fractie is relatief hoog, als gevolg van de aanwezigheid van chloorrijke rubbers. Coverbranding in de cementindustrie is enkel mogelijk mits bijmenging van voldoende hoeveelheden chloorarme stromen.

De lichte fractie is gezien het hoge gehalte aan zware metalen niet geschikt voor verwerking in cementovens

Vastbedvergassing

Ondanks het hoge metaalgehalte blijkt uit voorbeelden in het buitenland dat ASR vergast kan worden.

2.7.3 Besluit

Gedurende de opschoning van geshredderd materiaal worden, naast een ferro fractie en non-ferrofractie, een lichte en zware fractie afgescheiden.

Deze zware fractie, 10 kton, afkomstig van Vlaamse shredders, wordt momenteel volledig afgevoerd naar de Waalse cementindustrie.

De lichte fractie, 149 kton in het totaal, waarvan 97 kton afkomstig van Vlaamse shredders, wordt gestort op categorie I stortplaatsen. De volledige stroom komt op Vlaamse stortplaatsen terecht aangezien Wallonië niet beschikt over een openbare categorie 1

stortplaatsen. Omwille van het hoge gehalte aan zware metalen en het hoge chloorgehalte is het niet geschikt om te gebruiken als energiedrager in een niet gespecialiseerde inrichting.

In de studie worden de hoeveelheden shredderafval gebruikt die worden geproduceerd in het Vlaamse gewest. De totale hoeveelheid bedraagt 107 kton, 10 kton ging naar verbranding, 97 kton werd gestort.

2.8 Frituurvetten en –oliën

2.8.1 Inleiding

Men dient duidelijk een onderscheid te maken in 3 soorten frituurolie afhankelijk van de herkomst:

- Horeca (restaurants, frituren, ...)
- Huishoudens
- Voedingsindustrie (producenten van chips, diepgevroren frieten, ...)

Plant aardige en dierlijke oliën en vetten afkomstig van huishoudens worden beschouwd als KGA (VLAREA, art. 5.5.2). De gemeenten zijn verplicht om, op hun kosten, KGA op regelmatige wijze gescheiden in te zamelen (VLAREA, art. 5.5.2.3). Voor de ophaling hiervan is een expliciete erkenning nodig (VLAREA, art. 5.1.2.1). Deze gebruikte frituurvetten en -oliën mogen niet verwerkt worden in veevoeding (KB 05.06.99).

Frituurolie en -vetten afkomstig van horeca worden selectief ingezameld door ophalers uit de private sector. Ook deze vetten en oliën mogen niet gebruikt worden in veevoeding (KB 05.06.99).

Gebruikte frituurvetten en –oliën afkomstig van de voedingsindustrie mogen verwerkt worden in veevoeding op voorwaarde dat er rechtstreeks transport is naar de veevoederfabrikant.

Hiernaast is VLAREA artikel 5.2.4 eveneens van toepassing op de gebruikte frituurvetten en -oliën van de horeca en de voedingsindustrie: ongesorteerde bedrijfsafvalstoffen of gesorteerde brandbare en/of recupereerbare bedrijfsafvalstoffen mogen niet verwijderd worden door storten op een in het Vlaamse Gewest gelegen stortplaats.

Ten gevolge van de dioxinecrisis (1999) gebeurde er een omwenteling in de markt van gebruikte frituurvetten en –oliën. De crisis heeft er toe geleid dat het verwerken van frituurvetten en –oliën afkomstig van huishoudens en horeca in veevoeding werd verboden.

Volgens FEVIA komt er, in de horeca en bij particulieren samen, 32 à 42 kton gebruikte frituurvetten en -oliën vrij. Ongeveer 65 % hiervan wordt selectief ingezameld.

NAVEFRI schat dat er in België, alleen al bij de frituren, jaarlijks ongeveer 25.000 ton gebruikte frituuroliën vrijkomen.

De totale hoeveelheid gebruikte frituurvetten die vrijkomen in België wordt geschat op minimum 37 tot maximum 52 kton²⁶.

Na omrekening komt men dan op een maximale hoeveelheid gebruikte frituurvetten en –oliën in Vlaanderen van ongeveer 30 kton.

²⁶ schatting OVAM

Sinds de horeca dient te betalen voor de ophaling van gebruikte oliën, zou de hoeveelheid die wordt opgehaald gevoelig zijn gedaald. Bovendien moet er ook rekening gehouden worden met het volgende:

- Heel wat buitenlandse (vnl. Nederlandse) ophalers zijn werkzaam op Belgisch grondgebied, waardoor een deel van de vetten naar het buitenland verdwijnen en hier niet meer verwerkt worden.
- Er bestaat een zwart circuit, dit wil zeggen dat heel wat frituurvetten en –oliën illegaal worden gedumpt.

2.8.2 Verwerking

Op basis van voorlopige resultaten van de studie²⁷ ‘Industriële processen voor verwerking van specifieke afvalstoffen’ en op basis van contacten met de afvalverwerkers, mag men verwachten dat de frituurvetten en -oliën in de toekomst voldoende afzetmogelijkheden zullen vinden op de recyclagemarkt. De hoeveelheid frituurvetten en –oliën dient dus niet in rekening gebracht te worden voor thermische eindverwerking.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	frituurolie
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
coverbranding cementoven		
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

2.8.3 Besluit

Van de 30 kton geproduceerde gebruikte frituurvetten en –oliën kan momenteel 5,8 kton naar recyclage (hergebruik in veevoeding). Van de overige 24 kton wordt ongeveer 9 kton niet selectief ingezameld, en samen verwerkt met het niet selectief ingezameld restafval: naar schatting 5,1 kton wordt verbrand in roosterovens, en 3,9 kton gestort. De overige 15 kton wordt selectief ingezameld. Deze fractie mag momenteel niet meer worden

²⁷ ERM, Industriële processen voor verwerking van specifieke afvalstoffen, 2000

hergebruikt in veevoeding, en wordt afgevoerd voor verwerking. Deze hoeveelheid zou niet beschikbaar zijn voor energetische valorisatie²⁸.

Aangezien de hoeveelheden die beschikbaar zijn voor energetische valorisatie verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de overige hoeveelheid beschikbaar hoogcalorisch afval, wordt deze stroom niet verder opgenomen in de verdere studie.

2.9 Refuse Derived Fuel uit huishoudelijk en vergelijkbaar bedrijfsafval.

2.9.1 Inleiding

Refuse derived fuel is de hoogcalorische restfractie die wordt verkregen door scheiding -al dan niet in een mechanische scheidingsinstallatie- van huishoudelijke en daarmee vergelijkbare bedrijfsafvalstoffen.

De geproduceerde hoeveelheid hangt af van het de verleende vergunningen in een aantal lopende dossiers.

Het RDF bedraagt 40-50% van de ingaande stroom. Uitgaande van een capaciteit van 600.000 ton/j betekent dit een productie van 240.000 – 300.000 ton. In het Ontwerp Uitvoeringsplan Huishoudelijke afvalstoffen²⁹ wordt een inschatting gemaakt van de RDF productie, per besproken scenario. Aangezien het duurzaamheidsscenario als doel wordt gesteld, wordt in deze studie uitgegaan de RDF productie volgens dat scenario, 278 kton, in 2007 en 2015.

Producten afkomstig van de scheidingsinstallaties worden op de markt gebracht, in de vorm van fluff (los) of pellets (geperst).

Afhankelijk van het type voorbehandelingsinstallatie (zoals Scheiden-Vergisten of Biologisch drogen- Scheiden) kan de samenstelling en de calorische waarde van het RDF verschillen.

<u>fractie</u>	<u>aandeel (in %)</u>
kunststof	31
papier/karton	13
hout	12
textiel	14
<u>andere</u>	<u>30</u>
<u>DS-gehalte</u>	<u>66</u>

tabel 13: RDF samenstelling scheiden-vergisten

²⁸ OVAM, mededeling

²⁹ OVAM (2002) *Ontwerp Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007*

fractie	aandeel (in %)
hernieuwbare materialen (papier, textiel, hout, ...)	64
kunststoffen	9
andere (rubber, synthetische materialen, ...)	25
ongewenste materialen (stenen, glas, metalen, ...)	2
DS-gehalte	85

tabel 14: RDF samenstelling biologisch drogen-scheiden

2.9.2 Verwerking

Op basis van de VITO-studie ‘Vergelijking van verwerkingsscenario’s voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval’ kunnen volgende technieken als aangewezen voor RDF verwerking beschouwd worden:

- Wervelbedoven
- CFB-vergassing
- Vastbed vergassing-methanolsynthese.

<i>thermische conversie</i>	<i>energetische conversie</i>	RDF
<i>alleenstaande afval-tot-energie</i>		
roosteroven	stoomketel (LTP)	
wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
kleinschalige stookinstallatie	warmterecuperatie	
kleinschalige stookinstallatie	stoomketel (WKK)	
vastbedvergassing	gasmotor (WKK)	
pyrolyse + wervelbedoven	stoomketel (LTP)	
<i>coverbranding in industriële processen</i>		
	coverbranding cementoven	
<i>integratie in elektriciteitsinfrastructuur</i>		
directe bijstook kolencentrale	stoomketel (HTP)	
wervelbedoven	stoomintegratie kolencentrale (HTP)	
CFB-vergassing	bijstook in ketel STEG	
CFB-vergassing	bijstook in turbine STEG	
<i>productie van basischemicaliën</i>		
vastbedvergassing	methanolsynthese	

2.9.3 Besluit

Uitgaande van een verwerkingscapaciteit van 600 kton voor huishoudelijke afvalstoffen, kan gerekend worden op een productie van RDF tussen 240 en 300 kton. Volgens het duurzaamheidsscenario 278 kton. Deze hoeveelheid wordt gebruikt in de verdere studie voor als te verwerken hoeveelheid RDF afkomstig van huishoudelijk en vergelijkbaar bedrijfsafval, in 2007 en 2015. Deze volledige stroom kan energetisch gevaloriseerd worden.

3 PRODUCTIE EN VERWERKING VAN HCSA

De gegevens van hoofdstuk 2 gaan uit van de aanbodzijde van het afval. Gegevens werden betrokken uit meldingen, sectorstudies,... Studie van de gegevens aan verwerkingszijde leidt tot een overzicht van de eindbestemming van de HCSA-stromen.

In tabel 15 worden de inventarisatiegegevens per stroom samengebracht tot een overzicht van het aanbod en de verwerking van HCSA.

In het totaal werd er 2.366 kton of 48 PJ HCSA geïnventariseerd (gemiddelde calorische waarde: 20 GJ/ton). Het gaat hier om stromen die minstens deels in aanmerking komen voor thermische verwerking en die nog niet behandeld worden in andere uitvoeringsplannen (bv. organisch-biologisch, slib).³⁰ 1.019 kton hiervan gaat momenteel naar recyclage (43%).

230 kton houtafval (20%), afkomstig van de houtsector, wordt binnen deze houtsector thermisch gevaloriseerd, en komt bijgevolg niet vrij op de markt.

De overige 1.555 kton hoog calorisch afval zou in theorie beschikbaar kunnen zijn op de markt voor energetische valorisatie. Ongeveer 40% hiervan (451 kton) wordt momenteel energetisch gevaloriseerd, hoofdzakelijk in de cementindustrie. 41% wordt momenteel gestort (461 kton) en naar schatting 17,5% wordt verbrand in afvalverbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval (196 kton).

In energetische termen bedraagt het totale potentieel voor thermische valorisatie 26,7 PJ. 46% hiervan (12 PJ) wordt momenteel reeds thermisch gevaloriseerd, 36% hiervan (9,5 PJ) wordt momenteel gestort. 17% (4,4 PJ) wordt verbrand, in afvalverbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval.

Houtafval (30%), kunststofafval (24%) en dierlijk afval (19%) samen vertegenwoordigen meer dan 70% van het tonnage dat in theorie beschikbaar zou kunnen zijn op de markt voor energetische valorisatie.

Enkele geïnventariseerde stromen komen niet in aanmerking om te worden gerecycleerd. Het residu en de restfractie van papier zijn fracties die gevormd worden gedurende de recyclage van papier. Shredderafval is een restfractie die ontstaat gedurende de opwerking van afval. Hergebruik van dierlijk afval is momenteel niet mogelijk gezien het verbod op het voederen van dierlijke eiwitten aan landbouwdieren.

De stromen die in aanmerking komen voor recyclage, worden momenteel deels gerecycleerd (houtafval (50%), dierlijk afval (30%), kunststof verpakkingsafval (36%), textiel- en tapijtafval (53%), rubberbanden (21%), gebruikte frituurvetten en -oliën (70%)).

³⁰ Uit meldingsgegevens van de Vlaamse stortplaatsen (categorie 1 en 2) blijkt dat in Vlaanderen jaarlijks 1.461 kton brandbaar afval wordt gestort (cijfers 1999). Dit afval bestaat voor 69,3% uit bedrijfsafvalstoffen. Op categorie 2 stortplaatsen wordt 865 kton brandbaar bedrijfsafval gestort, op categorie 1 stortplaatsen 149 kton. Samen worden dus jaarlijks 1.000 kton brandbare bedrijfsafvalstoffen gestort in het Vlaamse Gewest. Ongeveer 22 % hiervan bestaat uit de geïnventariseerde stromen.

Een deel van de geïnventariseerde stromen worden momenteel gestort (ongeveer 2/3) of verbrand (ongeveer 1/3) als gemengde fracties (huishoudelijk restafval, niet-gevaarlijk industrieel afval, recyclageresidu's). Het gaat vooral om kunststof (250 kton, 6,7 PJ) en hout (164 kton, 2,5 PJ). Hun beschikbaarheid voor recyclage of gerichte thermische valorisatie veronderstelt een voorafgaande afscheiding uit deze gemengde stromen.³¹

In de gemengde bedrijfsafvalfracties bevindt zich bovendien nog een belangrijke fractie papierafval, die buiten deze inventarisatie gebleven is.³²

Een deel van het hout, papier en kunststof dat zich momenteel in de gemengde stromen bevindt, kan in de toekomst als RDF afgescheiden en energetisch gevaloriseerd worden. Op basis van de huidige afvalsamenstelling en de huidige vergunningsaanvragen voor scheidings-vergistingsinstallaties wordt dit geschat op 75 kton (2,5 PJ) kunststof en 30 kton (0,5 PJ) hout. Bij een versterkte selectieve ophaling zullen deze hoeveelheden lager liggen.

³¹ De cijfers voor hout en kunststof in gemengde fracties zijn gebaseerd op de cijfers in OVAM document en op cijfers rond gemiddelde samenstelling huishoudelijk afval en bedrijfsafval. Er werd van uitgegaan dat de gestorte recyclageresidu's gemiddeld dezelfde samenstelling hebben als het gemengd ingezameld bedrijfsafval.

³² Deze zou gedeeltelijk kunnen overlappen met de geïnventariseerde recyclageresidu's.

2001	totaal (in kton)	hergebruik	thermische verwerking binnen de houtsector	energetische valorisatie	verbranding	storten	andere
houtafval	1.130	565	230	172	49	115	
houtsector	550	250	230	70			
eindegebruikers (selectief ingezamelde fractie)	430	315		102	1	13	
huishoudens	120	90		26		4	
industriële sectoren	310	225		76	1	9	
<i>bouw- en sloopsector</i>	100	75		22		3	
<i>algemene industriële sectoren</i>	200	140		54		6	
<i>spoorwegdwarsliggers</i>	10	10			1		
eindegebruikers (niet selectief ingezamelde fractie)	150				48	102	
huishoudens	50				31	19	
industriële sectoren	100				17	83	
<i>bouw- en sloopsector</i>							
<i>algemene industriële sectoren</i>							
<i>spoorwegdwarsliggers</i>							
dierlijk afval	300	90		210			
diermeel	200	20		180			
dierlijk vet	100	70		30			
kunststofafval	504	237		16	91	158	1
verpakkingsafval	153	56		16	40	41	
selectief ingezameld	77	56		16		5	
huishoudelijk	41	29		7		5	
<i>flessen en flacons (PMD-inzameling)</i>	20	20					
<i>PMD-residu (residu + zakken)</i>	12			7		5	
<i>via aparte inzameling</i>	7	7					
<i>andere (containerparken?)</i>	3	3					
industrieel	36	27		9			
niet selectief ingezameld	76				40	36	
huishoudelijk	51				32	19	
<i>overige</i>	51				32	19	
industrieel	25				8	17	
ander dan verpakkingsafval	338	182			50	107	
selectief ingezameld	207	182			18	7	
huishoudelijk	7	7					
<i>via aparte inzameling</i>	7	7					
industrieel	200	175			18	7	
niet selectief ingezameld	131				32	100	
huishoudelijk	26				18	8	
<i>in huishoudelijk afval</i>	26				18	8	
industrieel	105				14	91	
kunststof uit bouw en sloopafval	8					8	
selectief ingezameld							
niet selectief ingezameld	8					8	
land- en tuinbouwfolie	6				1	3	1
selectief ingezameld	1						1
niet selectief ingezameld	4				1	3	
papierresidu en restfractie	65					65	
residu van papierverwerking	50					50	
lichte restfractie	15					15	
textiel- en tapijtafval	178	95		10	51	22	
textielafval	120	58			46	16	
industrieel	80	26			46	8	
huishoudelijk	40	32				8	
tapijtafval	58	37		10	5	6	
rubberbanden	51	11		32			8
shredderafval	107			10		97	
lichte fractie	97					97	
zware fractie	10			10			
frituurvetten en-oliën	30	21			5	4	
huishoudens	9	1			5	3	
horeca	16	14			1	1	
voedingsmiddelenindustrie	6	6					
TOTAAL	2.366	1.019	230	451	196	461	10

tabel 15: overzicht van de totale hoeveelheid HCSA, per stroom, in kton

4 BESLUIT

In het kader van het op te stellen Plan van Aanpak voor hoogcalorisch afval en selectieve stromen voor energetische valorisatie, is er nood aan een gestructureerde inventaris van de productie en verwerking van deze afvalstoffen in Vlaanderen. De gegevens van meldingen, OVAM-studies, sectororganisaties,...werden samengebracht tot een overzicht van de hoeveelheden HCSA. Hierbij werd in de eerste plaats rekening gehouden met die (deel)stromen die buiten de bestaande uitvoeringsplannen vallen: houtafval, specifieke plantaardige afvalstoffen, dierlijk afval, kunststofafval, residu en restfractie van papierverwerking, textiel- en tapijtafval, rubberafval, shredderafval, frituurvetten en -oliën, refuse derived fuel en gemengd ingezamelde stromen.

De genoemde HCSA afvalstromen vertegenwoordigen in totaal een jaarlijks tonnage van 2.4 miljoen ton. Hiervan wordt 43% gerecycleerd. De overige 57 gaat naar eindverwerking.

Op basis van de gegevens van stortplaatsen kan aangenomen worden dat 1 miljoen ton gestort wordt, waarvan 461.000 ton werd geïnventariseerd in deze studie. 877.000 ton wordt thermisch verwerkt. De cementindustrie is verantwoordelijk voor ongeveer 51% van de thermische verwerking, thermische verwerking binnen de houtsector is goed voor 26%.

In het plan van aanpak kan in beginsel ingrijpen op 2 aspecten van deze afvalstroom: een verhoging van het recyclagegehalte en een verschuiving binnen de eindverwerking van storten naar energetische valorisatie.

BIJLAGE C: EMISSIES

INHOUDSTABEL

1	ALGEMEEN	1
1.1	Stof en zware metalen.....	2
1.2	Zuurvormende gassen (NO _x)	2
1.3	Dioxine emissies	3
2	WETGEVING	6
2.1	Emissiegrenswaarden	6
2.2	Mengregel	8
2.2.1	Rookgasvolume (V _{proces} en V _{afval}).....	9
2.2.2	Emissiegrenswaarden (C _{proces} en C _{afval})	10
2.2.3	Vereenvoudiging van de mengregel	11
2.2.4	Berekening emissiegrenswaarden.....	12
3	EMISSIES TENGEVOLGE VAN AFVALVERWERKING	14
4	VERMEDEN EMISSIES	15
5	NIEUWE VLAREM.....	17
5.1.1	Emissiegrenswaarden (C _{afval} en C _{proces})	17
5.1.2	Mengregel	17

1 ALGEMEEN

Specifieke afvalgebonden emissiegegevens zijn in het algemeen niet voorhanden. Bovendien wordt zowel bij elektriciteitscentrales en cementovens bij de coverbranding van afval geen verschil in emissies vastgesteld. Het is ook niet mogelijk om emissies van stof, NO_x, SO_x en dioxinen te berekenen aan de hand van de samenstelling aangezien deze emissies niet louter brandstof gebonden zijn (zie 1.1, 1.2, 1.3), maar ook afhankelijk zijn van de gebruikte technologie (zowel de thermische verwerking als de geïnstalleerde rookgasreiniging). Hierdoor kunnen geen emissies worden toegewezen aan specifieke afvalstoffen.

Ook zijn niet voor alle beschouwde technologieën reële emissies gekend.

Daarom wordt als benadering van de emissies van NO_x, SO_x, dioxines en stof verbonden aan een specifieke afvalstof-technologie-combinatie en worden de daarvoor geldende emissiegrenswaarden gebruikt. De emissiegrenswaarden worden m.b.t. de rookgasvolumes omgezet in emissies per ton verwerkte afvalstof.

Het berekenen van de CO₂ emissies gebeurde op basis van de C-balans gedurende de verbranding. Er werd voor elk proces een volledige omzetting van C in CO₂ veronderstelt.

1.1 Stof en zware metalen

Het gebruik van vaste brandstoffen wordt gekenmerkt door een hoge stofemissie, indien geen adequate ontstopping van de rookgassen voorzien is. Vooral de emissies van fijn stof, roetdeeltjes en aerosolen zijn belangrijk, daar deze mogelijk verantwoordelijk zijn voor een aantal gezondheidsproblemen vanwege het hoge penetratievermogen in de longen.

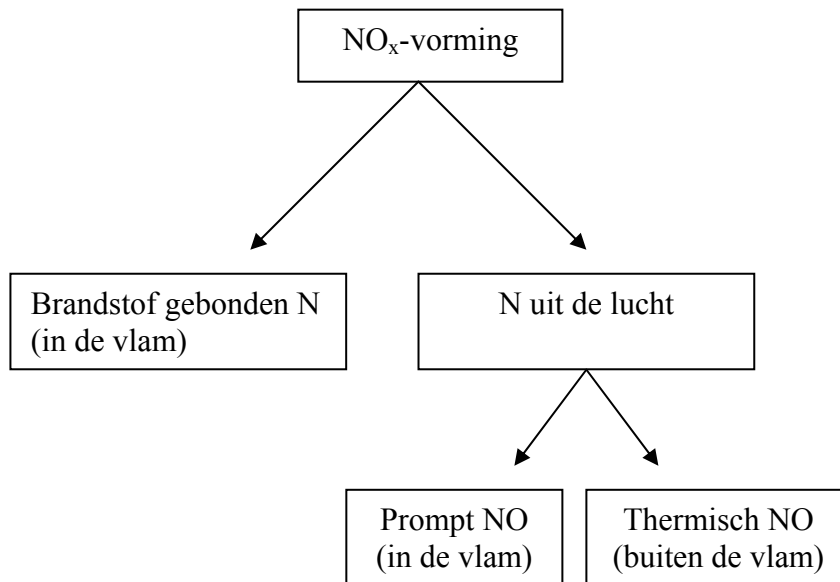
De emissie van zware metalen is rechtsreeks verbonden met de stofemissie, aangezien deze zich grotendeels afzetten op fijn stof. De reductie van de stofemissie tot onder de emissiegrenswaarde heeft tot gevolg dat aan de emissiegrenswaarden voor zware metalen wordt voldaan, tenzij voor specifieke brandstoffen met hoge metaalconcentraties

Om aan de huidige stofemissienorm te kunnen voldoen is een ontstoppingssysteem vereist. Volgende ontstoppingssystemen kunnen worden toegepast:

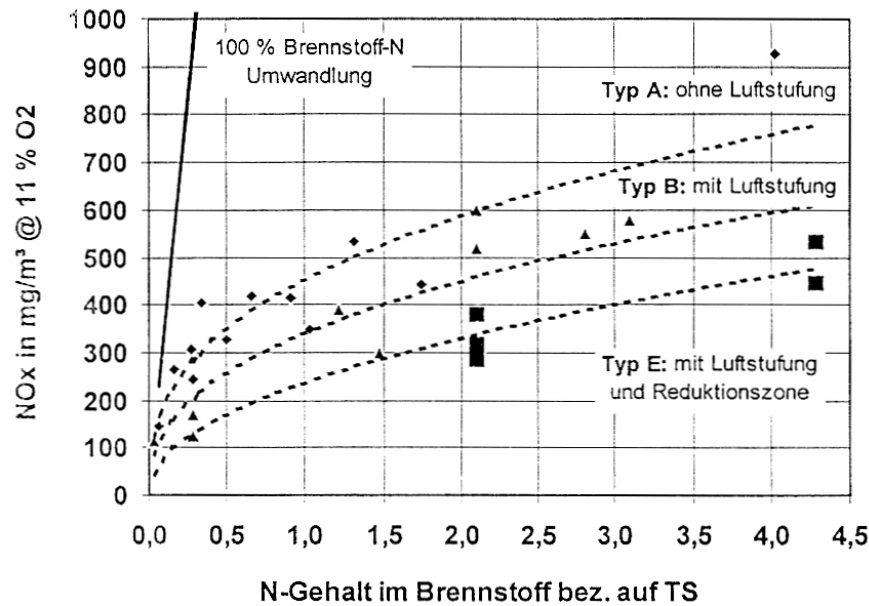
- Centrifugaalafscheiders;
- Elektrofilter (nat – droog – condensatie);
- Doekfilter;
- Hoge temperatuur ontstopping.

1.2 Zuurvormende gassen (NO_x)

Bij verbrandingsprocessen kan NO_x gevormd worden via verschillende mechanismen.



NO_x-vorming bij wordt voornamelijk bepaald door het N-gehalte van de brandstof en verder door de wijze van verbranding, waarbij de verbranding van fijn stof, NO_x-vorming in de hand werkt. Andere mechanismen zoals thermische en prompte NO_x-vorming spelen niet mee. Het belang van het N-gehalte van de brandstof en van de wijze van verbranding wordt geïllustreerd in volgende figuur.



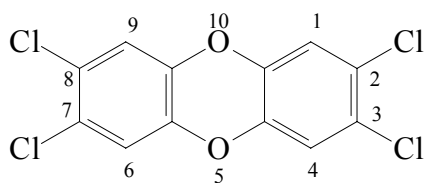
figuur 1: relatie tussen brandstofgebonden stikstof en NO_x emissies

Uit bovenstaande figuur kan worden afgeleid dat voor stijgende percentages stikstof in de brandstof het aandeel dat omgezet wordt naar NO_x daalt.

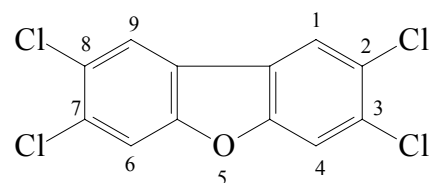
Om de NO_x-emissie te verminderen kan beroep gedaan worden op primaire (verbrandingstechnische) en secundaire maatregelen (end-of-pipe rookgasbehandeling). Hierbij ligt het voor de hand eerst primaire maatregelen zo veel als mogelijk te benutten. Moderne verbrandingstechnieken – getrapte verbranding met behulp van aangepaste verdeling van verbrandingslucht en brandstof – laten toe de NO_x-vorming ver terug te dringen (tot ca. 50% t.o.v. klassieke verbranding). In tweede instantie kan beroep gedaan worden op secundaire technieken voor NO_x reductie, zoals SNCR (selectieve niet-katalytische reductie) of SCR (selectieve katalytische reductie).

1.3 Dioxine emissies

Dioxines zijn een product van onvolledige verbranding. Dioxine is een verzamelnaam voor polychloordibenzo-p-dioxines (PCDD) en polychloor-dibenzofuranen (PCDF). Het betreft een groep van in het totaal 210 tricyclische, planaire, aromatische structuren die schematisch kunnen worden voorgesteld zoals weergegeven in onderstaande figuur. Er kunnen 1 tot 8 chlooratomen voorkomen in de posities 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 en 9.



2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine



2,3,7,8-tetrachloordibenzofuraan

figuur 2: Moleculaire structuren van PCDD's en PCDF's

Van de dioxines zijn er 75 isomeren met verschillende eigenschappen en verschillende toxiciteit bekend. Van dibenzofuranen bestaan er in het totaal 125 verschillende congenere.

Dioxines met 1 tot 3 chlooratomen worden als niet toxisch beschouwd. Om tot de toxische reeks te behoren moeten er minstens chlooratomen voorkomen op de 2, 3, 7 en 8-posities. In het totaal kunnen 17 “toxische” dioxines gevormd worden die ook wel eens de “dirty 17” genoemd worden, hiervan vallen er 7 in de groep van de PCDD's en 10 in de groep van de PCDF's.

Deze 17 congenere zijn niet alleen even giftig. Het meest toxische en ook meest bestudeerde dioxine is ongetwijfeld het 2, 3, 7, 8-tetrachloordibenzo-p-dioxine, waarnaar kortweg gerefereerd wordt als 2, 3, 7, 8-TCDD. Om evenwel een totale giftigheid van een mengsel te kunnen uitdrukken wordt gebruik gemaakt van toxicologische equivalentiefactoren, TEF, die voor elk congener gerelateerd wordt aan het 2,3,7,8-TCDD, dat een factor 1 krijgt. De totale dioxine concentratie wordt dan uitgedrukt in TEQ, toxicologische equivalenten, die bekomen worden door de gemeten concentratie van elk congener te vermenigvuldigen met zijn respectievelijke equivalentiefactor.

Nußbaumer kwam tot de vaststelling dat dioxines eerder afhankelijk zijn van de verbrandingskwaliteit zelf dan van de chemische verontreinigingen van hout. Hij stelt dat de vorming van dioxines en furanen vooral plaats vindt in het temperatuurbereik tussen 250 en 450 °C, en de kritische plaats is de recuperatieketel.

Nußbaumer stelde volgende maatregelen voor, voor het reduceren van de dioxine emissies:

- De uitbrand moet volledig zijn zodat precursoren van dioxines (zoals PCP, pentachlorofenyl, maar ook andere chloorfenolen en chloorbenzenen) vernietigd worden. Daarenboven moeten toevallig gevormde dioxines en roet door een volledige uitbrand vermeden worden. Dit kan door een voldoende verblijftijd bij hoge temperatuur te verzekeren in de naverbrandingskamer;
- Langere verblijftijden van rookgassen en stof in een temperatuurbereik van 250 tot 400 °C moet vermeden worden. Daaruit volgt dat een eventuele stofafscheiding bij temperaturen beneden 200 °C moet gebeuren;
- Een zo volledig mogelijke stofafscheiding verhindert dat dioxines die aan stofdeeltjes gehecht zijn, geëmitteerd worden.

Een aantal wetenschappers hebben verder aangetoond dat Cu een belangrijke rol kan spelen bij de vorming van dioxines als katalysator.

De de-novo-synthese vindt plaats in de warmterecuperatiezone van het verbrandingssysteem en vereist de aanwezigheid van chloor, koolstof, zuurstof en een vast oppervlak, nl. de vliegassen.

Door een hoog gehalte SO₂ in de rookgassen kan de vorming van dioxines verhinderd worden. Bij steenkoolverbranding worden waarschijnlijk hierdoor geen dioxines gevormd. Bij houtverbranding moet het verbrandingsproces zo volledig mogelijk zijn om de hoeveelheid onverbrand materiaal op vliegassen minimaal te houden. Deze vliegase fungeert als katalysator bij de vorming van dioxines op het onverbrande materiaal. De emissie van dioxines wordt eveneens beïnvloed door de hoeveelheid zuurstof in de rookgassen. Mogelijke verklaringen voor dit effect zijn:

- De onvolledige verbranding als gevolg van de lagere verbrandingstemperatuur bij te hoge luchtvermaat;
- De invloed van zuurstof bij de oxidatie van de katalysator.

Het voldoen aan de emissiegrenswaarde van 0,1 ng TEQ/Nm³ kan bij houtverbranding dan ook problematisch zijn ook bij gebruik van alleen onbehandeld hout. Dit wordt geïllustreerd door een groot aantal onderzoeken (o.a. door G. Baumbaach en U. Zuberbühler aan de universiteit van Stuttgart) en vele literatuur gegevens.

Om te voldoen aan de emissiegrenswaarden voor dioxine, kan gebruik gemaakt worden van een actieve koolfilter. Dit is een filter waarin vrijwel alle componenten fysisch worden geabsorbeerd. Het wordt toegepast om naast dioxines, kwik te absorberen. Een actief koolfilter wordt meestal als laatste of één na laatste stap in het reinigingsproces toegepast. Het filter bestaat uit poreuze koolkorrels die middels pyrolyse uit bruinkool of turf worden geproduceerd. Het temperatuurgebied ligt 210°C boven het dauwpunt van in de rookgasaanwezige waterdamp en beneden 250 – 300 °C omdat daarboven omzetting van actieve kool plaats kan vinden naar CO en CO₂. In de praktijk wordt meestal 150°C genomen.

Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen van een actief koolfilter:

- Gepakt bed;
- Vervelbed, waarbij de doorgevoerde rookgassen de werveling bewerkstelligen, gevolgd door afvang met doek- of elektrofilter;
- Injectie van actieve kool, gevolgd door afvang met doek- of elektrofilter.

Actieve koolinjectie wordt op dit moment het meest toegepast.

2 WETGEVING

De emissiegrenswaarden werden bepaald op basis van de geldende wetgeving. In 2001 dienen de installaties te voldoen aan de huidig geldende wetgeving zijnde VLAREM II, voor afvalverbrandingsinstallaties (§ 5.2.3.3), elektriciteitscentrales (§ 5.43.2.1) en decentrale verbrandingsinstallaties voor de verbranding van houtafval (§5.43.3). De cementovens dienen te voldoen aan de geldende Waalse wetgeving. Deze emissiegrenswaarden liggen vast in de vergunningsvoorwaarden voor de verschillende cementovens.

Voor de evolutie van emissiegrenswaarden wordt voor 2007 gekeken naar wat er in de Vlaamse en Europese pipeline zit en wordt ervan uitgegaan dat dit op dat moment in de wetgeving vertaald is.

Dit wil zeggen dat:

- Voor de verbranding van afval richtlijn 2000/76/EG wordt toegepast om de emissiegrenswaarden te bepalen. De cementovens vallen eveneens onder deze richtlijn. Voor deze installaties gelden evenwel specifieke voorwaarden.
- Voor het meeverbranden van afval en behandeld houtafval in grootschalige stookinstallaties (elektriciteitscentrales) wordt richtlijn 2001/10/EG betreffende grote verbrandingsinstallaties in rekening gebracht. Er wordt vanuit gegaan dat de installaties tegen 2007 voldoen aan de geldende wetgeving voor nieuwe installaties.
- Voor het verwerken van houtafval in decentrale verwerkingsinstallaties (< 50 MW) bestaat er een leemte in de Europese wetgeving. De Vlaamse wetgever heeft deze ondertussen vervuld. Momenteel worden in de studie echter de emissiegrenswaarden gebruikt die zijn opgenomen in het huidige Vlaams reglement betreffende de milieuvergunningen

Voor 2015 wordt een verdere vermindering t.o.v. 2007 verondersteld van 20% voor alle emissiegrenswaarden.

Indien in de wetgeving geen norm werd opgenomen voor dioxinen, wordt verondersteld dat alle installaties dienen te voldoen aan 0,1 ng TEQ/Nm³, bij een zuurstofoverschot van 11%.

Zoals hoger vermeld werd verondersteld dat alle C wordt omgezet in CO₂ en werd in de studie geen rekening gehouden met de emissiegrenswaarde voor CO.

2.1 Emissiegrenswaarden

Voor de *grootschalige afvalverbrandingsinstallaties* werd voor NO_x de emissiegrenswaarde gehanteerd die momenteel in de wetgeving staat, nl. 400 mg/Nm³. Aan de wervelbedinstallatie van Indaver werd echter een strengere norm opgelegd voor NO_x, namelijk 125 mg/Nm³. In de studie wordt er vanuit gegaan dat alle afvalverwerkingsinstallaties dienen te voldoen aan deze strengere norm.

De installaties die werden opgenomen verwerken minder dan 30 ton afval per uur. Volgende normen werden gehanteerd:

		11% O2 overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	RL 2000/76/EG	RL 2000/76/EG -20%
stof	mg/Nm ³	30	10	8
SOx	mg/Nm ³	300	50	40
NOx	mg/Nm ³	125	125	100
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,08

Tabel 1: emissiegrenswaarden grootschalig afvalverbrandingsinstallaties

Voor de *decentrale houtafvalverbrandingsinstallaties* waarin *onbehandeld houtafval* wordt verwerkt, werden onderstaande normen gehanteerd. De installaties die werden opgenomen hebben een capaciteit tussen 5 en 30 MW.

		11% O2 overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	VLAREM II	VLAREM II -20%
stof	mg/Nm ³	100	100	80
SOx	mg/Nm ³			
NOx	mg/Nm ³	500	500	400
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,2	0,2	0,04

Tabel 2: emissiegrenswaarden decentrale houtafvalverbrandingsinstallaties, voor onbehandeld houtafval

Wanneer in een *decentrale houtafvalverbrandingsinstallatie* niet *verontreinigd houtafval* wordt verwerkt dient deze installatie te voldoen aan de normering die geldt voor afvalverwerkingsinstallaties. Aangezien in de installaties opgenomen in de studie meer dan 1 ton niet verontreinigd houtafval per uur wordt verwerkt, dienen deze installaties te voldoen aan onderstaande normen:

		11% O2 overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	RL 2000/76/EG	RL 2000/76/EG -20%
stof	mg/Nm ³	30	10	8
SOx	mg/Nm ³	300	50	40
NOx	mg/Nm ³	125	125	100
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,08

Tabel 3: emissiegrenswaarden decentrale houtafvalverbrandingsinstallaties, voor niet verontreinigd houtafval

Voor de *cementovens* gelden volgende emissiegrenswaarden

		10% O ₂ overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		Range van limietwaarden, vastgelegd in exploitatievergunning	RL 2000/76/EG	RL 2000/76/EG -20%
stof	mg/Nm ³	50 - 100	30	24
SO _x	mg/Nm ³	400 - 1200	50	40
NO _x	mg/Nm ³	1500 - 1800	800	640
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,08

Tabel 4: emissiegrenswaarden cementovens

Indien in *stookinstallaties* afvalstoffen worden bijgestookt dient voor dit type installaties de mengregel te worden gehanteerd (zie § Mengregel).

2.2 Mengregel

Wanneer een installatie *niet* in hoofdzaak wordt gebruikt om afvalstoffen te verbranden, dienen de emissiegrenswaarden te worden berekend volgens volgende formule:

$$\frac{V_{afvalstof} \times C_{afvalstof} + V_{proces} \times C_{proces}}{V_{afvalstof} + V_{proces}} = C$$

Waarin :

$V_{afvalstoffen}$: Volume rookgas ten gevolge van de afvalstoffen (bepaald op basis van de afvalstof met de laagste calorische waarde) en herleid naar volgende omstandigheden : temperatuur 273 °K, druk 101,3 kPa, 11% O₂.

Indien de warmte die vrijkomt bij de verbranding van afvalstoffen minder dan 10% bedraagt van de totale in de inrichting vrijkomende warmte, moet het volume worden berekend op basis van een (theoretische) hoeveelheid afvalstoffen die bij verbranding, bij een vastgestelde totale vrijkomende warmte, 10% van de vrijkomende warmte zou opleveren.

$C_{afvalstoffen}$: Emissiegrenswaarden geldend voor inrichtingen waarin uitsluitend afvalstoffen worden verbrand.

V_{proces} : Volume rookgas dat volgt uit de werkwijze van de inrichting, met inbegrip van de verbranding van de toegestane normaal in de verbrandingsinrichting gebruikte brandstoffen (geen afvalstoffen), bepaald op basis van het zuurstofgehalte waartoe de emissies volgens de geldende regelgeving moeten worden herleid.

C_{proces} : Emissiegrenswaarden die gelden voor inrichtingen voor de verbranding van de normaal toegestane brandstoffen.

C : Voor de betreffende inrichtingen geldende totale emissiegrenswaarde.

2.2.1 Rookgasvolume (V_{proces} en V_{afval})

De rookgasvolumes per kg brandstof werden berekend met behulp van de formules van Rosin & Fehling. De berekening van het stoechiometrisch luchtvolume per kg brandstof, het stoechiometrisch rookgasvolume per kg brandstof en het rookgasvolume per kilogram brandstof bij een bepaald zuurstofgehalte vergt de kennis van de elementaire analyse van de brandstof. Een goede benadering is echter mogelijk wanneer men de Lower Heating Value van de brandstof kent. Uitvoerige opzoekingen, verricht door P. Rosin en R. Fehling, hebben aangetoond dat er een eenvoudig verband bestaat tussen de Lower Heating Value van een brandstof en het stoechiometrisch luchtvolume per kg brandstof. Een analoog verband bleek te bestaan tussen de Lower Heating Value en het stoechiometrisch rookgasvolume per kg brandstof.

De luchtfactor (λ):

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_2}$$

Stoechiometrisch luchtvolume per kg :

$$L_{v,t} = \frac{0,94}{1000} \times LHV + 0,50$$

Stoechiometrisch rookgasvolume per kg:

$$R_{v,t} = \frac{0,83}{1000} \times LHV + 1,65$$

Rookgasvolume per kg:

$$R_v = (\lambda - 1) \times L_{v,t} + R_{v,t}$$

De Lower Heating Value (LHV) dient te worden uitgedrukt in kcal/kg.

Aan de hand van bovenstaande formules werd het rookgasvolume berekend voor hout, bij 11 en 6 % zuurstofoverschot. Bij een zuurstofoverschot van 11%, bedraagt het rookgasvolume 9,1 m³/kg, indien het hout een calorische waarde van 15,4 GJ/ton heeft. Dit wil zeggen dat het rookgasvolume per MJ 0,59 m³ bedraagt. Indien bovenstaande formule wordt toegepast voor de berekening van het rookgasvolume met een zuurstofoverschot van 6%, bedraagt het rookgasvolume 6,3 m³/kg, of 0,41 m³/MJ.

Om de variatie van dit rookgasvolume te berekenen, werden 2 fictieve calorische waarden voor hout in de formule ingevuld, nl. 10 GJ/ton en 20 GJ/ton. Bij 10 GJ/ton blijkt dat bij een zuurstofoverschot van 11% 0,67 m³/MJ rookgassen worden gevormd, en bij 6% overschot 0,47 m³/MJ. Wanneer 20 GJ/ton wordt genomen, worden bij 11% zuurstofoverschot 0,56 m³/MJ rookgassen gevormd en bij 6%, 0,38 m³/MJ.

Bij de verbranding van steenkool (25 GJ/ton) komen er bij een zuurstofoverschot van 6% ongeveer 9,8 m³/kg rookgassen vrij. Per MJ, is dit ongeveer 0,4 m³.

Voor de verbranding van hoogcalorisch afval (16 GJ/ton) worden er bij een zuurstofoverschot van 11% ongeveer 10 m³/kg rookgassen geproduceerd¹. Ongeveer 0,6 m³/MJ. Omgerekend naar een zuurstofoverschot van 6%, worden er ongeveer 0,4m³/MJ rookgassen geproduceerd.

Uit het voorgaande kan worden besloten, dat ter vereenvoudiging van de berekeningen, volgende vuistregel kan worden toegepast, wat betreft de hoeveelheid rookgassen die worden gevormd :

Bij 6% zuurstofoverschot	0,4 m ³ /MJ
Bij 11% zuurstofoverschot	0,6 m ³ /MJ

Om verschillende technieken beter te kunnen vergelijken werd er voor geopteerd om het rookgasvolume en de emissiegrenswaarden uit te drukken per calorische eenheid.

2.2.2 Emissiegrenswaarden (C_{proces} en C_{afval})

▪ C_{proces}

Als C_{proces} in de mengregel werden voor steenkoolcentrales volgende emissiegrenswaarden gehanteerd:

		6% O ₂ overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	RL 2001/80/EG	RL 2001/80/EG -20%
stof	mg/Nm ³	50	30	24
SO _x	mg/Nm ³	250	200	160
NO _x	mg/Nm ³	650	200	160
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,15	0,15	0,12

Tabel 5: emissiegrenswaarden steenkoolcentrales (C_{proces}) in mengregel

Voor STEG's werden onderstaande emissiegrenswaarden gebruikt.

		15% O ₂ overschot	
		2007	2015
emissiegrenswaarden		RL 2001/80/EG	RL 2001/80/EG -20%
stof	mg/Nm ³	5	4
SO _x	mg/Nm ³	35	28
NO _x	mg/Nm ³	200	160
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,06	0,048

Tabel 6: emissiegrenswaarden STEG's (C_{proces}) in mengregel

¹ Vrancken et al. Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval.

▪ C_{afval}

Voor C_{afval} werden in de mengregel de emissiegrenswaarden gehanteerd zoals opgenomen in onderstaande tabel:

		11% O ₂ overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	RL 2000/76/EG	RL 2000/76/EG -20%
stof	mg/Nm ³	30	10	8
SO _x	mg/Nm ³	300	50	40
NO _x	mg/Nm ³	400	200	160
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,08

Tabel 7: emissiegrenswaarden afvalverbranding (C_{afval}) in mengregel

2.2.3 Vereenvoudiging van de mengregel

Ter informatie worden de emissiegrenswaarden, berekend met de mengregel, voor de elektriciteitscentrales weergegeven in onderstaande tabellen. De mengregel werd vereenvoudigd, aangezien ook hier werd uitgegaan van de bovenstaande bevindingen, nl. dat bij een zuurstofoverschot van 6% er ongeveer 0,4 m³ rookgassen per GJ worden geproduceerd.

De emissiegrenswaarden voor afvalverbranding worden in in VLAREM uitgedrukt bij een zuurstofoverschot van 11%. Deze waarden dienen te worden omgerekend naar een zuurstofoverschot van 6% om te kunnen gebruiken in de mengregel.

Bij bijstook, waarbij 10% van de warmte vrijkomt van het verbranden van afval, ziet de formule er als volgt uit:

$$\frac{V_a C_a + V_p C_p}{V_a + V_p} = C$$

waarbij

$$V_a = M_a [\text{GJ}] \times v_a [\text{m}^3/\text{GJ}]$$

$$V_p = M_p [\text{GJ}] \times v_p [\text{m}^3/\text{GJ}]$$

Bij 10% bijstook

$$M_a = 0,1$$

$$v_a = 0,4$$

$$M_p = 0,9$$

$$v_p = 0,4$$

$$\frac{M_a v_a C_a + M_p v_p C_p}{M_a v_a + M_p v_p} = C$$

na vereenvoudiging

$$M_a C_a + M_p C_p = C$$

wat overeen komt met

$$0,1 \cdot C_a + 0,9 \cdot C_p = C$$

De emissiegrenswaarden voor elektriciteitscentrales waar afval wordt bijgestookt zijn onafhankelijk van de afvalstroom en bijgevolg voor alle afvalstoffen gelijk.

2.2.4 Berekening emissiegrenswaarden

Om de emissiegrenswaarden te berekenen die gehanteerd dienen te worden wanneer grootschalige stookinstallaties afval bijstoken, dient zoals hoger vermeld de mengregel te worden toegepast. Om deze regel te kunnen toepassen moeten de emissiegrenswaarden die gehanteerd worden voor de verbranding van afval worden omgerekend van een zuurstofoverschot van 11% naar een zuurstofoverschot van 6%. Deze berekende emissiegrenswaarden kunnen dan ingevuld worden in de mengregel. In onderstaande tabel worden de verschillende waarden berekend. C is de emissiegrenswaarde waaraan de *steenkoolcentrale* dient te voldoen indien tot 10% afval wordt bijgestookt.

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2001		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	30	300	400	0,1
Ca	6% O2	45	450	600	0,15
Cp	6% O2	50	250	650	0,15
C	6% O2	49,5	270	645	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2007		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	10	50	200	0,1
Ca	6% O2	15	75	300	0,15
Cp	6% O2	30	200	200	0,15
C	6% O2	28,5	187,5	210	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2015		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	8	40	160	0,08
Ca	6% O2	12	60	240	0,12
Cp	6% O2	24	160	160	0,12
C	6% O2	22,8	150	168	0,12

Tabel 8: emissiegrenswaarden voor een steenkoolcentrale waar 10% afval wordt bijgestookt

C is de emissiegrenswaarde waaraan een *STEG-centrale* dient te voldoen indien tot 10% afval wordt bijgestookt. Aangezien dit type installatie slechts in rekening wordt gebracht vanaf 2007, worden de emissiegrenswaarden slechts vanaf 2007 vermeld.

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2007		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	10	50	200	0,1
Ca	15% O2	6	30	120	0,06
Cp	15% O2	5	35	200	0,06
C	15% O2	5,1	34,5	192	0,06

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2015		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	8	40	160	0,08
Ca	15% O2	4,8	24	96	0,05
Cp	15% O2	4	28	160	0,05
C	15% O2	4,08	27,6	153,6	0,05

Tabel 9: emissiegrenswaarden STEG waar 10 % afval wordt bijgestookt

3 EMISSIES TENGEVOLGE VAN AFVALVERWERKING

Voor de afvalverbrandingsinstallatie worden de emissiegrenswaarden voor verontreinigende stoffen in de lucht steeds bij een zuurstofoverschot van 11% uitgedrukt. Zoals hoger vermeld wordt er bij verbrandingsinstallaties met een zuurstofoverschot van 11% steeds gerekend met een rookgasvolume van 0,6 m³/GJ input.

De (maximaal toegelaten) emissies ten gevolge van afvalverbranding worden dus als volgt berekend:

$$EGW_{a(11\%)} \times 0,6m^3 / GJ = \dots mg / GJ$$

Voor de allocatie van (maximaal toegelaten) emissies ten gevolge van afvalverbranding in elektriciteitscentrales kunnen bij 10% bijstook dezelfde emissiegrenswaarden worden toegepast op het afvalgedeelte. Zo worden de wijzigingen in emissies die optreden als gevolg van het bijstoken van afval ook correct toegewezen aan de bijgestookte hoeveelheid. De mengregel gaat immers uit van een herberekening van de emissies proportioneel t.o.v. de thermische input.

Als emissies per GJ afvalinput, worden volgende waarden gehanteerd:

		2001	2007	2015
				RL 2000/76/EG
emissie / GJ input		VLAREM II	RL 2000/76/EG	-20%
stof	g/GJ	18	6	4,8
SOx	g/GJ	180	30	24
NOx	g/GJ	75	75	60
dioxines	ng TEQ/GJ	60	60	48

Tabel 10: emissies ten gevolge van afvalverwerking per GJ input

Bij minder dan 10% bijstook (bv. 5%) moet echter de mengregel bij 10% bijstook worden toegepast. Dat wil zeggen dat bij bijstook de emissies meer dan proportioneel veranderen t.o.v. de bijgestookte hoeveelheid. Om de wijzigingen in maximaal toegelaten emissies toch correct toe te wijzen aan de bijgestookte hoeveelheid afval, wordt in de bovenstaande formule in de plaats van $EGW_{a(11\%)}$ de volgende waarde gebruikt:

$$C_{ax} = \frac{M_{a10}}{M_{ax}} C_{a10} + \frac{M_{p10} - M_{px}}{M_{ax}} C_{p10}$$

waarbij:

X_{a10} , X_{p10} = waarden bij 10% bijstook

X_{ax} , X_{px} = waarden bij x% bijstook (x < 10)

4 VERMEDEEN EMISSIES

Emissies die worden vermeden door de verwerking van afval werden eveneens in rekening gebracht. Deze werden opnieuw berekend op basis van de emissiegrenswaarden.

Vermeden emissies van een *steenkoolcentrale* werden berekend op basis van onderstaande grenswaarden:

		6% O2 overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	RL 2001/80/EG	RL 2001/80/EG -20%
stof	mg/Nm ³	50	30	24
SOx	mg/Nm ³	250	200	160
NOx	mg/Nm ³	650	200	160
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,15	0,15	0,12

Tabel 11: vermeden emissies in steenkoolcentrale

Om het rookgasvolume te berekenen werd uitgegaan van de vaste rookgasvolumes zoals hoger vermeld, nl. 0,4m³/MJ input rookgasen indien er een zuurstofoverschot van 6% is.

Vermeden emissies van *STEG-centrales* werden aan de hand van volgende grenswaarden berekend. Aangezien dit type installatie slechts vanaf 2007 in rekening wordt gebracht, worden de emissiegrenswaarden pas vanaf 2007 vermeld.

		15% O2 overschot	
		2007	2015
emissiegrenswaarden		RL 2001/80/EG	RL 2001/80/EG -20%
stof	mg/Nm ³	5	4
SOx	mg/Nm ³	35	28
NOx	mg/Nm ³	200	160
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,06	0,048

Tabel 12: vermeden emissies in STEG

Voor STEG's dient een zuurstofoverschot van 15% in rekening gebracht te worden. Er werd voor deze installaties gerekend met een rookgasvolume van 0,84 m³/MJ input.

Vermeden emissies van een *decentrale stookinstallatie* werden berekend volgens emissiegrenswaarden die gelden voor gasturbines. Ook hier dient te worden gerekend met een zuurstofoverschot van 15%, en werd dus eveneens gerekend met een rookgasvolume van 0,84 m³/MJ input.

		15% O2 overschot		
		2001	2007	2015
emissiegrenswaarden		VLAREM II	VLAREM II	VLAREM II -20%
stof	mg/Nm ³	5	5	4
SOx	mg/Nm ³	35	35	28
NOx	mg/Nm ³	150	150	120
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,06	0,06	0,048

Tabel 13: vermeden emissies in decentrale installatie

Voor cementovens wordt er van uitgegaan dat bijstook van afvalstoffen tot de normale, huidige praktijk behoort. De emissiegrenswaarde voor het coverbranden van de in deze studie beschouwde afvalstoffen verschilt bijgevolg niet van die voor het conventionele proces. In beide gevallen worden de emissiegrenswaarden bepaald a.h.v. de bijzondere voorschriften in de afvalverbrandingsrichtlijn 2000/76/EG voor grote cementovens waarin afval wordt meeverbrand. Het praktische gevolg is dat de vermeden emissies altijd even groot zijn als de directe emissies.

5 NIEUWE VLAREM

Tegen eind 2002 zou het voorstel tot wijziging van VLAREM in verband met het verbranden en meeverbranden van biomassa geïmplementeerd worden. Deze wijzigingen hebben een vrij grote invloed op de emissiegrenswaarden van elektriciteitscentrales waar biomassa-afval wordt bijgestookt. Ook de emissiegrenswaarden voor decentrale installaties waar houtafval wordt verwerkt, veranderen. De wijzigingen ten opzichte van de huidige gebruikte gegevens worden hier onder weergegeven.

5.1.1 Emissiegrenswaarden (C_{afval} en C_{proces})

▪ C_{afval}

Wanneer *biomassa-afval* wordt bijgestookt in grootschalige stookinstallaties dienen volgende waarden te worden gehanteerd:

		11% O ₂ overschot		
		2001	2007	2015
		VLAREM II	AANPASSING VLAREM II	AANPASSING VLAREM II -20%
emissiegrenswaarden		VLAREM II	AANPASSING VLAREM II	AANPASSING VLAREM II -20%
stof	mg/Nm ³	30	10	8
SO _x	mg/Nm ³	300	50	40
NO _x	mg/Nm ³	400	130	104
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,1	0,1	0,08

Tabel 14: emissiegrenswaarden voor biomassa (C_{afval}) in mengregel

▪ C_{proces}

Wanneer biomassa-afval wordt bijgestookt in een grootschalige stookinstallatie, welke vaste brandstoffen gebruikt, dienen voor C_{proces} andere waarden dan hoger vermeld (**Tabel 5**) te worden gebruikt. Deze worden in onderstaande tabel weergegeven.

		6% O ₂ overschot		
		2001	2007	2015
		VLAREM II	AANPASSING VLAREM II	AANPASSING VLAREM II -20%
emissiegrenswaarden		VLAREM II	AANPASSING VLAREM II	AANPASSING VLAREM II -20%
stof	mg/Nm ³	50	30	24
SO _x	mg/Nm ³	250	200	160
NO _x	mg/Nm ³	650	150	120
dioxines	ng TEQ/Nm ³	0,15	0,15	0,12

Tabel 15: emissiegrenswaarden voor steenkoolcentrale (C_{proces}) in mengregel

5.1.2 Mengregel

Deze gewijzigde regels hebben tot gevolg dat de emissiegrenswaarden berekend met de mengregel, voor de bijstook (van biomassa) eveneens wijzigen. In onderstaande tabellen

worden deze gewijzigde waarden voor de bijstook van respectievelijk afval en biomassa weergegeven, in een *steenkoolcentrale*.

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2001		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	30	300	400	0,1
Ca	6% O2	45	450	600	0,15
Cp	6% O2	50	250	650	0,15
C	6% O2	49,5	270	645	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2007		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	10	50	200	0,1
Ca	6% O2	15	75	300	0,15
Cp	6% O2	30	200	150	0,15
C	6% O2	28,5	187,5	165	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2015		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	8	40	160	0,08
Ca	6% O2	12	60	240	0,12
Cp	6% O2	24	160	120	0,12
C	6% O2	22,8	150	132	0,12

Tabel 16: emissiegrenswaarden steenkoolcentrale waar 10% afval wordt bijgestookt

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2001		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	30	300	400	0,1
Ca	6% O2	45	450	600	0,15
Cp	6% O2	50	250	650	0,15
C	6% O2	49,5	270	645	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2007		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	10	50	130	0,1
Ca	6% O2	15	75	195	0,15
Cp	6% O2	30	200	150	0,15
C	6% O2	28,5	187,5	154,5	0,15

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2015		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	8	40	104	0,08
Ca	6% O2	12	60	156	0,12
Cp	6% O2	24	160	120	0,12
C	6% O2	22,8	150	123,6	0,12

Tabel 17: emissiegrenswaarden steenkoolcentrale waar 10% biomassa wordt bijgestookt

De gewijzigde waarden indien biomassa wordt bijgestookt in een STEG zijn opgelijst in volgende tabel.

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2007		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	10	50	130	0,1
Ca	15% O2	6	30	78	0,06
Cp	15% O2	5	35	200	0,06
C	15% O2	5,1	34,5	187,8	0,06

emissiegrenswaarden		stof	SOx	NOx	dioxines
2015		mg/Nm ³	mg//Nm ³	mg/Nm ³	ng TEQ/Nm ³
Ca	11% O2	8	40	104	0,08
Ca	15% O2	4,8	24	62,4	0,05
Cp	15% O2	4	28	160	0,05
C	15% O2	4,08	27,6	150,24	0,05

Tabel 18: emissiegrenswaarden voor STEG waar 10% biomassa wordt bijgestookt

De emissiegrenswaarden voor een STEG waarin afval wordt bijgestookt veranderen niet ten gevolge van de nieuwe VLAREM. Deze blijven gelijk aan de eerder berekende emissies in **Tabel 9**.