

afvalstoffen
afvalstoffen

*Perspectieven voor het gebruik
van brandbare afvalstoffen
in de Belgische en Franse
cementindustrie*

*Perspectieven voor het gebruik
van brandbare afvalstoffen
in de Belgische en Franse
cementindustrie*

507 ou. 06

Perspectieven voor het gebruik van brandbare afvalstoffen in de Belgische en Franse cementindustrie

B. Vanderborght, G.P.J. Dijkema

Technische Bestuurskunde
Jaffalaan 5
2628 BX Delft
tel. 015 - 278 27 27
fax: 015 - 278 34 29
e-mail: B.Vanderborght@sepa.tudelft.nl

Interduct
Rotterdamseweg 145
2628 AL Delft
tel.: 015-278 72 33
fax: 015-278 66 82
mail@Interduct.TUDelft.NL

Samenvatting

In deze studie zijn de technische mogelijkheden en de perspectieven voor de verbranding van afvalstoffen in de Belgische en Franse cementindustrie gekwantificeerd, waarbij het accent lag op niet-gevaarlijke afvalstoffen.

De verbranding van afvalstoffen heeft *ecologische kwaliteiten en beperkingen*. De emissies van HCl, HF, metalen en dioxines naar de atmosfeer door de cementklinkerovens zijn vergelijkbaar met of lager dan de emissies door de AVI's. De concentraties totaal stof en organische verbindingen in de rookgassen zijn vergelijkbaar met of hoger dan bij AVI's, maar de aard van de verbindingen is minder schadelijk. De emissies van NO_x, CO en SO₂ door de cementklinkerovens zijn veel hoger dan vanuit de AVI's. Bij de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie vindt geen lozing van procesafvalwater plaats.

Een groot gedeelte van de asrest van de afvalverbranding wordt nuttig toegepast in de cementklinker. De meeste metalen worden effectief geïmmobiliseerd in de cementklinker. Bij de verbranding van afvalstoffen in cementklinkerovens rest er nagenoeg geen vaste afvalstof. Enkele vluchtige metalen echter (kwik, thallium, cadmium) worden niet effectief gebonden. De concentratie van deze metalen in de afvalstoffen moet beperkt worden. Op voorwaarde van oordeelkundige toepassing en procesbeheersing kunnen diverse afvalstoffen als brandstof en grondstof aangewend worden zonder negatieve invloed op de kwaliteit van de rookgassen en de cementklinker.

Wat betreft *energiegebruik* is de produktie van cement inherent een energie-intensief proces. Het energie-conversie-rendement is normaal 40 tot 50 % en dit kan bereikt worden zowel met hoog-calorische als met laag-calorische brandstoffen en afvalstoffen. Dit rendement steekt gunstig af ten opzichte van het energie-conversie-rendement van AVI's, welke normaal 20 tot 30 % bedraagt. Het verbranden van afvalstoffen in de cementindustrie resulteert in een equivalente besparing van primaire brandstoffen, behalve indien de afvalstof veel water bevat.

Kwalitatief gezien heeft de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie onmiskenbare ecologische voordelen. Nader te bepalen is de netto uitstoot van stikstofoxiden, koolmonoxide en zwaveldioxide per ton ingezet afval. De cementindustrie verdient echter hoogstwaarschijnlijk een plaats in een ecologisch, energetisch en economisch verantwoorde afvalstoffenverwerking. Benutting in de cementindustrie en verbranding in gespecialiseerde AVI's met energierterugwinning kunnen uitgroeien tot opties die elkaar aanvullen. De praktijk in Nederland en België is nu echter grotendeels verbranding in AVI's. Verdergaande kwantitatieve, vergelijkende studies en ecobalansen zouden kunnen aangeven waar benutting in de cementindustrie de voorkeur geniet boven verwerking in AVI's.

De *Franse cementindustrie* heeft een capaciteit van ongeveer 600 kton/jaar gevaarlijk afvalstoffen, waarvan echter tot nog toe slechts ongeveer 250 kton/jaar ingevuld worden. Inzet van niet-gevaarlijke en buitenlandse afvalstoffen zal slechts langzaam tot ontwikkeling komen.

De *Belgische cementindustrie* profileert zich actief in de ontwikkeling van de nuttige toepassing van brandbare en onbrandbare afvalstoffen. In België hebben drie cementondernemingen in totaal 8 cementklinkerovens in operatie, met een totale thermische capaciteit van 25 PJ/jaar of 600 kton olie equivalent.

Vijf ovens hebben een vergunning voor het verbranden van afvalstoffen. Voor twee ovens staat de onderneming aan het begin van de ontwikkeling voor de inzet van brandbare afvalstoffen. Het huidige gebruik van afvalstoffen in de Belgische cementindustrie is ongeveer 270 kton/jaar gevaarlijk afval en slechts 50 kton/jaar niet-gevaarlijk bedrijfsafval, waarvan 20 kton/jaar autobanden.

Extrapolatie van de huidige ontwikkelingen, bedrijfsdoelstellingen en het beleid resulteert tegen het jaar 2000 in een capaciteit (kton/jaar) van:

-	Gevaarlijk afval	400
-	Niet-gevaarlijk afval	300 - 500
	waarvan:	
	Refuse Derived Fuel	50 - 100
	Hout, papier,	
	karton, textiel	60 - 80
	Autobanden	20 - 40
	Autoshredderafval	50 - 100
	Kunststofafval	60 - 80
	Waterzuiveringsslib	50 - 100

De Waalse overheid reserveert een prominente plaats voor de benutting van deze capaciteit in haar afvalstoffenbeleid. De Europese Unie en de Europese chemische industrie erkennen de kwaliteiten en beperkingen van het verbranden en nuttig toepassen van afvalstoffen in de cementindustrie.

Dankzij de intrinsieke waarde van de energie en de asrest van de afvalstoffen kan de toepassing van afval in de cementindustrie gebeuren tegen een lagere prijs dan de verbranding in een AVI. Het kostenvoordeel wordt geschat op 40 tot 80 gulden per ton afval (orde-grootte), maar is uiteraard afhankelijk van de eigenschappen van de afvalstof en de markt.

De beschikbare capaciteit voor gevaarlijk afval (0,4 Mton/jaar) is hoog ten opzichte van de capaciteit van desbetreffende installaties in Nederland en België (0,2 Mton/jaar). Voor niet-gevaarlijk afval is de capaciteit relatief laag (0,3 - 0,5 Mton/jaar) ten opzichte van de capaciteit van AVI's in Nederland (3,5 Mton/jaar).

De verdere ontwikkeling het toepassen van afvalstoffen in de cementindustrie kan met een aantal instrumenten in goede banen worden geleid. De meeste publikaties gaan uit van de betrokken industrie zelf en hebben verder een beperkte publieke toegankelijkheid (Pietersen, 1994). Een open communicatie naar het publiek en objectieve, wetenschappelijke vergelijkingen tussen de cementindustrie en de AVI's met betrekking tot de emissies, de reststoffen in de cement en de energetische benutting is noodzakelijk om een maatschappelijk draagvlak te ontwikkelen.

Er dienen praktische en controleerbare criteria uitgewerkt te worden voor de calorische waarde, de asrest, de verontreiniging, het watergehalte, de voorbehandeling van de afvalstoffen in functie van de erkenning 'nuttige toepassing' in de cementindustrie. Deze criteria moeten op Europees niveau verdedigd en geharmoniseerd kunnen worden. Zij hebben een directe invloed op grensoverschrijdende transacties en op het heffingenbeleid.

Ten aanzien van een doeltreffende handhaving dienen effectieve vergunnings- en toezichtsprocedures uitgewerkt te worden. In het belang van alle partijen, met name de overheid, de bestaande afvalverbranders, de cementindustrie en de afvalinzamelingsbedrijven is het essentieel om criteria uit te werken die rekening houden met de belangen en kwaliteiten van alle partijen.

Inhoud

1 Inleiding	9
2 Technologie, energie en ecologie	11
2.1 Definities en afbakening	11
2.1.1 Definities	11
2.1.2 Afbakening	12
2.2 Cement	12
2.3 Procesbeschrijvingen	15
2.3.1 Produktieproces: algemeen	15
2.3.2 Lange draaitrommeloven (droog en nat proces)	17
2.3.3 Droge proces	18
2.3.4 Semi-droog of semi-nat proces	19
2.3.5 Rookgaszuivering	20
2.3.6 Rookgas by-pass	20
2.4 Energiebalansen	20
2.5 Milieuparameters	21
2.5.1 Rookgasemissies	22
2.5.2 Vaste residu's	25
2.5.3 Fugatieve emissies	26
2.5.4 Energie en CO ₂	26
2.5.5 Milieuparameters: samenvatting	28
2.6 Potentieel voor sommige afvalstoffensoorten	29
2.6.1 Refuse Derived Fuel	29
2.6.2 Papier en Karton	30
2.6.3 Hout	30
2.6.4 Autobanden	30
2.6.5 Kunststofafval	30
2.6.6 Waterzuiveringsslib	31
3 Capaciteit voor afvalstoffenverbranding	33
3.1 De cementindustrie	33
3.2 Ondernemingen en installaties in België	34
3.2.1 Ciments d'Obourg	35
3.2.2 CBR	37
3.2.3 CCB	39
3.2.4 Afvalvoorbehandelingsbedrijven	42
3.3 Potentiële capaciteit voor afvalstofbenutting in België	43
3.3.1 Theoretische capaciteit	43
3.3.2 Theoretische maximale capaciteit	44
3.3.3 Capaciteit op basis van ondernemingsbeleid en technische mogelijkheden	46
3.3.4 Schatting van de realiseerbare capaciteit	50
3.4 Overzicht ondernemingen en capaciteit in Frankrijk	51
3.4.1 Cementbedrijven	51
3.4.2 Afvalvoorbehandelingsbedrijven	52
3.4.3 Indicatie van de potentiële capaciteit	53

4 Overheidsbeleid	55
4.1 België	55
4.1.1 Vlaanderen	55
4.1.2 Wallonië	56
4.2 Frankrijk	58
5 Financieel-economische aspecten	59
6 Verdere ontwikkelingen	61
6.1 Ecologie en energie	61
6.2 Marktaanbod	62
6.3 Beleidsontwikkeling	62
Referenties	63
Lijst van afkortingen	65

1 Inleiding

Aanleiding

Zowel het Nederlandse als het Europese afvalstoffenbeleid stellen, na de prioriteit van afvalpreventie en -hergebruik, het nuttig toepassen van zowel energie en materiaal uit afval prioritair op het finaal verwijderen van afvalstoffen via verbranden of storten.

De cementindustrie recycleert reeds lang materiaal uit onbrandbare, minerale reststoffen zoals vliegashoudend materiaal van steenkool-elektriciteitscentrales, gieterijzand en andere.

Sinds een tiental jaren richt de cementindustrie zich tevens op het nuttig toepassen van energie en materiaal uit brandbare afvalstoffen. In het begin betrof het hoofdzakelijk midden- tot hoog-calorische industriële afvalstoffen, sinds kort ontwikkelt zich ook de technologie voor de verbranding van niet-gevaarlijke bedrijfsafvalstoffen en Refuse Derived Fuel (RDF).

Daarnaast is in de afgelopen jaren in Nederland een ambitieus programma voor de eindverwijdering van afval opgezet en uitgevoerd, waarbij verschillende moderne AVI's zijn gerealiseerd. Bij de vaststelling van het nieuwe tien jaren programma (AOO, 1995) was het echter onduidelijk welke rol de Nederlandse én Belgische cementindustrie kunnen spelen bij de eindverwijdering van Nederlands afval.

Doelstelling en hoofdafbakening

In opdracht van het Afval Overleg Orgaan (AOO) is daarom door de Technische Universiteit Delft, Faculteit der Technische Bestuurskunde en Interduct deze terreinverkennde studie uitgevoerd.

Doel van de studie was de ecologische, energetische en economische perspectieven van de toepassing van brandbare afvalstoffen in de Belgische en Franse cementindustrie in kaart te brengen. Een kwantitatieve afweging ten opzichte van de gespecialiseerde afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) valt buiten het bestek van deze terreinverkennde studie. Tenslotte beperkt de studie zich tot niet-gevaarlijke afvalstoffen, overeenkomstig het beleidsterrein van het AOO.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de produktie van cement(klinker), en de voor de studie naar inzet van brandbare afvalstoffen relevante procesparameters die kwalitatief worden verklaard. Het hoofdstuk besluit met een overzicht van de technische mogelijkheden voor de inzet van enkele afvalstoffen.

Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de actuele capaciteit van de Belgische en de Franse cementindustrie voor het gebruik brandbare afvalstoffen alsmede een inschatting van de potentiële capaciteit tegen het jaar 2000.

Hoofdstuk 4 geeft een korte beschrijving van het beleid van de Vlaamse, Waalse en Franse overheden ten aanzien van het gebruik van brandbare afvalstoffen in de

cementindustrie, waaruit tevens een inschatting van de capaciteit voor de import van buitenlandse afvalstoffen volgt.

In hoofdstuk 5 worden de financiële aspecten aangestipt. Hoofdstuk 6 tenslotte gaat in op onderzoek en ontwikkeling relevant voor uitbreiding van de toepassing van brandbare afvalstoffen in de cementindustrie.

Bronnen

De bedrijfsinformatie opgenomen in hoofdstuk 3 is grotendeels samengesteld op grond van interviews en bedrijfsbezoeken aan onder meer:

- Febelcem, de Federatie van de Belgische cementindustrie
- de cementondernemingen Ciments d'Obourg, CBR en CCB in België
- de afvalstoffenonderneming Scori in Frankrijk

De geïnterviewde personen (in totaal 14) blijven volgens afspraak anoniem.

Achtergrondinformatie over de produktie van cement, inzet van afvalstoffen en de vorming van emissies is enerzijds gebaseerd op openbare bronnen, bijvoorbeeld (Anonymus, 1988), (Duda, 1985), (Frohnsdorff, 1984), (Peray, 1986), (Smits, 1996) en (Taylor, 1990), anderzijds op de bedrijfservaring van de auteurs.

2 Technologie, energie en ecologie

In dit hoofdstuk wordt de technologie van de cement(klinker) productie beschreven. Na een nadere definiëring en afbakening van een aantal begrippen (§ 2.1) wordt in § 2.2 de samenstelling van cement toegelicht. In § 2.3 worden de processen en de installaties voor de productie van cement beschreven, en de plaats van de klinkerproductie binnen de cementindustrie. Parameters die relevant zijn in het kader van de toepassing van brandbare afvalstoffen worden aangegeven. In § 2.3 en § 2.4 worden de relevante energie- en milieuparameters kwalitatief verklaard alsmede de eventuele invloed van het gebruik van afvalstoffen. Op basis van deze kennis worden vervolgens in § 2.5 de technische mogelijkheden voor het gebruik van enkele specifieke niet-gevaarlijke afvalstofsoorten samengevat.

2.1 Definities en afbakening

2.1.1 Definities

Afvalstoffen

Bij de productie van cement kunnen diverse secundaire grondstoffen, reststoffen en afvalstoffen gebruikt worden. Alhoewel het onderscheid tussen deze termen juridisch, bestuurlijk en financieel belangrijk is, zal hier in deze terreinverkennde studie niet verder op ingegaan worden, en zal gemakshalve de term "afvalstoffen" als verzamelnaam gebruikt worden. In de verdere ontwikkeling van het beleid verdient een goede, eenduidige definitie van deze termen zeker aandacht.

Cement, klinker, mortel en beton

Cement is een anorganisch bindmiddel. Gemengd met zand en water vormt het mortel voor metselwerk. Gemengd met zand, granulaten en water vormt het beton. Cement wordt gevormd door een homogeen mengsel van de volgende fijn gemalen basismaterialen: klinker en gips samen met hoogovenslak (hoogoven-cement) respectievelijk vliegas (vliegas-cement).

In de zogenaamde cementovens wordt in feite klinker, en geen cement gemaakt. Klinkeroven zou dus een benaming zijn die beter is, maar die is niet gebruikelijk. In de cementmengers wordt cement gemaakt door een koude, droge maling en menging van de klinker met de toeslagstoffen. In betonmolens tenslotte wordt beton geproduceerd door menging van hoofdzakelijk cement, granulaten, zand en water.

Ook de termen verbranding, verbranding, benutting en nuttige toepassing hebben elk hun specifieke bestuurlijke betekenis. Deze woorden worden in het verslag gebruikt volgens de taalkundige betekenis die het best past in de betreffende context en boodschap, zonder er evenwel direct de bestuurlijke consequenties aan te verbinden.

2.1.2 Afbakening

Zowel bij de bereiding van klinker, van cement als van beton kunnen secundaire grondstoffen, reststoffen en afvalstoffen gebruikt worden.

Minerale en brandbare afvalstoffen

In de cementmengers en betonmolens kunnen uiteraard enkel minerale afvalstoffen gebruikt worden, zoals vliegashoogovenslak, non-ferroslakken, gips, betongranulaten.

In de klinkerovens kunnen zowel onbrandbare anorganische afvalstoffen als brandbare organische afvalstoffen en mengsels van beide gebruikt worden.

Nuttige minerale afvalstoffen zijn onder meer vliegashoogovenslak, diatomeeënaarde (kiezelgoer) dat ondermeer gebruikt wordt voor zuiveringsdoeleinden, slib van drinkwaterzuivering en gieterijzand.

De benutting van minerale afvalstoffen als substitutie van natuurlijke grondstoffen is een goed geaccepteerde praktijk en wordt geregeld via de exploitatievergunning en niet via een specifieke afvalstoffenvergunning. De transacties en nieuwe ontwikkelingen worden beheerd via het normale marktsysteem van vraag en aanbod.

De benutting van brandbare afvalstoffen daarentegen is echter nog beperkt. Waarschijnlijk zullen studies en ontwikkelingen op het gebied van technologie, bedrijfsmanagement en beleid in de (nabije) toekomst leiden tot goede ecologische en energetische mogelijkheden voor benutting van brandbare afvalstoffen in cementovens.

Deze terreinverkenkende studie concentreert zich daarom enkel op brandbare afvalstoffen, meer bepaald op een kwalitatieve beschrijving van de technische, ecologische en energetische aspecten alsook op de potentiële capaciteit van de cementindustrie in België.

2.2 Cement

Cement is opgebouwd uit klinker samen met, al naar gelang de cementsoort, verschillende toeslagstoffen zoals hoogovenslak, vliegashoogovenslak en gips.

Basisbestanddelen klinker

Cementklinker bestaat uit een aantal basisbestanddelen, die verkregen kunnen worden uit verschillende natuurlijke grondstoffen. Een overzicht is opgenomen in tabel 2.1, waarin tevens het symbool voor de verkorte (commercieel gebruikelijke) naamgeving is opgenomen.

Tabel 2.1: Basisbestanddelen van cement

Naam	Chemische formule	Symbool	Natuurlijke grondstof
Kalk	CaO	C	Kalksteen
Siliciumoxide	SiO ₂	S	Klei-kalksteen, steenkool
Aluminiumoxide	Al ₂ O ₃	A	Klei, leisteen, steenkool;
IJzeroxide	Fe ₂ O ₃	F	Aanwezig in bovenstaande mineralen
Magnesiumoxide	MgO	-	

Bij de sintering bij hoge temperatuur in de oven worden deze basisprodukten mineralogisch omgevormd tot mengmineralen met hydraulisch karakter. Dat wil zeggen: door bijmenging met water zullen een aantal chemische reacties optreden zodat de cement gaat uitharden. De eigenlijke fabricage van cement is de vervolgstap, waar na maling een nauwkeurige dosering van verschillende toeslagstoffen in wel bepaalde verhoudingen plaatsvindt, teneinde de gewenste bindende, mechanische en chemische eigenschappen van de cement te verkrijgen.

De concentratie van de hoofdbestanddelen is doorgaans begrepen tussen de in tabel 2.2 aangegeven grenzen.

Tabel 2.2: Concentratiegrenzen van de mengmineralen van cement

Mineraal	Symbool	Concentratiegrenzen [gew.%]
Tricalciumsilicaat	C3S	50-70
Dicalciumsilicaat	C2S	15-30
Tricalciumaluminaat	C3A	0-10
Tetracalciumaluminoferraat	C4AF	5-15
Sulfaat gehalte	SO ₃	< 4,5

Afvalstoffen die basisbestanddelen van cement bevatten, kunnen nuttig toegepast worden voor de vervanging van natuurlijke grondstoffen bij de cementproductie. De belangrijkste indicatie hiervoor is de samenstelling van de asrest. Bij de aanvaarding van afvalstoffen bij de cementproductie is een nauwkeurige analyse van deze componenten noodzakelijk teneinde de finale samenstelling van de klinker en cement goed te kunnen sturen. Voorbeelden van afvalstoffen met een significante hoeveelheid asrest met nuttige componenten zijn:

- waterzuiveringsslib (bevat o.a. kalk, zand, Fe, Al, Mg);
- bleekarde (silicaten);
- autobanden (ijzer);
- vervuilde grond (silicaten);
- RDF (Ca, Si, Al).

Nevenbestanddelen en sporenelementen

- Organische stoffen

Cement is een mineraal produkt. De aanwezigheid van organische stoffen is ongewenst. Voor cement geldt een grenswaarde van maximaal 5% gloeiverlies, dat wil zeggen massaverlies bij gloeien. Dit massaverlies wordt grotendeels veroorzaakt door ontwatering van enkele minerale verbindingen, en slechts in zeer beperkte mate door verbranding van sporenhoeveelheden organische stoffen uit de toeslagstoffen die in de koude maling/menging werden gebruikt.

- Chloor en chloride

Chloride is een ongewenst element in cement omdat het corrosie veroorzaakt, vooral van het betonijzer. De norm ligt op maximaal 0,1 gew.% of 1000 mg/kg. chloride.

De chloorconcentratie is daarom een zeer belangrijke parameter die bewaakt moet worden bij de aanvaarding van afvalstoffen in de cementindustrie, temeer omdat chloride ook een probleem kan gaan opleveren bij het bedrijven van het cementproductieproces (§ 2.3.6).

- Metalen

De natuurlijke grondstoffen voor de cementproductie bevatten sporenhoeveelheden zware metalen. De samenstelling is erg afhankelijk van de plaats van grondstofdelving. Cement zal dus uiteraard ook wisselende hoeveelheden zware metalen bevatten.

Er zijn geen officiële criteria met betrekking tot de samenstelling van metalen in cement. In de toekomst zal cement in Nederland moeten voldoen aan de voorwaarden voor uitloging van metalen zoals bepaald in het Bouwstoffen Besluit. Metalen in cementmatrix zijn doorgaans zeer weinig oplosbaar.

De grootte-orde van de concentraties metalen in cement is samengevat in tabel 2.3

Tabel 2.3: Concentraties van metalen in cement

grootteorde concentratie [mg/kg]	Metalen
< 1	Kwik, Thallium, Telluur
1-5	Beryllium, Cadmium, Seleen
5-50	Arseen, Cobalt, Nikkel, Lood, Antimoon, Tin
50-500	Chroom, Koper, Vanadium, Zink
> 500	Natrium, Kalium, Aluminium

2.3 Procesbeschrijvingen

In deze paragraaf worden de processen voor de produktie van cement beschreven met aandacht voor de parameters die relevant zijn voor de benutting van afvalstoffen.

2.3.1 Produktieproces: algemeen

De produktie van cement verloopt volgens de volgende stappen:

1. Bereiding van een grondstofmengsel;
2. Thermische bereiding van klinker in de cementoven;
3. Afkoelen van de klinker;
4. Malen en menging met toevoegstoffen tot de gewenste cementkwaliteit.

Gezien de doelstelling concentreert de studie zich op de tweede stap, het thermische proces voor de bereiding van cementklinker.

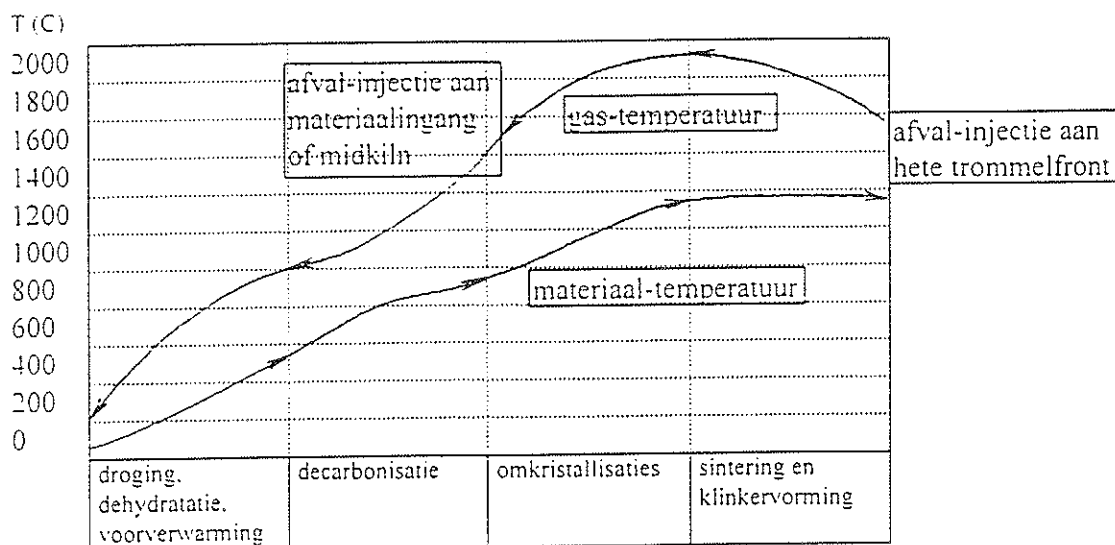
De mineralogische omvorming van de grondstoffen tot klinker gebeurt in de oven in de volgende temperatuurfasen:

- tot 550 °C: voorverwarming, droging en dehydratatie;
- 550 tot 900 °C: decarbonisatie van CaCO_3 tot CaO en CO_2 ;
- 900 tot 1300 °C: eerste omkristallisatiereacties of calcinatiereacties;
- 1300 tot 1450 °C: sintering en vorming van klinker.

Om deze materiaaltemperaturen te kunnen bereiken moet de temperatuur van de rookgassen die het materiaal opwarmen 200 tot 600 °C hoger zijn dan de aangegeven temperaturen. Omwille van de energie-efficiëntie is het nuttig om energie toe te voegen aan het proces op die plaatsen waar de meest endotherme (warmtevragende) reacties plaatsvinden. De sintering is een sterk endotherme reactie en vereist een vlamtemperatuur van 1800 °C. Ook de decarbonisatiereactie is sterk endotherm en vereist een rookgastemperatuur van meer dan 1000 °C. Klassiek werd daarom de brandstof ter hoogte van de sinteringzone toegevoegd. Door brandstof toe te voeren op twee plaatsen, ter hoogte van de sintering en van

de decarbonisatie, verbetert het energetisch rendement van het gehele proces en vermindert tevens de vorming van thermische stikstofoxiden (NO_x).

Figuur 2.1. geeft het temperatuurverloop van de materie en van de rookgassen afhankelijk van de procesfase. Het materiaal wordt opgewarmd naarmate het van links naar rechts in de curve het proces doorloopt, terwijl de rookgassen van rechts naar links afkoelen naarmate de energie overgedragen wordt naar het materiaal.



Figuur 2.1. Temperatuurverloop in een cementoven

Al naar gelang het watergehalte van het grondstofmengsel wordt onderscheid gemaakt tussen:

- het natte proces;
- het semi-nat of semi-droog proces;
- het droge proces.

Het droge proces is qua energiegebruik het zuinigst. Daarom werken de meeste installaties volgens het droge proces. Het natte proces wordt enkel nog toegepast wanneer grondstof van goede kwaliteit uit een waterrijke delving gewonnen wordt. Het semi-droge of semi-natte proces biedt, ten opzichte van het droge proces, voordelen bij het malen en homogeniseren van de grondstoffen.

De sintering en calcinatiereacties gebeuren bij de drie processen in een draaitrommeloven, (figuur 2.2).

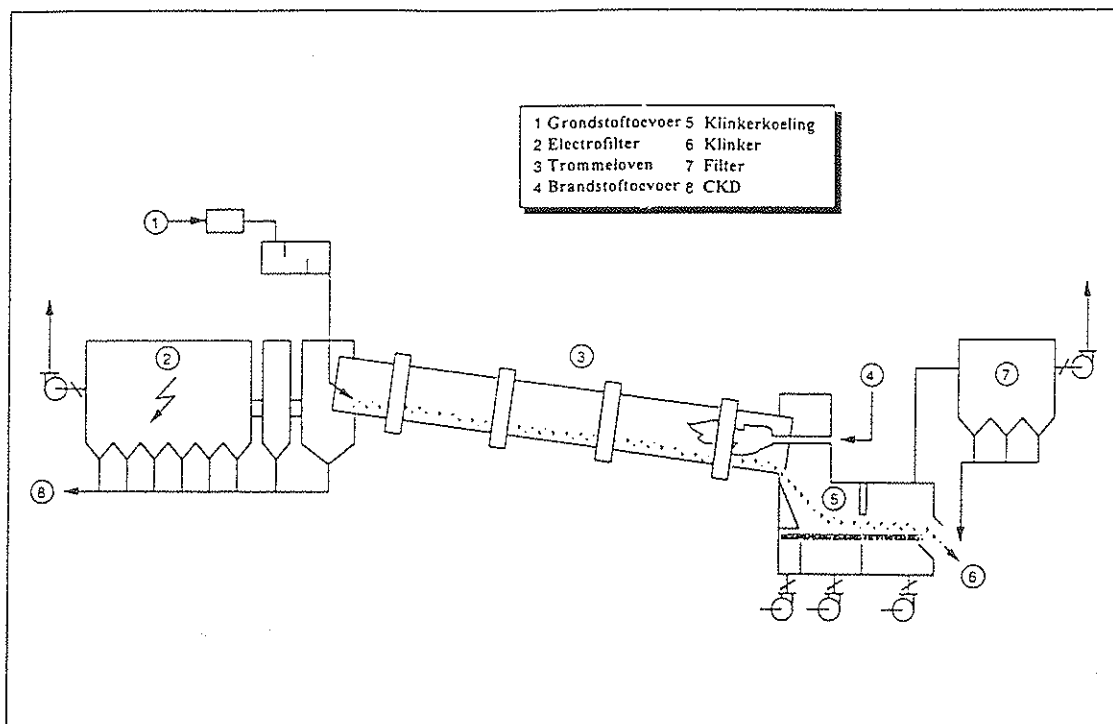
De draaitrommeloven is een licht hellende buis, met een diameter van 5 tot 8 meter. De grondstoffen worden langs het bovenende ingevoerd en bewegen door de rotatie van de buis (ongeveer 1 rpm) langzaam naar het andere einde. De hoofdbrander bevindt zich langs dit lage einde. De vlam en de hete rookgassen bewegen zich in tegenstroom met het materiaal.

De hete klinker verlaat de oven aan het einde, net onder de hoofdbrander, en wordt in de koeler afgekoeld van ongeveer 1450 °C tot ongeveer 150 °C.

De apparatuur voor de lagere temperatuurfasen, voorverwarming, droging en decarbonisatie, is afhankelijk van het type installatie en het gebruikte proces.

2.3.2 Lange draaitrommeloven (droog en nat proces)

Bij de lange draaitrommeloven (figuur 2.2) gebeuren alle fasen, van voorverwarming tot sintering, in één enkele oven. Dit type installatie kan gebruikt worden voor de drie gangbare typen processen (droog, semi-droog en nat).



Figuur 2.2: Cement(klinker)oven, principe schema nat proces

Omgekeerd kan het natte proces enkel in dit type installaties toegepast worden. De koude grondstoffen worden langs het bovineinde in de oven gebracht en doorlopen de verschillende temperatuur zones, terwijl ze geleidelijk aan naar het

andere einde bewegen. De ovens zijn ongeveer 70 m tot ruim 200 m lang (droog resp. nat proces).

Hoofdbranders

Klassiek is er slechts één vuurhaard, met name aan het lager gelegen, hete uiteinde. Verschillende branders voor vaste, visceuze, vloeibare en gasvormige brandstoffen kunnen worden toegepast. De vaste brandstof moet worden bewerkt tot deeltjes met een diameter van enkel millimeters om te kunnen worden verstoven in de brander. Verstuiving is nodig voor een volledige uitbrand van de asrest waarmee een goede klinkerkwaliteit wordt gewaarborgd. De capaciteit van de hoofdbrander moet voldoende zijn voor de energiebehoefte van het volledige proces, en in het bijzonder om aan de plaats van sintering en tevens aan de plaats van de decarbonisatie voldoende temperatuur en energieoverdracht te realiseren.

Vaste brandstof bij grondstoftoevoer

Om extra energieoverdracht aan de decarbonisatie te realiseren kan vaste brandstof worden toegevoegd aan de grondstof, die dan zal verbranden in de lagere temperatuurzône. Deze praktijk geeft echter een sterk verhoogde concentratie van organische produkten in de rookgassen, veroorzaakt door onvolledige verbranding. De onvolledige verbranding is een gevolg van verdamping van de organische stoffen in de lage temperatuurzône, beneden de ontstekings temperatuur, en oxydatie bij lage temperatuur en lage zuurstofconcentratie.

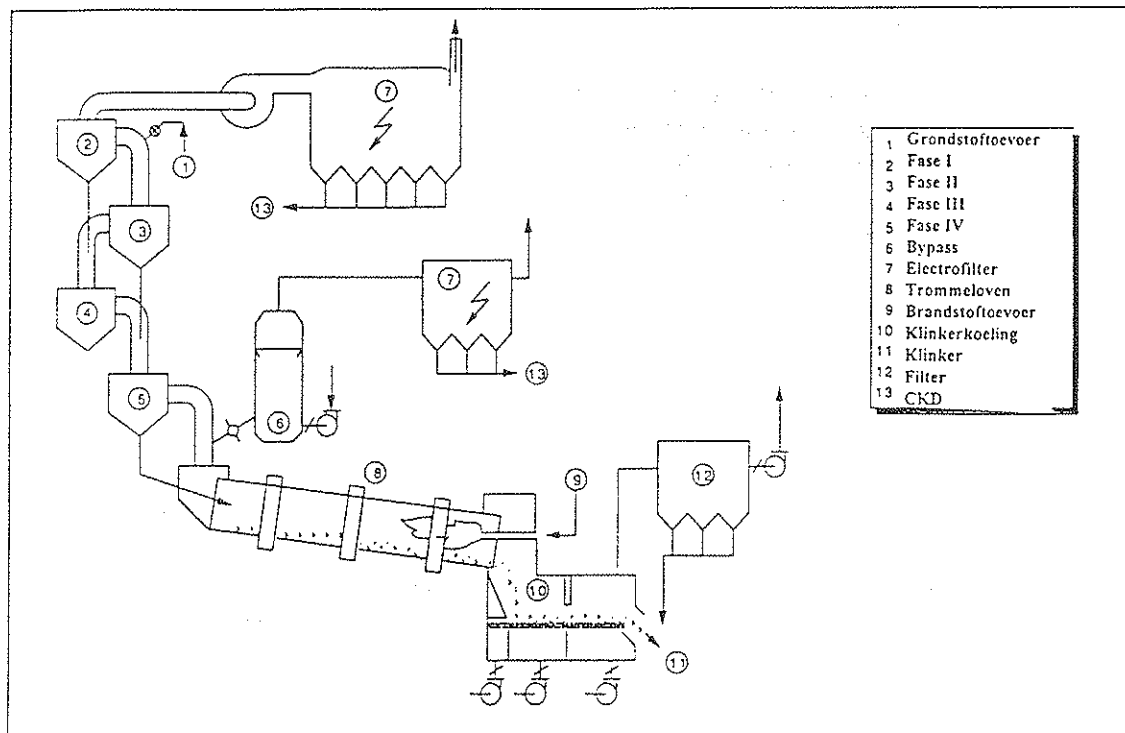
Het toevoegen van brandstoffen, en dus zeker van afvalstoffen, aan de grondstoftoevoer in de lange oven is dus een ecologisch ongewenste praktijk en wordt in België niet meer toegepast.

'Midkiln brandstoftoevoer'

Recente technologische ontwikkelingen maken het mogelijk om vaste brandstoffen in het midden van de oven, ter hoogte van de decarbonisatiefase, toe te voegen. De brandstoftoevoer gebeurt via een kleppensysteem in discrete hoeveelheden. Bij elke omwenteling van de oven worden de kleppen geopend en gesloten. Het is niet nodig de vaste brandstof te verpulveren: toevoer van vaste pakketten tot 50 à 100 kg is mogelijk. Deze discontinue wijze van brandstoftoevoer vereist wel bijzonder controle van de brandstof- en zuurstofhoeveelheden, teneinde een volledige verbranding te waarborgen en een verhoging van organische stoffen en CO (koolstofmonoxide) in de rookgassen te voorkomen.

2.3.3 Droge proces

Bij het droge proces (figuur 2.3) kunnen de voorverwarming en de decarbonisatie gebeuren in een installatie met opeenvolgende cyclonen. Het droge grondstofmengsel wordt bovenaan in de eerste cycloon toegevoegd en valt via de cascade van cyclonen in tegenstroom met de hete rookgassen uit de draaitrommeloven uiteindelijk in de sinteroven. De warmteoverdracht en het energierendement zijn efficiënter. De draaitrommel is korter.



Figuur 2.3: Cement(klinker)oven, principe schema droog proces

De energietoevoer kan volledig via het hete trommelfront gebeuren, maar het is efficiënter om aan de overgang van draaitrommel naar de laatste cycloon extra energie toe te voegen. Hiervoor kunnen verstuifbare (vloeibare of vaste) brandstoffen ter hoogte van de laatste cycloon geïnjecteerd worden. Dit noemt men dan de precalcinator. Het is tevens mogelijk om grotere brokken vaste brandstof bovenaan in de draaitrommel, aan de materiaalingang, te werpen. Zoals bij de midkiln injectie moet ook hier de zuurstoftoevoer goed op de brandstofhoeveelheid afgestemd worden, teneinde een volledige uitbrand te realiseren. Tot 60% van de totale energiebehoefte kan via de precalcinator of de materiaalingang van de draaitrommel toegevoegd worden.

2.3.4 Semi-droog of semi-nat proces

Bij het semi-nat of semi-droog proces kunnen de voorverwarming en de decarbonisatie gebeuren in een installatie met een roosteroven. Het visceuze grondstofmengsel wordt ingevoerd op een roosteroven, voorgeschakeld aan de draaitrommeloven. Dit is de zogenaamde Lepol-oven. Voorts gelden dezelfde opmerkingen qua secundaire brandstof-toevoer als bij de cycloon-draaitrommeloven van het droge proces.

2.3.5 Rookgaszuivering

De belangrijkste, en doorgaans enige, rookgaszuiveringsinstallatie na een cementoven is de ontstopping van de rookgassen met behulp van een elektrofilter.

2.3.6 Rookgas by-pass

Chloor dat aanwezig kan zijn via de grondstof en via de brandstof is een bijzonder kritische parameter in het thermisch proces. Chloor combineert enerzijds met calcium waardoor het als CaCl_2 in de klinker komt, anderzijds worden in combinatie met natrium en kalium NaCl en KCl gevormd. Deze laatste zouten sublimeren (verdampen als vaste stof) in de calcinatiezone en kristalliseren uit in de decarbonisatiezone. Hierdoor kan, vooral in het droge proces, een interne chloridekringloop ontstaan. Door de condensatie ontstaan zoutkorsten op de leidingen, waardoor uiteindelijk een verstopping van de cycloonleidingen kan optreden, met een stilstand van de oven als gevolg. Om dit euvel te voorkomen moet de totale chloorconcentratie in het droge proces beperkt worden tot maximaal ongeveer 250 mg/kg droge grondstoftoevoer (dus exclusief de grondstof in de asrest van de hoofdbrander).

Een alternatief is om in de zone waar de zoutaccumulatie optreedt een by-pass voor extra rookgasafzuiging te plaatsen (figuur 2.3). Hierdoor kan de overmaat aan chloride afgezogen worden en opgevangen in een doekenfilter. Het afgevangen stof noemt men het Cement Oven Stof of Cement Kiln Dust (CKD). Het is hoofdzakelijk samengesteld uit alkalichloriden (NaCl en KCl) en sporenhoeveelheden chloride van zware metalen. Dit stof kan gedeeltelijk in kleine hoeveelheden aan speciale cementsoorten toegevoegd worden.

2.4 Energiebalansen

De cementproductie is per definitie een energiegebruikend proces, omdat de energie-inhoud van de moleculen van de klinker groter is dan de energie-inhoud van de grondstofmoleculen. De hoeveelheid energie die theoretisch nodig is om klinker uit zijn typische grondstoffen te vormen is ongeveer 1,8 GJ/(ton klinker). In de praktijk is uiteraard meer energie nodig, omdat geen enkele energieconversie 100% efficiënt is en doordat er verliezen optreden in het proces.

Tabel 3.4 (§ 3.3) geeft voor de Belgische cementovens onder meer het energiegebruik bij de klinkerproductie. Dit varieert van 2,9 tot 6,8 GJ/(ton klinker); het gemiddeld energiegebruik bedraagt 4,1 GJ/ton (exclusief de productie van witte cement).

Het "energie-conversie-rendement", gedefinieerd als de energie-inhoud van de klinker gedeeld door de totale energie-input in de klinkeroven, varieert tussen 62% (bij CCB) en 26% (bij CBR, Lixhe), en bedraagt gemiddeld 44% voor de Belgische cementovens.

De belangrijkste energieverliezen in klinkerovens zijn:

- De verdamping van het water uit de grondstoffen.
Met droge grondstoffen kost dit slechts enkele procenten van de totale energie. Bij het natte proces kost de waterverdamping, al naar gelang het watergehalte van de grondstoffen (30 tot 40%) en de efficiëntie van de oven, ongeveer 1,9 tot 2,5 GJ/(ton klinker);
- Energie-inhoud van de rookgassen
Met de warme rookgassen (200°C) gaat grosso modo 0,5 tot 1 GJ/(ton klinker) energie verloren. De rookgassen bestaan hoofdzakelijk uit de verbrandingsgassen van de brandstof, CO₂ uit de decarbonisatie en H₂O afkomstig van de waterverdamping. Hoe meer van deze gassen in het proces vrijkomen des te groter is het energieverlies;
- Stralings- en convectie verliezen van de oven
Stralings- en convectiewarmte uit de oven veroorzaakt ongeveer 10 tot 15% energieverlies;
- Vermaling
Kalksteen is een harde grondstof en vergt voor de klinkervorming meer energie dan het zachte krijt.

Voor de kwantificering van de energetische waarde van een brandstof of afvalstof kunnen twee eenheden gebruikt worden:

- de onderste verbrandingswaarde, de "Lower Heating Value" of LHV: de warmte die vrijkomt bij de verbranding van het produkt tot gasvormige componenten (en vaste assen);
- de bovenste verbrandingswaarde, de "Higher Heating Value" of HHV: de warmte die vrijkomt bij de verbranding van het produkt tot gasvormige componenten plus de warmte die vrijkomt bij de condensatie van de vrijgekomen waterdamp tot vloeibaar water.

Beide eenheden worden uitgedrukt in Joule per massa-eenheid, in deze context in MJ/kg of GJ/ton. De bovenste verbrandingswaarde is steeds groter dan de onderste; het verschil wordt groter naarmate het produkt meer waterstof en water bevat en kan tot ongeveer 1 MJ/kg oplopen. Voor de procescontrole in de cementoven is de onderste verbrandingswaarde relevant. Bij de klassieke analyse van afvalstoffen met een calorimeter wordt doorgaans de bovenste verbrandingswaarde bepaald, bij processtudie echter wordt doorgaans de LHV gebruikt, omdat condensatie van waterdamp in rookgassen met energierecuperatie nauwelijks wordt toegepast in verband met corrosieproblemen. Daarom wordt in deze studie systematisch LHV of onderste verbrandingswaarde gebruikt.

2.5 Milieuparameters

In deze paragraaf worden de relevante milieuparameters kwalitatief beschreven. Een kwantitatieve vergelijking en afweging ten opzichte van de gespecialiseerde afvalverbranding valt buiten het bestek van deze terreinverkenkende studie.

2.5.1 Rookgasemissies

Concentratie-eenheid

De concentratie van schadelijke componenten in rookgassen wordt klassiek uitgedrukt in mg/Nm^3 . Bij de vergelijking van cijfers is echter enige voorzichtigheid geboden.

Bij de gespecialiseerde afvalverbranding is de volume-eenheid Nm^3 duidelijk gespecificeerd als het volume bij:

- standaard temperatuur en druk;
- droge rookgassen, dus na aftrek van het volume ingenomen door waterdamp;
- omgerekend naar 11% O_2 , indien de feitelijke zuurstofconcentratie groter is dan 11%, uitgedrukt naar de werkelijke O_2 -concentratie, indien deze kleiner is dan 11%.

De normalisatie bij de cementindustrie is niet altijd even duidelijk.

- De normalisatie naar standaard temperatuur en druk is steeds verondersteld door de aanduiding Nm^3 , waar N staat voor 'Normaal';
- Voor sommige installaties wordt teruggerekend naar 6% O_2 , terwijl de werkelijke O_2 -concentratie in de rookgassen op het einde van de oven doorgaans kleiner is dan 2%. Door deze omrekening worden de werkelijke emissies als het ware 'verdund';
- Voor sommige installaties worden de concentraties uitgedrukt in 'natte' volumes, dus zonder aftrek van het volume ingenomen door waterdamp. Bij het natte proces kan tot 30% van het rookgasvolume ingenomen worden door waterdamp;
- De rookgassen van de cementovens bevatten hoge CO_2 -concentraties, die grosso modo voor 50% afkomstig zijn van de verbranding van de brandstof, en voor 50% door decarbonisatie van de kalksteen.

Voor sommige installaties wordt de rapportering van de emissies, in vergelijking met de emissies van AVI's, dus enigszins geflatteerd door een verdunning door de omrekening naar 6% zuurstof, door waterdamp en door CO_2 uit de decarbonisatie.

Stof

De ruwe rookgassen van een cementoven bevatten zeer veel stof. Het stof is hoofdzakelijk samengesteld uit fijne grondstofdeeltjes (kalksteen, klei) en klinker. De concentratie vlieg-as en zware metalen van de brandstof- en afvalverbranding is relatief laag. De rookgassen worden ontfuot met elektrofilters. In ovens met hoge Na, K en Cl-concentraties kunnen zeer fijne NaCl en KCl aërosolen door de elektrofilter passeren, waardoor de stofemissie enigszins verhoogd wordt.

De stofemissie is erg afhankelijk van de ouderdom van de installatie, de staat van onderhoud en de bedrijfsvoering van de installaties. De toegestane stofemissies volgens de exploitatievergunningen variëren van 50 tot 400 mg/Nm^3 , de werkelijke emissies van 20 tot 400 mg/Nm^3 .

Bij vergelijking van de enigszins hogere 'totaal stof' emissieconcentraties van de cementovens ten opzichte van de AVI's, moet rekening gehouden worden met de minder schadelijke samenstelling van het stof van de cementoven in vergelijking met het stof van de AVI's. Het stof van de cementoven bestaat hoofdzakelijk uit fijne grondstof- en klinker- deeltjes, waarop vluchtige metalen en zouten zijn gecondenseerd. Het stof van AVI's daarentegen bevat hoofdzakelijk zouten en vluchtige metaalverbindingen.

Zware metalen

De meeste zware metalen komen van nature in meer of mindere mate voor in de gebruikte grondstoffen: kalksteen, leisteen, klei en steenkool. De meeste metalen worden bijna geheel integraal kristallografisch in de klinker gebonden. Ze komen slechts in relatief lage concentraties voor in het stof van de rookgassen. Doordat de metaalconcentraties in het stof van de cementoven lager zijn dan in het stof van de AVI, zijn de metaalemissies van de cementoven (uitgedrukt in mg/Nm³) ongeveer gelijk aan of kleiner dan de metaalemissies door de AVI. De emissie-normen die van toepassing zijn voor de verbranding van gevaarlijk afval kunnen doorgaans probleemloos gerespecteerd worden.

Een aantal vluchtige zware metalen, zoals kwik, thallium, cadmium en seleen, worden niet volledig in de alkalische matrix opgenomen en worden, in afwezigheid van specifieke rookgasreiniging, in de atmosfeer geëmitteerd. De concentraties van deze metalen in de te verbranden afvalstoffen moeten daarom beperkt worden.

Koolmonoxide en overige organische stoffen

Koolmonoxide (CO) en andere organische stoffen in de rookgassen zijn produkten van onvolledige verbranding. Met de zeer hoge temperaturen in de oven, de lange verblijftijd en de grote turbulentie, zou men verwachten dat beide parameters zeer laag zijn. Door de lage overmaat vrije zuurstof in de oven, zijn de CO-concentraties echter hoger dan bij de AVI's, waar normaliter minstens 6% O₂-overmaat gehandhaafd wordt. Door grote brokken afvalstoffen in de oven te brengen bij de midkiln of het koude oven einde, kunnen extra CO-pieken ontstaan.

In tegenstelling tot de AVI's, is bij de cementindustrie CO in de rookgassen niet gelimiteerd als milieuparameter, maar eerder als veiligheidsparameter om explosies in de elektrofilter bij te hoge CO-concentraties te vermijden. De norm wordt dan gelegd rond 2 volume% CO.

Bij een goede controle van het verbrandingsproces en wanneer brandstoffen enkel aan het hete trommelfront of aan de precalcinator worden geïnjecteerd, dan kunnen TOC (Totaal Organisch Koolstof) concentraties tot ongeveer 10 mg/Nm³ en zelfs lager bereikt worden. Bij brandstofinjectie aan koudere plaatsen of bij inworp van grote brokken afvalstof, zijn de TOC-concentraties hoger, maar kunnen ze met een goede procescontrole beperkt worden tot 50 à 100 mg/Nm³. Wanneer de grondstoffen natuurlijke organische stoffen bevatten, of wanneer brandstoffen bij de grondstoffen worden toegevoegd, dan kunnen de TOC-concentraties tot veel hogere niveaus oplopen.

Stikstofoxiden

Stikstofoxiden (NO_x) in de rookgassen zijn hoofdzakelijk een gevolg van de oxydatie van stikstof (N_2) in de verbrandingslucht bij de zeer hoge temperaturen die vereist zijn voor de sintering, de zogenaamde 'thermische NO_x '. Werkelijke NO_x -concentraties zijn van de orde 800 tot 1800 mg/Nm^3 , terwijl de vergunningseisen rond 2000 à 2500 mg/Nm^3 bedragen. De bijdrage van NO_x door oxydatie van stikstof uit de brandstof, zogenaamde 'fuel NO_x ' is relatief klein.

De hoge NO_x -emissie is inherent verbonden aan de procesvereisten, en wordt weinig beïnvloed door de kwaliteit van de brandstoffen.

Een aantal procesmaatregelen kan een gunstig effect hebben op de NO_x -emissie:

- Door een gedeelte van de brandstof en de verbrandingslucht aan het 'koude einde' toe te voegen, wordt minder NO_x gevormd in de hete sinteringzone. Eventueel kan zelfs een licht reducerende atmosfeer aangehouden worden in de sinteringzone, indien verderop voldoende 'naverbrand' wordt;
- Beperkte experimenten wijzen op een vermindering van thermische NO_x in de sinteringzone, wanneer (afval)water bij de hoofdbrander wordt verstoven. Op dezelfde wijze wordt van gasturbines de uitstoot van stikstofoxiden verminderd.

Zwavel dioxide

Zwavel dioxide (SO_2) is afkomstig van de verbranding van zwavel in de brandstof en de grondstoffen en van thermische ontbinding van enkele sulfaten in de grondstoffen. Meer dan 90% van het SO_2 uit de rookgassen van de sinteringzone zal chemisch gebonden worden in het sterk alkalische grondstofmengsel in de (pre)calcinatiëzone, onder vorming van CaSO_4 (gips), dat binnen beperkte concentratiegrenzen een noodzakelijk bestanddeel is in cement.

SO_2 dat vrijkomt na de calcinatiëzone, en dat dus op zijn weg naar de elektrofilter en de schoorsteen, onvoldoende met alkalisch milieu in contact komt, zal grotendeels via de rookgassen geëmitteerd worden. Zwavelrijke grondstoffen en zwavel in de brandstoffen die aan het 'koude einde' worden toegevoegd, zullen daardoor de SO_2 -emissie verhogen.

Normaliter kunnen de SO_2 -emissies beneden de norm van 400 mg/Nm^3 gehouden worden.

Waterstofchloride en waterstoffluoride

Waterstofchloride (HCl), afkomstig van de verbranding van chloorhoudende brandstoffen, wordt, zoals beschreven in § 2.3.6, voor meer dan 99% gevangen in het alkalische grondstofmengsel, waardoor de concentratie in de rookgassen laag blijft. De norm van 30 mg/Nm^3 vormt geen probleem.

Fluor ondergaat grosso modo hetzelfde proces als chloor in de cementoven. Doordat de fluor-concentraties in brandstof en grondstof doorgaans laag zijn, doen

zich zelden problemen voor met de emissienorm (4 mg/Nm^3), de fluorkringloop in de oven of de fluorconcentratie in de klinker.

Dioxines

De procescondities in de cementovens zijn overwegend ongunstig voor de vorming van dioxines in de rookgassen. De gassen kennen een lange verblijftijd bij hoge temperatuur en hoge graad van turbulentie zodat de afbraak van organische stoffen vrijwel volledig zal zijn. Daarnaast is er een relatief lage concentratie chloor in de gasfase, en relatief lage concentraties zware metalen die de vormingsreactie van dioxines zouden kunnen katalyseren (de zogenaamde 'de-novo-synthese'). Dit laatste geldt ook voor de sectie van de oven waar het temperatuurtraject van $300\text{--}500^\circ\text{C}$ wordt doorlopen. Tenslotte zijn de wanden van de oven volledig bedekt met keramisch materiaal, dat elke katalytische activiteit ontbreekt.

De schaars gepubliceerde meetresultaten voor cementovens wijzen op emissies van de orde $0,1 \text{ ng/Nm}^3$ of lager.

Het toevoegen van brandstoffen bij de grondstoffen kan de dioxine-emissie sterk verhogen, met name als deze dosering plaatsvindt na de zone van hoge temperatuur.

Afvalwater

Een ontegensprekelijk voordeel van de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie ten opzichte van de AVI's met natte of semi-natte rookgaszuivering, is dat bij de cementindustrie geen procesafvalwater geloosd wordt.

2.5.2 Vaste residu's

Met uitzondering van een gedeelte van het Cement Oven Stof (§ 2.3.6) produceert het cementproductieproces geen vaste afvalstoffen. De asrest van de verbranding van afvalstoffen wordt integraal in de klinker en de cement opgenomen.

De elementen calcium, silicium, aluminium, magnesium, ijzer en zwavel zijn essentiële elementen voor de vorming van cement. De aanwezigheid van deze elementen in de afvalstoffen die in de cementindustrie verbrand worden, is ecologisch gunstig omdat ze positief bijdragen tot een duurzaam gebruik van grondstoffen.

Andere elementen of verbindingen zijn normale, deels essentiële nevencomponenten van cement: K_2O , Na_2O , TiO_2 , Mn_2O_3 , P_2O_5 , SrO . Ook de aanwezigheid van deze elementen in de afvalstoffen is, binnen beperkte grenzen, een wenselijk duurzaam gebruik van reststoffen.

De meeste overige metalen vormen slechts sporenelementen in cement en hebben, binnen bepaalde grenzen, geen negatief noch positief effect op de kwaliteit van cement. De eerste, en tot nog toe enige, normering van de concentraties zware metalen in cement wordt bepaald in het recente Bouwstoffen Besluit. Hierin wordt

enkel de uitloging van metalen uit de bouwstof gereguleerd. De samenstelling van de cement of de totale concentratie metalen in de cement wordt niet bepaald. Aangezien de meeste metalen kristallografisch in een slecht oplosbare vorm worden gebonden in de cement, vormt de aanwezigheid van metalen in cement tot nog toe geen probleem.

Dankzij de goede uitbrandkwaliteiten van de procescondities in de cementoven is de concentratie onverbrande organische componenten in de cement niet aantoonbaar.

2.5.3 Fugatieve emissies

De zogenaamde fugatieve emissies zijn de ongecontroleerde lekemissies die her en der kunnen voorkomen en die niet via geleide, en dus meetbare, kanalen worden afgevoerd. Het zijn doorgaans emissies naar de atmosfeer bij overslag en opslag van (afval)stoffen, emissies van opslagtanks voor vloeibare brandstoffen, emissies van stof en damp bij de opslag en behandeling van vaste brandstoffen, morsen bij de verhandeling van stoffen, uitspoeling van stoffen wanneer vaste brandstoffen aan regen en wind zijn blootgesteld en dergelijke.

Deze emissies zijn zeer moeilijk kwantificeerbaar en zijn afhankelijk van de kwaliteit van de infrastructuur en de bedrijfsvoering. De kwaliteitszorg terzake is in eerste instantie evenredig met de aandacht en de filosofie van de bedrijfsleiding terzake.

2.5.4 Energie en CO₂

Vervanging van primaire brandstoffen

De cementproductie is inherent een energie-intensief proces (in België gemiddeld 4,28 GJ/(ton klinker)) waar traditioneel, dankzij de robuustheid van het proces, ook relatief laagwaardige brandstoffen kunnen worden toegepast, zoals reststoffen van steenkoolwinning, zware stookolie en petroleumresidu's. Dit zijn brandstoffen met een relatief hoge CO₂-emissie per energie-eenheid. In eerste benadering kan gesteld worden dat de verbranding van afvalstoffen een evenredige besparing van primaire grondstoffen en van CO₂-emissie betekent.

Het energie-conversie-rendement in een cementoven varieert, in België, tussen 26 en 62%, en is gemiddeld 44%. In Zwitserland, waar enkel het droge proces toegepast wordt, is het gemiddelde energiegebruik 3,5 GJ/(ton klinker) of een energie-conversie-rendement van gemiddeld 50% (Anonymus, 1995). In vergelijking tot de klassieke afval-tot-elektriciteit conversie in AVI's (20 tot 30%, (Sas, 1994)) zijn dit hoge energie-conversie-rendementen, zeker voor toepassing op afvalstoffen met beperkte calorische waarde. In het kader van het nationaal CO₂-reductieplan ambieert Zwitserland tegen het jaar 2000 tot 75% van de energie in de cementindustrie uit afvalstoffen te winnen. In 1994 bedroeg dit nog slechts 15%.

Nuttige toepassing versus verbranding

Een volledige, kwantitatieve vergelijking van verwerking van verschillende soorten afvalstoffen in cement(klinker) ovens valt buiten het bestek van deze studie. Een dergelijke aanpak, bijvoorbeeld analoog aan de aanpak gevolgd in de studie naar de technisch, milieukundige en economische beoordeling van verwerkingstrajecten voor kunststofafval (Sas, 1994) is echter zeker aan te bevelen.

De functie van afval in een cementoven kan tweeledig zijn: brandstof en inbreng van waardevolle componenten. Om de eerste functie goed te kunnen benoemen is het nodig te weten wat de gemiddelde calorische waarde moet zijn van de brandstoffen in een cementoven waarbij een positief effect optreedt. Dit is echter niet eenvoudig omdat meerdere parameters een rol spelen en elkaar beïnvloeden. De calorische waarde van een produkt (in casu brandstof of afvalstof) wordt schematisch door drie hoofdparameters bepaald:

- de hoeveelheid en de samenstelling en de calorische waarde van het organische, brandbare gedeelte van het produkt;
- de hoeveelheid anorganisch, onbrandbaar materiaal in het produkt, met andere woorden: de asrest;
- de hoeveelheid water.

Het produkt ontleent zijn stookwaarde enkel van het brandbare, organische deel. De asrest verlaagt de gemiddelde calorische waarde van het produkt. Water in de brandstof vermindert niet alleen de gemiddelde calorische waarde, maar vraagt daarenboven 2,5 GJ/(ton water) voor de verdamping van het water en nogmaals 2 tot 4 GJ/(ton water) voor het opwarmen van de waterdamp in de verbrandingsgassen met 1000 °C respectievelijk 2000 °C. In geen geval mag daardoor de te bereiken temperatuur onder de voor het proces nodige calcinatie temperatuur van 1800-2000°C komen.

Bij de evaluatie van de nuttige toepasbaarheid van een laag calorische afvalstof zou dus eigenlijk moeten nagegaan worden of de lage waarde hoofdzakelijk veroorzaakt wordt door een hoog asgehalte of door een te hoog watergehalte. Enkel het laatste is strikt genomen nadelig voor de nuttige toepassing in de klinkeroven.

Elke energietoevoer via afvalstoffen levert een gelijkwaardige besparing van primaire brandstoffen op, tenzij de afvalstof water bevat. Het vrij hoge energie-conversie-rendement in de cementoven, welke ook bereikt wordt bij brandstoffen met een hoge asrest en een relatief lage calorische waarde, maakt dat de cementoven bijzonder geschikt is voor de energetische benutting van zowel hoog-calorische en laag-calorische afvalstoffen.

De tweede functie, waardevolle grondstoffen uit de asrest, behoeft geen nadere toelichting. Dit is vooral belangrijk bij produkten als steenkool en asrijke afvalstoffen.

2.5.5 Milieuparameters: samenvatting

Uit de bovenstaande kwalitatieve behandeling kan het volgende samengevat worden over de milieuparameters van afvalstofbenutting in cementovens:

1. Wat de emissies naar de atmosfeer door de cementindustrie betreft:
 - de concentraties HCl, HF, metalen en dioxines zijn vergelijkbaar met of lager dan de emissies door AVI's;
 - de concentraties totaal stof en organische verbindingen zijn vergelijkbaar met of hoger, maar de aard van de verbindingen is minder schadelijk dan bij AVI's;
 - de concentraties NO_x, CO en SO₂ zijn veel hoger.

Onder de aanname dat de hoeveelheid rookgas per ton afval in een cementoven gelijk is aan die in een AVI gelden deze uitspraken bij benadering ook voor de absolute hoeveelheden geëmitteerde stoffen per ton verstoekt afval. Echter, vergelijking van werkelijke emissies van een oven gestookt met en zonder afval is nodig voor de bepaling van de netto aan het verstoekte afval toe te rekenen emissies.

2. De emissies naar de atmosfeer door de cementindustrie worden grotendeels door de procescondities bepaald. Op voorwaarde van oordeelkundige toepassing en procesbeheersing kunnen diverse afvalstoffen als brandstof en grondstof aangewend worden zonder negatieve invloed op de kwaliteit van de rookgassen. Omgekeerd kan een onprofessionele procesbeheersing de emissies ongeoorloofd verhogen.
3. Bij de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie is er geen lozing van procesafvalwater.
4. Bij de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie komen geen vaste afvalstoffen vrij: de asrest wordt in de cement geïmmobiliseerd en voor het grootste gedeelte nuttig toegepast.
5. De energetische benutting van de afvalstoffen is optimaal en is een integrale vervanging van het gebruik van primaire grondstoffen.

Kwalitatief gezien heeft de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie onmiskenbare ecologische voordelen. Nader te bepalen is de netto uitstoot van stikstofoxiden, koolmonoxide en zwaveldioxide per ton ingezet afval. Hoogstwaarschijnlijk verdient de cementindustrie echter een plaats in een ecologisch, energetisch en economisch verantwoorde afvalstoffenverwerking. Benutting in de cementindustrie en verbranding in gespecialiseerde AVI's met energierugwinning kunnen uitgroeien tot opties die elkaar aanvullen. De praktijk in Nederland en België is nu echter grotendeels verbranding in AVI's. Verdergaande kwantitatieve, vergelijkende studies en ecobalansen, analoog of voortbordurend op de inzichten ontwikkeld in (Sas, 1994), zouden kunnen aangeven waar benutting in de cementindustrie de voorkeur geniet boven verwerking in AVI's.

2.6 Potentieel voor sommige afvalstoffensoorten

Op basis van de hiervoor beschreven proceskarakteristieken en de beschrijving van milieuparameters worden in deze paragraaf voor een aantal relevante afvalstofsoorten de overwegingen samengevat, ten behoeve van de inschatting van de potentiële capaciteit. Overeenkomstig de afbakening van de studie is de samenvatting beperkt tot niet-gevaarlijke (bedrijfs)-afvalstoffen

2.6.1 Refuse Derived Fuel

Refuse Derived Fuel kan met een aantal scheidingstechnieken (vnl. metaalafscheiding, zeven, breken en eventueel gedeeltelijke droging) gewonnen worden uit huishoudelijke of bedrijfsafvalstoffen. RDF kan geperst worden tot verschillende vormen en afmetingen, gaande van pellets met afmetingen van enkele cm tot balen van 50 tot 100 kg.

De samenstelling en calorische inhoud zijn functie van de oorsprong en de scheidingswijze. Voor twee typische soorten RDF is dit aangegeven in tabel 2.4

Tabel 2.4: Karakteristieke gegevens van twee soorten RDF

Parameter	Eenheid	RDF ex huisvuil	RDF ex bedrijfsafval
Calorische waarde	GJ/ton	12-16	18-21
Asrest	gew. %	15-20	10-15
Chloor gehalte	gew. %	0,5-1,0	0,2-1,0
Water gehalte	gew. %	10-30	3-10

De asrest bestaat hoofdzakelijk uit Ca, Si, Al en Fe en is dus een goede grondstof voor de klinker. Een goede voorbehandeling is noodzakelijk teneinde problemen te vermijden zoals fermentatie en reukhinder en goede brandstofeigenschappen te realiseren. Uit 1 ton huisvuil kan ongeveer 0,6 ton RDF gewonnen worden. Voor bedrijfsafval is de opbrengst groter.

RDF kan op drie manieren in de oven gebracht worden:

1. Via de vaste stofbrander in het hete trommelfront. In dit geval is een verkleining van de deeltjes tot enkele millimeters diameter nodig teneinde een goede uitbrand te garanderen. De specifieke eigenschappen van RDF maken dit tot een vrij kostbare aangelegenheid;
2. In de branders van de precalcinator in het droge proces. Verkleining tot een diameter van enkele centimeters is voldoende, mits bij de opbouw van de precalcinator daarmee rekening is gehouden;
3. In de 800 tot 1000 °C zone van de trommeloven, te weten de materiaalingang van het droge proces of de midkiln van het natte proces. In beide gevallen kunnen grote brokken in de oven gebracht worden, wat een economisch voordeel ten opzichte van de andere twee methoden, omdat verkleining achterwege kan blijven.

Voor RDF uit huisvuil is het chloorgehalte een parameter die zorgvuldig gecontroleerd moet worden. Het chloor is hoofdzakelijk afkomstig van keukenzout en PVC-verpakkingen.

De investeringen voor een scheidingsinstallatie en de injectie in de cementoven zijn ongeveer 100 maal lager dan de investeringen voor een AVI, en de energie- en materiaalbenutting is optimaal. Er is dus ruimte voor een significante reductie van de kosten voor afvalverwerking. Er moet echter nog rekening gehouden worden met de noodzaak voor verdere verwijdering van de niet-RDF fractie van het afval.

Zowel de technologie als de markt zijn nog in ontwikkeling, gestimuleerd door de aantrekkelijke perspectieven.

2.6.2 Papier en Karton

Droog, niet te recycelen papier en karton is een geschikte brandstof met een stookwaarde van ongeveer 13 tot 15 MJ/kg. Het kan op dezelfde manier in de oven gebracht worden als RDF.

2.6.3 Hout

Hout is een geschikte brandstof, met calorische waarde rond 15 à 17 MJ/kg bij 10 tot 15% rest watergehalte. De beste methode is inbreng via het hete trommelfront. De voorbehandeling van hout, van verspanen tot versnipperen, verbruikt ongeveer 70 MJ/ton of 0,4% van de energie-inhoud van het materiaal. Afvalhout kan vervuild zijn met diverse houtbeschermingsmiddelen of verf. In dit geval is een controle van zware metalen (As, Cr, Cu), chloorverbindingen en toxische stoffen noodzakelijk.

2.6.4 Autobanden

Autobanden hebben een hoge stookwaarde, ongeveer 29 MJ/kg, en bevatten ijzer als nuttige grondstof. Ze bevatten ook veel zwavel waarmee rekening moet worden gehouden voor de zwavelbalans en de zwavelkringloop in het proces. Verder bevatten autobanden ongeveer 1,5% zink. Het zink zal in de klinker gebonden worden. Autobanden kunnen enkel via de materiaalingang van het droge proces of via de midkiln van het natte proces geïnjecteerd worden. De zwavel- en zinkconcentraties en de waarborging van voldoende zuurstoftoevoer ter hoogte van de verbranding beperken procesmatig het gebruik van autobanden in de cementoven. Het gebruik van autobanden heeft dus belangrijke nuttige voordelen, maar tevens belangrijke beperkingen.

2.6.5 Kunststofafval

Kunststofafval is omwille van de zeer hoge stookwaarde, al naar gelang de kwaliteit tussen 35 en 40 MJ/kg, een uitstekende brandstof aan het hete trommelfront (hoofdbrander). Het kan hoogwaardige primaire brandstoffen vervangen. De belangrijkste beperkende factor is het chloorgehalte, hoofdzakelijk afkomstig van PVC. De redenen voor de beperkingen zijn de chloorkringloop in de

oven en de grenswaarde voor chloor in cement. Verder is een goede voorbehandeling nodig om een goede uitbrand te garanderen. Versnippering is een mogelijkheid, maar duur. Bij inbrengsystemen kunnen problemen optreden omdat kunststoffen smelten alvorens te verbranden.

Er zijn diverse processen ontwikkeld voor het verwijderen van PVC uit kunststofafval, of voor afscheiding van chloor in de vorm van zoutzuur. Bijvoorbeeld het door Veba Oel ontwikkelde depolymerisatie proces is mogelijk toepasbaar. In dit proces wordt (gemengd) kunststofafval gekraakt tot een visceus maar vloeibaar mengsel van polymeren onder verwijdering van chloor (Dijkema, 1994).

2.6.6 Waterzuiveringsslib

Nat waterzuiveringsslib is geen goede brandstof. Het kan evenwel een redelijke bron van kalk en silicium en eventueel aluminium zijn. Mits droging tot meer dan 90% droge stof plaatsvindt voor de inzet in de oven kan het tevens een redelijke brandstof vormen. Voor de mechanische en thermische ontwatering van slib bestaan verschillende technische combinatiemogelijkheden, die sterk bepalend zijn voor het rendement van de nuttige toepassing in de cementindustrie. Belangrijke technische en operationele veranderingen zijn in ontwikkeling. Waarschijnlijk zullen de waterzuiveringsbedrijven in de cementoven een economisch verantwoorde afzet voor hun slib vinden.

3 Capaciteit voor afvalstoffenverbranding

Uitgaande van de vaststelling dat, mits het naleven van bepaalde codes van goede praktijk, de thermische benutting van brandbare afvalstoffen in de cementindustrie ecologisch, energetisch en economisch verantwoord kan zijn, is het doel van dit hoofdstuk na te gaan wat de potentiële verwerkingscapaciteit van de cementindustrie is. Conform de studieopdracht werd de capaciteit van de cementindustrie voor brandbare afvalstoffen in België en Frankrijk ingeschat, voornamelijk op basis van interviews van vertegenwoordigers van de industrie en overheid (Anonymus, 1995).

Paragraaf 3.1. beschrijft voor de cementindustrie als zodanig (alle cementondernemingen in België en Frankrijk) de relevante karakteristieken wat betreft technieken en capaciteiten voor gebruik van afvalstoffen. In § 3.2 worden de technologie en het ondernemingsbeleid van de Belgische cementondernemingen besproken. In § 3.3 wordt op basis van deze stand-der-techniek, de strategie van de ondernemingen en beleidshypothesen een schatting bepaald van de haalbare, potentiële capaciteit van de Belgische cementindustrie voor inzet van afvalstoffen. In § 3.4 tenslotte wordt een overzicht van de cementindustrie in Frankrijk gegeven, samen met een indicatie van de potentiële capaciteit voor afvalstoffenbenutting.

3.1 De cementindustrie

De cementindustrie bestaat uit een beperkt aantal ondernemingen voor de produktie en commercialisatie van cement en diverse gerelateerde produkten zoals klinker, beton, mortel en granulaten (zie § 2.1 en § 2.2). De produktiebedrijven kunnen in eerste instantie onderverdeeld worden in vier soorten:

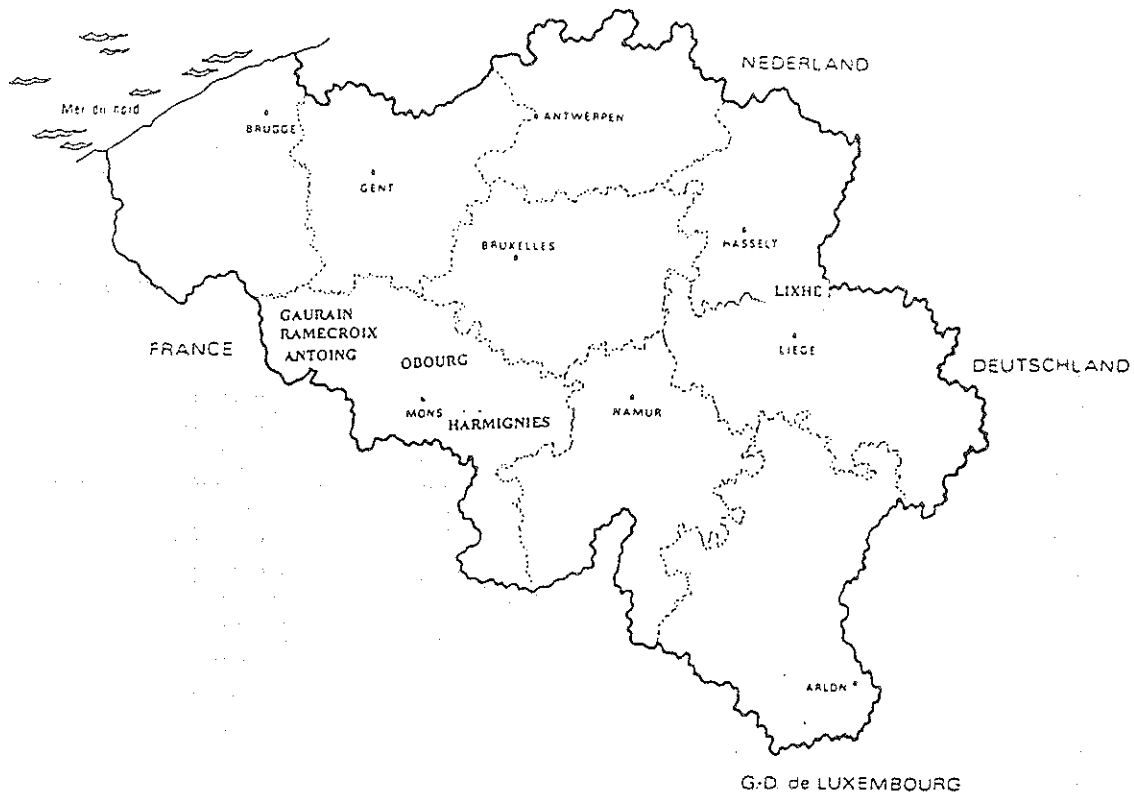
1. geïntegreerde bedrijven: bedrijven die installaties exploiteren voor de produktie van klinker en van cement;
2. klinkerbedrijven: bedrijven die enkel cementovens, of beter klinkerovens, in exploitatie hebben, maar geen maal- en menginstallatie voor de verdere aanmaak van cement;
3. cementbedrijven: bedrijven die geen ovens exploiteren, maar enkel maal- en menginstallaties voor de produktie van cement uitgaande van klinker en toevoegstoffen;
4. betonbedrijven: bedrijven die uitgaande van cement en granulaten beton en mortel fabriceren.

Een installatie is een technische eenheid van een bedrijf. In deze studie wordt hier steeds een klinkeroven onder verstaan.

In de vier typen bedrijven kunnen afvalstoffen of reststoffen worden benut. Brandbare afvalstoffen kunnen enkel in de geïntegreerde bedrijven en de klinkerbedrijven worden benut. In dit overzicht worden daarom enkel die ondernemingen en bedrijven vermeld die geïntegreerde of klinkerbedrijven omvatten. Cement- en betonbedrijven zijn niet mee in de lijst opgenomen.

De meeste cementondernemingen houden zich zelf niet bezig met de specifieke afvalstoffenproblematiek zoals inzameling, analyse, voorbereiding, administratieve opvolging en dergelijke. Dit laten ze over aan gespecialiseerde, dienstverlenende ondernemingen, waarvan de cementondernemingen soms mede-aandeelhouder zijn (zie ook § 3.2).

3.2 Ondernemingen en installaties in België



Figuur 3.1. Locatie van de cementbedrijven in België.

In België bestaan drie cementondernemingen:

- CBR: s.a. Cimenteries C.B.R. Cementbedrijven n.v., maatschappelijke zetel te Brussel, hoofdaandeelhouder het Duitse Heidelberger
- CdO: s.a. Ciments d'Obourg, maatschappelijke zetel te Obourg, Wallonië, hoofdaandeelhouder het Zwitserse Holderbank;
- CCB: s.a. Compagnie des Ciments Belges 'C.C.B.' n.v. maatschappelijke zetel te Gaurain-Ramecroix, Wallonië. Tot 1991 een familiebedrijf, sinds 1991 hoofdaandeelhouder het Italiaans-Franse Italcementi - Ciments Français.

Zij zijn verenigd in de branche-organisatie 'Febelcem', Federatie van de Belgische Cementbedrijven vzw.

Alle geïntegreerde- en klinkerbedrijven in België bevinden zich in het Waalse landsgedeelte (zie figuur 3.1). Het gaat om 3 locatie van CBR, Lixhe, Antoing (vlakbij Obourg en Mons) en Harmignies, CdO in Obourg (Mons) en CCB te Gourain-Ramecroix, nabij Tournai.

CdO en CBR zijn reeds meerdere jaren zeer actief op de afvalstoffenmarkt. CCB staat aan het begin van deze marktontwikkeling.

3.2.1 Ciments d'Obourg

Ciments d'Obourg (CdO) opereert in het bedrijf te Obourg twee cementovens volgens het natte proces (genaamd oven 9 en 10). De karakteristieke gegevens van deze ovens zijn opgenomen in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Capaciteitskarakteristieken van de klinkerovens van Ciments d'Obourg

Parameter	eenheid	oven nr. 9	oven nr. 10	totaal
Bouwjaar	-	1967	1975	
Lengte	m	220	227	
Diameter	m	6,3	6,2	
Bedrijfsuren	uren/jaar	8.000	8.000	
Capaciteit	ton/dag ton/uur kton/jaar	3.000 125 1.000	3.200 133 1.100	2.100
Productie	kton/jaar			1.500-1.600
Energiegebruik	GJ/ton TJ/jaar TOE/jaar MW ¹	5,2 180	5,2 190	7.800 190.000 370
Energiebronnen	gew. %			
primair				26
secundair				44
industrieel				30

Noot:

1. Thermisch vermogen in megawatt (geïnstalleerd)

De schaalgrootte (uitgedrukt als thermisch vermogen) is vergelijkbaar met een middelgrote warmte/kracht centrale met 60 MW elektrisch vermogen en 120 MW thermisch vermogen die ongeveer 200 MW brandstof vraagt (85% energetisch rendement). Een conventionele elektriciteitscentrale heeft doorgaans een vermogen

van 1000 MW elektrisch, en heeft daarvoor ongeveer 2000 MW brandstof nodig (rendement 50%).

CdO gebruikt reeds sinds de jaren vijftig secundaire brandstoffen zoals afval van de steenkoolmijn-ontginning, slib van het wassen van steenkool, waterzuiverings-slib en petroleumcokes. Sinds 1985 heeft CdO een vergunning voor het verbranden van industriële afvalstoffen. Bij CdO is de benutting van de diverse soorten afvalstoffen een speerpunt: CdO ontwikkelt een strategie, heeft een gespecialiseerde afdeling, een interne en externe communicatiestrategie, en investeert in het productiebedrijf, controlelaboratorium en de gespecialiseerde dochteronderneming Scoribel n.v.

De installaties hebben de volgende technische mogelijkheden voor de introductie van afvalstoffen:

- De meeste afvalstoffen en brandstoffen worden via het trommelfront ingeblazen. De brandstoffen moeten dus vloeibaar, visceus of vast zijn; in het laatste geval moeten ze verstuijbaar zijn met de vaste-stof brander. De vaste afvalstoffen worden gehomogeniseerd en geconditioneerd door menging met zaagsel. Een typisch zaagsel afval mengsel bevat 15 tot 40% zaagsel en 85 tot 60% afval, is kruimelvormig, droog en stapelbaar in bulk, en heeft een gemiddelde calorische waarde van 10 tot 14 MJ/kg. Jaarlijks wordt ervan ongeveer 160 kton verwerkt. Momenteel wordt dit mengsel nog in de open lucht opgeslagen; een praktijk die zeker voor verbetering vatbaar is. Onderzoek is lopende om het zaagsel te vervangen door andere afvalstoffen zoals bijvoorbeeld papier- en kartonslib dat niet meer is te recyclen. Voor de vloeibare afvalstoffen is er ter plaatse een tankpark, geëxploiteerd door Scoribel.
- CdO beschikt over een drooginstallatie waar steenkoolslib voorgedroogd wordt. In deze installatie kan ook (industriële) waterzuiveringsslib voorgedroogd worden. De installatie wordt momenteel gemoderniseerd, teneinde het energiegebruik te optimaliseren. Tevens wordt een naverbrandingskamer voor de drogingsgassen geïnstalleerd, teneinde de milieuprestaties te verbeteren vooral ten aanzien van geurhinder bij het droogproces. Wanneer in het najaar 1996 de installatie operationeel zal zijn, komt een capaciteit van 50 tot 100 kton/jaar waterzuiveringsslib (uitgedrukt in droge stof) beschikbaar, met een initieel watergehalte tot 60%.
- Medio 1995 werd een midkiln injectie systeem geïnstalleerd op een oven. Het doel is om hierlangs vaste afvalstoffen te gebruiken, zoals balen reststoffen van huisvuil, autobanden, vervuilde grond, houtbrokken e.d. Brokstukken met afmetingen tot 75*25*25 cm en 80 kg kunnen per charge gevoed worden. Tot eind 1996 loopt een vergunning voor een testprogramma waarbij tot 50 kton RDF in balen gebruikt zal worden. Indien de resultaten gunstig zijn, dan is een aanzienlijke capaciteitsuitbreiding voor vaste afvalstoffen te verwachten. Grosso modo kan gerekend worden op ongeveer 80 tot maximaal 100 kton per jaar. Bij een energie-inhoud van

15 tot 20 MJ/kg levert dit 15 tot 20% (maximaal 25%) van de totale jaarlijkse energiebehoefte.

- De gemiddelde calorische waarde van het brandstofpallet voor de klinkerproductie moet ongeveer 15 à 16 MJ/kg bedragen. 20%, of grosso modo 35 tot 40 kTOE, van het pakket moet een calorische waarde groter dan 25 MJ/kg hebben, teneinde de hoge vlamtemperatuur van 2000 °C te bereiken in de sinteringzone. Tot nog toe worden hiervoor hoog calorische afval-oplosmiddelen, zware stookolie en aardgas gebruikt. Als alternatief kan ook fijn versnipperd kunststofafval gebruikt worden. Door 30.000 ton kunststofafval te verbranden zal rechtstreeks ongeveer 25.000 ton stookolie en gas als grondstof bespaard kunnen worden.

3.2.2 CBR

CBR is één der eerste cementbedrijven in Europa dat afvalstoffen thermisch benut. De drie CBR cementbedrijven in Wallonië hebben samen vier ovens waarin afvalstoffen kunnen worden benut. De belangrijkste karakteristieken zijn samengevat in tabel 3.2.

In de installatie volgens het natte proces wordt alle brandstof via het hete trommelfront in de oven gebracht. Toevoeging van brandstof via het natte grondstofmengsel is niet toegestaan en er zijn geen voorzieningen voor midkiln injectie. Tot nog toe werd 80% van de energie gewonnen uit steenkool en petroleumcokes. Via een bijzondere derogatie (i.e. juridisch statuut in Wallonië vergelijkbaar met een gedoog-vergunning) was het CBR toegestaan afvalstoffen te verbranden via een mengsel van zaagsel en industriële afvalstoffen. Tot 1995 werd ongeveer 70 kton/jaar zaagsel-afval, Resofuel genaamd, verbrand. Met een gemiddelde calorische waarde van 10,5 MJ/kg levert dit 735 TJ/jaar of 20% van de energie. De Resofuel werd geproduceerd door STPI.

Op 18.12.95 werd aan CBR een vergunning toegekend voor het benutten van vaste, visceuze en vloeibare gevaarlijke afvalstoffen. In totaal mag 40% van de energie uit gevaarlijke afvalstoffen gewonnen worden. Aangezien de markt van hoog calorische vloeibare afvalstoffen verzadigd is, verwacht CBR dat dit pakket vooral ingevuld zal worden door zaagsel-afval mengsels en een beperkt aantal specifieke afvalstoffen uit de nabijgelegen industrie. De nieuwe vergunning omvat duidelijke criteria voor de samenstelling van het afvalstoffenmengsel dat benut mag worden. De vergunning bepaalt ook de normen voor de rookgasemissies. De emissienormen zijn conform de mengregel van de recente EU richtlijn voor het verbranden van gevaarlijk afval (Anonymus 1995b). CBR heeft een nieuw controlelaboratorium gebouwd teneinde alle bepalingen van deze vergunning in eigen beheer te kunnen controleren.

De volgende ontwikkelingsstap is de benutting van kunststofafval.

CBR Lixhe, droog proces

De droge oven heeft 4 cyclonen voor de voorverwarming en de decarbonisatie. De oven heeft geen specifieke precalcinator en evenmin een bypass. Hierdoor is de installatie gevoelig voor de chloor- en zwavelkringloop, waardoor de Cl- en S-concentraties in de brandstof en de grondstof binnen nauwe procescondities gehouden moeten worden. De gemiddelde Cl-concentratie in het grondstof-brandstofmengsel is procesmatig beperkt tot slechts 0,04%. Dit beperkt de mogelijkheden voor benutting van afvalstoffen aanzienlijk.

Tabel 3.2: Capaciteitskarakteristieken van de klinkerovens van CBR in België

Parameter	eenheid	Lixhe Nat	Lixhe droog	Antoing	Harmignies
Proces		Nat	Droog; 4 cyclonen	Droog; 5 cyclonen	Nat; Witte cement
Bouwjaar	-	1968	1976	1986	
Lengte	m	185	95	65	
Diameter	m	5,3	5,4	4	
Bedrijfsuren	uren/jaar	8.000	8.000	8.000	
Capaciteit	ton/dag ton/uur kton/jaar	1.800 75 600	3.500 145 1.200	3.000 125 1.000	210
Productie	kton/jaar	550	1.100	900	200
Energiegebruik	GJ/ton TJ/jaar TOE/jaar MW	6,8 3.700 90.000 140	3,6 4.000 95.000 145	3,2 2.900 70.000 110	9,0 1.800 43.000 65
Energiebron- nen primair secundair industrieel	gew. %	80 ¹ 20 ¹	84 ² 16 ²	50 ³ 50 ³	

Noten:

1. primair: steenkool en cokes, secundair: zaagsel/afvalolie
2. primair: steenkool, secundair: afvalhout (4%) en autobanden (12%)
3. primair: petroleumcokes, secundair: bedrijfsafvalstoffen

84% van de energie wordt gewonnen uit steenkool. Via de inworp van 18 kton/jaar volledige autobanden aan de materiaalzijde van de trommeloven, bij 900 °C, wordt 12% van de energie toegevoerd. Uit de verbranding van 11 kton/jaar houtsnippers wordt 4% van de energie gewonnen.

CBR Antoing, droog proces

De CBR installatie te Antoing is de nieuwste cementoven in België. Het is een droog proces met 5 cyclonen, een precalcinator en een korte, smalle draaitrommeloven. 60% van de energie wordt in de precalcinator ingevoerd, 40% aan het hete trommelfront. In het geval dat alle energie via branders wordt toegevoerd moeten alle brandstoffen verstuifbaar zijn.

De installatie gebruikt drie brandstofsoorten:

- Steenkool, petroleumcokes en leistein worden verpulverd, voorgedroogd en gebruikt aan het hete trommelfront en aan de precalcinator. Deze 'primaire' brandstoffen leveren ongeveer 50% van de energie;
- Rubberafval, vooral afkomstig van autosloperijen, wordt gemalen tot 20 mm stukgrootte en in de precalcinator verbrand;
- Hout, papier en karton van gesorteerde bedrijfsafvalstoffen worden vermalen tot 10mm stukgrootte en verbrand aan het hete trommelfront.

Momenteel wordt 50% van de energie gewonnen uit niet-gevaarlijke afvalstoffen. Technisch en procesmatig kan dit opgedreven worden tot 100%.

Met een energiegebruik van 3,2 GJ/(ton klinker) is dit een energiezuinige installatie. Overigens wordt ongeveer 90% van de klinker per schip vervoerd, hetgeen ook milieuvriendelijker is dan transport per vrachtwagen. 36% van de produktie wordt geëxporteerd naar Nederland.

CBR Harmignies

In Harmignies wordt witte cement gemaakt. De samenstelling van de klinker en dus van de grondstoffen is zeer nauw bepaald om de witte kleur te kunnen behouden. Vooral de concentraties ijzer, mangaan en chroom zijn kritisch. Daardoor is de oven niet geschikt voor de benutting van afvalstoffen met variabele samenstelling. Enkel 'zuivere' brandstoffen kunnen verbrand worden. In het kader van een afvalstoffenbeleidsplan is deze specifieke installatie daardoor minder relevant.

3.2.3 CCB

CCB heeft in Gaurain-Ramecroix twee klinkerovens (ovens 3 en 4) volgens het droge proces met cyclonen. Tot voor enkele jaren werd de capaciteit slechts voor ongeveer de helft benut en bleven moderniseringsinvesteringen achterwege. Sinds de overname door Italcementi-Ciments Français, en de sluiting van 2 cementovens in Noord-Frankrijk, is er een de vraag naar cementproduktie bij CCB toegenomen. Oven 3, daterend van 1967, is nu buiten bedrijf voor modernisering en hervergunning tegen eind 1996, begin 1997. Er wordt onder meer een doekenfilter, in plaats van een elektrofilter, gepland teneinde zeer lage stofemissies te kunnen realiseren.

De belangrijkste karakteristieken van oven 4 zijn in tabel 3.3 weergegeven.

Tabel 3.3: Capaciteitskarakteristieken van de klinkerovens van CCB

Parameter	eenheid	Oven nr. 4	Oven nr. 3
Proces		Droog; pre-calcinator; 5 cyclonen	Droog; 4 cyclonen
Bouwjaar	-	1985	1967 ¹
Lengte	m		
Diameter	m		
Bedrijfsuren	uren/jaar	8.000	8.000
Capaciteit	ton/dag ton/uur kton/jaar	4.600-5.000 200 1.600	1.800 75 500
Productie ²	kton/jaar	4.000	450
Energiegebruik	GJ/ton TJ/jaar TOE/jaar MW	2,9 4.700 110.000 170	3,2 1.600 38.000 70
Energiebron- nen primaire secundair industriële	gew. %	100 ³	100

Noten:

1. wordt in 1997 na renovatie opnieuw in gebruik genomen
2. schatting
3. 56% petroleumcokes, 38% steenkool, 6% stookolie

CCB gebruikt nog geen afvalstoffen noch secundaire brandstoffen.

Momenteel zijn er twee brandstof-injectieplaatsen: aan het hete trommelfront en aan de precalcinator. Nu wordt 60% van de energie in de oven geïnjecteerd langs het hete trommelfront en 40% aan de precalcinator. In de toekomst zou een brandstoftoevoer aan de materiaalzijde van de draaitrommel (tussen de precalcinator en de trommel) geconstrueerd kunnen worden.

CCB benut nog geen afvalstoffen. De intentie bestaat om in de toekomst niet-gevaarlijke afvalstoffen te verbranden. Hiervoor werden in 1995 testen uitgevoerd met gepelletiseerd huishoudelijk afval, afkomstig van PROAV, Nederland. De RDF-pellets werden gemaakt door ICOVA.

Enkele interessante karakteristieken van het RDF zijn:

Onderste verbrandingswaarde:	20 MJ/ton
Dichtheid	0,4 tot 0,5 ton/m ³
Asrest	12%
Chloor	0,7%
Zwavel	0,2%
Afmetingen van de pellets:	20 tot 50 mm

Bij de testen werden de pellets via de vaste-stof brander in het hete trommelfront geïnjecteerd. Verschillende verkleiningsmogelijkheden werden getest.

Belangrijke conclusies waren:

- Voor een goede uitbrand is het noodzakelijk de pellets verder te verkleinen. De slijtage aan de verkleiningsapparatuur is zeer aanzienlijk. Er resten tevens nog talrijke problemen met materiaaltransport;
- De kwaliteit van de klinker werd niet nadelig beïnvloed, maar met de specifieke proces-eigenschappen van deze installatie veroorzaakt een sulfaatkringloop in de oven verstoppingsproblemen;
- CCB staat nog aan de start van een technische en procesmatige ontwikkeling om RDF aan het hete trommelfront te kunnen verwerken;
- Rekening houdende met de kosten voor de voorbehandeling en de injectie van de pellets in de oven, met de vrij gunstige calorische waarde, maar met de lage dichtheid (minder dan 0,5 ton/m³), de grote transportafstand en de beperkte 'gate fee', zou volgens de huidige inzichten de 'brandstofprijs' ongeveer nul zijn;
- Aan de materiaalzijde van de trommeloven zouden RDF-brokken van ongeveer 15 tot 20 cm geïnjecteerd kunnen worden. De temperatuur is dan nog steeds 1150 °C, ruim voldoende voor verbranding van niet-gevaarlijk afval.

Afhankelijk van de nodige ontwikkelingen, te plegen investeringen en te verkrijgen vergunningen zou CCB kunnen evolueren naar de volgende capaciteiten voor afvalbenutting:

- 20% energiesubstitutie door toevoer van verkleinde RDF-pellets aan het hete trommelfront
- 20% energiesubstitutie door toevoer van grote RDF-afvalbrokken aan het koude trommeleinde.

De brander van de precalcinator is niet geschikt voor verbranding van afvalstoffen.

CCB heeft zich nog niet gelieerd met een 'huisleverancier' voor afvalstoffen. CCB is gestart met RDF omdat dit marktsegment nog niet gedekt wordt door CdO of CBR. Er werd gestart met afvalstoffen vanuit Nederland, omdat enkel PROAV / ICOVA pellets met geschikte specificaties konden leveren. Er zijn tot nog toe geen initiatieven van de Waalse intercommunales om geschikte secundaire grondstoffen

vanuit huisvuil te produceren. Een initiatief vanuit een private nutsonderneming in deze toekomst gerichte marktniche is meer waarschijnlijk.

3.2.4 Afvalvoorbehandelingsbedrijven

STPI - Falkenberg

STPI-Falkenberg, nabij Eupen, is het oudste afvalvoorbehandelingsbedrijf in België. Initieel is het een familiebedrijf van de gebroeders Falkenberg. Later verwierf het Duitse Ahrens 50% van de aandelen. Teneinde de noodzakelijke technologische ontwikkelingen te kunnen doorvoeren wordt een participatie voorbereid door een groep met als partners: de cementbedrijven CBR, het afvalverwerkingsbedrijf Watco n.v. en Page s.a. (een afvalverwerkend bedrijf met de staalfabriek Cockerill Sambre (Bel.) en Sita (Fr.)).

De belangrijkste activiteit van STPI tot nog toe was het conditioneren, mengen van industriële afvalstoffen met zaagsel teneinde de fysische eigenschappen van de afvalstoffen geschikt te maken voor verstuiving in de vaste-stofbranders van de cementovens. De afvalstoffen zijn onder meer oplosmiddelen, verfslib en off-spec producten in vloeibare en visceuze vorm. Het brandstofmengsel met calorische waarde tussen 10 en 14 MJ/kg wordt afgezet bij CBR en CdO. De afvalstoffen worden betrokken uit België, Nederland en vooral uit Duitsland via erkende afval-inzamelingsbedrijven (Trienekens, Rethmann, SBH, Westab, Plump, Weber e.a.).

Recent werden de dochtermaatschappijen Vabolux en Vaboplast opgericht met als doelstelling de technologische en commerciële ontwikkeling van de benutting van niet gevaarlijk hout- en kunststofafval.

Scoribel

Scoribel is de gespecialiseerde onderneming voor de afvalstoffenbevoorrading van Ciments d'Obourg. Scoribel is voor 51% dochter van Ciments d'Obourg (Bel.) en 49% Scori, (Fr.) (zie § 3.4.1). Scoribel heeft in Seneffe, nabij Obourg, eigen installaties voor de ontvangst, opslag, homogenisatie, chemische analyse van de industriële afvalstoffen die bij CdO verwerkt zullen worden. Scoribel verzorgt ook de controle en administratieve opvolging van de grote, constante, en duidelijk gespecificeerde afvalstoffen die rechtstreeks van de producent naar CdO kunnen worden gebracht en tevens van de afvalstof-zaagsel mengsels die vanuit STPI, en tevens vanuit Duitsland (Trienekens, Rethmann en SBH) naar CdO worden gebracht. Op deze manier is Scoribel voor CdO de gespecialiseerde, verantwoordelijke organisatie met de degelijke afvalstoffen-afhandeling als maatschappelijke doelstelling.

Watco

Binnen de reeks afval-inzamelingsbedrijven, die afvalstoffen naar de cementindustrie kunnen aanleveren, bekleedt Watco een bijzondere plaats. Voor het proefproject met de voeding van RDF in de midkiln injectie van CdO, zal de sorteerinstallatie van Watco te Neder-over-Heembeek, Brussel de behandelde bedrijfs-afvalstoffen aanleveren. De afvalstoffen zullen gesorteerd en gebroken

worden. De fractie die niet geschikt is voor recycling zal tot balen geperst worden. De verwachting is dat de gemiddelde calorische waarde van deze balen RDF ongeveer 18 à 19 MJ/kg zal bedragen met een, gemiddeld chloorgehalte rond 0,5%, en individuele partijen beneden 1%.

Ook de participaties bij STPI en de overname van RTR in Frankrijk (zie § 3.4.2) bevorderen de toegang van Watco tot de cementindustrie.

3.3 Potentiële capaciteit voor afvalstofbenutting in België

De potentiële capaciteit voor afvalstoffenverbranding in de cementindustrie kan via verschillende invalshoeken ingeschat worden:

- de bepalingen en beperkingen via het Europese en nationale beleid;
- het ondernemingsbeleid;
- de energetische behoeften van de installaties;
- de technische vereisten tot de samenstelling en verontreiniging van de cement;
- de operationele, technische mogelijkheden van de installaties.

Ook de uniforme definiëring van de begrippen 'afvalstof', 'secundaire brandstof' en 'secundaire grondstof' is essentieel. Tenslotte is een aanname voor de gemiddelde calorische waarde van de afvalstoffen bepalend voor de omrekening van de capaciteit van TJ/jaar naar kton/jaar.

Om de grootte-orde van de capaciteit in te schatten wordt verder gerekend met een gemiddelde calorische waarde van 15 en 20 GJ/ton. Zoals in hoofdstuk 2 geschetst, kunnen echter ook afvalstoffen worden benut die een veel lagere energiewaarde bezitten, maar relevante materiaalwaarde bezitten, en afvalstoffen met veel hogere energiewaarde.

3.3.1 Theoretische capaciteit

In theorie zou alle energie, die benodigd is in een cementoven, vanuit afvalstoffen en secundaire brandstoffen geleverd kunnen worden. Het brandstofpakket moet dan gemiddeld een calorische inhoud hebben van ongeveer 15 MJ/kg, ongeveer 20% van de hoeveelheid moet een calorische waarde hebben groter dan 25 MJ/kg en de gemiddelde belasting aan zware metalen, chloor en zwavel moet binnen bepaalde technische limieten blijven.

De industriële en consumptiemaatschappij brengt voldoende afvalstoffen voort om, mits een aangepast beleid, een geschikt palet aan brandstoffen aan de cementindustrie aan te bieden, zodat op termijn de cementindustrie zonder primaire brandstoffen zou kunnen functioneren.

De overzichtstabel 3.4 geeft een samenvatting van de energieparameters van de installaties in België, zoals ze in de vorige paragrafen werden weergegeven, tezamen met globale cijfers die door de federatie Febelcem werden gegeven. De kleine verschillen tussen beide zijn enkel een gevolg van afrondingsfouten.

Tabel 3.4.: Samenvatting van de capaciteitskarakteristieken van de Belgische cementindustrie

	Bedrijf	CdO	CBR				CCB	Totaal	Febel-cem
Para-meter	Een-heid		Lixhe	Lixhe	An-toing	Har-mig-nies			
Pro-duk-tie	Mton /jaar	1,6	0,55	1,1	0,9	0,2	1,6	5,95	5,91
Ener-giege-bruik	GJ /ton	5,2	6,8	3,6	3,2	9,0	2,9	4,29	4,28
	PJ /jaar	7,8	3,7	4,0	2,9	1,8	4,7	24,9	25,3
	kTOE- /jaar	190	90	95	70	43	110	598	605
	MW ¹	370	140	145	110	65	170	1.000	-

Noot:

1. Thermisch vermogen. Ter vergelijking: het totale vermogen is voldoende voor een elektriciteitscentrale van 450 MW elektrisch (rendement 45%)

Het totale jaarlijkse thermische energieverbruik zoals geschat op basis van de informatie van de verschillende cementbedrijven komt goed overeen met de opgave van de Febelcem., en bedraagt ongeveer 25 PJ/jaar.

In 1994 werd achttien procent van deze hoeveelheid brandstof geleverd door substitutie brandstoffen, zeg afvalstoffen (wel te verstaan: exclusief de secundaire grondstoffen van CdO), of ongeveer 110 kTOE. De hoeveelheid afval (in ton) is, afhankelijk van de gemiddelde calorische waarde, ongeveer 225 kton (20 GJ/ton), of 300 kton (15 GJ/ton).

3.3.2 Theoretische maximale capaciteit

De theoretische maximale capaciteit voor afvalstoffen wordt geschat onder de aannamen dat:

- 40% van de energie geleverd wordt door gevaarlijke afvalstoffen; dit is de limiet waaronder volgens de Europese richtlijn voor verbranding van afvalstoffen, de installatie een co-incinerator is, of waarboven de installatie een AVI is;
- 60% van de energie geleverd wordt door niet-gevaarlijke afvalstoffen en/of niet-gevaarlijke afvalstoffen die als secundaire brandstof in de exploitatievergunning zijn opgenomen.

Rekening houdend met een gemiddelde calorische waarde van 15 respectievelijk 20 MJ/kg voor het globale afvalstoffenpakket levert deze eenvoudige veronderstelling dan de theoretische maximale capaciteiten zoals opgenomen in tabel 3.5.

Tabel 3.5: Theoretische maximale capaciteit voor afvalstoffen in de Belgische cementindustrie

Type afvalstof	Capaciteit [kTOE/jaar]	Capaciteit [kton/jaar]	
		afval = 20 GJ/ton	afval = 15 GJ/ton
Niet-gevaarlijk afval	360	750	1.000
Gevaarlijk afval	240	500	670
Totaal	600	1.250	1.670

Haalbare maximale capaciteit

De theoretisch maximale capaciteit is om verschillende redenen een onwaarschijnlijk scenario. Als getemperd, maar nog steeds zeer ambitieus maximale capaciteit zou als streefdoel gesteld kunnen worden:

- 40% van de energie afkomstig van gevaarlijke afvalstoffen;
- 30% van de energie afkomstig van niet-gevaarlijke afvalstoffen;
- 30% van de energie afkomstig van primaire grondstoffen.

Dit theoretische model gaat uit van de volgende veronderstelling:

- Maximaal gebruik maken van de lucratieve markt van gevaarlijk afval;
- De overige 60% van de energie voor 50% winnen uit niet-gevaarlijk afval en voor 50% uit primaire brandstoffen.

Dit levert dan het resultaat weergegeven in tabel 3.6.

Tabel 3.6: 'Haalbare' maximale capaciteit voor afvalstoffen in de Belgische cementindustrie

Type afvalstof	Capaciteit [kTOE/jaar]	Capaciteit [kton/jaar]	
		afval = 20 GJ/ton	afval = 15 GJ/ton
Niet-gevaarlijk afval	180	375	500
Gevaarlijk afval	240	500	670
Totaal	420	875	1.170

Hierbij is de vraag of bij deze hoeveelheid afvalstoffen in de oven de kwaliteit van de klinker in het gedrang zou kunnen komen. Uiteraard moet bij het gebruik van afvalstoffen als energiebron terdege rekening worden gehouden met de kwaliteit en kwantiteit van de asrest. Onoverkomelijke problemen worden echter niet verwacht.

De ordegrootte is te bepalen met het volgende eenvoudige model. Indien het globale pakket afvalstoffen gemiddeld 10% asrest zou bevatten en 1% zware metalen dan zou dit, met 1.000 kton afvalstoffen, respectievelijk 100 kton ton asrest en 10 kton metalen vertegenwoordigen. Deze hoeveelheden worden opgenomen in ongeveer 6.000 kton klinker of 9.000 kton cement. Het is eenvoudig te berekenen dat dit leidt tot ongeveer 1% asrest en 0,1% metalen in het uiteindelijke produkt: de cement.

De theoretische capaciteit voor thermische afvalbenutting in de Waalse cementindustrie is van de orde van 400 kton olie equivalent en van de orde 1.000 kton afval per jaar met een onzekerheidsmarge van ruwweg 30%. De actueel in de vergunning opgenomen en de technisch haalbare capaciteit is aanzienlijk lager, ongeveer 500 kton/jaar. Met een aangepast investerings- en vergunningsklimaat is dus nog ruim 500 kton/jaar extra capaciteit haalbaar.

3.3.3 Capaciteit op basis van ondernemingsbeleid en technische mogelijkheden

Om de hiervoor genoemde theoretische maximale capaciteiten enigszins concreter te kunnen inschatten, worden in deze paragraaf een aantal extrapolaties gemaakt voor maximale capaciteiten van de verschillende installaties voor het komende decennium op basis van het huidige ondernemingsbeleid en op basis van de technische mogelijkheden. Voor alle duidelijkheid zij gesteld dat dit extrapolaties zijn van de auteurs, en niet van de bedrijven zelf: vanwege commerciële belangen wordt dit soort informatie bedrijfsintern gehouden.

Ciments d'Obourg

De doelstelling en strategie van Ciments d'Obourg zijn duidelijk: CdO streeft naar een integrale energiewinning uit zogenaamde secundaire en substitutie brandstoffen. Waar nodig worden de nodige ontwikkelings- en demonstratieprogramma's uitgevoerd en de nodige investeringen gerealiseerd.

De volgende capaciteiten zijn reeds beschikbaar of kunnen in de toekomst verwacht worden:

Met de huidige cementproduktie (2,1 miljoen ton klinker per jaar) is de energiebehoefte 190 kTOE of 7.800 TJ/jaar. De extrapolaties gaan uit van dit marktgegeven. De capaciteit is echter nog 25% hoger.

Gevaarlijk afval

CdO heeft een vergunning voor 250 kton/jaar gevaarlijk afval, waarvan:

180 kton/jaar	vast afval, i.e. het mengsel van afval met zaagsel of een ander adsorbens;
50 kton/jaar	vloeibaar afval;
20 kton/jaar	afvalwater.

Bij een gemiddelde (onderste) calorische waarde van 12,5 MJ/kg vertegenwoordigt dit 40% van het nominale jaarverbruik (7.800 TJ/jaar). Bij een volledige capaciteitsbenutting (10.700 TJ/jaar) wordt de 40% energielimiet bereikt met een gemiddelde calorische waarde van 17 MJ/kg. In de praktijk is de gemiddelde calorische waarde ongeveer 15 MJ/kg en het jaarverbruik ongeveer 200 kton/jaar.

Een uitbreiding van de vergunning i.e. capaciteit voor gevaarlijk afval ligt niet in het verschiet.

Niet-gevaarlijk afval

In eerste instantie kan 50% van de resterende energiebehoefte, of 30% van het totaal, door niet-gevaarlijke afvalstoffen vervangen worden: ongeveer 2.500 TJ/jaar.

Dit kan afkomstig zijn van:

- 80 tot 100 kton RDF van huisvuil, bedrijfsafval, textiel, papier, kunststof etc. Bij een gemiddelde calorische waarde van 15 tot 20 MJ/kg levert dit 1.200 tot 2.000 TJ/jaar. In dit deel kan ook brandbaar afval van autowrakken shredders opgenomen worden, voor zover de metaalbelasting binnen de perken blijft.
- 25 tot 30 kton kunststofafval afkomstig van bedrijven en/of selectieve inzameling van huisvuil. Bij een gemiddelde calorische waarde van 35 tot 40 MJ/kg of levert dit 900 tot 1.200 TJ/jaar.

Een gedeelte van de zogenaamde secundaire brandstoffen (steenkoolgruis en steenkoolslib) wordt door CdO voorgedroogd. Een gedeelte hiervan kan in de toekomst vervangen worden door afvalwaterzuiveringsslib. De capaciteit kan ruwweg geschat worden op 50 tot 100 kton droge stof/jaar. Deze schatting moet echter met de nodige reserves genomen worden: tot nog toe wordt waterzuiveringsslib meestal geconditioneerd met vrij grote hoeveelheden kalk en filterpersen afhankelijk van de steekvastheid voor stortplaatsen. De conditionerings-behoeften, en daardoor de hoeveelheden kalk en slib, worden echter fundamenteel anders wanneer het produkt niet steekvast moet zijn. Deze uitwerking valt echter buiten het bestek van deze studie.

CBR

CBR streeft eveneens naar een zo hoog mogelijke winning van energie uit afvalstoffen. Door een aantal procesmatige beperkingen moet de capaciteit toch lager ingeschat worden dan het theoretische maximum uit § 3.3.1.

CBR Lixhe, nat proces

De energiebehoefte van de oven is 3.750 TJ/jaar, waarvan voor 40% vergunning is verkregen voor vast en/of vloeibaar gevaarlijk afval en afvalolie. De markt voor benutting van vloeibare, calorische afvalstoffen is echter verzadigd, zodat hoofdzakelijk vaste afvalstoffen verwacht worden. CBR verwacht een gemiddelde

calorische waarde van slechts 10,5 MJ/kg (lager dan CdO voor hetzelfde produkt), zodat hieruit een capaciteit van ongeveer 140 kton/jaar volgt.

Een realistische schatting is verder dat grosso modo 10 tot 15 kton/jaar fijn versnipperd kunststofafval als hoog calorische brandstof gebruikt zal kunnen worden en aldus 10 tot 15% van de energie zou leveren.

De overige 50% van de energie zou verder van steenkool komen.

In principe zou ook (gedeeltelijk) voorgedroogd waterzuiveringsslib verbrand kunnen worden, mits aan een aantal voorwaarden voldaan wordt: chloor- en kwikbelasting beneden bepaalde grenzen, niet geclassificeerd onder de noemer gevaarlijk afval en opgenomen als secundaire brandstof in de exploitatievergunning.

Een verdere verhoging van het aandeel energie uit afvalstoffen zou een midkiln injectie systeem vereisen.

CBR Lixhe, droog proces

Door de afwezigheid van een bypass tussen de draaitrommeloven en de cyclonen, is in deze installatie de gemiddelde chloorbelasting in de grondstoffen beperkt tot 400 mg/kg of 0,04%. De lage procesmatige grenswaarde voor chloor vormt de flessenhals voor een doorgedreven benutting van afvalstoffen in deze installatie.

Slechts 16% van de energie wordt uit niet-gevaarlijke afvalstoffen gewonnen: 11 kton/jaar versnipperd afvalhout (uit spoorbielzen en bouwafval) en 18 - 20 kton/jaar autobanden.

Om afvalstoffen met meer dan 0,04% chloor te kunnen benutten is een investering van ongeveer 16 miljoen gulden vereist voor een bypass, alsook een economisch verantwoorde afzetmarkt voor het resulterende Bypass Kiln Dust.

CBR Antoing, droog proces

De oven van Antoing is procesmatig goed geschikt voor het benutten van afvalstoffen. De oven is energiezuinig, met een capaciteit van 2.900 TJ/jaar, met 40% of 1.150 TJ/jaar aan het hete trommelfront van de korte, smalle draaitrommeloven en 60% of 1.700 TJ/jaar in de precalcinator. Aan het trommelfront moeten de vaste brandstoffen verkleind worden tot deeltjes kleiner dan 10 mm, aan de precalcinator tot deeltjes kleiner dan 20 mm.

In principe zou 100 % van de energie uit niet-gevaarlijke bedrijfsafvalstoffen gewonnen kunnen worden. In de praktijk zou een percentage van 80 tot 90% reeds een goede benutting-benutting zijn.

Met 40 tot 45 kton/jaar hoog calorisch afval, zoals auto-shredderafval en kunststofafval, kan 1.500 tot 1.700 TJ/jaar aan de precalcinator benut worden. Met 15 kton/jaar hoog calorisch, goed brandbaar kunststofafval en 25 tot 30

kton/jaar versnipperd bedrijfsafval of versnipperd grof huisvuil zoals hout, papier, karton, textiel, à rato van 15 MJ/kg, kan 900 tot 1.100 TJ/jaar aan het trommelfront verbrand worden.

CBR Harmignies

Gezien de procesmatige beperkingen van het proces voor de produktie van witte cement (lage concentraties Fe, Mn, Cr en andere metalen) is de lange termijn extrapolatie van de capaciteit voor afvalstoffen marginaal in vergelijking met de andere ovens.

CCB

CCB staat op alle gebied nog in de startblokken wat betreft de thermische benutting van afvalstoffen:

- strategie: de bedrijfsstrategie en de managementprioriteiten dienen eerst degelijk uitgewerkt te worden;
- marktsegment: gezien CdO en CBR voor verschillende marktsegmenten reeds een grote technologische en commerciële voorsprong hebben, is de 'keuze' van de afvalstofsoorten voor CCB meer beperkt;
- investeringen: afhankelijk van de bedrijfsstrategie en het marktsegment staat CCB nog voor belangrijke investeringen in kennisopbouw, kwaliteitsbeleid en infrastructuur voor afvalbenutting;
- vergunningen: het proces van vergunningsaanvraag, publieke en politieke acceptatie en vergunningsverlening moet nog opgestart worden.

Voor dit groeiproces moet toch enkele jaren tijd uitgetrokken worden. Rekening houdend met deze beperkingen is 40% energiewinning uit afvalstoffen tegen het jaar 2000 reeds een aanzienlijke uitdaging.

De procesmatige mogelijkheden van de installatie zullen nog proefondervindelijk moeten worden bepaald. Constructie-technisch is de precalcinator minder geschikt voor de verbranding van afvalstoffen. Een investering in een toevoer van grotere brokken vaste afvalstoffen aan de materiaalingang van de trommeloven is zowel technisch als qua potentieel marktsegment waarschijnlijk het meest interessant. In tweede instantie kan een investering voor de injectie van verpulverd of verpulverbaar afval aan het hete trommelfront uitgewerkt worden.

Als extrapolatie van de capaciteit beperken we ons in deze fase tot:

- 20% van de energie uit brokken afval aan de materiaalingang van de trommel, bestaande uit shredderafval, RDF uit bedrijfsafval en huishoudelijk afval, geshredderde autobanden. Met een gemiddelde calorische waarde van ongeveer 20 MJ/kg zou dit een capaciteit van grosso modo 45 kton/jaar opleveren;
- 20% van de energie uit versnipperd afval aan het hete trommelfront, bestaande uit kunststofafval, gedroogd niet-gevaarlijk waterzuiveringsslib, en bedrijfsafvalstoffen. Mogelijk is de kostprijs om RDF uit huisvuil voldoende

fijn te versnipperen prohibitief voor een economisch verantwoorde toepassing aan het hete trommelfront. Met een gemiddelde calorische waarde van ongeveer 20 tot 25 MJ/kg zou dit een capaciteit van grosso modo 35 tot 45 kton/jaar opleveren.

3.3.4 Schatting van de realiseerbare capaciteit

De hierboven beschreven extrapolaties leiden tot de volgende totaal-schattingen voor de cementindustrie in België zoals samengevat in tabel 3.7, waarin opgenomen:

- de totale capaciteit voor toepassing van brandbare afvalstoffen in de Belgische cementindustrie, geëxtrapoleerd uit een theoretisch model en de bedrijfsmogelijkheden (uit § 3.2);
- de theoretisch maximaal mogelijke capaciteit (uit § 3.3.2);
- de hoeveelheid brandbare afvalstoffen die in 1994 effectief verwerkt werden;
- de resterende capaciteit.

Tabel 3.7: Schatting van de capaciteit van de Belgische cementindustrie voor het gebruik van brandbare afvalstoffen in de cementovens

Afvalstofsoort	Capaciteit, extrapolatie	Capaciteit, maximum	inzet afval (1994)	rest capaciteit
Refuse-Derived Fuel	50-100		-	50-100
Hout, papier, karton, textiel	60-80		11	50-70
Autobanden	20-40		20	0-20
Autoshredder	50-100		10	40-90
Kunststofafval	60-80		10	50-70
Waterzuiveringslib	50-100		0	50-100
Totaal niet-gevaarlijk afval	300-500	500-1000	50	250-450
Gevaarlijk afval	400	500-670	270	130

Hieruit blijkt dat de Belgische cementindustrie tegen het jaar 2000 een extra capaciteit zou kunnen hebben ontwikkeld voor grosso modo 130 kton/jaar gevaarlijk afval en 250 tot 450 kton/jaar niet-gevaarlijke afvalstoffen.

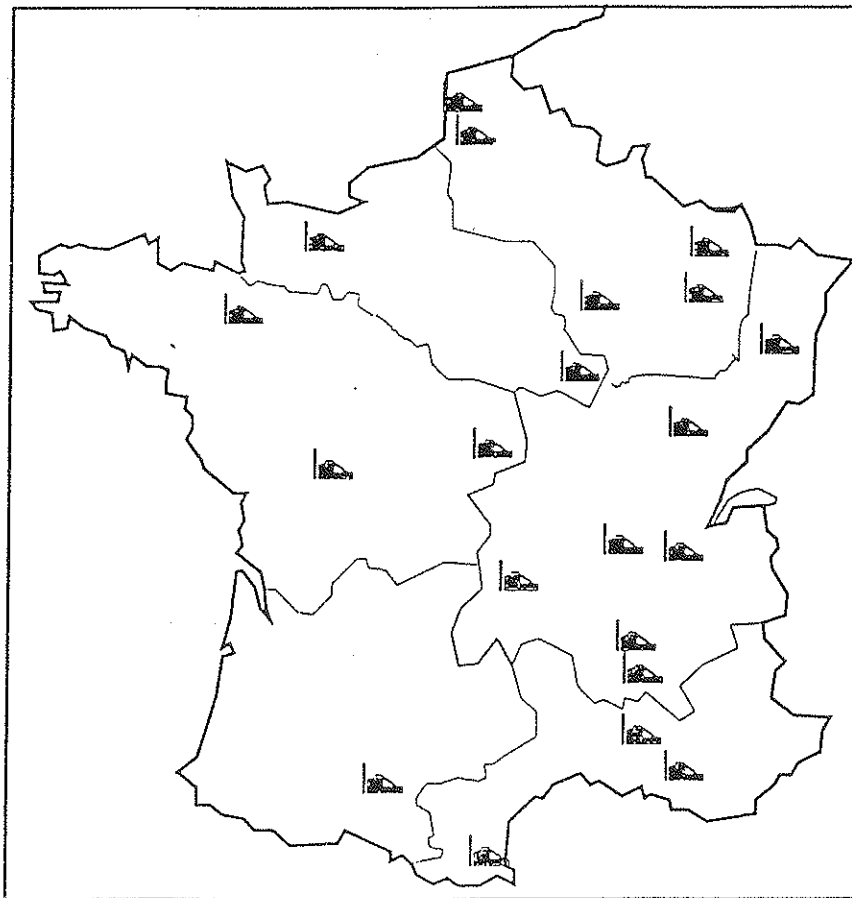
3.4 Overzicht ondernemingen en capaciteit in Frankrijk

3.4.1 Cementbedrijven

In Frankrijk worden in 22 cementbedrijven industriële afvalstoffen verbrand (figuur 3.2). De bedrijven behoren tot vier cementondernemingen:

- Lafarge Ciments;
- Calcia, Italcementi / Ciments Français;
- Vicat;
- Groupe Origny, met het Zwitserse Holderbank als hoofdaandeelhouder.

Tot nog toe worden uitsluitend industriële afvalstoffen verbrand. De markt van de benutting van bedrijfsafvalstoffen, huishoudelijke en niet-gevaarlijke afvalstoffen in de cementindustrie is nog niet ontwikkeld doordat tot nog toe de conventionele verwijderingsmethoden domineren, met name storten en verbranden in klassieke AVI's. Slechts drie bedrijven verbranden autobanden. (De meeste autobanden worden voor hergebruik geëxporteerd naar Oost-Europa en Noord-Afrika.)



Figuur 3.2: Locatie van de cementbedrijven in Frankrijk een vergunning bezitten voor de verbranding van industriële afvalstoffen.

3.4.2 Afvalvoorbehandelingsbedrijven

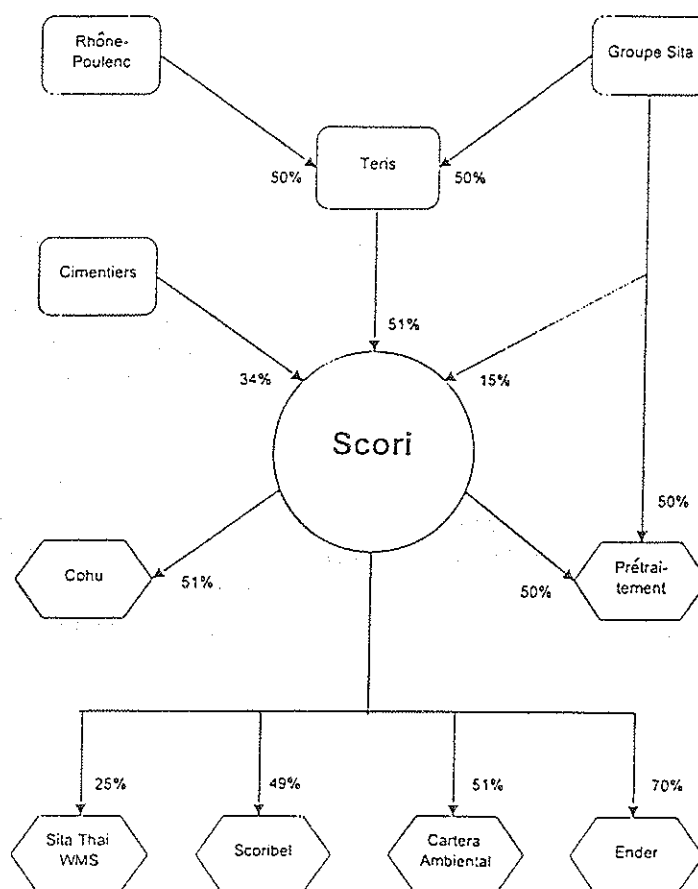
Drie bedrijven zijn actief in de bevoorrading van de cementbedrijven met afvalstoffen:

- Scori;
- ARF;
- RTR.

De markt wordt gedomineerd door Scori, die 18 van de 22 cementbedrijven toelevert. ARF is een klein familiebedrijf, met de toepasselijke familienaam 'Flamme', die slechts 1 cementbedrijf bedient. RTR is eveneens een kleine onderneming die recent werd overgenomen door het Belgische nutsbedrijf Watco.

Scori

Scori is een commercieel centrum voor de verwerking van industriële afvalstoffen, met aandeelhouders vanuit diverse industriële sectoren en met uiteenlopende verwerkings-mogelijkheden (zie figuur 3.3).



Figuur 3.3: Schema van de aandeelhouders- en participatiestructuur van Scori.

In de aandeelhoudersstructuur zijn vertegenwoordigd:

- de chemische industrie, met Rhône Poulenc via Teris;
- de drinkwater-nutsvoorziening, met Lyonnaise des Eaux via Groupe Sita;
- de cementindustrie met Calcia, Lafarge Ciments en Vicat.

Scori heeft diverse afvalverwijderingsmogelijkheden:

- verbranding in gespecialiseerde AVI's via Teris;
- co-incineratie in de chemische procesindustrie, via Teris en Rhône Poulenc;
- verbranding in de cementindustrie;
- fysico-chemische verwerking, via Groupe Sita;
- stortplaatsen, via Groupe Sita en France Déchets;
- terugwinning van afvalolie, via Cohu.

Scori heeft eigen voorbehandelingscentra en dochterondernemingen in België, Spanje en Thailand.

Door de integratie van gespecialiseerde AVI's, co-incineratie in de chemische procesindustrie en benutting in de cementindustrie laat Scori zien dat deze verschillende verbrandingstechnologieën technologisch en economisch realiseerbaar zijn, waarbij de combinatie van opties extra (economische) voordelen biedt.

3.4.3 Indicatie van de potentiële capaciteit

Momenteel is de technische capaciteit van de 22 cementbedrijven die afvalstoffen gebruiken ongeveer 600 kton/jaar, waarvan echter slechts ongeveer 250 kton/jaar zijn ingevuld. De capaciteit van 600 kton/jaar is bepaald op basis van vrij hoog calorische industriële afvalstoffen zoals afvalolie, verfslib, lijmafval, oplosmiddelen, vetten e.a. In 1992 werd door de afvalverbranding in de cementindustrie in Frankrijk 170 kTOE primaire brandstof gespaard.

Omdat vanaf het jaar 2002 in Frankrijk een stortverbod voor brandbare afvalstoffen zal gelden, worden momenteel ontwikkelingen en investeringen doorgevoerd om ook bedrijfsafvalstoffen met lagere energetische waarde te kunnen verbranden. De capaciteit en het aanbod van afvalstoffen naar de cementindustrie zullen aanzienlijk toenemen. Daarnaast bestaat de indruk dat ook het aanbod van niet-gevaarlijke, brandbare afvalstoffen in Frankrijk zal toenemen. De beschikbare capaciteit voor afval afkomstig van buiten Frankrijk zal daardoor waarschijnlijk beperkt blijven. Nadere studie naar het verwachte aanbod, en de strategie van de verschillende ondernemingen is echter nodig om deze uitspraak beter te kunnen onderbouwen.

4 Overheidsbeleid

In dit hoofdstuk is kort aangegeven wat het standpunt van de verschillende overheden desbetreffend is of kan zijn, voor respectievelijk België en Frankrijk.

4.1 België

In het gefederaliseerde België is de bevoegdheid voor het milieubeleid naar de regio's gedelegeerd. Om diverse politieke, culturele, financiële en industriële redenen is er in de twee grootste regio's, Vlaanderen en Wallonië, een verschillend beleid ten aanzien van de verwerking van afvalstoffen gegroeid.

De meeste industriële branche-organisaties zijn gefederaliseerd voor zover het onderwerpen op het gebied van het leefmilieu betreft.

4.1.1 Vlaanderen

Vlaanderen is een sterk geïndustrialiseerde regio met een omvangrijke chemische industrie. Voor de verwerking van gevaarlijke industriële afvalstoffen bestaan drie mogelijkheden:

- verbranding en nuttige toepassing van vloeibare, hoog calorisch afvalstoffen in de eigen installaties van de procesindustrie
- verbranding in de gemengde onderneming (50,1 % overheid, 49,9 % privaat kapitaal) Indaver n.v. voor de verwerking van industriële afvalstoffen, met een totale verbrandingscapaciteit van 100 kton/jaar
- co-incineratie in de cementindustrie, vooral bij Ciments d'Obourg.

De totale verwerkingscapaciteit overtreft het aanbod van afvalstoffen, zodat momenteel ongeveer 20 kton/jaar buitenlandse afvalstoffen worden geïmporteerd naar de installaties van Indaver.

De Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij (OVAM) heeft (nog) geen officieel beleid ten aanzien van verbranding in AVI's of co-incineratie. Sinds 01.01.1996 ontmoedigt OVAM met een 'milieuheffing' van 2000 bf/ton (110 fl/ton) de export van afvalstoffen naar Wallonië. De heffing is gelijk voor alle afvalstofsoorten, met uitzondering van de residu's van recyclingbedrijven. De heffing is ook gelijk voor storten, fysico-chemisch verwerken en verbranden. De milieuheffing voor verbranding in Vlaanderen is lager, met name slechts 300 bf/ton (16 fl/ton), terwijl de milieuheffing voor storten in Vlaanderen gelijk is aan de heffing voor export naar Wallonië. Met dit heffingenbeleid tracht de overheid de Vlaamse AVI's enigszins te beschermen tegenover de concurrentie vanuit Wallonië.

Op Europees, nationaal en regionaal beleidsniveau wordt gedebatteerd over de vraag of het verbranden van afval in de cementindustrie afvalverwerking dan wel nuttig toepassen van afval is. In het laatste geval mogen geen handelsbelemmeringen worden opgeworpen tussen de lidstaten en de regio's.

Om ecologische en economische redenen verdedigt de Vlaamse brancheorganisatie van de chemische industrie (SIREV) de benutting van bepaalde categorieën industriële afvalstoffen in de cementindustrie.

Voor het industrieel en communaal waterzuiveringsslib staat een belangrijke kentering voor de deur: volgens de nieuwe Vlaamse milieureglementering Vlare 2 (gepubliceerd in 1995) zal het vanaf 1997 verboden zijn om brandbare industriële afvalstoffen (afvalstoffen met meer dan 10 % gloeiverlies) te storten. In Vlaanderen omvat de term "industrieel afval" elke afvalstof die afkomstig is van industriële bedrijvigheid, dus zowel gevaarlijk als niet-gevaarlijk afval. Het stortverbod zal van toepassing zijn op de brandbare industriële afvalstoffen, met uitzondering van de industriële afvalstoffen die qua aard en samenstelling vergelijkbaar zijn met huishoudelijke afvalstoffen en met uitzondering van biologisch afbreekbare afvalstoffen. Het aanbod van waterzuiveringsslib voor verbranding zal dan aanzienlijk toenemen. Er is geen globaal beleidsplan en evenmin een overzicht van de lopende initiatieven en studies. Voor verschillende industriële ondernemingen en eveneens voor Aquafin n.v., de gemengde onderneming (75 % overheid en 25 % privaat kapitaal) voor de zuivering van het communaal afvalwater, is de verwerking in de cementindustrie, al dan niet na voordroging van het slib bij de water-zuiveringsinstallatie, een ecologisch en economisch verantwoorde keuze. Een inschatting van het jaarlijkse aanbod waterzuiveringsslib naar de cementindustrie is echter nog niet bekend.

Voor huishoudelijk afval is de komende jaren geen stortverbod te verwachten. Het nieuwe vijf-jarenplan, 1996 - 2000, is nog in voorbereiding. Voor de balans tussen preventie, hergebruik, recycling, verbranding, storten en voor de potentiële rol van de Waalse cementindustrie moet nog een politiek evenwicht uitgewerkt worden.

4.1.2 Wallonië

Het Waalse Gewest voorziet in haar afvalstoffenplan een prominente plaats voor de nuttige toepassing van energie en materiaal in de Waalse cementindustrie. Hiervoor hanteert het Waalse Gewest evidente ecologische en economische motieven:

- Via het gebruik van energie en materiaal uit afvalstoffen draagt de cementindustrie bij tot het duurzame gebruik van grondstoffen.
- Via de verbranding van afvalstoffen, en de daarbij horende Europese reglementeringen, krijgt het Waalse Gewest meer greep op de reglementering en het toezicht op de emissies van de cementindustrie. Door de meer intense interne en externe controle van de emissies, omwille van de co-incineratie van afvalstoffen, zullen de emissies door de cementindustrie afnemen ten opzichte van de periode zonder verbranding van afvalstoffen.
- Dankzij de besparing van brandstof- en grondstofkosten en dank zij de inkomsten van de dienstverlening wordt de concurrentiepositie van de Waalse cementindustrie aanzienlijk verbeterd.
- Dank zij de samenwerking met de cementindustrie hoopt het Waalse Gewest de omvang van de eigen investeringen in verbrandingscapaciteit te kunnen beperken.

In dit licht hebben het Waalse Gewest en Febelcem op 15 mei 1995 een convenant ondertekend voor het gebruik van afvalstoffen in de cementindustrie. In dit convenant wordt een schatting gegeven van het potentieel aanbod van inzetbaar afval in Wallonië en België: tabel 4.1.

Tabel 4.1: Potentieel aanbod van inzetbaar afval in Wallonië en België en potentiële capaciteit van de cementindustrie. Schatting aanbod volgens het convenant tussen het Waalse Gewest en Febelcem.

Afvalstofsoort	Aanbod Wallonië	België	Capaciteit ¹
Papier, karton, hout	100	300	60-80
RDF pellets	250	400	50-100
Autobanden	15	30	20-40
Zwaar autoshradder afval	15	30	?
Licht autoshradder afval	40	90	50-100
Slib ex papierindustrie	60-120	250	?
Waterzuiverings-slib	?	?	50-100
Kunststofafval	?	?	60-80
Totaal	360	700	300-500

Noot:

1. Dit is de capaciteit volgens extrapolatie zoals weergegeven in tabel 3.7. Daarvan is reeds een gedeelte in 1994 benut.

Het totaal is kleiner dan de som van de deelstromen, omdat men ervan uitgaat dat niet alle deelstromen volledig tot ontwikkeling gebracht kunnen worden en omdat ook andere alternatieven naast de cementindustrie bestaan of ontwikkeld zullen worden. Zo wordt een belangrijke hoeveelheid autobanden voor hergebruik geëxporteerd naar Oost-Europa en Noord-Afrika. Zwaar autowrakken-shredderafval bevat alsnog te veel metalen, waardoor het minder geschikt is voor de cementindustrie. De tabel laat zien dat aanbod en capaciteit vrij goed op elkaar afgestemd zouden kunnen worden.

Het convenant tussen het Waalse Gewest en Febelcem is een intentieverklaring die nog verder geconcretiseerd moet worden via overeenkomsten tussen het Gewest en de drie individuele ondernemingen. Van zijn kant zal het Gewest initiatieven moeten realiseren met intercommunales en private ondernemingen voor de inzameling, sortering en voorbehandeling van de afvalstoffen om ze geschikt te

maken voor gebruik in de cementindustrie. Het laat zich aanzien dat er nog een lange weg ligt naar de werkelijke invulling van het convenant.

Het convenant betreft enkel afvalstoffen uit de openbare sector. Voor de verwerking van afvalstoffen uit de private ondernemingen wenst de cementindustrie duidelijk het mechanisme van de vrije markt te laten werken. Ook voor de afvalstoffen uit de openbare sector wenst de cementindustrie enige commerciële bewegingsvrijheid te behouden. Daarom wenst ze zich niet te binden met het Waalse Gewest alleen, maar wenst ze ook afvalstoffen uit andere regio's en landen aan te trekken.

Het convenant tussen het Waalse Gewest en Febelcem betekent geenszins dat de Waalse overheid een soepel en tolerant vergunningsbeleid hanteert. De toekenning van een vergunning voor co-incineratie is steeds het resultaat van een uitgebreide ecologische studie en de vergunningen bevatten gedetailleerde bepalingen met betrekking tot emissies, acceptatiebeleid, registraties, periodieke interne en externe controles en meldingen.

4.2 Frankrijk

In Frankrijk is de markt voor de verbranding van afvalstoffen in de cementindustrie tot nog toe beperkt tot industriële gevaarlijke afvalstoffen. De concurrentie tussen de gespecialiseerde afval-verbranding en de co-incineratie in de cementindustrie wordt bijzonder hard gespeeld met scherpe artikelen langs beide kanten in de vakpers en op het publieke forum.

De bevoegde autoriteiten erkennen, via de ADEME (l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, de administratie voor leefmilieu en energie), de kwaliteiten en beperkingen van de beide alternatieven en erkennen een complementaire rol voor de AVI's en de co-incineratie. In 1993 werd een derde van de industriële gevaarlijke afvalstoffen van Frankrijk in de cementindustrie verbrand. Voortgezet onderzoek, overleg en afstemming met ADEME zouden moeten leiden tot een toename van het aandeel van de cementindustrie.

Het beleid ten aanzien van het gebruik van niet-gevaarlijke afvalstoffen en RDF uit bedrijfsafval en uit huishoudelijk afval is nog niet ontwikkeld, doordat er nog voldoende marktpotentieel is in de meer lucratieve verbranding van industriële afvalstoffen.

5 Financieel-economische aspecten

Dit hoofdstuk is beperkt tot geven van orde-groottes. De eerste motivatie voor het gebruik van brandbare afvalstoffen in de cementindustrie is het uitsparen van de kosten van primaire brandstof. Grosso modo zijn de kosten voor een brandstofmengsel bestaande uit steenkool en petroleumcokes ongeveer 3 tot 4 fl/GJ. Dit bedrag is inclusief de kosten voor voordroging en vermaling. De kosten voor stookolie zijn ongeveer 50 % hoger. Indien het totale energiegebruik van de Waalse cementindustrie, 25.000 TJ (tabel 3.4) uit een steenkool-petroleumcokes mengsel zou gewonnen worden, dan betekent dit een totale brandstofkostenpost van 75 tot 100 miljoen gulden per jaar. Het model met 40 % energiesubstitutie door gevaarlijke afvalstoffen betekent hierop een kostenreductie van 30 tot 40 miljoen gulden/jaar. Het model met 30 % energiesubstitutie door niet-gevaarlijke afvalstoffen betekent een kostenreductie van 20 tot 30 miljoen gulden/jaar. Een afvalstofmengsel met gemiddeld 15 GJ/ton vertegenwoordigt aldus een brandstofkosten-besparing van 45 tot 60 fl/ton (afval), met gemiddeld 20 MJ/kg is de kostenbesparing 60 tot 80 fl/ton.

Aan de co-incineratie van afvalstoffen ook extra kosten verbonden ten behoeve van bijkomende controles en infrastructuur voor de voorbehandeling en injectie van de afvalstoffen. De kosten variëren afhankelijk van de eigenschappen van de afvalstof. Daar staat tegenover dat voor de verwerking van afvalstoffen een bepaalde prijs, of 'gate-fee' te bedingen valt.

De commerciële strategie van de cementbedrijven ten aanzien van de prijsbepaling voor afvalstoffen afhankelijk van energie-waarde, materiaal-waarde en complexiteit van de afvalstof is uiteraard een vertrouwelijk gegeven. Ondanks de intrinsieke waarde van de afvalstoffen is het zeer waarschijnlijk dat de cementbedrijven steeds een 'gate fee' aan de klant zullen berekenen voor de dienstverlening. Als algemene trend kan verwacht worden dat de verwerkingsprijs in de cementindustrie van de orde zal zijn van de marktprijs voor verwerking in de gespecialiseerde AVI's verminderd met de intrinsieke energie- en materiaalwaarde van de afvalstof.

De capaciteit van de cementindustrie voor gevaarlijk afval (400 kton/jaar) is groot ten opzichte van de capaciteit van de op industriële afvalstoffen gespecialiseerde AVI's in België en Nederland (Indaver n.v. en AVR Chemie) die gezamenlijk ongeveer 200 kton/jaar bedraagt. De toenemende concurrentie leidt tot een voortdurende prijzenslag. Vanuit de AVI's is er sterke behoefte aan beleidsondersteuning.

De capaciteit voor niet-gevaarlijk afval (300 - 500 kton/jaar) is relatief klein ten opzichte van het aanbod en ook ten opzichte van de AVI-capaciteit in Nederland (3,5 Mton/jaar). De activiteiten van de cementindustrie op deze markt zijn dus niet direct bedreigend voor de gevestigde AVI's, maar de cementindustrie vormt een bijkomende actor op een markt waar de concurrentie hevig is en drukt dus op de commerciële slagkracht van de AVI's. Een volledige financieel-economische inschatting van de mogelijkheden voor afvalbenutting in de cementindustrie valt buiten de grenzen van deze studie.

6 Verdere ontwikkelingen

Uit het voorgaande is gebleken dat de toepassing van niet-brandbare, minerale reststoffen of afvalstoffen in de cementindustrie reeds goed ontwikkeld is en ruime acceptatie geniet. Ook de nuttige toepassing van brandbare afvalstoffen in de cementindustrie biedt gunstige ecologische en energetische perspectieven. De potentiële capaciteit biedt betekenisvolle groeiperspectieven aan aantrekkelijke financiële en economische voorwaarden. Er zijn objectieve redenen om aan te nemen dat de gespecialiseerde AVI's en de cementindustrie complementair zijn wat betreft de mogelijkheden voor de verwerking van afvalstoffen. Het huidige beleid en praktijk zijn echter gericht op en gunstig voor de verbranding in de AVI's. Nieuwe inzichten geven aan dat deze grens herzien kan worden ten gunste van de co-incineratie. Er resten echter nog meerdere beleidsknelpunten, die via nadere beleidsonderbouwende studie en overleg opgehelderd moeten worden teneinde de potentiële mogelijkheden van toepassing in de cementindustrie optimaal te ontwikkelen.

6.1 Ecologie en energie

In hoofdstuk 2 werden de grote lijnen geschetst van de meest relevante ecologische en energetische parameters, met daaraan gekoppeld de inzetbaarheid van diverse soorten afvalstoffen. Over de nauwkeurige afweging van de voor- en nadelen, de kwaliteiten en beperkingen van de AVI's en de cementindustrie, wat betreft de rookgasemissies en wat betreft de vaste residu's en de invloed van de verbranding van afvalstoffen hierop, zijn de meningen nog erg verdeeld.

Als solide basis voor de verdere ontwikkeling van het beleid ten aanzien van co-incineratie, is het noodzakelijk om een zo objectief mogelijke, verder wetenschappelijk onderbouwde vergelijking te maken van:

- de emissies door de cementovens en de invloed van afvalstoffen hierop met de emissies door AVI's, ondersteund door een goede allocatie van milieueffecten van de verwerking van afval enerzijds, en de produktie van cement anderzijds
- de verspreiding van verontreinigingen via de vaste residu's, in casu de cement en de bodemas en de vliegashouding van AVI's en hun gebruik als bouwstof of verwijdering op stortplaatsen, alsmede de effectieve besparing van primaire grondstoffen
- de effectiviteit van de benutting van de energetische inhoud van de afvalstoffen en de resulterende effectieve substitutie van primaire brandstoffen.

Voor zover ons bekend, zijn er nog geen objectieve ecobalans studies gepubliceerd voor de inzet van afvalstoffen in de cementindustrie, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de in hoofdstuk 2 genoemde vergelijkende studie naar verwerkingstrajecten voor kunststofafval (Sas, 1994). Verscheidene vertrouwelijke rapporten wijzen echter op een globaal positieve milieubalans van de co-incineratie in de cementindustrie.

6.2 Marktaanbod

In deze studie wordt een schatting gemaakt van de potentiële verwerkingscapaciteit van de cementindustrie ten aanzien van verschillende afvalstofsoorten. Vooral wat betreft de niet-gevaarlijke afvalstoffen staat de industriële ontwikkeling, zowel langs de verwerkingszijde als langs de aanbodzijde, nog in de aanvangsfase. Het verdient aanbeveling beide markten concreet te kwantificeren, teneinde de noodzakelijke investeringen in infrastructuur en beleid optimaal op elkaar af te stemmen.

De capaciteit van de Waalse en de Nederlandse cementindustrie voor de toepassing van afvalstoffen is belangrijk. Bij de studie van de afstemming van vraag en aanbod is het essentieel om rekening te houden met de gevestigde inzamelings- en verwerkingsstructuren en het evenwicht tussen openbaar en privaat initiatief.

Door een zorgvuldige afweging van de energetische, ecologische en economische belangen, moet het mogelijk zijn om de introductie en de ontwikkeling van de co-incineratie in de cementindustrie, maar later ook in andere industriële installaties zoals de hoogovens en de elektriciteitscentrales, niet als een bedreiging voor de bestaande structuren te aanzien, maar eerder als een verantwoorde aanvulling.

6.3 Beleidsontwikkeling

Wanneer met de voorgaande studies de goede kwaliteiten van de co-incineratie aangetoond zouden worden, dan zal het noodzakelijk zijn om een aantal beleidsinstrumenten aan te passen om de toepassing van afvalstoffen in de cementindustrie te begeleiden.

- Uitwerking (of aanpassing) van criteria - zoals calorische waarde, asrest en watergehalte - om onderscheid te maken tussen 'verbranden' of 'vernietiging' en nuttige toepassing'
- Uitwerking van acceptatiecriteria voor verbranding van afvalstoffen door co-incineratie
- Uitwerken van internationale consensus op het niveau van de EU wat betreft deze criteria alsmede de indeling conform de groene, oranje en rode lijst stoffen
- Uitwerking van vergunnings- en toezichtsprocedures die specifiek aangepast zijn voor de problematiek van co-incineratie
- Aanpassing van het tarievenbeleid.

Referenties

- (Anonymus, 1988) Anonymus, Portland-vliegas-cement in metselmortels, CUR, Gouda, 1988
- (Anonymus, 1994) Anonymus, "Reglementation sur la destruction des déchets en cimenterie", Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Bern 1994
- (Anonymus, 1995a) Anonymus, "Bases de la valorisation des combustibles de substitution en cimenterie" Ernst Basler und partner, Zollikon, CH, 94037-34, 1995
- (Anonymus, 1995b) Anonymus, Interviews met vertegenwoordigers Belgische cementindustrie, België, 1995
- (AOO, 1995) Afval Overleg Orgaan, Tienjarenprogramma Afval, 1995-2005, 1995
- (Degre, 1994) J.P. Degre, "Total quality in waste treatment, cement and building industry potential", Pollutec, Lyon, F, 20 october 1994
- (Degre, 1995) J.P. Degre, P. Gilson, D. Goutte D., "Etude scientifique et technique de fiabilité de la filière de valorisation des déchets et sous-produits industriels en cimenterie", Febelcem, Brussel, 1995.
- (Duda, 1985) W.H. Duda, Cement-data-book, Bd.1, Internationale Verfahrenstechniken der Zementindustrie; 3. Aufl., Bauverlag, Wiesbaden, 1985
- (Dijkema, 1994) G.P.J. Dijkema and L. Stougie, Environmental and economic analysis of the Veba Oel option for the processing of Mixed Plastic Waste, Interduct, Delft, juli 1994.
- (Frohnsdorff, 1986) G. Frohnsdorff (red.), Blended cements, symp. Denver, CO, 27 june 1984, ASTM, Philadelphia, 1986
- (Mantus, 1992) E.K. Mantus, "All fired up, Burning hazardous waste in cement kilns", Environmental Toxicology International, ISBN 0-9631944-1-0, 1992
- (Peray, 1986) K.E. Peray, The rotary cement kiln, Arnold, London, 1986

Referenties

- (Pietersen, 1994) H.S. Pietersen, de Vries M., "Incineration of hazardous waste in cement kilns", Intron, 94078, 1994
- (Sas, 1994) H. Sas, J.P. van Soest, M.J. Zegwaard, G.P.J. Dijkema et. al., Verwijdering van huishoudelijk kunststofafval: analyse van milieu-effecten en kosten, hoofdrapporten en bijlagen, Centrum voor Energiebesparing en schone technologie, Delft, 1994.
- (Smits, 1996) D.F. Smits, J.N. Schinkel, Technologische mogelijkheden voor een doelmatiger beheer van primaire en secundaire grondstoffen, 10 - Cement & beton, Interduct, Delft, 1996 (in druk).
- (Taylor, 1990) H.F.W. Taylor, Cement chemistry, Academic Press, London, 1990

Lijst van afkortingen

AOO	Afval Overleg Orgaan
AVI	Afval VerbrandingsInstallatie
AVR	Afval Verwerking Rijnmond
CBR	s.a. Cimenteries C.B.R. Cementbedrijven n.v.
CKD	Cement Kiln Dust
CdO	s.a. Ciments d'Obourg
CCB	s.a. Compagnie des Ciments Belges 'C.C.B.' n.v.
EU	Europese Unie
gew	gewichts
GJ	Giga Joule (10^9 Joule)
kTOE	1.000 ton olie equivalent
kton	1.000 ton
MJ	Mega Joule (10^6 Joule)
MW	Mega Watt (10^6 Joule per seconde)
Mton	1.000.000 ton
PROAV	Provinciale Afvalverwerking Zuid-Holland
rpm	toeren per minuut
TJ	Tera Joule (10^{12} Joule)
TOE	ton olie equivalent
TU	Technische Universiteit