

**Beste Beschikbare Technieken (BBT)
voor behandeling van bodemas van huisvuilverbranding**

Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor behandeling van bodemas van huisvuilverbranding

P. Nielsen, C. Kenis, S. Vanassche en K. Vrancken



ACADEMIA PRESS



<http://www.emis.vito.be>

© Academia Press – Gent
Eekhout 2
9000 Gent

Deze uitgave kwam tot stand in het kader van het project 'Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken en bijhorend Energie en Milieu Informatie Systeem' (BBT/EMIS) van het Vlaams Gewest.

BBT/EMIS wordt begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Energie, Natuur en Openbare werken, het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI) en IWT, OVAM, VLM, VMM, ZG en de betrokken bedrijfstakorganisaties.

Hoewel al het mogelijke gedaan is om de accuraatheid van de studie te waarborgen, kunnen noch de auteurs, noch Vito, noch het Vlaams Gewest aansprakelijk gesteld worden voor eventuele nadelige gevolgen bij het gebruik van deze studie. Specifieke vermeldingen van procédés, merknamen, enz. moeten steeds beschouwd worden als voorbeelden en betekenen geen beoordeling of engagement.

De gegevens uit deze studie zijn geactualiseerd tot 10 december 2007.

De uitgaven van Academia Press worden verdeeld door:

Wetenschappelijke Boekhandel J. STORY-SCIENTIA BVBA
Sint-Kwintensberg 87
9000 Gent
Tel. (09) 225 57 57 - Fax (09) 233 14 09

Voor Nederland:
Ef & Ef
Eind 36
6017 BH Thorn
Tel. 0475 561501 - Fax 0475 56 16 60

P. Nielsen, C. Kenis, S. Vanassche en K. Vrancken
Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor behandeling van bodemas van huisvuilverbranding
Gent, Academia Press, 2008, xii + 119 pp.

Opmaak: proxess.be

ISBN: 978 90 382 1259 3
Wettelijk Depot: D/2008/4804/75
Bestelnummer U 1102
NUR 973

Voor verdere informatie, kan u terecht bij:
BBT-kenniscentrum
VITO
Boeretang 200
B-2400 MOL
Tel. 014/33 58 68
Fax 014/32 11 85
e-mail: bbt@vito.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of vermenigvuldigd door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

TEN GELEIDE

In opdracht van de Vlaamse Regering is bij VITO in 1995 een kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken opgericht. Dit BBT-kenniscentrum heeft als taak informatie te verspreiden over milieuvriendelijke technieken in bedrijven. Doelgroepen voor deze informatie zijn milieuverantwoordelijken in bedrijven en de overheid. De uitgave van dit boek kadert binnen deze opdracht. Het BBT-kenniscentrum wordt, samen met het zusterproject EMIS (<http://www.emis.vito.be>) begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Energie, Natuur en Openbare werken, het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), het departement Economie, Wetenschap en Innovatie en de agentschappen IWT, OVAM, VEA, VLM, VMM en Zorg en Gezondheid.

Milieuvriendelijke technieken zijn erop gericht de milieuschade die bedrijven veroorzaken te beperken. Het kunnen technieken zijn om afvalwater en afgassen te zuiveren, afval te verwerken of bodemvervuiling op te ruimen. Veel vaker betreft het echter preventieve maatregelen die de uitstoot van vervuilende stoffen voorkomen en het energie- en grondstoffenverbruik reduceren. Indien dergelijke technieken, in vergelijking met alle gelijkaardige technieken, het best scoren op milieugebied én indien ze bovendien betaalbaar blijken, spreken we over Beste Beschikbare Technieken of BBT.

Milieunormen die aan bedrijven worden opgelegd, zijn in belangrijke mate gebaseerd op de BBT. Zo zijn de Vlaamse II sectorale normen vaak een weergave van de mate van milieubescherming die met de BBT haalbaar is. Het bepalen van de BBT is daarom niet alleen nuttig als informatiebron voor bedrijven, maar ook als referentie waarvan de overheid nieuwe milieunormen kan afleiden. In bepaalde gevallen verleent de Vlaamse overheid ook subsidies aan bedrijven als deze investeren in de BBT.

Het BBT-kenniscentrum werkt BBT-studies uit per bedrijfstak of per groep van gelijkaardige activiteiten. Deze studies beschrijven de BBT en geven achtergrondinformatie. De achtergrondinformatie laat milieu-ambtenaren toe de dagelijkse bedrijfspraktijk beter aan te voelen en geeft bedrijfsverantwoordelijken aan wat de wetenschappelijke basis is voor de verschillende milieuvorwaarden. De BBT worden getoetst aan de vergunningsnormen en de regels inzake ecologiepremie die in Vlaanderen van kracht zijn. Soms zijn suggesties gedaan om deze normen en regels te verfijnen. Het verleden heeft geleerd dat de Vlaamse Overheid de gesuggereerde verfijningen vaak effectief gebruikt voor nieuwe Vlaamse reglementering en voor de ecologiepremie. In afwachting hiervan moeten ze echter als niet-bindend worden beschouwd.

BBT-studies zijn het resultaat van een intensieve zoektocht in de literatuur, bezoeken aan bedrijven, samenwerking met sectorexperts, het bevragen van leveranciers, uitgebreide contacten met bedrijfsverantwoordelijken en ambtenaren, etc. Het spreekt voor zich dat de geschetste BBT overeenkomen met een momentopname en dat niet alle BBT – nu en in de toekomst – in dit werk opgenomen kunnen zijn.

LEESWIJZER

Hoofdstuk 1 Inleiding

licht eerst het begrip “Beste Beschikbare Technieken” toe en de invulling ervan in Vlaanderen en schetst vervolgens het algemene kader van voorliggende BBT-studie. Ondermeer het voor-nemen, de hoofddoelstellingen en de werkwijze van deze BBT-studie worden hierbij verduide-lijkt.

Hoofdstuk 2 Socio-economische en milieu-juridische situering van de sector

is een socio-economische doorlichting van de sector van de behandelingsinstallaties voor bodemas afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties voor huishoudelijk en gelijkgesteld afval. In dit hoofdstuk wordt het belang weergegeven van de sectoren met aantal en omvang van de bedrijven, de tewerkstelling en de omzet. Dit laat ons toe de economische gezondheid en de draagkracht van de sectoren in te schatten, wat van belang is bij het beoordelen van de haalbaar-heid van de voorgestelde maatregelen. Daarnaast worden de voornaamste wettelijke bepalingen opgesomd die op de bodemasbehandelingsinstallaties van toepassing (kunnen) zijn, als ook op de geproduceerde bodemas. Een overzicht van de globale milieu-impact van de sectoren besluit het hoofdstuk.

Hoofdstuk 3 Procesbeschrijving

beschrijft in detail de procesvoering in de bodemasbehandelingsinstallaties. Voor elk van de processtappen wordt de bijbehorende milieuproblematiek geschetst. De verschillende deelpro-cessen zijn de aanvoer, voorafgaande opslag, fractioneren, scheiden van de ferro- en non-ferro metalen, wassen en verouderen.

Hoofdstuk 4 Beschikbare milieuvriendelijke technieken

licht de verschillende maatregelen toe die in de bodemasbehandelingsinstallaties voorzien zijn of geïmplementeerd kunnen worden om milieuhinder van de installatie te voorkomen of te beperken, maar ook om de (milieu)kwaliteit van de behandelde bodemas te vergroten. De beschikbare milieuvriendelijke maatregelen worden per milieudiscipline (water, lucht, geluid en trillingen, afval, bodem en energie) besproken.

Hoofdstuk 5 Selectie van de Beste Beschikbare Technieken

evalueert de milieuvriendelijke maatregelen die in hoofdstuk 4 beschreven zijn naar hun impact op milieu, technische haalbaarheid en kostprijs. De hieruit geselecteerde technieken worden als BBT beschouwd voor de sector, haalbaar voor een gemiddeld bedrijf.

Hoofdstuk 6 Aanbevelingen op basis van de Beste Beschikbare Technieken

geeft suggesties om de bestaande milieuregelgeving te concretiseren en/of aan te vullen. In dit hoofdstuk wordt onderzocht welke van de milieuvriendelijke technieken in aanmerking komen voor investeringssteun in het kader van de ecologiepremie.

INHOUDSTAFEL

TEN GELEIDE	I
LEESWIJZER.....	III
SAMENVATTING	IX
ABSTRACT	XI

Hoofdstuk 1. INLEIDING	I
1.1. Beste Beschikbare Technieken in Vlaanderen	I
1.1.1. Definitie	I
1.1.2. Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid	I
1.1.3. Het Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken	3
1.2. De BBT-studie ‘behandeling van bodemas van huisvuilverbranding’	3
1.2.1. Doelstellingen van de studie	3
1.2.2. Inhoud van de studie	4
1.2.3. Begeleiding en werkwijze	4

Hoofdstuk 2. SOCIO-ECONOMISCHE EN MILIEU-JURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR	5
2.1. Omschrijving en afbakening van de bedrijfstak	5
2.1.1. Afbakening van de sector.	5
2.1.2. De bedrijfskolom	5
2.2. Socio-economische kenmerken van de sector.	6
2.2.1. Evolutie van de aangeboden hoeveelheid huishoudelijk afval in Vlaanderen	6
2.2.2. HVVI's en bodemasproductie in Vlaanderen	9
2.2.3. Bodemasbehandeling	10
2.2.4. Conclusies socio-economische situering	18
2.3. Prijsvorming en concurrentiepositie afvalverbranding en bodemasbehandeling	19
2.3.1. Prijsvorming voor verbranding en storten van huishoudelijk afval. ..	19
2.3.2. Bodemasbehandeling: kosten, afzet en bijkomende opbrengsten	21
2.3.3. Concurrentiepositie	23
2.4. Bouwtechnische kwaliteiten van HVVI-bodemas.	26
2.5. Regelgevend kader voor hergebruik van HVVI-bodemas	28
2.5.1. Situatie in Vlaanderen	28
2.5.2. Situatie in Nederland	30
2.5.3. Situatie in Duitsland.	34
2.5.4. Situatie in Wallonië	35
2.5.5. Situatie in Frankrijk	37
2.5.6. Situatie in Denemarken	38

2.5.7.	Vergelijking van de Vlaamse normen met de normen gehanteerd in Nederland, Duitsland, Frankrijk en Wallonië	40
2.5.8.	Evaluatie van de normwaarden	43
2.5.9.	Relevante Europese regelgeving	44
2.5.10.	Europese BREF Waste Incineration.	45
Hoofdstuk 3.	PROCESBESCHRIJVING	47
3.1.	<i>Inleiding</i>	47
3.2.	<i>Procesgeïntegreerde maatregelen bij de verbranding</i>	47
3.3.	<i>Behandeling van ruwe bodemas</i>	48
3.4.	<i>Karakterisering van de binnenkomende bodemas</i>	50
3.5.	<i>Voorafgaande opslag</i>	52
3.5.1.	Procesbeschrijving	52
3.5.2.	Milieuaspecten	52
3.6.	<i>Droge deeltjesscheiding / fractioneren</i>	52
3.6.1.	Procesbeschrijving	52
3.6.1.1.	Voorafzeving	53
3.6.1.2.	Zeven	53
3.6.1.3.	Breken	55
3.6.1.4.	Verwijderen lichte fracties	55
3.6.1.5.	Sorteerlijn	55
3.6.2.	Milieuaspecten	55
3.7.	<i>Ferro- en non-ferro afscheiding</i>	56
3.7.1.	Procesbeschrijving	56
3.7.2.	Milieuaspecten	58
3.8.	<i>Verouderen</i>	58
3.8.1.	Procesbeschrijving	58
3.8.2.	Milieuaspecten	59
3.9.	<i>Natte deeltjesscheiding (fractioneren)</i>	59
3.9.1.	Procesbeschrijving	59
3.9.2.	Milieuaspecten	60
3.10.	<i>Wassen</i>	60
3.10.1.	Procesbeschrijving	60
3.10.2.	Milieuaspecten	60
3.11.	<i>Verglazing en sinteren</i>	61
3.11.1.	Procesbeschrijving	61
3.11.2.	Milieuaspecten	61
3.12.	<i>Koud immobiliseren (stabiliseren/solidificeren)</i>	62
3.12.1.	Procesbeschrijving	62
3.12.2.	Milieuaspecten	63

Hoofdstuk 4.	BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN ...	65
4.1.	Behandelingsmethodes voor ruwe bodemas	65
4.1.1.	Terugwinnen ferro metalen uit bodemas	65
4.1.2.	Terugwinnen non-ferro metalen uit bodemas	65
4.1.3.	Terugwinnen non-ferro uit de fijne bodemasfractie (< 6 mm) via droge wervelstroomscheiders.	67
4.1.4.	Terugwinnen non-ferro uit de fijn bodemasfractie (< 10 mm) via een natte scheidingstechniek (Magnus scheider)	67
4.1.5.	Wassen in de ontslakker en/of bij het uitdragen van de bodemas uit de ontslakker.	68
4.1.6.	Wassen door besproeien van de voorraadhoop	70
4.1.7.	Nageschakeld wassen in wastrommel (met of zonder additieven) ...	70
4.1.8.	Wassen in combinatie met zeven (nat fractioneren)	72
4.1.9.	Droge deeltjesscheiding/ fractionering	74
4.1.10.	Verouderen	75
4.1.11.	Versneld verouderen.	76
4.1.12.	Verglazen of smelten van bodemas	81
4.2.	Behandelingsmethodes/afzetroutes voor de fijne bodemasfractie	82
4.2.1.	Koud immobiliseren (stabiliseren/solidificeren)	82
4.2.2.	Terug opmengen van de gefractioneerde bodemasfracties	83
4.2.3.	Afbreken van organische complexen (verhitten)	84
4.2.4.	Grondstof voor de aanmaak van cement (klinker)	85
4.2.5.	Gebruik in afdichtlagen voor stortplaatsen	85
4.2.6.	Sinteren van bodemas	86
4.2.7.	Gebruik op stortplaatsen	86
4.3.	Maatregelen ter beperking van het watergebruik.	86
4.3.1.	Recyclage van eluaat, drainage en/of sproeiwater.	86
4.3.2.	Wassen	87
4.4.	Maatregelen ter beperking van mogelijke bodem/grondwater verontreiniging	87
4.5.	Maatregelen ter beperking van stofemissies	87
4.5.1.	Tijdens opslag (zie ook BREF, Emissions from storage, july 2006) ..	87
4.5.2.	Tijdens verwerking: zeven, breken en overslag	88
4.6.	Maatregelen ter beperking van geurhinder	89
Hoofdstuk 5.	SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN (BBT)	91
5.1.	Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken.	91
5.2.	Besluiten.	97
5.2.1.	BBT voor afvalreductie	97
5.2.2.	BBT voor watergebruik	98
5.2.3.	BBT voor reductie van luchtmissies	98
5.2.4.	BBT voor bodembescherming	99

Hoofdstuk 6. AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN	101
6.1. Inleiding	101
6.2. Aanbevelingen voor de milieuregelgeving	101
6.3. Aanbevelingen om de afzetmogelijkheden te verruimen	102
6.4. Aanbevelingen voor ecologiepremie	102
 BIBLIOGRAFIE	 105
LIJST DER AFKORTINGEN	111
BEGRIPPENLIJST.....	113
 BIJLAGEN.....	 115
OVERZICHT VAN DE BIJLAGEN	116
Bijlage 1. MEDEWERKERS BBT-STUDIE	117
Bijlage 2. FINALE OPMERKINGEN	119

SAMENVATTING

Het BBT-kenniscentrum, opgericht in opdracht van de Vlaamse Regering bij VITO, heeft tot taak het inventariseren, verwerken en verspreiden van informatie rond milieuvriendelijke technieken. Tevens moet het centrum de Vlaamse overheid adviseren bij het concreet maken van het begrip Beste Beschikbare Technieken (BBT). In dit rapport worden de BBT voor de verwerking van bodemas van huisvuilverbrandingsinstallaties in kaart gebracht.

Jaarlijks wordt ongeveer 1,2 miljoen ton afval verbrand, waarvan ongeveer 70% huishoudelijk afval. Dit leidt tot een jaarlijkse bodemas productie van ongeveer 230.000 ton. In Vlaanderen zijn twee bodemasbehandelingsinstallaties, de natte asbehandeling van Indaver waar jaarlijks ongeveer 100.000 ton bodemas van de eigen verbrandingsinstallatie wordt behandeld en de droge asopwerkingsinstallatie van VALOMAC in Grimbergen met een capaciteit van 250.000 ton, waar zowel Vlaamse als Waalse bodemas wordt verwerkt. De bodemas van twee Vlaamse installaties (Eeklo en Houthalen) wordt in het buitenland verwerkt, respectievelijk in Nederland en Duitsland.

Het is BBT om zowel de ferro- als non-ferro metalen terug te winnen uit bodemas. Om de milieuhygiënische en bouwtechnische kwaliteit van de ruwe bodemas te verbeteren is het BBT om nat of droog te fractioneren gevolgd door natuurlijke veroudering met besproeien van de voorraadhoop, of nat of droog fractioneren gevolgd door een versnelde carbonatatie van de ruwe bodemas.

Voor de fijne bodemasfracties die ontstaan tijdens het nat of droog fractioneren zijn verschillende afzetroutes mogelijk: terug opmengen met de grove fractie, sinteren, immobiliseren, of storten. De keuze van deze routes wordt bepaald door lokale marktcondities en de plaatselijke milieuwetgeving.

Het gebruik van bodemas is in Vlaanderen gebonden aan het normeringskader van VLAREA, dat enkel voorziet in een vrij hergebruik van afvalstoffen. Het regelgevend kader voor het gebruik van bodemasgranulaten in de ons omringende landen daarentegen is veelal specifiek opgesteld voor het gebruik van bodemasgranulaten in onderfunderingen, waarbij de bodemasgranulaten van het milieu worden afgeschermd door technische maatregelen. Dit leidt ertoe dat de inschatting van de milieurisico's niet vergelijkbaar is, in het buitenland worden immers extra beschermingsmaatregelen genomen, waardoor de milieuhygiënische normen voor het gebruik van bodemas minder streng (kunnen) zijn.

In het buitenland is de droge bodemasbehandeling de meest courant gebruikte asopwerkings-techniek. Het toepassen van een droge bodemasbehandeling biedt in Vlaanderen echter geen garantie op een VLAREA-conform eindproduct. Vooral de volledige uitbrand van organische stoffen blijkt een belangrijke factor te zijn voor de te bereiken askwaliteit. Zo lijkt de kans op een VLAREA-conform eindproduct bij toepassing van een droge asbehandeling enorm toe te nemen wanneer de afvalverbrandingsoven voorzien is van een naverbrandingstrommel.

De BBT-selectie en de adviesverlening is tot stand gekomen op basis van o.a. een socio-economische sectorstudie, kostprijsberekening, een vergelijking met buitenlandse BBT-documenten, bedrijfsbezoeken en overleg met vertegenwoordigers van de federaties, leveranciers, specialisten uit de administratie en adviesbureaus. Het formeel overleg gebeurde in een begeleidings-comité.

ABSTRACT

The Centre for Best Available Techniques (BAT) is founded by the Flemish Government, and is hosted by VITO. The BAT centre collects, evaluates and distributes information on environment friendly techniques. Moreover, it advises the Flemish authorities on how to translate this information into its environmental policy. Central in this translation is the concept “BAT” (Best Available Techniques). BAT corresponds to the techniques with the best environmental performance that can be introduced at a reasonable cost.

About 1.2 million ton of waste is incinerated yearly, of which approximately 70 weight % municipal solid waste. The incineration process results in a yearly production of 230 000 ton bottom ash. In Flanders there are two treatment facilities for the treatment of these bottom ashes: one is operated by Indaver and treats nearly 100 000 ton/year by a wet process, the other is operated by SITA (VALOMAC) and treats bottom ashes coming from Flanders, Wallonia and Brussels by a dry process. The latter installation has a capacity of 250 000 ton/year. The bottom ashes of two Flemish waste incinerators (Eeklo and Houthalen) are treated abroad, i.e. respectively in the Netherlands and in Germany.

It is considered Best Available Practice (BAT) to recover the ferrous and non-ferrous fractions from the bottom ash. To improve the environmental as well as building technical characteristics of the bottom ash it is BAT to fractionate the bottom ashes in a wet or dry process followed by natural or accelerated carbonation of the ash.

For the fine bottom ash fractions, which result from the wet or dry fractionation process, there are several possible recycling and disposal routes: e.g. mixing of the fine fraction (or part thereof) with the coarser bottom ash fraction(s), sintering or immobilization of the fine fraction, or landfilling. The selection of one of these recycling or disposal routes largely depends on the local market conditions and local environmental regulations and policy.

The use of bottom ashes in Flanders is regulated by the Flemish Regulations on Waste management, in short VLAREA. VLAREA regulates the use of all waste materials for which identical environmental standards have been developed. The environmental standards for use of bottom ash in the neighbouring countries, on the other hand, are often specifically developed for the use of bottom ashes in specific applications, such as base layer in road construction. Its use is often restricted to these applications and subject to extra safety measures to prevent contact with surface or infiltration waters. As a result the assessment of the environmental risks involved with the use of these ashes are not comparable. Because of the extra safety measures in the neighbouring countries the environmental standards for the use of the bottom ashes are less strict than those in place in Flanders.

The dry bottom ash treatment is the most widely used, and generally results in a bottom ash aggregate that in many countries can be used in the road construction industry. In Flanders, however, this type of treatment offers no guarantee that the treated bottom ashes will comply with the environmental VLAREA criteria for re-use. Even after treatment the leaching of copper will often remain problematic. The removal of organic matter seems especially important to solve this problem. Therefore the success of the dry bottom ash treatment seems to depend largely on the quality of the original bottom ash. Bottom ashes coming from an incinerator equipped with an afterburner seem to comply more easily with the environmental VLAREA standards, than bottom ashes derived from incinerators without such systems.

The BAT selection in this study was based on plant visits, a literature survey, a technical and socio-economic study, cost calculations, and discussions with industry experts, representatives of the federations, suppliers and authorities. The formal consultation was organised by means of an advisory committee.

Hoofdstuk 1

INLEIDING

1.1. Beste Beschikbare Technieken in Vlaanderen

1.1.1. Definitie

Het begrip “Beste Beschikbare Technieken”, afgekort BBT, wordt in Vlarem I¹, artikel 1 29°, gedefinieerd als:

“het meest doeltreffende en geavanceerde ontwikkelingsstadium van de activiteiten en exploitatiemethoden, waarbij de praktische bruikbaarheid van speciale technieken om in beginsel het uitgangspunt voor de emissiegrenswaarden te vormen is aangetoond, met het doel emissies en effecten op het milieu in zijn geheel te voorkomen of, wanneer dat niet mogelijk blijkt algemeen te beperken;

a) “technieken”: zowel de toegepaste technieken als de wijze waarop de installatie wordt ontworpen, gebouwd, onderhouden, geëxploiteerd en ontmanteld;

b) “beschikbare”: op zodanige schaal ontwikkeld dat de technieken, kosten en baten in aanmerking genomen, economisch en technisch haalbaar in de industriële context kunnen worden toegepast, onafhankelijk van de vraag of die technieken al dan niet op het grondgebied van het Vlaamse Gewest worden toegepast of geproduceerd, mits ze voor de exploitant op redelijke voorwaarden toegankelijk zijn;

c) “beste: het meest doeltreffend voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel.”

Deze definitie vormt het vertrekpunt om het begrip BBT concreet in te vullen voor de behandeling van bodemas van huisvuilverbranding in Vlaanderen.

1.1.2. Beste Beschikbare Technieken als begrip in het Vlaamse milieubeleid

Achtergrond

Bijna elke menselijke activiteit (vb. woningbouw, industriële activiteit, recreatie, landbouw) beïnvloedt op de één of andere manier het leefmilieu. Vaak is het niet mogelijk in te schatten hoe schadelijk die beïnvloeding is. Vanuit deze onzekerheid wordt geoordeeld dat iedere activiteit met maximale zorg moet uitgevoerd worden om het leefmilieu zo weinig mogelijk te belasten. Dit stemt overeen met het zogenaamde voorzorgsbeginsel.

In haar milieubeleid gericht op het bedrijfsleven heeft de Vlaamse overheid dit voorzorgsbeginsel vertaald naar de vraag om de “Beste Beschikbare Technieken” toe te passen. Deze vraag wordt als zodanig opgenomen in de algemene voorschriften van Vlarem II² (art. 4.1.2.1). Het toepassen van de BBT betekent in de eerste plaats dat iedere exploitant al wat technisch en economisch mogelijk is, moet doen om milieuschade te vermijden. Daarnaast wordt ook de naleving van de vergunningsvoorwaarden geacht overeen te stemmen met de verplichting om de BBT toe te passen.

¹ Vlarem I: Besluit van de Vlaamse Regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams Reglement betreffende de milieuvergunning, herhaaldelijk gewijzigd.

² Vlarem II: Besluit van de Vlaamse Regering houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne van 1 juni 1995, herhaaldelijk gewijzigd.

Ook in de meeste andere geïndustrialiseerde landen kan het BBT-principe worden teruggevonden in de milieuregelgeving, zij het soms met een andere klemtoon. Vergelijkbare begrippen zijn o.a.: BAT (Best Available Techniques), BATNEEC (Best Available Techniques Not Entailing Excessive Costs), de Duitse ‘Stand der Technik’, het Nederlandse ALARA-principe (As Low as Reasonably Achievable) en ‘Beste Uitvoerbare Technieken’.

Binnen het Vlaamse milieubeleid wordt het begrip BBT in hoofdzaak gehanteerd als basis voor het vastleggen van milieuvergunningsvoorwaarden. Dergelijke voorwaarden die aan inrichtingen in Vlaanderen worden opgelegd steunen op twee pijlers:

- de toepassing van de BBT;
- de resterende milieu-effecten mogen geen afbreuk doen aan de vooropgestelde milieu-kwaliteitsdoelstellingen.

Ook de Europese “IPPC” Richtlijn (96/61/EC), schrijft de lidstaten voor op deze twee pijlers te steunen bij het vastleggen van milieuvergunningsvoorwaarden.

Concretisering van het begrip

Om concreet inhoud te kunnen geven aan het begrip BBT, dient de algemene definitie van Vlare I nader verduidelijkt te worden. Het BBT-kenniscentrum hanteert onderstaande invulling van de drie elementen.

“*Beste*” betekent “beste voor het milieu als geheel”, waarbij het effect van de beschouwde techniek op de verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, afval) wordt afgewogen;

“*Beschikbare*” duidt op het feit dat het hier gaat over iets dat op de markt verkrijgbaar en redelijk in kostprijs is. Het zijn dus technieken die niet meer in een experimenteel stadium zijn, maar effectief hun waarde in de bedrijfspraktijk bewezen hebben. De kostprijs wordt redelijk geacht indien deze haalbaar is voor een ‘gemiddeld’ bedrijf uit de beschouwde sector én niet buiten verhouding is tegenover het behaalde milieuresultaat;

“*Technieken*” zijn technologieën én organisatorische maatregelen. Ze hebben zowel te maken met procesaanpassingen, het gebruik van minder vervuilende grondstoffen, end-of-pipe maatregelen, als met goede bedrijfspraktijken.

Het is hierbij duidelijk dat wat voor het ene bedrijf een BBT is dat niet voor een ander hoeft te zijn. Toch heeft de ervaring in Vlaanderen en in andere regio’s/landen aangetoond dat het mogelijk is algemene BBT-lijnen te trekken voor groepen van bedrijven die dezelfde processen gebruiken en/of gelijkaardige producten maken.

Dergelijke sectorale of bedrijfstak-BBT maken het voor de overheid mogelijk *sectorale vergunningsvoorwaarden* vast te leggen. Hierbij zal de overheid doorgaans niet de BBT zelf opleggen, maar wel de milieuprestaties die met BBT haalbaar zijn als norm beschouwen.

Het concretiseren van BBT voor sectoren vormt tevens een nuttig referentiepunt bij het toekennen van steun bij milieuvriendelijke investeringen door de Vlaamse overheid. De regeling ecologiepremie bepaalt dat bedrijven die milieu-inspanningen leveren die verdergaan dan de wettelijke vereisten, kunnen genieten van een investeringssubsidie.

1.1.3. Het Vlaams kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

Om de overheid te helpen bij het verzamelen en verspreiden van informatie over BBT en om haar te adviseren in verband met het BBT-gerelateerde vergunningenbeleid, heeft VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek) op vraag van de Vlaamse overheid een Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken uitgebouwd. Dit BBT-kenniscentrum inventariseert informatie rond beschikbare milieuvriendelijke technieken, selecteert daaruit de beste beschikbare technieken en vertaalt deze naar vergunningsvoorwaarden en ecologie-premie. De resultaten worden op een actieve wijze verspreid, zowel naar de overheid als naar het bedrijfsleven, onder meer via sectorrapporten, informatiesessies en het Internet (<http://www.emis.vito.be>).

Het BBT-kenniscentrum wordt gefinancierd door het Vlaams gewest en begeleid door een stuurgroep met vertegenwoordigers van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Energie, Natuur en Openbare werken, het departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE), het departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI), AWI en de agentschappen IWT, OVAM, VEA, VLM, VMM en Zorg en Gezondheid.

1.2. De BBT-studie ‘behandeling van bodemas van huisvuilverbranding’

1.2.1. Doelstellingen van de studie

De doelstelling van de studie is het schetsen van een kader voor de Vlaamse overheid en de Vlaamse industrie voor het normeren en het verder uitbouwen van het gebruik van HVVI-bodemasgranulaten in Vlaanderen.

Deze studie biedt een overzicht van de beschikbare behandelingssystemen voor HVVI-bodemas (in binnen- en buitenland) en van de technieken om de impact van deze installaties op het milieu te beperken. Een belangrijke milieudoelstelling bij de opwerking van bodemas is naast het verkrijgen van een herbruikbaar bodemasgranulaat ook de optimale terugwinning van metalen. De verschillende technieken (zowel stand-alone als nageschakelde technieken) voor droge en natte behandeling, als ook naverbranding en verglazing van bodemas worden bekeken. We bespreken hoe deze technieken worden gecombineerd tot een optimaal behandelingsconcept.

De technieken en concepten worden geëvalueerd volgens de volgende criteria: technische haalbaarheid, milieu-impact (kwalitatief ingeschat) en cross-media effecten, economische haalbaarheid. Enkel bestaande installaties zullen in deze evaluatie worden opgenomen.

De volgende aspecten worden belicht:

- Milieuhygiënische kwaliteit van het eindproduct
 - De milieuhygiënische kwaliteit wordt bepaald door de samenstelling en uitloogbaarheid. Voor zover er gegevens beschikbaar worden gesteld, wordt deze kwaliteit ruimer bekeken dan de VLAREA-parameters. Ook bijkomende metalen (bv. Mo, Ba, V) en anionen (bv. Cl⁻, SO₄²⁻) worden opgenomen.
- Bouwtechnische kwaliteit van het eindproduct
 - Het doel van de behandelingsinstallatie is het maken van een materiaal dat voldoet aan bouwtechnische eisen voor gebruik als vormgegeven of niet-vormgegeven bouwstof. Het eindmateriaal moet bruikbaar zijn als bouw materiaal.

- Impact van inkomend materiaal op het eindproduct
 - In de evaluatie wordt bekeken of de kwaliteit van het inkomend materiaal een effect heeft op de kwaliteit van het eindproduct en in welke mate het nodig kan zijn kwaliteitseisen aan het inkomend materiaal op te leggen.

Op basis van de evaluatie van de beschikbare technieken worden de BBT voor bodemasbehandeling geselecteerd. Deze analyse richt zich op het beperken van de milieu-effecten van de bodemasbehandelingsinstallatie op zich als ook op de productie van een materiaal met een zo laag mogelijke milieu-impact bij gebruik of verwijdering. Voor zover mogelijk wordt ook inzicht gegeven in de milieu-impact van het gebruik van het eindproduct en hoe de verschillende behandelingen bijdragen om deze te beperken.

De analyse zal uitmonden in een aantal aanbevelingen voor het beleid rond vergunning van installaties en export van bodemas. Daarnaast zullen aanbevelingen worden geformuleerd voor herziening van VLAREA in verband met het gebruik van HVVI bodemasgranulaten als secundaire grondstof.

1.2.2. Inhoud van de studie

Vertrekpunt van het onderzoek naar de Beste Beschikbare Technieken voor de behandeling van HVVI-bodemas is een socio-economische doorlichting (hoofdstuk 2). Dit laat ons toe de economische gezondheid en de draagkracht van de sector in te schatten, wat van belang is bij het beoordelen van de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen.

In het derde hoofdstuk wordt de procesvoering in detail beschreven en wordt per processtap nagegaan welke milieu-effecten optreden.

Op basis van een uitgebreide literatuurstudie, aangevuld met gegevens van leveranciers en bedrijfsbezoeken, wordt in hoofdstuk vier een inventaris opgesteld van milieuvriendelijke technieken voor de sector. Vervolgens, in hoofdstuk vijf, vindt voor elk van deze technieken een evaluatie plaats, niet alleen van het globaal milieurendement, maar ook van de technische en economische haalbaarheid. Deze grondige afweging laat ons toe de Beste Beschikbare Technieken te selecteren.

De BBT zijn op hun beurt de basis voor een aantal suggesties om de bestaande milieuregeling te evalueren, te concretiseren en aan te vullen (hoofdstuk 6).

1.2.3. Begeleiding en werkwijze

Voor de wetenschappelijke begeleiding van de studie werd een begeleidingscomité samengesteld met vertegenwoordigers van industrie en overheid. Dit comité kwam 4 keer bijeen om de studie inhoudelijk te sturen (11 oktober 2006, 20 april 2007, 5 oktober 2007 en 30 november 2007). De namen van de leden van dit comité en van de externe deskundigen die aan deze studie hebben meegewerkt, zijn opgenomen in bijlage 1. Het BBT-kenniscentrum heeft voor zover mogelijk rekening gehouden met de opmerkingen van het begeleidingscomité. Dit rapport is evenwel geen compromistekst maar komt overeen met wat het BBT-kenniscentrum op dit moment als de stand der techniek en de daaraan gekoppelde meest aangewezen aanbevelingen beschouwt.

Hoofdstuk 2**SOCIO-ECONOMISCHE EN MILIEU-JURIDISCHE SITUERING VAN DE SECTOR**

In dit hoofdstuk wordt de sector van de bodemasbehandeling gesitueerd en doorgelicht, zowel socio-economisch als milieu-juridisch.

Vooreerst wordt getracht de bedrijfstak te omschrijven en het onderwerp van studie zo precies mogelijk af te bakenen. De tweede paragraaf bespreekt de socio-economische kenmerken van de sector:

- het afvalbeleid in Vlaanderen en de hoeveelheden verbrand afval;
- de bodemasproductie in Vlaanderen;
- de bodemasbehandeling in Vlaanderen en het buitenland.

In een derde paragraaf wordt de prijsvorming en concurrentiepositie van afvalverbranding en bodemasbehandeling verder besproken. Met behulp van deze gegevens kan eventueel de economische haalbaarheid van de milieuvriendelijke technieken voorgesteld in hoofdstuk 4 geëvalueerd worden. Tenslotte wordt in een vierde paragraaf dieper ingegaan op de belangrijkste milieu-juridische aspecten voor de bodemasbehandeling.

2.1. Omschrijving en afbakening van de bedrijfstak**2.1.1. Afbakening van de sector**

De scope van deze BBT-studie is beperkt tot de behandeling van bodemas afkomstig van huisvuilverbrandingsinstallaties (HVVI). De doelstelling van deze studie (zie ook paragraaf 1.2.1) houdt een beschrijving in van de bodemasbehandelingsinstallaties zowel in binnen- als buitenland. Deze bodemasbehandelingsinstallaties zullen dan ook aan bod komen binnen de socio-economische situering. Daarnaast bespreken we in dit hoofdstuk eveneens de socio-economische situatie van de HVVI. De HVVI produceren immers de bodemas en staan in voor de behandeling of afvoer ervan, wat hen ‘probleemeigenaar’ maakt.

2.1.2. De bedrijfskolom

Figuur 1 geeft de bedrijfskolom weer voor de HVVI en de bodemasbehandelingsinstallaties.

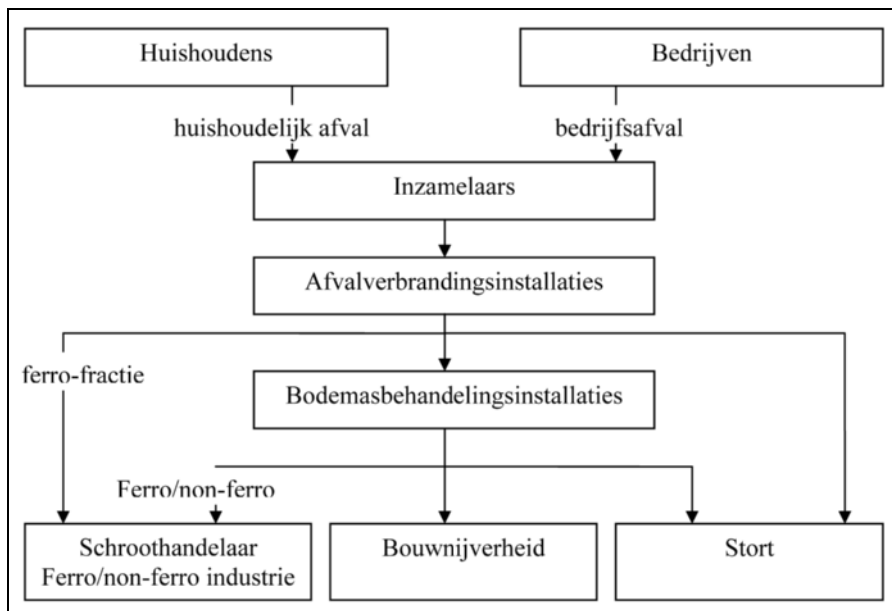
Het afval, verbrand in HVVI's bestaat hoofdzakelijk uit huishoudelijk restafval en bedrijfsafval dat qua aard en samenstelling vergelijkbaar is met huishoudelijk restafval. In 2004 was 72% van het in HVVI's verbrande afval huishoudelijk afval en 25% was bedrijfsafval. De overige 3% is samengesteld uit niet-risicohoudend medisch afval en slib (OVAM, 2006a). De bedrijfskolom in figuur 1 geeft deze laatste twee stromen niet weer omwille van hun kleine aandeel.

Het inzamelen én verbranden van huishoudelijk afval gebeurt voornamelijk door publieke operatoren zoals openbare besturen en intercommunes³. Ook de private en gemengde (pri-

³ Een intercommunale is een samenwerkingsverband tussen steden en gemeenten om het financieel meer haalbaar te maken om bijvoorbeeld de elektriciteitsdistributie en huisvuilophaling te realiseren. In gemengde intercommunes zijn er ook privébedrijven betrokken, in een zuivere intercommunale zitten enkel openbare besturen, gemeentes en provincies dus.

vaat/publiek) sector is vooral bij de inzamelingsactiviteiten goed vertegenwoordigd op deze markten. Bij de verbranding van huishoudelijk afval vormen de private ondernemingen een minderheid.

Na de verbranding van het huishoudelijk afval, wordt het ferro-metaal, vaak bij de verbrandingsinstallatie zelf, uit de ruwe bodemas verwijderd en afgevoerd naar schroothandelaars en de metaalindustrie. Vervolgens wordt de resterende ruwe bodemas gestort of naar een bodemasbehandelingsinstallatie in binnen- of buitenland gevoerd. Bij de bodemasbehandeling wordt de ferro en non-ferro fractie verder afgescheiden en afgevoerd naar schroothandelaars en de metaalindustrie. De behandelde bodemas wordt (vooral in het buitenland) voor hergebruik aan de bouwnijverheid geleverd of wordt op een stortplaats gebruikt bijvoorbeeld voor aanleg van wegen of als afdeklaag.



Figuur 1: De bedrijfskolom voor bodemasbehandeling

2.2. Socio-economische kenmerken van de sector

2.2.1. Evolutie van de aangeboden hoeveelheid huishoudelijk afval in Vlaanderen

Zoals aangegeven in de bedrijfskolom, wordt in de HVVI vooral huishoudelijk restafval⁴ (72% in 2004) en met huishoudelijk afval gelijkgesteld bedrijfsafval (25% in 2004) verwerkt (OVAM, 2006a). Het aanbod van afval aan de verbrandingsinstallaties is bijgevolg afhankelijk van de hoeveelheid restafval ingezameld door de steden, gemeenten en intercommunales. Het restafval

⁴ Volgens het afvalstoffendecreet zijn huishoudelijke afvalstoffen de afvalstoffen die ontstaan door de normale werking van een particuliere huishouding en afvalstoffen die daarmee gelijkgesteld worden bij besluit van de Vlaamse regering, meer bepaald straat- en veegvuil. Concreet bestaat huishoudelijk afval uit huisvuil en grofvuil – al dan niet selectief opgehaald- en gemeentevuil.

is gelijk aan de niet-selectief ingezamelde afvalfracties en bestaat uit gemengd huisvuil, grof-vuil, gemeentevuil en het sorteeresidu van het PMD-afval.

In eerste instantie bespreken we de evolutie van het afvalbeleid in Vlaanderen dat van invloed is op de opgehaalde fracties restafval en op de geprefereerde afvalverwerkingsmethoden. Daarna bekijken we de evolutie van de aangeboden hoeveelheden huishoudelijk afval met de focus op het restafval bestemd voor verbranding.

a. Afvalbeleid in Vlaanderen

Het afvalbeleid in Vlaanderen begon bij het afvalstoffendecreet van 2 juli 1981, waarbij ook OVAM (Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest) werd opgericht. Hierbij werd 'De ladder van Lansink' in acht genomen, welke principieel de volgende volgorde voor het aanpakken van het afvalprobleem vooropstelt:

1. voorkomen;
2. hergebruik;
3. recyclage van producten en materialen;
4. valorisatie door omzetting in compost;
5. verbranding met energierugwinning;
6. verbranding zonder energierugwinning;
7. storten.

Het eerste afvalstoffenplan voor de periode 1986-1990 omvatte vooral het sluiten en saneren van stortplaatsen verspreid over Vlaanderen, het optimaal benutten van de verbrandingscapaciteit en het startsein van de selectieve inzameling. In het volgende afvalstoffenplan (1991-1995) werd de klemtoon meer op afvalpreventie gelegd.

Sinds 1994 gebeurt de beleidsplanning binnen de OVAM via sectorale uitvoeringsplannen die betrekking hebben op concrete projecten, concrete acties in verband met preventie, recuperatie en verwijdering van afvalstoffen of op specifieke categorieën van afvalstoffen. Het Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007 behandelt de planning inzake preventie, selectieve inzameling en eindverwerking van huishoudelijk afval voor de planperiode 2003-2007. In dit plan wordt resoluut de richting van afvalpreventie en -recyclage ingeslagen. Na een evaluatie werd een nieuw uitvoeringsplan opgesteld. Het nieuwe plan wil meer milieuverantwoorde consumptie realiseren en de hoge graad van selectieve inzameling, die we nu reeds in Vlaanderen halen, nog verbeteren.

Het Vlaams milieubeleidsplan 2003-2007 (MINA-plan 3) integreert het volledige afvalbeleid onder het thema 'verontreiniging door afvalstoffen'. Bij de ontwikkeling hiervan werd uitgegaan van 4 plandoelstellingen:

1. de productie van afval en de hiermee verbonden milieudruk mag minstens niet meer toenemen;
2. grondstoffen en energie worden op milieuverantwoorde wijze vervangen door afvalstoffen;
3. de totale hoeveelheid te storten of te verbranden afvalstoffen wordt milieuverantwoord beperkt;
4. de effectiviteit van het afvalstoffenbeleid verhoogt.

De volgende jaren zal de klemtoon van het beleid blijven liggen op het verder afbouwen van het storten. Het doel is om uiteindelijk nog enkel niet-recupereerbaar en niet-brandbare afvalstoffen zoals asbesthoudend bouw- en sloofafval te storten en dit op een milieuverantwoorde manier. Daarnaast werd ook een nieuwe installatie operationeel waarbij het restafval via nieuwe tech-

nieken wordt voorbehandeld (mechanisch-biologische scheiding). Deze eerste installatie in het Vlaamse gewest is eind 2005 opgestart. Dat jaar ging al een kleine hoeveelheid restafval (925 ton of 0.1%) naar de mechanisch-biologische scheidingsinstallatie.

Een van de instrumenten die werden ingezet om verbranden van huishoudelijk afval aantrekkelijker te maken dan storten is de differentiatie in heffingen om storten duurder te maken dan verbranden (zie ook 2.2.4). Bovendien gebeurt in het Vlaamse Gewest de sturing op de verwerking van huishoudelijke afvalstoffen planmatig en wordt het restafval preferentieel richting verbranding gestuurd. Andere maatregelen houden bv. het instellen van stortverboden in.

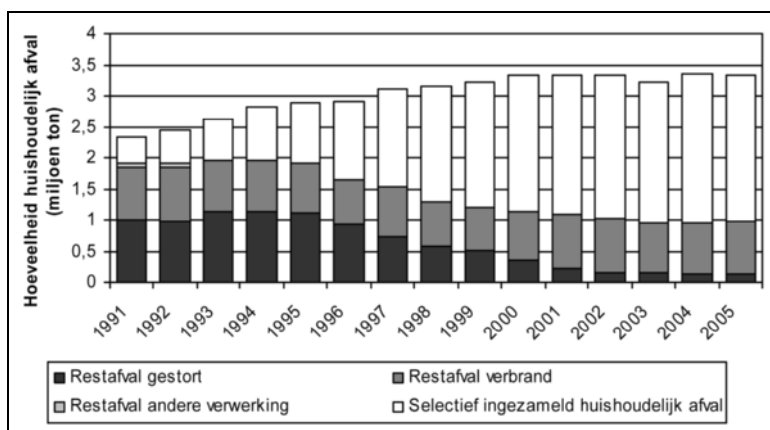
b. Hoeveelheid huishoudelijk afval

De volledige balken in figuur 2 geven de totale hoeveelheid huishoudelijke en daaraan gelijkgestelde bedrijfsafvalstoffen, ingezameld via de gemeentelijke kanalen weer in de periode 1991-2005.

Economische groei, de stijgende koopkracht, de licht stijgende bevolking en de toename van het aantal kleine gezinnen (meer afval per persoon) verklaren de toename van de totale hoeveelheid huishoudelijk afval tussen 1991 en 2001. Het aandeel selectief ingezameld afval steeg continu sinds 1991. In 1997 werd voor het eerst meer selectief dan niet-selectief ingezameld en in 2003 maakte de selectieve fractie reeds 70% uit van het aanbod aan huishoudelijk afval.

Daarnaast kan ook de betere organisatie van selectieve inzamelingen bijgedragen hebben tot de groei van de afvalberg als gevolg van volgende mechanismen:

- er werd meer afval ingezameld in plaats van verwijderd via ontwijkgedrag (bv. illegale verbranding);
- selectieve inzameling kan ervoor zorgen dat de bevolking minder aandacht besteedt aan preventie, bv. door thuiscomposteren;
- goedkope selectieve inzameling naast een dure restafvalinzameling kan er ook toe leiden dat restafval ‘illegaal met de selectieve fracties wordt meegegeven (nieuw ontwijkgedrag).



Figuur 2: Ingezamelde hoeveelheden huishoudelijke en daaraan gelijkgestelde afvalstoffen door of in opdracht van Vlaamse gemeenten in de periode 1991-2005⁵

⁵ Gegevens 1991-1996: OVAM, 2003
Gegevens 1997-2005: OVAM, 2006b

De belangrijkste aspecten voor de daling van het aanbod huishoudelijk afval in 2003 zijn de effecten van afvalpreventie-initiatieven en de afsplitsing van vergelijkbaar bedrijfsafval uit de statistieken van huishoudelijk afval.

Een belangrijke sturende maatregel in verband met afvalpreventie was de invoering van het principe 'de vervuiler betaalt' via de gedifferentieerde tarifiering (diftar). Bij diftar wordt de kost voor het inzamelen en verwerken van het restafval (volledig) doorgerekend aan de burger in functie van de aangeboden hoeveelheid. De kosten voor het inzamelen en verwerken van vermijdbare selectief ingezamelde afvalfracties, zoals GFT- en PMD-afval, worden geheel of gedeeltelijk aangerekend. De kosten voor de selectief ingezamelde fracties zijn meestal lager dan die voor restafval. Daarnaast wordt het vermijden van afval zo goedkoop mogelijk gemaakt. Dit kan bv. door compostvaten tegen een zo laag mogelijke prijs aan te bieden. In combinatie met andere maatregelen en externe factoren heeft diftar een rol gespeeld in de vermindering van de hoeveelheid restafval en in de stabilisatie of reductie van belangrijke selectief ingezamelde fracties, zoals bouw- en sloopafval, groenafval en GFT-afval.

In 2005 werden in Vlaanderen 3 337 077 ton huishoudelijke afvalstoffen ingezameld via de gemeentelijke kanalen. De totale hoeveelheid geproduceerde en voor inzameling aangeboden huishoudelijke afvalstoffen bedraagt 549 kg per inwoner wat een daling is met 5 kg ten opzichte van 2004. Een dalende tendens lijkt zich nog niet door te zetten maar deze hoeveelheid lijkt zich te stabiliseren sinds 1999. Opmerkelijk is wel dat de afvalberg niet in dezelfde mate aangroeit als de nog steeds toenemende bevolking.

Het restafval kende een dalende tendens sinds 1994 en lijkt zich de laatste 3 jaar (2003-2005) te stabiliseren. Deze fractie, in 2005 goed voor 29,3% van het aanbod huishoudelijk afval, wordt grotendeels (85,6%) verbrand (figuur 2). In 1991 en 1992 werden nog kleine hoeveelheden van het restafval gecomposteerd. Tot 1996 is het storten van restafval belangrijker dan verbranden. Sinds 1997 wint verbranden echter continu aan belang.

2.2.2. HVVI's en bodemasproductie in Vlaanderen

Het Vlaams Gewest telde in 2005, 11 verbrandingsinstallaties voor huishoudelijke afvalstoffen. Concreet gaat het om 9 intercommunaal uitgebate installaties en twee privaat uitgebate installaties. In totaal werd ongeveer 1 217 000 ton afval verbrand, waarvan 72,7% huishoudelijk afval (OVAM, 2007a). In 2006 telde het Vlaams gewest 10 verbrandingsinstallaties, die in totaal 1.184.000 ton afval verbrandden (OVAM, pers. communicatie).

Nog een grote hoeveelheid brandbare afvalstoffen (1 035 298 ton waarvan 114 612 ton huishoudelijk afval) werd in 2005 gestort ten gevolge van een tekort aan verbrandingscapaciteit. 82% van de verbrandingscapaciteit ligt in West- en Oost Vlaanderen. De grootste tekorten situeren zich vooral in Antwerpen, Limburg en Vlaams-Brabant. In het Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007 wordt er geen bijkomende capaciteit in HVVI's voorzien. Het tekort aan verwerkingscapaciteit moest volgens het plan ingevuld worden door 4 tot 5 voorbehandelinginstallaties met een gezamenlijke capaciteit van 600 000 ton tot 700 000 ton. Voor het verwerken van het residu uit deze voorbehandelinginstallaties werd een wervelbedinstallatie gebouwd. Anno 2007 is slechts één voorbehandelingproject gerealiseerd. Als gevolg van een doorgedreven afvalbeleid met verhoogde klemtoon op preventie en recyclage bleek deze uiteindelijk voldoende om het storten van huisvuil een halt toe te roepen. Voor bedrijfsafval is er momenteel nog wel een capaciteitstekort.

De hoeveelheid ruwe bodemas die een verbrandingsinstallatie produceert is afhankelijk van de hoeveelheid afval, de samenstelling van het afval en de bedrijfsvoering van de installatie. Daarenboven kan ruwe bodemas op verschillende manieren worden afgevoerd, namelijk nat, half-nat of droog. De meeste verbrandingsinstallaties in Vlaanderen gebruiken een natte asafvoer. Slechts één installatie vormt hierop een uitzondering en gebruikt een halfnatte asafvoer. Uit metingen blijkt dat ruwe bodemas afgevoerd via een nat systeem voor 25% uit water bestaat (OVAM, 2006a).

De productie van ruwe bodemas in 2005 door de 11 HVVI is niet gekend, daarom bekijken we hiervoor de cijfers van 2004. In 2004 werd in het totaal 1 144 161 ton afval verbrand in de HVVI's (in 2006 was dit 1.183.968 ton). In 2004 werd 228 646 ton ruwe bodemas (incl. water) geproduceerd, wat 20% van gewicht aan verbrand afval vertegenwoordigt (vergelijk met 22% in 1991). Bijna 40% van de geproduceerde ruwe bodemas zijn afkomstig van één installatie. De overige installaties produceerden in 2004 tussen 4,7 en 30 kton ruwe bodemas (OVAM, 2006a).

Per HVVI varieerde de gewichtsverhouding ruwe bodemas over verbrand afval in 2004 tussen 12,9% en 22,7%. De gemiddelde gewichtsverhouding ruwe bodemas over verbrand afval bedroeg 20,0% (OVAM, 2006a). Het is niet duidelijk of de dalingen in deze verhouding sinds 1991 veroorzaakt worden door een daling van het asgehalte van de afvalstoffen, de manier waarop de ovens worden bedreven of een andere reden (OVAM, 2006a). Een verhoging van de calorische waarde van het restafval met een daling van het asgehalte als gevolg kan mogelijk een verklaring bieden. Momenteel zijn er echter geen empirische gegevens beschikbaar om dit te staven.

Voordat de ruwe bodemas wordt afgevoerd, wordt bij de meeste afvalverbrandings-installaties een ferro-fractie gerecupereerd. In 2004 bedroeg deze fractie 22 408 ton of 2,0% van de verbrande hoeveelheid huishoudelijk afval. Dit percentage varieert tussen 0,9% en 2,6% voor de verschillende verbrandingsovens. Vrancken et al. (2001) geeft in de massabalans voor de verbranding van 1 ton restafval in roosterovens een theoretische output van 24 kg ferro, 3kg non-ferro en 160 kg natte ruwe bodemas.

2.2.3. Bodemasbehandeling

a. In Vlaanderen

In Vlaanderen bevinden zich slechts twee bodemasbehandelingsinstallaties: INDAVER te Beveren en VALOMAC (SITA) te Grimbergen. De installatie te Beveren heeft een capaciteit van 165 000 ton en werkt volgens een nat proces en verwerkt momenteel enkel ruwe bodemas van INDAVER Doel. De installatie te Grimbergen heeft een capaciteit van 250 000 ton per jaar en werkt via een droog proces.

Tabel 1 geeft een overzicht van de totale hoeveelheid geproduceerde bodemas in Vlaanderen en de bestemming ervan, verwerking, nuttige toepassing, uitvoer, storten. In 2004 werd 47% van de geproduceerde bodemas verwerkt door de twee behandelingsinstallaties. In 2005 werd 58% meer bodemas verwerkt dan in 2004. Deze laatste cijfers zijn echter niet representatief voor de bodemasproductie in 2005, daar er assen werden verwerkt die de vorige jaren waren opgeslagen.

Bodemas wordt vaak op stortplaatsen gebruikt in allerlei toepassingen, gaande van tussenafdek, steunlagen, dijken, wegen, eindafdek, etc.. Indien de bodemas voldoet aan de VLAREA-nor-

men voor gebruik als bouwstof dan 'kan' dit (in specifieke toepassingen) als nuttige toepassing worden beschouwd. Meer specifiek gaat het dan over het gebruik van bodemasgranulaten als bouwstof voor de aanleg van de eindafdek van de stortplaats (geologische barrière, de drainagelaag en de afwerkingslagen bovenaan, afdichtlaag, drainagelaag, eindafdek, beschermingslaag voor het aanbrengen van de folieafdichting). Het gebruik van afvalstoffen binnen het stortlichaam in de vorm van tussenafdek, steunlagen, dijken, nivelleringslagen,... wordt evenwel gelijkgesteld met het storten van afvalstoffen (OVAM, 2007c).

De cijfers in de tabel 1 zijn afkomstig uit verschillende bronnen en zijn niet volledig consistent, zo is bijvoorbeeld de som van de export naar Duitsland, Nederland en Frankrijk groter dan de totale export (correct cijfer).

Tabel 1: Overzicht van de aanvoer, nuttige toepassing, te storten hoeveelheid en totale hoeveelheid bodemas in de periode 2003-2006 (bron OVAM 2007b)

(in ton)		2003	2004	2005	2006 ⁽⁶⁾
Verwerkte hoeveelheid ruwe as	Indaver	91 000	91 000	104 534	98 808
	Valomac	20 000	16 000	64 776 ⁽¹⁾	79 241
Nuttige toepassing ⁽⁷⁾ (niet noodzakelijk in Vlaanderen)	Indaver	30 000	30 000	29 844	31 865
	Valomac	40 000	61 000	100 286 ⁽¹⁾	34 077
Uitvoer	Totale uitvoer	84 610 ⁽⁴⁾	59 420 ⁽⁴⁾	64 340 ⁽⁴⁾	
	Duitsland	20 000	16 000	45 500	53 096
	Nederland	68 000	4 000	13 000	18 426
	Frankrijk	0	0	2 500	0
Gestort ⁽⁸⁾ (niet noodzakelijk allemaal Vlaamse bodemas)	Categorie 1	8 913 ⁽⁵⁾	36 684 ⁽⁵⁾	62 364 ⁽⁵⁾	71 707
	Categorie 2	58.588 ⁽⁵⁾	42 789 ⁽⁵⁾	72 287 ⁽⁵⁾	63 975
	monostort voor bodemas (IVRO)	9 176 ⁽⁵⁾	24 884 ⁽⁵⁾		
	Totaal gestort	76 677 ^(4,5)	104 357 ^(4,5)	134 651 ^(4,5)	135 682
Totaal verwerking, uitvoer en storten		272 287	270 777	368 301	385 253
Totaal geproduceerd		270 000	228 646⁽³⁾	/	

(1): niet representatief voor productiecijfers van 2005, mede afvoer van opgeslagen bodemas

(2): schatting op basis van de productie, verwerking, uitvoer naar het buitenland en storten

(3): Bron: OVAM 2006a

(4): Bron: communicatie OVAM april 2007: Correctie cijfers van uitvoer en gestorte bodemas in OVAM 2007b

(5): Bron: OVAM: Tarieven en capaciteiten voor storten en verbranden – Actualisatie tot respectievelijk 2003, 2004 en 2005 evolutie en prognose

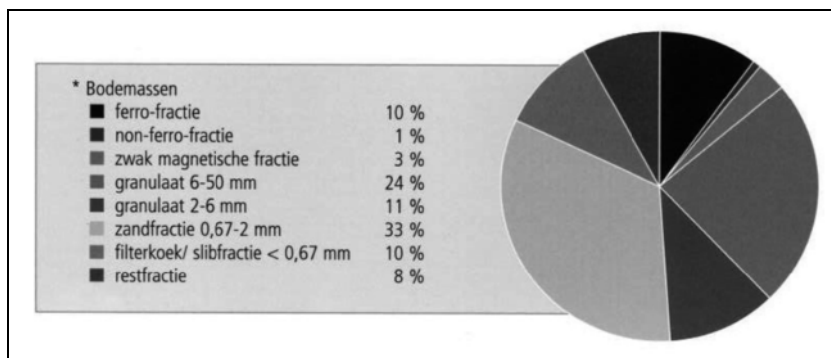
(6): persoonlijk communicatie OVAM (oktober 2007), en correctie Indaver (januari 2008)

(7): Onder nuttige toepassing is voor Indaver enkel het gebruik van de grove granulaten meegerekend. De grove fractie is conform VLAREA gecertificeerd als bouwstof en alle geproduceerde grove granulaten werden nuttig toegepast. Andere fracties zoals metalen (die werden afgezet voor recyclage), en de fijne bodemasfracties zijn niet meegerekend.

(8): Valomac verwerkt zowel Vlaamse (IVAGO) als Waalse bodemas (ICDI, Intradel en IBW), de bodemasgranulaten worden ook zowel in Vlaanderen als Wallonië afgezet. Valomac heeft een Vlaams gebruikscertificaat voor de bodemasgranulaten afkomstig van twee Waalse verbrandingsovens, met name voor de bodemas van ICDI (Charleroi) en Intradel (Herstal). Voor de bodemas van de Gentse verbrandingsoven van IVAGO werd geen gebruikscertificaat bekomen.

Bij INDAVER wordt de ruwe bodemas in verschillende breek-, zeef- en waseenheden gehewaardeerd tot een aantal eindproducten die gecommmercialiseerd of nuttig ingezet kunnen worden (Figuur 3). Ferro- en non-ferro metalen worden ingezet als secundaire grondstof. De granulaten worden als niet-vormgegeven bouwstof voor onderfunderingswerken van wegen en andere constructies en als granulaat in vormgegeven bouwstof gebruikt. De overheid verleende

hiervoor aan Indaver twee gebruikscertificaten. De zandfractie wordt aangewend in bouw- of stabiliteitstoepassingen op stortplaatsen (INDAVER 2005). Minder dan 10% bestaat uit restproducten die moeten verwijderd worden op de eigen categorie 2 stortplaats voor niet-gevaarlijk afval (Indaver, 2006).



Figuur 3: Resultaat van de natte behandeling van ruwe bodemas bij Indaver
(bron: Indaver, 2006)

De assen afkomstig van de installatie Valomac in Grimbergen, die bijvoorbeeld omwille van de koper uitloging niet-VLAREA conform zijn maar wel voldoen aan de Waalse eisen voor hergebruik, worden afgevoerd voor hergebruik in Wallonië. De hoeveelheid nuttige toepassing van bodemasgranulaat in de jaren 2003-2005 is veel groter dan de productie (Tabel 1). In deze jaren werd de voorraad bodemasgranulaat, die in het verleden werd opgebouwd, nuttig toegepast in Wallonië (OVAM, 2007b). In 2005 werd aan Valomac een gebruikscertificaat afgeleverd voor de 0-10 mm en 10-40 mm fractie afkomstig van ICDI (Charleroi) en Intradel (Herstal) als niet-vormgegeven bouwstof, als ook voor de 10-40 mm fractie van de ovens van IBW (Nijvel) en IVAGO (Gent). Omdat de fractie 0-10 mm afkomstig van IVAGO (Gent) en IBW (Nijvel) na bewerking niet-VLAREA conform zijn, werd het aangevraagde gebruikscertificaat voor de 0-10 mm fractie van deze installaties geweigerd. Op 22 januari 2008 werd door de OVAM aan Valomac een gebruikscertificaat voor 5 jaar afgeleverd voor het gebruik van bodemas afkomstig van ICDI (Charleroi) en Intradel (Herstal) in of als niet vormgegeven bouwstof voor onderfunderingen in de wegenbouw, materiaal voor afwerken van stortplaatsen, ophogings- en aanvullingsmateriaal in versterkingen en verhogingen van dijkkernen.

In 2005 werd 62 364 ton bodemas gestort op Vlaamse categorie 1-stortplaatsen, wat 9,5% uitmaakt van het totaal aantal ton afval gestort op deze stortplaatsen. Ten opzichte van 2004 werd er circa 25 000 ton bodemas meer gestort. De categorie 1 stortplaatsen zouden echter geen bodemasgranulaten gebruiken als afdeklaag maar wel de zware fractie van shredderafval.

b. Behandeling van Vlaamse ruwe bodemas in het buitenland

Bij uitvoer van ruwe Vlaamse bodemas voor verwerking in het buitenland werd tot voor kort geëist dat de bodemas in het buitenland wordt opgewerkt tot een VLAREA conform product. Vanaf 17 januari 2008 is echter het 'Uitvoeringsplan Milieuverantwoord beheer van Huishoudelijke Afvalstoffen' van kracht dat stipuleert dat de 'Uitvoer van bodemassen binnen EU en OESO wordt toegestaan indien aan de normen van het land van bestemming voldaan wordt en de aanwending van de bodemassen als BBT beschouwd wordt overeenkomstig de BBT-studie

uitgevoerd door de VITO. Indien er in het land van bestemming geen specifieke normering bestaat, wordt de uitvoer toegestaan indien bewezen wordt dat na de verwerking in het buitenland de assen voldoen aan de VLAREA-normen' (OVAM 2008).

Tot 2004 werden Vlaamse bodemas van ISVAG (Wilrijk), IVOO (Oostende), IVBO (Brugge), Dalkia (Knokke-Heist) en IVM (Eeklo) uitgevoerd naar Heros in Sluiskil (Nederland) voor behandeling. Nu worden enkel nog de bodemas van Eeklo (IVM), ongeveer 15.000 tot 18.000 ton op jaarbasis, naar Nederland uitgevoerd (pers. mededeling Heros, 2006, OVAM 2007b). In Sluiskil worden ook nog de bodemas van NetBrussel (Brussels Gewest) behandeld. Jaarlijks betreft het een 120.000 ton. De ruwe bodemas van de verbrandingsinstallatie in Houthalen (Regionale Milieuzorg) worden uitgevoerd naar Strabag in Krefeld (Duitsland), waar de ruwe bodemas wordt verwerkt en toegepast in de wegenbouw.

c. Verbranding van huishoudelijk afval en bodemasbehandeling in het buitenland

Wallonië

Bodemasproductie en verwerking

Wallonië beschikt over één bodemasopwerkingsinstallatie (IPALLE) in Thumaide. Deze bodemasopwerkingsinstallatie verwerkt enkel de ruwe bodemas van de eigen verbrandingsinstallaties. In totaal gaat het om een 50.000 tot 60.000 ton ruwe bodemas per jaar. In 2005 werd 49.500 ton bodemasgranulaat geproduceerd, en werd 3300 ton ferro en 160 ton non-ferro gerecupereerd.

Afzet

De bodemasgranulaten (0-20 mm) worden afgezet in de wegenbouw voor onderfunderingen. Het gebruik van bodemasgranulaten in de wegenbouw is opgenomen in het standaardbestek van de wegenbouw (RW99). De bodemas die niet aan de milieuhygiënische normen voldoet voor hergebruik (zie paragraaf 2.5.4) wordt in de cementindustrie afgezet. Het gaat om de fijne fractie < 6 mm en/of om bodemasgranulaat (0-20 mm) dat niet aan de normen voldoet voor hergebruik. Meestal betekent dit dat de molybdeen uitloging niet gerespecteerd werd (overschrijding van de molybdeen norm voor uitloging van 0,15 mg/kg droge stof bij uitvoering van de DIN 38414-S4). De grove bodemasfracties (> 20 mm) die gebroken worden, worden afgezeefd op 0-6 mm en 6-20 mm. De fijne fractie gaat naar de cementindustrie, de grove fractie (6-20 mm) gaat terug naar de bodemasopwerkingsinstallatie voor verdere behandeling.

Storttarief

Het storttarief voor bodemas in Wallonië bedraagt 40-45 €/ton (Voisin, pers mededeling 2007). In feite geldt er een stortverbod voor bodemas.

Nederland

Bodemasproductie en verwerking

Nederland beschikte in 2005 over 11 afvalverbrandingsinstallaties, die huishoudelijk afval of vergelijkbaar bedrijfsafval verbranden, met een gezamenlijke verbrandingscapaciteit van 5,4 miljoen ton. Deze capaciteit is in 2005 optimaal benut. Er werd 5,5 miljoen ton afval verbrand, wat aanleiding gaf tot bijna 1,47 miljoen ton reststoffen, waarvan ongeveer 1,3 miljoen ton onbewerkte bodemas. De meeste afvalverbrandingsinstallaties bewerken zelf de ruwe bodemas in een zogenaamde 'slakopwerkingsinstallatie'. Bewerken wil zeggen dat naast de ferro- en

non-ferro metalen ook onverbrande residuen worden afgescheiden met behulp van diverse soorten zeven, en dat grof materiaal wordt gebroken tot de gewenste korrelgrootte. Na bewerking ontstond ongeveer 1,2 miljoen ton bodemasgranulaten, 123.000 ton ferro en 14.700 ton non-ferro metalen (vereniging afvalbedrijven, 2006).

Afzet

Bodemasgranulaten kunnen in Nederland worden toegepast als vervanger van primair zand en grind. Het gaat dan vooral om toepassingen in grote infrastructuurwerken zoals geluidswallen, op- en afritten van viaducten, en ophoog- en funderingsmateriaal voor bedrijfsvloeren. Ook nuttige toepassing op stortplaatsen is een belangrijke afzetroute, bijvoorbeeld als steunlaag of als werkweg (vereniging afvalbedrijven, 2006). Bodemasgranulaat dat in een steunlaag wordt toegepast, wordt als nuttige toepassing gezien op voorwaarde dat het bodemasgranulaat een functie heeft en dat het voldoet aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit en ook als zodanig kan worden toegepast als een bouwstof. Voor dit gebruik van bodemasgranulaat is ook geen storthelling verschuldigd (De Wijs, pers. Mededeling 2007). Volgens Senter Novem (2006) wordt in Nederland het toepassen van afvalstoffen als bouwstof binnen een stortlichaam (dat gedeelte dat zich tussen de onder- en bovenafdichting bevindt) beschouwd als verwijderen. Enkel indien de afvalstoffen worden toegepast in een afdeklaag, dat wil zeggen boven de folie die de stortplaats afsluit en er is aangetoond dat sprake is van vervanging van primaire grondstoffen, kan er sprake zijn van nuttige toepassing (Senter Novem, 2006).

De afzet gebeurt op projectbasis waarbij in een korte periode grotere hoeveelheden worden afgevoerd. Het beleid is er op gericht deze bodemasgranulaten als secundaire grondstof in overheidswerken toe te passen. Deze projecten lopen echter nooit parallel aan de productie, waardoor er een wisselend beeld ontstaat in de afzet (nuttige toepassing) en opslag (tabel 2).

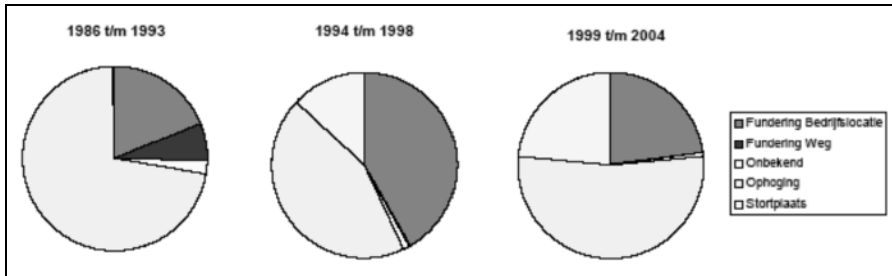
Volgens een rapport van Tauw (2005) is de toepassing als funderingsmateriaal vrijwel volledig weggevallen en is het accent komen te liggen op het gebruik als ophoogmateriaal (Figuur 4). Verder vermeldt het Tauw rapport dat het materiaal nog steeds ingezet wordt voor het ophogen van bedrijfsterreinen, in vloeren voor bedrijfshallen en loodsen, en in steunlagen en werkwegen op stortplaatsen. De afzet van bodemasgranulaten in funderingen is grotendeels stilgefallen vanwege de eisen uit het bouwstoffenbesluit dat er minimaal 10.000 ton aaneengesloten toegepast moet worden. Ook andere randvoorwaarden zoals de monitoring (opvolging kwaliteit grondwater via peilbuizen) stuut op bezwaren bij kleine projecten, omdat de kosten te hoog worden in vergelijking tot de hoeveelheid bodemasgranulaat dat wordt toegepast.

Tabel 2: Bodemas: productie bodemasgranulaten, afzet, en deponie in miljoen ton (overgenomen uit jaarverslag van 2005 van de vereniging afvalbedrijven)

Jaar	2001	2002	2003	2004	2005	2006
productie	1,128	1,072	1,073	1,2	1,2	
nuttige toepassing	1,185	0,770	0,820	1,7	0,91	
deponie	0,0007	0,006	0	0	0	
Voorraad	0,420	0,750	1,000	0,500	0,770	

De toepassing in stortplaatsen is de laatste jaren sterk toegenomen. De verschuiving van ophoging/onderfundering naar toepassing op stortplaatsen is vooral veroorzaakt door negatieve pers-aandacht, waardoor toepassing in de wegenbouw is stilgefallen. De piek op stortplaatsen was in 2004. In 2005 en 2006 was de toepassing van bodemasgranulaat in werken weer veel groter dan het gebruik op stortplaatsen. Ook in 2007 is het merendeel van de bodemasgranulaten weer

in de wegenbouw toegepast (De Wijs, pers. comm. 2007). In Figuur 4 is het aandeel van de verschillende toepassingen tot 2004 weergegeven in de periodes waarin respectievelijk de IPO-Vrom richtlijn, het IPO interim-beleid en het Bouwstoffenbesluit van kracht waren.



Figuur 4: Procentuele verdeling afzet bodemasgranulaten in Nederland, in verschillende periodes (Tauw, 2005), met stortplaats wordt bedoeld het gebruik in steunlagen en werkwegen op de stortplaats

Storttarief

Het storttarief voor bodemas in Nederland bedraagt 50 €/ton (tarief 2003: Crillesen en Skaarup, 2006).

Duitsland

Bodemasproductie en verwerking

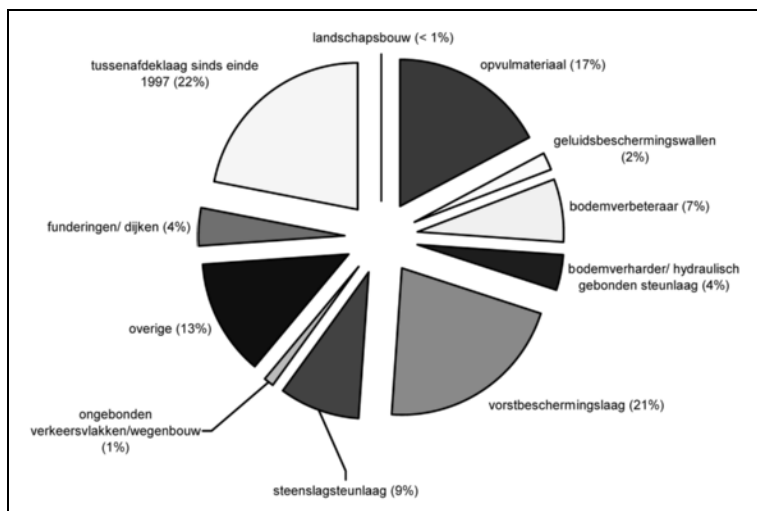
In Duitsland werd in 2005 ongeveer 3,5 miljoen ton ruwe bodemas geproduceerd. De behandeling van bodemas gebeurt in 75% van de gevallen niet door de verbrandingsinstallatie maar door externe verwerkers. De behandeling houdt bijna steeds een tijdelijke opslag gedurende 2 tot 4 weken, gevolgd door fractionering, ontijzering, non-ferro scheiding, en verwijdering van de onverbrande lichte materialen. Aansluitend ondergaat de bodemas een rijping gedurende meerdere maanden, zodat het materiaal kan hergebruikt worden.

Afzet

De bodemasgranulaten worden als grindsstituut in de wegenbouw of industriebouw afgezet, of krijgen een bestemming als afdek materiaal op stortplaatsen, of worden gestort (Interessengemeinschaft Thermischer Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland, persoonlijke mededeling 2006) (zie ook Figuur 5).

Storttarief

Het storttarief voor bodemas in Duitsland bedraagt 50-70 €/ton (tarief 2002: Crillesen en Skaarup, 2006).



Figuur 5: Valorisatie van bodemas in Duitsland in 1997 (Krass & Pitschak (1997) uit: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 2002)

Frankrijk

Bodemasproductie en verwerking

In Frankrijk wordt ongeveer 3 miljoen ton ruwe bodemas per jaar geproduceerd (ADEME, 2002). Ongeveer 70% van deze bodemas (2,25 miljoen ton) werd behandeld in een 40-tal opwerkingsinstallaties. Ongeveer 1 miljoen ton bodemas werd uiteindelijk nog gestort. De behandelingscapaciteit van de Franse bodemasverwerkingsinstallaties varieert van 10.000 ton/jaar tot meer dan 200.000 ton/jaar. De installaties voldoen grotendeels aan de ontwerp en operationele eisen gesteld door de ministeriële omzendbrief van 9 mei 1994 betreffende de deponie van bodemas van verbranding van huishoudelijk afval.

Afzet

De bodemasgranulaten worden toegepast in funderingslagen van wegen, parkings en rioleringswerken. Gebruik in onderfunderingslagen is de tweede belangrijkste afzetspiste voor bodemasgranulaat. De bodemasgranulaten, die behandeld worden met hydraulische bindmiddelen of bitumen, worden uitsluitend gebruikt als funderingslaag. De bodemasgranulaten worden zowel afgezet in overheidswerken als in de private sector. Het gebruik in de wegenbouw is gebonden aan een aantal randvoorwaarden (zie 2.5.5).

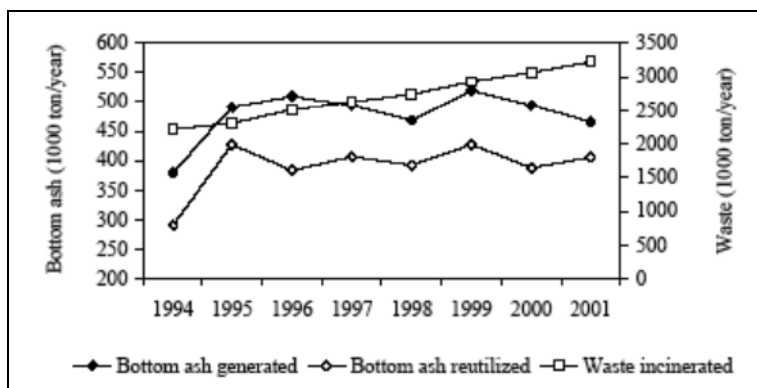
Storttarief

Het storttarief voor bodemas in Frankrijk bedraagt 60-70 €/ton (tarief 2003: Crillesen en Skaarup, 2006).

Denemarken

Bodemasproductie en verwerking

In Denemarken werd in 2003 ongeveer 3,3 miljoen ton huishoudelijk afval verbrand. Dit gaf aanleiding tot de productie van ongeveer 645.000 ton bodemas. Hiervan werd ongeveer 98% nuttig toegepast⁶ (Crillesen en Skaarup, 2006). Een vergelijking met de periode 1994 tot 2001 is gegeven in figuur 6. In deze periode werd ongeveer 400.000 ton bodemasgranulaat/jaar nuttig toegepast, wat overeenkwam met 75 tot 87% van de geproduceerde hoeveelheid bodemas.



Figuur 6: Afvalverbrandingshoeveelheden, bodemasproductie en hergebruik in de periode 1994-2001 (bron: Deense administratie voor milieubescherming)

In 2003 werd bodemas van bijna alle verbrandingsinstallaties behandeld in externe opwerkingsinstallaties, die ook voor de afzet van de bodemasgranulaten zorgden.

Afzet

Sinds 1974 worden bodemasgranulaten in Denemarken gebruikt als onderfunderings-materiaal in de wegenbouw en in de civiele bouw als ongebonden granulaat. Momenteel wordt 97 tot 98% gebruikt als onderfunderingsmateriaal voor industriële gebouwen, kleine wegen, parkings en industrieterreinen, en soms ook voor de aanleg van fietspaden. Recent werd bodemasgranulaat ook gebruikt als onderfunderingsmateriaal bij de aanleg van op- en afritten van snelwegen. Het gebruik wordt beperkt tot de aanleg van wegen met een verkeersbelasting van minder dan 400 vrachtwagens per dag. Bodemasgranulaat wordt in Denemarken dus niet geschikt geacht voor gebruik als onderfunderingsmateriaal in autosnelwegen. Proefprojecten zijn uitgevoerd met het gebruik van bodemasgranulaten als granulaat in cement gebonden funderingen (Crillesen en Skaarup, 2006).

⁶ Onder nuttig toegepast wordt hier verstaan dat het gebruik van de bodemas nuttig was op basis van een levenscyclus analyse van de materialen (Birgisdóttir, 2005).

Storttarief

Het storttarief voor bodemas in Denemarken bedraagt 60-70 €/ton (tarief 2003: Crillesen en Skaarup, 2006).

Andere landen

In Japan wordt gesmolten afvalmateriaal gebruikt in de cementproductie. De bodemas ondergaat een voorbehandeling die erin bestaat de bodemas te drogen en te pulveriseren (Kikuchi, 2001). Het afvalhergebruik bedroeg 375 kg / ton cement in 2003 (Kida et al., 2006).

2.2.4. Conclusies socio-economische situering

Het afvalbeleid in Vlaanderen, dat gericht is op preventie en recyclage zorgde ervoor dat de fractie restafval⁷ daalde. De laatste jaren zien we een stabilisatie van deze fractie. De afbouw van het storten van huishoudelijk afval maakt dat de volledige restafvalfractie wordt verbrand in de Vlaamse verbrandingsovens. Om ook het bedrijfsafval dat qua aard en samenstelling gelijkaardig is aan huishoudelijk restafval te verbranden is in Vlaanderen echter onvoldoende capaciteit beschikbaar.

De hoeveelheid geproduceerde ruwe bodemas in de 10 HVVI's (sinds 2006) te Vlaanderen, ligt gemiddeld op 20% (inclusief water) van het gewicht van het verbrande afval en varieert naargelang de samenstelling van het afval en de bedrijfsvoering. De meeste assen in Vlaanderen worden nat afgevoerd en bestaan gemiddeld voor 25% uit water. De fractie ferro die uit de ruwe bodemas wordt verwijderd bij de HVVI bedroeg in 2004 gemiddeld 2% van het gewicht van het verbrande afval en kan variëren tussen 0,9 en 2,6%.

Vlaanderen telt twee bodemasbehandelingsinstallaties die in 2004 47% van de bodemasproductie verwerkten. In 2005 werd er 58% meer ruwe bodemas verwerkt dan in 2004, maar een groot deel was afkomstig van bodemasproductie uit vorige jaren. Het storten van ruwe bodemas gebeurt op categorie 1, categorie 2 en monostortplaatsen, waar de ruwe bodemas kan aangewend worden in bouw- of stabiliteitstoepassingen. Verder wordt een deel van de Vlaamse ruwe bodemas uitgevoerd naar Nederland, Duitsland en Frankrijk.

In het buitenland worden bodemasgranulaten voornamelijk gebruikt in wegenbouw, grote infrastructuurwerken, zoals geluidswallen, op- en afritten van viaducten, en ophoog- en funderingsmateriaal voor bedrijfsvloeren. Ook nuttige toepassing op stortplaatsen (vb. als afdek materiaal) is een belangrijke afzetroute.

⁷ Restafval bestaat uit het huishoudelijk afval dat niet-selectief ingezameld wordt en dat bijgevolg enkel kan afgevoerd worden voor definitieve verwijdering. Het omvat het huisvuil (inclusief het sorteerresidu van het PMD-afval), het grof vuil en het gemeentevuil. (definitie: *Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007*)

2.3. Prijsvorming en concurrentiepositie afvalverbranding en bodemasbehandeling

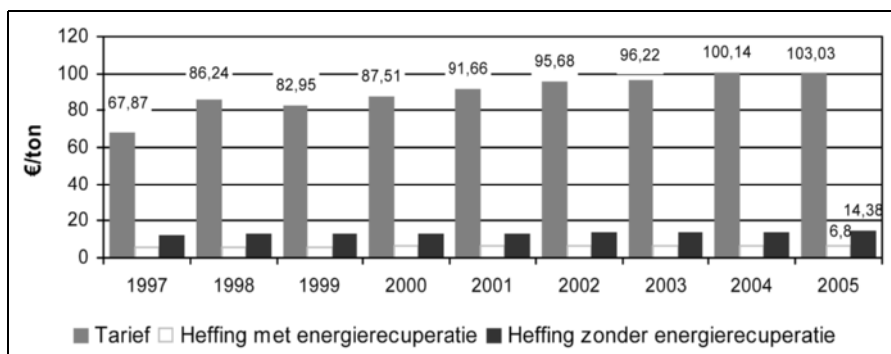
2.3.1. Prijsvorming voor verbranding en storten van huishoudelijk afval

a. Tarieven en heffingen voor verbranden van huishoudelijke afvalstoffen

Voor de verbranding van huishoudelijke afvalstoffen zijn twee soorten tarieven te onderscheiden: gemeenten die lid zijn van de intergemeentelijke vereniging (vennoten) betalen meestal minder dan gemeenten die niet tot de intergemeentelijke vereniging behoren (OVAM, 2007a). Het tarief voor de vennoten is geen marktprijs, maar een dekking van vooral variabele werkingskosten. Veelal hebben de vennoten reeds een deel van de vaste kosten betaald bij de oprichting van de intergemeentelijke vereniging. Het overgrote deel van de huishoudelijke afvalstoffen dat wordt verbrand is overigens afkomstig van vennoten.

In 2005 bedroeg het tarief voor de verbranding van huisvuil gemiddeld € 103,03 per ton (zie Figuur 7) variërend van 77 tot € 128,50 per ton. Hierbij is het opvallend dat het verschil in prijs tussen vennoten en niet-vennoten minder uitgesproken is dan de voorbije jaren (OVAM, 2007a).

De heffingen op het verbranding in installaties vergund voor huishoudelijke afvalstoffen worden jaarlijks geïndexeerd in 2005 bedroegen deze € 6,80 per ton en €14,38 per ton naargelang al dan niet energierecuperatie plaatsvindt, voor 2006 is dit respectievelijk € 7 per ton en €14,8 per ton. Sinds 2005 voldoen alle 11 verbrandingsinstallaties aan de verplichting tot energierecuperatie, waardoor dit laatste tarief in principe niet meer relevant is. De milieuheffingen worden aangewend als instrument om de afvalverwerking te sturen richting recuperatie, zowel van materialen als van energie (OVAM, 2007a).



Figuur 7: Evolutie van de gemiddelde tarieven voor het verbranden van huishoudelijke afvalstoffen in de Vlaamse HVVI en de heffingen op het verbranden van huishoudelijke en bedrijfsafvalstoffen

Waarschijnlijk zullen de prijzen voor verbranding van huishoudelijke afvalstoffen vrij stabiel blijven of een lichte stijging ondergaan. Deze prijsstijging kan nog gedeeltelijk toegeschreven worden aan het in gebruik nemen van de de NOx installaties. Deze investering was nodig om tegen eind december 2005 tegemoet te komen aan de richtlijn 2000/76 inzake het verbranden van afval. Verder zorgt het weigeren van stortafwijkingen ervoor dat het verbrandingstekort in Vlaanderen groter wordt. Na het sluiten van de MIWA is ook de installatie van MIROM

(Menen) eind 2005 gesloten. Dit zou mede aanleiding kunnen geven tot een verdere prijsstijging (OVAM, 2007a).

Concurrentie tussen verschillende installaties kan eveneens zorgen voor prijswijzigingen. Het uitvoeringsplan huishoudelijke afvalstoffen stelt voorop dat het Vlaamse huisvuil preferentieel binnen het Vlaamse Gewest verwerkt wordt (zelfvoorzieningsprincipe). Hierdoor speelt er weinig of geen concurrentie met het buitenland waardoor het onwaarschijnlijk is dat de prijs van buitenlandse verwerkingsmogelijkheden een invloed heeft op de verwerkingsprijs op de Vlaamse markt (OVAM, 2007a). Bodemas kan wel geëxporteerd worden onder bepaalde voorwaarden (zie 2.2.3b), wat als gevolg heeft dat de Vlaamse bodemasbehandelingsinstallaties concurrentie kunnen ondervinden vanuit het buitenland. Gezien de lage stortkosten in Vlaanderen (gemiddeld 20 €/ton in 2005 in vergelijking tot 50-70 €/ton in het buitenland) is de kost die aan behandeling van Vlaamse bodemas kan besteed worden om te kunnen blijven concurreren met storten gering (zie ook tabel 3). Naast de stortkosten spelen ook het lokaal beleid, de regelgeving (normen voor hergebruik) en de schaalgrootte/capaciteit van de behandelingsinstallaties een rol bij de prijszetting voor de verwerking van bodemas.

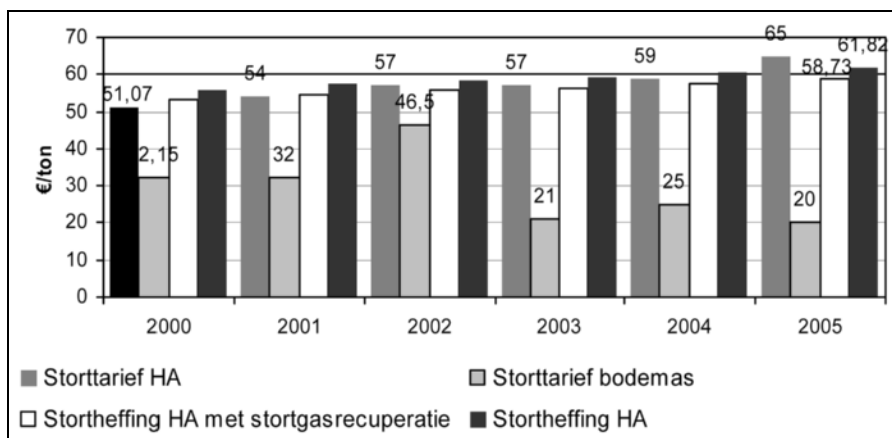
b. Tarieven en heffingen storten

Ruwe bodemas die niet bestemd is voor recyclage/hergebruik, kan gestort worden op een categorie 1 of 2-stortplaats.

Op de categorie 1-stortplaatsen wordt het tarief berekend op basis van de samenstelling van de aangeboden vracht, die door bemonstering wordt bepaald. Tussen de verschillende inrichtingen bestaan grote verschillen in de wijze van tarifiering. Het gewogen gemiddelde tarief exclusief milieuheffingen en gemeentelijke opcentiemen, bedroeg 39 €/ton in 2005 en 44 €/ton in 2004 (OVAM, 2007a). Het tarief voor het storten van bodemas op categorie 1-stortplaatsen is niet weergegeven. Bodemas is vrijgesteld van een stortheffing.

In 2005 bedroeg het tarief voor huishoudelijke afvalstoffen (huisvuil, grofvuil en gemeentevuil) op de categorie 2-stortplaatsen 65 €/ton. Verbrandingsassen genieten gewoonlijk van een lager tarief omdat ze kunnen ingezet worden als structuur- of tussenafdek materiaal, ook omwille van de hogere dichtheid waardoor het ingenomen volume per ton kleiner is. Gemiddeld wordt in 2005 20 €/ton betaald. De milieuheffing bedroeg in 2005 voor alle afvalstoffen, behalve voor de vrijgestelde bodemas, 61,82 €/ton. Een kleine reductie is voorzien voor stortplaatsen die energie recupereren uit de opgevangen storgassen.

In figuur 8 worden de tarieven en de heffingen voor het storten van huishoudelijke afvalstoffen weergegeven.



Figuur 8: Tarieven en heffingen voor het storten van huishoudelijke afvalstoffen en bodemas

2.3.2. Bodemasbehandeling: kosten, afzet en bijkomende opbrengsten

a. Kosten

De omvang van de kosten voor bodemasbehandeling is onderhevig aan een grote variatie. In Frankrijk worden kosten geschat⁸ tussen 10,7 en 33,1 €/ton (inkomsten uit ferro, non-ferro en verkoop van de bodemasgranulaten niet in rekening gebracht) (ADEME, 2002). Deze kosten zijn onder meer afhankelijk van de capaciteit en het type behandeling.

Algemeen kunnen we stellen dat de kosten van bodemasbehandeling bestaan uit:

- kapitaalkosten:
 - algemene bouwkundige en civieltechnische werken;
 - investeringsuitgaven voor behandelingsinstallatie;
- operationele kosten:
 - personeel;
 - verbruiksgoederen;
 - afvalverwerking;
 - onderhoud;
 - belastingen en verzekeringen;
 - overhead en management kosten.

In Frankrijk werden tussen 1995 en 2001 door ADEME subsidies toegekend voor de bouw van bodemasbehandelingsinstallaties. Deze subsidies vertegenwoordigden ongeveer 20% van de totale kapitaalkosten.

De Eunomia (2001) vermeldt eveneens een aantal kostprijzen voor de behandeling van ruwe bodemas in verschillende Europese lidstaten. Deze zijn samengevat in Tabel 3.

⁸ Algemene bouwwerken en civieltechnische werken werden afgeschreven op een termijn van 15 jaar en de installatie voor bodemasbehandeling op een termijn van 5 jaar.

Tabel 3: *Kost van bodemasbehandeling in een aantal Europese landen*

Land	Kost van bodemasbehandeling (€/ ton bodemas)
Oostenrijk	63
Denemarken	34
Frankrijk	13-18 €/ ton input
Duitsland	25-30
Italië	75
Luxemburg	16 €/ton afval input

Bron: Eunomia 2001

b. Afzet bodemasgranulaten

Het belangrijkste doel bij het verwerken van ruwe bodemas tot bodemasgranulaat voor hergebruik is het leveren van een economisch haalbaar en milieuverantwoord alternatief voor het storten van ruwe bodemas. De storkost wordt hierdoor vermeden. Een bijkomend voordeel is dat bodemasgranulaat als secundaire grondstof natuurlijke grondstoffen in de bouw nijverheid kan vervangen.

In Frankrijk verkoopt ongeveer de helft van de installaties (49%, voornamelijk privaat beheerd) de bodemasgranulaten aan een positieve prijs van 0,8 tot 3,8 €/ton (uitzonderlijk zelfs 6,1 €/ton). Ongeveer een kwart van de installaties zetten de bodemasgranulaten gratis af en het overige kwart leveren de bodemasgranulaten kosteloos waarbij ze eveneens het transport voor hun rekening nemen. Deze laatste optie resulteert in een negatieve verkoopprijs. In ongunstige omstandigheden betalen de verwerkingsfaciliteiten zelfs een vergoeding aan de gebruikers van de bodemas-granulaten van 6,1 tot 22,1 €/ton (ADEME, 2002).

In Nederland werden prijzen voor bodemasgranulaten geregistreerd van -8 €/ton voor de bijzondere categorie en -5 tot 0 €/ton voor categorie 2 bouwstof. Bodemasgranulaat dat aan de eisen van categorie 1 bouwstof voldoet zou theoretisch tot 6 €/ton kunnen opbrengen (Rem et al., 2002; Rutten et al., 2006; De Wijs, pers. mededeling. 2007).

In Zweden bedraagt de commerciële waarde van granulaten gewonnen uit bodemas na behandeling en veroudering ongeveer 6 €/ton. De waarde van de fijnere bodemasfractie die overblijft en kan gebruikt worden in de bouw bedraagt ongeveer 2,2 €/ton (BREF Waste Incineration, 2005). Het storttarief voor bodemas in Zweden bedraagt 40 €/ton (BREF Waste Incineration, 2005).

c. Bijkomende opbrengsten

De ferro-fractie wordt veelal afgescheiden m.b.v. een overbandmagneet bij de verbrandingsinstallatie zelf. De ferro-fractie wordt via schroothandelaars afgezet in de staalindustrie. De afzetprijs wordt hier in de eerste plaats bepaald door het percentage onzuiverheden. De storkost voor de aanwezige onzuiverheden wordt door de schroothandelaar doorgerekend aan de aanbieder.

De prijzen voor ferro-schroot zijn gekoppeld aan de beurs en zijn afhankelijk van de materiaal-kwaliteit. Men onderscheid verschillende klassen. De ferro-fractie uit de bodemasbehandeling valt onder de productcategorie 'zwarte plaat'. De beursprijs kent een cyclisch verloop: de minimale prijs wordt behaald in de zomer (juli-augustus 2007: 115-130 €/ton) als gevolg van een lagere vraag en een hoog aanbod aan ertsen. De maximale prijs wordt in de winter behaald. De prijs die de HVVI of bodemasbehandelaar uiteindelijk krijgt voor het afgescheiden ferro-

schroot wordt relatief ten opzichte van deze beurskoers bepaald in onderhandelingen. Een bodemasbehandelaar rapporteerde dat de prijs ten opzichte van de beurskoers tussen 30 €/ton lager en 5 €/ton hoger kan liggen.

De volgende factoren zijn van belang bij de bepaling van de uiteindelijke prijs:

- De zuiverheid van de fracties en de kost om deze fracties op de gewenste zuiverheid te brengen door automatische of manuele scheiding. Ook de storkost van onzuiverheden wordt doorgerekend.
- De graad van oxidatie van het ijzer. De waarde van de ferro-fractie daalt naargelang een hogere oxidatie.
- De transportkosten
- De situatie op de lokale markt.

De non-ferrostrom wordt afgezet naar een secundaire verwerker. Deze past verdere scheiding toe om de verschillende metalen te scheiden. De afzetprijs wordt bepaald door de marktprijs van de metalen en het gehalte aan onzuiverheden. Voor non-ferro uit bodemasbehandeling wordt de volgende gemiddelde praktijksamenstelling gerapporteerd: 60% Al, 25% andere metalen (koper, messing, zink en inox) (Vrancken 2001). Aluminium is in grote mate het prijsbepalende metaal, wegens de grote waarde ervan op de secundaire markt. Oud aluminium (max 2% Fe) haalt momenteel (19-09-2007) een koers van 980 €/ton en oud koper een koers van 4100 €/ton. De prijs voor non-ferro is variabelere dan deze voor ferro omdat de markt actiever is. Prijzen variëren naargelang de kwaliteit van het product (aluminium inhoud). (ADEME, 2002)

2.3.3. Concurrentiepositie

a. Doel en benadering

In deze paragraaf wordt de marktsituatie van de bodemasbehandeling in kaart gebracht om zo een indicatie te geven van de intensiteit van de concurrentie. De concurrentiekrachten zijn bepalend voor de winstgevendheid van een specifieke sector daar zij de prijzen, de kosten en de vereiste investeringen bepalen. Op basis hiervan kunnen we inschatten of de HVVI/ bodemasbehandelaars in staat zijn bijkomende kosten af te wentelen op leveranciers of klanten.

M. Porter (1985) maakt een onderscheid tussen vijf bronnen van concurrentie die de structuur en de intensiteit van concurrentie weergeven:

- (i) interne concurrentie tussen bedrijven binnen de sector;
- (ii) macht van de leveranciers;
- (iii) macht van de afnemers;
- (iv) dreiging van substituten;
- (v) dreiging van nieuwe toetreders.

b. Interne concurrentie

De bodemasbehandelingsinstallaties kunnen net als de HVVI privaat, publiek of via een gemengde structuur beheerd worden. De Franse ondernemingen die een positieve prijs krijgen voor de bodemasgranulaten zijn veelal privaat opgericht net zoals de twee Vlaamse installaties.

De slechte of negatieve verkoopprijs van bodemasgranulaten (van een aantal Franse bodemasopwerkingsinstallaties) is volgens ADEME (2002) niet te wijten aan een slechte productkwaliteit maar eerder aan onvoldoende kennis van het verkoopscircuit en marketingtechnieken. Het

negatieve imago van bodemas als ‘afvalstof’ draagt eveneens bij tot de vermindering van de verkoopwaarde. De praktijk van het (bijna) gratis afzetten van bodemasgranulaten aan de bouw-nijverheid, wat goedkoper kan zijn dan het storten van de onbehandelde bodemas, versterkt dit imago. Ook in Nederland blijkt het imago van de bodemasgranulaten een belangrijke invloed te hebben op de afzet (zie ook de Macht van de afnemers).

c. Macht van de leveranciers

De ‘leveranciers’ van de bodemasbehandelingsinstallaties zijn de HVVI’s die de bodemas produceren en indirect de intercommunales die instaan voor de inzameling van het huishoudelijk restafval. Binnen de sector bestaat een zekere mate van verticale integratie: de intercommunales die instaan voor de omhaling van het huishoudelijk restafval kunnen namelijk vennoot zijn van de HVVI of eventueel van een bodemasbehandelingsinstallatie (niet het geval in Vlaanderen). De mogelijkheid bestaat om bijkomende kosten van de bodemasbehandelaars, bijvoorbeeld voor bijkomende milieumaatregelen, via de HVVI af te wentelen op de intercommunales en eventueel verder aan de burger via het Diftar systeem.

Het overheidsbeleid dat gericht is op preventie en recyclage bepaalt in grote mate de hoeveelheid huishoudelijk restafval dat verbrand wordt. Deze hoeveelheid kende de laatste jaren een stabilisatie na een sterke daling. Momenteel groeit de afvalberg zelfs trager dan de bevolking.

Hoewel de huidige verbrandingscapaciteit voldoende is om het storten van huishoudelijk afval een halt toe te roepen is er voor het verbranden van bedrijfsafval dat qua aard en samenstelling gelijkaardig is aan huishoudelijk afval nog een capaciteitstekort.

d. Macht van de afnemers

In Nederland spreekt men van een dynamische marktsituatie waar nog lang geen continue vraag vanuit de markt naar bodemasgranulaten bestaat. Projectverwerving is een tijdrovende zaak waarin acceptatie van het product door de markt afhankelijk is van vele factoren. Ook hier komt men tot de conclusie dat de marktpositie van de bodemas-granulaten mede beïnvloed wordt door de marktperceptie en de publiciteit rond de milieueffecten van de toepassingen ervan (notitie stand van zaken kwaliteitsverbetering AVI-bodemas, 2005).

Verder is het voor de bouw-nijverheid belangrijk dat ze voldoende grote voorraden van het product kunnen bekomen met een consistente kwaliteit, wat vooral speelt bij grote bouwprojecten.

e. Dreiging van substituten

Bodemasgranulaten kunnen gebruikt worden als bouwstof en vormen voornamelijk een substitoot voor zand of grind of andere secundaire grondstoffen. De lokale aanwezigheid van deze grondstoffen bij een bodemasbehandelingsinstallatie kan ervoor zorgen dat de afzet van bodemasgranulaten bemoeilijkt wordt.

Het storten of eventueel nuttig hergebruik van ruwe bodemas op stortplaatsen vormt een alternatief voor het behandelen van de bodemas. Bodemas op categorie 2 stortplaatsen geniet nu al van een verlaagd storttarief omdat de bodemas kan gebruikt worden als structuur- of tussenafdekmateriaal. Een lager aanbod van ruwe bodemas aan de stortplaatsen door bijvoorbeeld een sterke stijging van de hoeveelheid behandelde as voor hergebruik in de bouwsector kan dit tarief verder doen dalen.

Het bestaan van deze substituten beperken de mogelijkheden van de bodemas-behandelaars om extra kosten door te rekenen aan klanten en leveranciers.

f. *Dreiging van nieuwe toetreders*

De bouw van een nieuwe bodemasbehandelingsinstallatie kan grenzend aan een bestaande verbrandingsinstallatie of onafhankelijk. Verder kan men kiezen voor een beperkte capaciteit of voldoende capaciteit om ruwe bodemas van verschillende verbrandingsinstallaties te verwerken.

De lokale aanwezigheid van afzetmarkten voor bodemasgranulaten kan bij de keuze van de locatie een belangrijke rol spelen, rekening houdend met transport. De aanwezigheid van andere secundaire grondstoffen zoals bouw en slooppuin kan een negatief effect hebben op de afzetmogelijkheden van de bodemasgranulaten.

Ook milieuvergunningsvoorwaarden zijn van belang bij het bepalen van de locatie van een nieuwe bodemasbehandelingsinstallatie. Zo kunnen bijvoorbeeld de lozingsvoorwaarden bij natte behandeling gunstiger zijn wanneer de installatie als gevolg van haar ligging kan lozen op brak water. De verschillen in wetgevend kader tussen landen onderling kunnen de keuze van de locatie beïnvloeden.

De factoren die de keuze van een locatie beïnvloeden kunnen samen met de hoge investeringen die nodig zijn, een belangrijke toetredingsdrempel tot de markt vormen voor nieuwe spelers. De hoge investeringen bevorderen ook de mogelijkheden voor bestaande installaties om kosten door te rekenen aan klanten en leveranciers.

g. *Concurrentie met het buitenland*

Vlaanderen kiest voor een vrij hergebruik van afvalstoffen, waarbij afvalstoffen zonder verdere afscherming van het milieu kunnen toegepast worden. Naast vrij hergebruik waarvoor de afvalstoffen aan zeer strenge eisen moet voldoen, bestaat in het buitenland vaak ook de mogelijkheid afvalstoffen toe te passen onder geïsoleerde condities (d.w.z. waarbij het contact met hemel- en grondwater door toepassing van isolatie maatregelen tot een minimum wordt beperkt), vb. IBC criteria in Nederland. Voor de afvalstoffen die in geïsoleerde toepassingen worden gebruikt gelden minder strenge normen dan voor afvalstoffen die vrij kunnen worden toegepast (zie ook § 2.5.7). Doordat bodemasgranulaten in het buitenland geïsoleerd kunnen worden toegepast, moeten de bodemasgranulaten daar aan minder strenge normen voldoen.

In Frankrijk bijvoorbeeld wordt bodemasgranulaat hoofdzakelijk in de wegenbouw gebruikt, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan en waarbij een inventarisatiesysteem ervoor zorgt dat ook bij het opnieuw opbreken van de weg de gepaste acties worden ondernomen. Ook in Nederland en Duitsland wordt bodemas-granulaat veelal geïsoleerd toegepast in grote (overheids)infrastructuurwerken, industriebouw of als afdeklaag op stortplaatsen.

h. *Conclusie*

De verkoopprijs van bodemasgranulaten blijkt sterk afhankelijk te zijn van het imago van het materiaal en de onderhandelings- en marketingcapaciteiten van de aanbieder. Bodemas kan als substituuat voor zand en grind gebruikt worden, waarmee het dan ook in concurrentie treedt. De afzetmogelijkheden van de bodemasbehandelaar zullen dan ook sterk beïnvloed worden door de lokale aanwezigheid van deze grondstoffen en andere mogelijke substituten voor zand en

grind zoals bouw- en sloopafval. Verder is het belangrijk om over voldoende capaciteit/voorraad te beschikken om grote bouwprojecten te kunnen bevoorraden.

De HVVI's en intercommunales zijn de respectievelijk directe en indirecte leveranciers van ruwe bodemas voor de behandelingsinstallaties. Indien de bodemasbehandelaar bijkomende kosten voor milieuvriendelijkere technieken zouden doorrekenen naar de HVVI kunnen zij deze kosten op hun beurt (gedeeltelijk) afwentelen op de gemeentes via de tarieven voor verbranden van huishoudelijke afvalstoffen. De bodemasbehandelaar zal echter wel rekening moeten houden met het niveau van de storttarieven voor ruwe bodemas. Indien deze lager zouden zijn dan de kost voor bodemasbehandeling zal een HVVI er eerder voor opteren de ruwe bodemas te storten. De hoge toetredingsdrempel tot de sector geeft ook aan dat het doorrekenen van extra kosten mogelijk is.

Het principe van 'vrij hergebruik' van bodemasgranulaten in Vlaanderen heeft als gevolg dat de kwaliteitsnormen voor de bodemasgranulaten hoger zullen zijn en dat de bodemasbehandeling in Vlaanderen naar alle waarschijnlijkheid duurder zal zijn dan in het buitenland. Hierdoor wordt de export van de bodemasgranulaten bemoeilijkt. De strengere normen zullen anderzijds ook de invoer van bodemasgranulaten belemmeren.

De gegevens in verband met de storttarieven voor ruwe bodemas, die een vermeden kost vormen bij het behandelen van, kunnen samen met de gegevens inzake bijkomende opbrengsten bij bodemasbehandeling gebruikt worden om de economische haalbaarheid van kandidaat Best Beschikbare Technieken indien nodig in te schatten in Hoofdstuk 5. De storkosten bepalen ook de gate-fee die de bodemasbehandelaar aanrekent voor de acceptatie van ruwe bodemas in de verwerkingsinstallatie.

2.4. **Bouwtechnische kwaliteiten van HVVI-bodemas**

De bouwtechnische kwaliteit van bodemasgranulaat is in verschillende landen bestudeerd (ISWA, 2006). Algemeen kan gesteld worden dat bodemasgranulaat niet enkel zand maar ook natuurlijk granulaat kan vervangen in ongebonden onderfunderingen, wanneer het organisch stof gehalte laag is. Door afscheiding van de organische fractie wordt het gloeiverlies beperkt, hetgeen gunstig is voor de bouwtechnische eigenschappen van bodemasgranulaat. Bodemasgranulaat kan ook op stortplaatsen (voor bouwtechnische toepassingen) gebruikt worden:

1. als vervanging van een geotextiel bovenop de drainerende laag onderaan de stortplaats;
2. als bouwstof voor noodzakelijke infrastructuur op het stortterrein, zoals verharde wegen, scheidingsmuren tussen verschillende stortvakken, als ophoogmateriaal;
3. als bouwstof voor de dagelijkse afdekking van de stortplaats voor speciale afvalstoffen;
4. als profileringsmateriaal;
5. als gasdrain- of nivelleringslaag van de uiteindelijke afdeklaag van de stortplaats.

Toepassing 1 tot en met 4 wordt in Vlaanderen niet als nuttige toepassing beschouwd. De bodemas die voor dergelijke toepassing worden ingezet worden dus gestort.

In tabel 4 zijn de mechanische eigenschappen van bodemasgranulaat, zoals deze in verschillende landen werden gemeten opgenomen.

Tabel 4: Mechanische eigenschappen van HVVI-bodemasgranulaat. Met goed gesorteerd, wordt bedoeld dat er een gelijke verdeling is tussen grof en fijn materiaal. Deze verdeling is belangrijk voor de compacteerbaarheid van het bodemasgranulaat bij gebruik als (onder)funderingsmateriaal

Mechanische eigenschappen van bodemasgranulaat	Denemarken	Duitsland	Zweden	Vlaanderen
Loss on ignition (LOI) bij 550°C in %	1,7-2,4	1,0-3,5	2,3-7,7	
TOC gehalte (% ds)		0,5-1,5		< 0,5-2,4
Korrelgrootteverdeling	0/50 mm goed gesorteerd		0/45 mm goed gesorteerd	10-20 en 20-40 mm 2-6 en 6-50 mm
Fractie < 63 (75) µm	8-9%	5%	8-10%	
Korrel dichtheid kg/m ³	2700			
Los Angeles test % verlies	45-47		45	
Water adsorptie in % grote fractie > 4-5 mm fijne fractie < 4-5 mm	5,6-7,7 12,3-16,1			
gecompacteerde droge dichtheid kg/m ³	1790		1600-1700	
Optimaal vochtgehalte	15		14-19	
Referenties:	Crillesen en Skaarup, 2006		Crillesen en Skaarup, 2006	

De aanwezigheid van hoge calcium gehalten en zouten maakt dat de assen hydraterende en cementerende eigenschappen hebben maar ook gevoelig zijn voor zwellen. De aanwezigheid van metallisch aluminium in de bodemas kan in contact met vocht aanleiding geven tot de vorming van waterstofgas (Huber et al., 1996; Håkansson et al., 2004). De hoge zout concentraties suggereren ook dat de bodemas voor corrosieve reacties kunnen zorgen wanneer ze in contact komen te staan met metallische structuren. Contact met metallische structuren wordt in de wetgeving veelal niet toegelaten.

Door afscheiding van de fijne fractie (< 100 µm) wordt de milieuhygiënische kwaliteit als ook de drainerende eigenschap van het bodemasgranulaat verbeterd. Voor gebruik als ophoogmateriaal is echter een afscheiding van de fijne fractie vaak niet gewenst, omdat een bepaalde hoeveelheid fijne fractie nodig is voor een goede verdichting van het materiaal.

De behandeling van bodemas beïnvloedt vaak zowel de milieuhygiënische kwaliteit als ook de civieltechnische kwaliteit:

- verwijderen van zouten door wassen;
- verwijderen van reactieve non-ferro deeltjes door non-ferro scheiding;
- verminderen van de reactiviteit (van metallische deeltjes en organisch stof) door een versnelde carbonatatie.

Bij het gebruik van bodemas als substitutie voor granulaten moet voldaan worden aan de Europese normen, o.a. EN 13242 (ophoogmateriaal), EN 12620 (toeslag in beton).

2.5. Regelgevend kader voor hergebruik van HVVI-bodemas

2.5.1. Situatie in Vlaanderen

Het gebruik van bodemasgranulaat als secundaire grondstof wordt in Vlaanderen geregeld door het Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en beheer, in het kort VLAREA. Het VLAREA legt milieuhygiënische eisen op aan het gebruik van afvalstoffen. Afvalstoffen kunnen gebruikt worden (1) in of als meststof of bodemverbeterend middel, (2) in of als bouwstof, (3) als bodem of (4) in of als diervoeder. Bodemasgranulaat kan gebruikt worden in of als bouwstof, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen niet-vormgegeven en vormgegeven bouwstoffen. Inzake het gebruik worden voorwaarden opgelegd aan de samenstelling, waarbij de eisen met betrekking tot de totaalconcentraties organische parameters dwingend zijn (Tabel 5) en de eisen met betrekking tot de totaalconcentraties van de anorganische parameters richtwaarden zijn (Tabel 6). Voor deze laatste parameters zijn de uitloogbaarheid voor gebruik als niet-vormgegeven bouwstof (Tabel 7) of de emissiegrenswaarden voor bodem voor gebruik als vormgegeven bouwstof dwingend. Bovendien is voor het gebruik van bodemasgranulaat als secundaire grondstof een gebruikscertificaat noodzakelijk. Het gebruikscertificaat bevat o.a. het gebruiksgebied voor de secundaire grondstof en de voorwaarden voor het gebruik. Voor bodemasgranulaat wordt in het gebruikscertificaat (in overeenstemming met de grenswaarden voor afvalstoffen die aanvaardbaar zijn op stortplaatsen voor inerte afvalstoffen) vaak ook een grenswaarde van 3% voor het TOC gehalte opgelegd⁹. Als bijkomende voorwaarden kan ook opgelegd worden dat bodemasgranulaten enkel mogen worden toegepast onder een verharde toplaag en niet mogen aangewend worden in gebieden met drinkwatervoorziening en op minder dan 1 m boven het grondwaterniveau.

Het gebruikscertificaat van Valomac voorziet in toepassingen van het behandelde bodemasgranulaat in of als (niet) vormgegeven bouwstof voor gebruik in onderfunderingen in de wegenbouw en als versteviging van dijkken. De bodemasgranulaten mogen niet vermengd worden met de bodem en zijn daarom niet geschikt voor oppervlakteverhardingen of allerlei aanvullingen en ophogingen waarbij de bodemasgranulaten niet afdoende fysisch worden afgeschermd tegen vermenging met de bodem.

De grenswaarde voor DOC (Dissolved Organic Carbon) voor het aanvaarden van bodemas op een stortplaats voor ongevaarlijke afvalstoffen ligt op 80 mg/l (800 mg/kg ds) en voor een stortplaats voor inerte afvalstoffen op 50 mg/l (500 mg/kg ds).

⁹ In het verleden werd ook het gloeiverlies gebruikt om het organisch stof gehalte te bepalen. Het gloeiverlies wordt echter ook mede bepaald door het hydroxylwater van metaalhydroxiden, waardoor het gloeiverlies een fout beeld geeft van het gehalte aan organische stof. Een bepaling als TOC geeft een beter beeld van het gehalte aan organische stof.

Tabel 5: Milieuhygiënische normen: totaalconcentraties voor gebruik van bodemasgranulaat in of als bouwstof (totaalconcentraties in mg/kg droge stof)

MONOCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN	
Benzeen	0,5
Ethylbenzeen	5
Styreen	1,5
Tolueen	15
Xyleen	15
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN	
Benzo(a)antraceen	35
Benzo(a)pyreen	8,5
Benzo(ghi)peryleen	35
Benzo(b)fluoranteen	55
Benzo(k)fluoranteen	55
Chryseen	400
Fenantreen	30
Fluoranteen	40
Indeno(1,2,3cd)pyreen	35
Naftaleen	20
OVERIGE ORGANISCHE STOFFEN	
Extraheerbare organohalogeenvverbindingen (EOX)	10
Hexaan	1
Heptaan	25
Minerale olie	1000
Octaan	90
Polychloorbifenylen (PCB)	0,5

Tabel 6: Richtwaarden voor de totaalconcentraties voor hergebruik van afvalstoffen als secundaire bouwstof

METALEN	mg/kg droge stof
Arseen (As)	250
Cadmium (Cd)	10
Chroom (Cr)	1250
Koper (Cu)	375
Kwik (Hg)	5
Lood (Pb)	1250
Nikkel (Ni)	250
Zink (Zn)	1250

Tabel 7: Milieuhygiënische normen voor het gebruik van bodemasgranulaat in Vlaanderen als niet vormgegeven bouwstof (standaard toepassing met de hoogte van de bouwstof van 0,7 meter)

Regelgevend kader Uitloogtest Categorie parameter	VLAREA CMA 2//II/A.9.1. vrij hergebruik mg/kg ds
Arseen (As)	0,8
Cadmium (Cd)	0,03
Chroom (Cr) (TOT)	0,5
Koper (Cu)	0,5
Kwik (Hg)	0,02
Lood (Pb)	1,3
Nikkel (Ni)	0,75
Zink (Zn)	2,8

2.5.2. Situatie in Nederland

In Nederland is het gebruik van bodemasgranulaat momenteel nog geregeld door het Bouwstof-fenbesluit (Bsb). In 2008 zal echter het Besluit bodemkwaliteit van kracht worden. De nieuwe normen uit dit regelgevend kader werden hier ook al opgenomen om een vergelijking met de Vlaamse normen te kunnen maken.

Het bouwstoffenbesluit onderscheidt twee categorieën van bouwstoffen: categorie 1 bouwstof-fen die vrij kunnen toegepast worden, en categorie 2 bouwstoffen waarbij bijhorende isolatie-maatregelen en beheers- en controlemaatregelen (zogenaamde IBC-criteria) van toepassing zijn. Sinds het van kracht worden van het Bouwstoffenbesluit bestaan de isolatiemaatregelen voor de bijzondere categorie bodemas uit een dubbele afdichting (minerale laag plus folie). Sinds juli 2003 dient bij gebruik van een minerale afdichtingslaag bovendien een laagje bitumen te worden aangebracht tussen het bodemasgranulaat en de minerale laag¹⁰ of dient gebruik gemaakt van samengestelde constructies zoals de Multimat. De controlemaatregelen bestaan uit de aanleg van peilbuizen in de omgeving van de toepassing.

Voor bodemas is in het Bsb een bijzondere categorie gedefinieerd, die aangeduid wordt met ‘bijzondere categorie bodemas’. Bodemas uit deze categorie kan toegepast worden:

- in uitsluitend een constructieve ophoging of aanvulling;
- in een niet-constructieve ophoging of aanvulling;
- in uitsluitend een constructieve ophoging of aanvulling waarbij de isolerende kunststoffolie is doorgetrokken tot de wegverharding;
- in een belastingspreidende laag en een constructieve ophoging of aanvulling, al dan niet in combinatie met toepassing in de wegfundering;
- als steunlaag op stortplaatsen.

Deze toepassingen worden aangeduid als de standaardtoepassingen van de ‘bijzondere catego-rie avi-bodemas’. Waarbij avi staat voor afvalverbrandingsinstallatie (AVI).

¹⁰ Dit is om eventuele reactie tussen de bodemas en de minerale laag te beperken. Het betreft vooral een uitwisseling van Ca-ionen waardoor de zwellende werking van de minerale laag zou verloren kunnen gaan.

Als categorie 2-bouwstof (toepassing onder IBC criteria) is AVI-bodemas bestemd om te worden toegepast in ongebonden funderingslagen (fractie 0-20 mm) of in ophogingen, en aanvullingen, of als steunlagen voor afdichtingsconstructies (fractie 0-40 mm). Als 'bijzondere categorie bodemas' kan de fractie 0-40 mm worden toegepast voor ophogingen, aanvullingen en als steunlagen voor afdichtingsconstructies.

De categorie-indeling hangt samen met de milieuhygiënische eisen die aan AVI-bodemas worden gesteld. De bouwtechnische eisen zijn opgenomen in de nationale beoordelingsrichtlijn (BRL 2307) voor het KOMO attest-met-productcertificaat voor AVI-bodemas voor ongebonden toepassing op of in de bodem in grond- en wegebouwkundige werken.

De milieuhygiënische eisen, die relevant zijn bij ongebonden toepassing van AVI-bodemas op of in de bodem in grond- en wegebouwkundige werken zijn opgenomen in het Bsb. De bouwtechnische eisen voor ophogingen zijn opgenomen in de Standaard RAW Bepalingen 2000 (te vergelijken met Standaard bestek 250 in Vlaanderen). De bouwtechnische eisen gelden zowel voor de categorie 2-bouwstof als de bijzondere categorie AVI-bodemas.

Milieuhygiënische eisen hebben betrekking op de samenstelling organische componenten (Tabel 8) en de immissie van anorganische componenten. De emissies worden bepaald door uitvoering van een kolomproef conform NEN 7343 (dit wordt de NEN 7373 in het nieuwe Besluit Bodemkwaliteit).

Tabel 8: Samenstellingswaarden van organische componenten (onafhankelijk van toepassingshoogte of toepassingsgebied)

Organische componenten	Samenstellingswaarde (mg/kg droge stof)	
	Bouwstoffenbesluit	Besluit bodemkwaliteit
<i>Aromatische stoffen</i>		
benzeen	1,25*	1
ethylbenzeen	1,25*	1,25
tolueen	1,25*	1,25
xylenen (som van o-, m-, p-)	1,25*	1,25
fenolindex	1,25*	1,25
<i>Polycyclische aromatische koolwaterstoffen</i>		
naftaleen	5	5
fenantreen	20	20
antraceen	10	10
fluoranteen	35	35
chryseen	10	10
benzo(a)antraceen	50	40
benzo(a)pyreen	10	10
benzo(k)fluoranteen	50	40
indeno(1,2,3cd)pyreen	50	40
benzo(ghi)peryleen	50	40
PAK's (som 10)	75	50
<i>Overige parameters</i>		
PCB's (som PCB 28,52,101,118,138,153,180)	0,5	0,5
EOCl (som, in mg Cl / kg droge stof)	3*	0,8 (trigger)

Organische componenten	Samenstellingswaarde (mg/kg droge stof)	
	Bouwstoffenbesluit	Besluit bodemkwaliteit
organochloor pesticide (som)	0,5*	
chloorvrije pesticide (som)	0,5*	
minerale olie	500*	500
asbest		100

* uit te sluiten componenten in het kader van certificatie en productcontrole

Tabel 9: Eisen met betrekking tot de emissiewaarden van anorganische componenten

Anorganische componenten	Bouwstoffenbesluit (in mg/kg droge stof)		Besluit bodemkwaliteit (in mg/kg droge stof)	
	IBC-criteria (toepassings-hoogte onbeperkt	IBC-criteria (toepassings-hoogte 0,7 m)	IBC-criteria	vrij hergebruik niet vormgegeven
Arseen	7,0	7,0	2	0,9
Barium	55	58	100	22
Cadmium	0,061	0,066	0,06	0,04
Chroom	12	12,3	7	0,63
Kobalt	2,3	2,5	2,4	0,54
Koper	3,3 (23*)	3,5	10	0,90
Kwik	0,075	0,076	0,08	0,02
Lood	8,1	8,7	8,3	2,3
Molybdeen	0,84 (23*)	0,91	15	1
Nikkel	3,5	3,7	2,1	0,44
Antimoon	0,41 (2,0*)	0,43	0,7	0,16
Seleen	0,094	0,1	3	0,15
Tin	2,3	2,4	2,3	0,4
Vanadium	32	32	20	1,8
Zink	14	14,7	14	4,5
Bromide	44	44,2	34	20
Chloride	8790	8800	8800	616
Fluoride	96	100	1500	55
Sulfaat	22000	22000	20000	1730

* versoeperde eisen voor de bijzondere categorie bodemas.

Bodemasgranulaten die zullen toegepast worden na het van kracht worden van het nieuwe ‘Besluit Bodemkwaliteit’ moeten aan de samenstellingseisen voor bouwstoffen voldoen om onder IBC-criteria te worden toegepast. De bijzondere categorie AVI-bodemas komt te vervallen. In tabel 9 zijn voorlopige samenstellingseisen weergegeven, de uiteindelijke eisen kunnen hier nog van afwijken.

Volgens de toelichting bij het besluit bodemkwaliteit is met de branche in het kader van het Bouwstoffenbesluit afgesproken dat de bijzondere categorie bodemas door kwaliteitsverbetering van het product in 2007 definitief zou (kunnen) komen te vervallen. Met de nieuwe eisen van het Besluit bodemkwaliteit kunnen vrijwel alle partijen (94%) worden toegepast als IBC-

bouwstof. Dit is een aanzienlijke verbetering ten opzichte van het Bouwstoffenbesluit, waar slechts 17% van de AVI-bodemas aan de eisen kon voldoen. Deze verbetering naar hergebruik toe, is het gevolg van de aanzienlijke verruiming van de uitloognormen voor koper en molybdeen.

Opmerking:

In Nederland werden (grootschalige) proeven uitgevoerd met kunstmatige veroudering door CO₂ (en O₂) beluchting. Resultaten van deze proeven zijn weergegeven in hoofdstuk 4. Drijfveer was het opwerken van de bodemas van de 'bijzondere categorie bodemas' tot een categorie 2 materiaal. Voor de 'bijzondere categorie bodemas' wordt immers een verhoogde uitloging toegelaten voor koper (23 mg/kg versus 3,3 mg/kg voor categorie 2), molybdeen (23 mg/kg versus 0,84 mg/kg) en antimoon (2,0 mg/kg versus 0,46 mg/kg). Oorspronkelijk was voorzien dat de 'bijzondere categorie bodemas' per 1 januari 2003 zou komen te vervallen. Deze datum werd echter opgeschort tot 1 januari 2006 omdat er op dat moment nog geen oplossingen waren. Vanwege de herziening van het beleid en de emissienormen werd later beslist de bijzondere categorie te verlengen tot de datum van de inwerkingtreding van het nieuwe besluit bodemkwaliteit. Wanneer het nieuwe besluit bodemkwaliteit van kracht wordt, zullen de uitloogeisen voor koper-, molybdeen- en antimoon voor categorie 2 materiaal waarschijnlijk versoepelen. Voor koper wordt de nieuwe grenswaarde voor uitloging waarschijnlijk 10 mg/kg (vroeger 3,3), voor molybdeen 15 mg/kg (vroeger 0,84) en voor antimoon 0,7 mg/kg (vroeger 0,46). Met deze nieuwe eisen zou vrijwel alle bodemas als categorie 2 bouwstof kunnen worden toegepast, zonder extra inspanningen. Dit betekent dan ook dat de drijfveer om door een versnelde veroudering van de bodemas een categorie 2 bodemasgranulaat te produceren komt te vervallen, omdat de bodemas ook zonder deze techniek reeds aan de eisen voldoet.

Nieuwe uitloogmethodiek AVI-bodemas

Uit onderzoek is gebleken dat de uitloging van zware metalen uit AVI-bodemas onder zuurstofloze condities anders verloopt dan onder aërobe omstandigheden. Een aantal zware metalen wordt minder mobiel, waardoor de emissie daalt. De uitloging bepaald met de standaard kolomproef (NEN 7343) levert hierdoor een hogere uitloogwaarde op dan in de realiteit gemeten wordt. Zo wordt soms onnodig de grenswaarde uit het Bouwstoffenbesluit overschreden. Daarbij komt dat per 1 januari 2007 de bijzondere categorie, waarin een hogere emissie is toegestaan, vervalt. Een goede beoordeling van de uitloging is dus heel belangrijk voor het behouden van hetzelfde peil van nuttige toepassing van AVI-bodemas. Hiervoor is de NVN 7384 test ontwikkeld, een Nederlands voornormontwerp voor een kolomuitloogtest onder anaërobe condities. Zuurstofloze condities ontstaan in grote ophogingen met AVI-bodemas, die zijn voorzien van een bovenafdichting. Ook stortplaatsen, de bodem op grotere diepte en waterbodems zijn meestal zuurstofloos. Voor deze compartimenten zal de nieuwe proef een realistischer beeld geven van de uitloging dan de standaardproef. De proef is bijvoorbeeld te gebruiken voor de beoordeling van bouwmaterialen die in deze compartimenten worden toegepast of voor de bepaling van het uitlooggedrag van verontreinigde grond of sediment. De vereniging afvalbedrijven ijvert er dan ook voor deze test te laten opnemen in het nieuwe besluit bodemkwaliteit.

2.5.3. Situatie in Duitsland

In Duitsland was sinds 1997 de LAGA mededeling N° 20 van toepassing, door een recent arrest is echter gesteld dat voor het gebruik van materialen op of in de bodem ook rekening moet gehouden worden met andere vigerende regelgeving (o.a. bodembeschermingrecht, waterrecht en het afval- en kringlooprecht). In 2004 werd door de LAGA voorzitter een voorstel uitgewerkt dat de basis moet vormen voor een nieuwe federale regelgeving met betrekking tot het gebruik van 'minerale afvalstoffen' in Duitsland. De oude en nieuwe normen voor categorie 2 materialen (waarbinnen bodemasgranulaat kan gevaloriseerd worden) zijn opgenomen in tabel 10. In Duitsland zijn de normwaarden niet generiek opgesteld maar afvalspecifiek, bijgevolg zijn voor bodemas enkel die parameters genormeerd die voor het gebruik van deze afvalstof kritisch worden geacht. Dit zijn voor de organische parameters: TOC (totaal organische koolstof) en vroeger ook de EOX (extraheerbare organohalogenverbindingen). Voor de metalen werd de uitloging van Cr, Cu, Hg, Pb, Ni opgevolgd en de anionen CN^- , Cl^- , SO_4^{2-} . In het nieuwe voorstel (2004) is dit Cr (totaal) en Cr (IV), Zn, Sb en de anionen Cl^- en SO_4^{2-} . De normen uit dit nieuwe voorstel zijn afgeleid vanuit concentraties die maximaal aanwezig mogen zijn in het bodemporiënwater opdat er geen humane of ecotoxicologische effecten zouden optreden. Zoals in Nederland zijn er verschillende afvalcategorieën gedefinieerd waarbinnen afvalstoffen kunnen gevaloriseerd worden (categorie 0: bodem, categorie 1: vrij hergebruik in een werk; categorie 2: geïsoleerd gebruik). Bodemasgranulaat kan in Duitsland enkel gevaloriseerd worden in een werk (categorie 2) waar technische maatregelen worden genomen om het contact met infiltratiewater zo veel mogelijk te beperken (geïsoleerd). De bodemasgranulaten kunnen toegepast worden als fundering in gebonden vorm in een waterondoorlaatbare laag (asfalt, beton), als fundering in ongebonden vorm onder een waterondoorlaatbare laag; als kernlichaam in geluidswallen of dijken overdekt door een waterondoorlaatbare of slecht doorlaatbare laag. Bovendien zijn voor dit soort toepassingen nog volgende eisen gedefinieerd:

- de afstand tussen toepassing en de hoogst te verwachten grondwaterstand moet minimaal 1 meter bedragen;
- het gebruik wordt bij voorkeur voorzien in grote gecontroleerde werken;
- het gebruik wordt beperkt tot werken die naar verwachting niet vaak dienen te worden opgebroken voor herstelwerken, aanleg van nutsleidingen, etc.;
- indien ander toepassingen beoogd worden dan hierboven beschreven dient een toelating van de autoriteiten bekomen te worden en moet de gelijkwaardigheid aangetoond worden;
- er moet tijdens de werken op gelet worden dat er geen uitloging kan optreden van de toegepaste bodemasgranulaten voor deze worden afgedekt door een waterondoorlaatbare laag, voor zover dit tijdens het uitvoeren van het werk mogelijk is.

Tabel 10: Milieuhygiënische normen voor het gebruik van bodemasgranulaat in Duitsland (hergebruik is beperkt tot categorie 2, dwz hergebruik in een werk, afgeschermd van infiltrerend water)

regelgeving	LAGA1997	LAGA 2004
Uitloogtest	DIN 38414-S4	DIN 38414-S4 (EN 12457-4)
toepassing	Cat. 2: geïsoleerde toepassing	Cat. 2: geïsoleerde toepassing
parameter	mg/kg ds	mg/kg ds
Antimoon (Sb)		1
Cadmium (Cd)	0,05	
Chroom (Cr) (TOT)	2	0,5
Chroom (Cr) (VI)		3
Koper (Cu)	3	
Kwik (Hg)	0,01	
Lood (Pb)	0,5	
Nikkel (Ni)	0,4	
Zink (Zn)	3	2
Cl ⁻	2500	2500
CN ⁻	0,2	
SO ₄ ²⁻	6.000	6.000
pH	7-13	7-13
Conductiviteit	6000 µS/cm	6000 µS/cm

Voor wat de organische parameters betreft, wordt in de LAGA Eckpunten van 2004 een maximale TOC concentratie van 3% (massa/massa) opgelegd. In de LAGA mededeling N° 20 van 1997 bedroeg de maximaal toegelaten TOC concentratie slechts 1% (massa/massa) en werd er ook een maximale concentratie aan extraheerbare organohalogenverbindingen (EOX) van 3 mg/kg droge stof opgelegd.

2.5.4. Situatie in Wallonië

In Wallonië zijn de eisen met betrekking tot het gebruik van afvalstoffen opgenomen in het 'Besluit van de Waalse Regering waarbij de nuttige toepassing van sommige afvalstoffen bevorderd wordt' van 14 juni 2001. Voor bodemasgranulaat zijn in dit besluit twee toepassingsmogelijkheden voorzien, namelijk als onderfundering in bouwtechnische werken of als opvulmateriaal, en voor de aanmaak van hydraulisch gebonden producten door menging van de bodemas met een hydraulisch bindmiddel. Voor beide toepassingen is een gebruikscertificaat vereist, en dienen de bodemasgranulaten te voldoen aan de milieuhygiënische eisen opgenomen in tabel 11 en 12. De eisen waaraan de anorganische parameters moeten voldoen worden voor gebruik in onderfunderingswerken getest door middel van de standaard kolomtest (NEN 7343) en voor gebruik in hydraulisch gebonden producten door middel van de DIN 38414-S4 schudtest. De DIN-38414-S4 wordt eveneens gebruikt voor kwaliteitcontrole van de bodemasgranulaten geproduceerd voor hergebruik als onderfundering in de wegenbouw. De normen zijn opgesteld eind jaren 90 waarbij naar de normen in de omliggende landen is gekeken en ook naar de kwaliteitsgegevens van IPALLE de enige verwerker van ruwe bodemas in het Waalse gewest.

Het gebruikscertificaat maakt ook melding van bouwtechnische eisen waaraan de bodemas moet voldoen. Het betreft o.a. korrelgrootte, zwelpotentieel ($\leq 2\%$ bij uitvoering versnelde zweltest bij 50°C gedurende 28 dagen (RW99), gloeiverlies ($\leq 5\%$ bij calcinatie bij 550°C gedurende 2 uur)), vochtgehalte ($10\% \leq \text{bodemasgranulaat} \leq 15\%$).

Tabel 11: Milieuhygiënische normen voor het gebruik van bodemas in Wallonië

Uitloogtest Categorie parameter	NEN 7343 als onderfundering in een bouwtechnische werk mg/kg ds	DIN 38414-S4 voor aanmaak afgewerkte producten mg/kg ds
Antimoon (Sb)	0,3	0,2
Aluminium (Al)	2000	2000
Arseen (As)	0,8	0,1
Cadmium (Cd)	0,03	0,1*
Kobalt (Co)	0,25	0,1
Chroom (Cr) (totaal)	0,5	
Chroom (Cr) (VI)	0,5	0,1*
Koper (Cu)	5	2,0*
Kwik (Hg)	0,02	0,02*
Lood (Pb)	2,2	0,2*
Molybdeen (Mo)	1,8	0,15
Nikkel (Ni)	1,8	0,2*
Titaan (Ti)	2,4	2,0
Zink (Zn)	4	0,9*
Kalium (K)	1700	
Cl ⁻	6000	500,0
CN ⁻	0,2	0,46 mg/kg ds
F ⁻	20,0	50,0
SO ₄ ²⁻	4000	1000,0
NO ₂ ²⁻		3,0
NH ₄ ⁺		50,0
pH		7-12
Conductiviteit		6000 S/cm

* Som van de concentratie van bedoelde metalen moet lager zijn dan 5 mg/l

Tabel 12: Eisen met betrekking tot concentratie van organische parameters

Categorie parameter	onderfundering mg/kg ds	product mg/kg ds
MONOCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN		
BTEX (sompparameter)		2,1
OVERIGE ORGANISCHE STOFFEN		
Extraheerbare organohalogeenvverbindingen (EOX)	7	7
Minerale olie	1 500	1 500
Polychloorbifenylen (PCB)		0,2
PAK's (6 Borneff)		4,3

2.5.5. Situatie in Frankrijk

In Frankrijk zijn de eisen met betrekking tot hergebruik van bodemas opgenomen in de ministeriële omzendbrief (DPPR/SEI/BPSIED N° 94-IV-1) van 9 Mei 1994 betreffende de deponie van bodemas van de verbranding van huishoudelijk afval. In deze omzendbrief worden de eisen met betrekking tot het gebruik van bodemasgranulaten als secundaire grondstof besproken. De bodemas wordt in de omzendbrief opgedeeld in 3 categorieën, namelijk:

- bodemas met een geringe uitloging (categorie ‘V’ voor ‘valorisation’);
- bodemas met een intermediaire uitloging (categorie ‘M’ voor ‘maturation’), die recycleerbaar is na veroudering;
- bodemas met een hoge uitloging (categorie ‘S’ voor ‘stockage’), te storten in een klasse II stortplaats..

Deze drie categorieën worden respectievelijk aangeduid met de letters ‘V’, ‘M’ en ‘S’, naar analogie met de termen ‘valorisables directement’, ‘intermédiaires, valorisables après maturation’ en ‘stockables’.

De test voor bepaling van de uitloging is de Franse standaard test NF X 31-210. Dit is een schudtest die uitgevoerd wordt op 100 gram droge stof, dat indien nodig wordt verkleind tot < 4 mm nadat het gedroogd is bij $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ onder normale atmosferische condities. De test wordt in 3 opeenvolgende stappen (telkens bij een L/S=10 gedurende 16 uur) uitgevoerd. In Vlaanderen bestaat er geen overeenkomstige test. De enkelvoudige schudtest conform compendiummethode CMA/2/II/A.12. leunt nog het sterkst aan bij deze test (verschillen: materiaal < 10 mm, één stap met contact gedurende 24 uur). Het eluaat van iedere uitloogstap wordt geanalyseerd en de cumulatieve uitloging wordt bepaald. De grenswaarden voor de verschillende categorieën zijn opgenomen in tabel 13 en hebben betrekking op de cumulatieve uitloging.

Tabel 13: Indeling bodemas op basis van hun uitloging (zie omzendbrief van 9 mei 1994)

parameter	categorie V	categorie M	categorie S
Hg	< 0,2 mg/kg	< 0,4 mg/kg	> 0,4 mg/kg
Pb	< 10 mg/kg	< 50 mg/kg	> 50 mg/kg
Cd	< 1 mg/kg	< 2 mg/kg	> 2 mg/kg
As	< 2 mg/kg	< 4 mg/kg	> 4 mg/kg
Cr (VI)	< 1,5 mg/kg	< 3 mg/kg	> 3 mg/kg
SO ₄	< 10.000 mg/kg	< 15.000 mg/kg	> 15.000
parameter	categorie V	categorie M	categorie S
TOC	< 1500 mg/kg	< 2000 mg/kg	> 2000 mg/kg
LOI	< 5%	< 5%	> 5%
TDS	< 5%	< 10%	> 10%

In Frankrijk zijn de installaties voor de veroudering en verwerking van ruwe bodemas onderworpen aan de milieuwetgeving met betrekking tot de bescherming van het milieu, meer bepaald van grondwater en oppervlaktewater, geluid, opslagcondities (maximale opslagcapaciteit, alsook de maximale duur van de opslag, die beperkt is tot 1 jaar). De eisen met betrekking tot de uitbating van deze installaties staan beschreven in de exploitatievergunning van elke installatie voor de veroudering en behandeling van ruwe bodemas.

De ruwe bodemas ondergaat in de behandelingsinstallaties een natuurlijke veroudering en een fysische scheiding om te voldoen aan de geotechnische eisen die gesteld worden in het kader van hergebruik in de wegenbouw.

Bijkomend aan de veroudering van ruwe bodemas door opslag, vermeldt de omzendbrief ook de mogelijkheid ruwe bodemas te behandelen met hydraulische bindmiddelen, om een stabilisatie van de bodemas te bekomen en het risico op uitloging te verminderen. In dit geval, moet de efficiëntie van de behandeling worden geëvalueerd op basis van de norm NF X 31-212 (bepaling van het monolithisch karakter van het materiaal) en NF X 31-211 (uitloogtest voor gebonden materialen¹¹).

Bodemas van categorie V kan in principe toegepast worden voor onderfundering van wegen of als opvul- of ophoogmateriaal. De bodemasgranulaten moeten zo toegepast worden dat het contact tussen de bodemasgranulaten en hemelwater, oppervlaktewater en grondwater beperkt blijft. Bodemasgranulaten mogen niet toegepast worden in gebieden die onderhevig zijn aan overstromingen of in beschermingsgebieden voor waterwinning, en de toepassingen moeten minimum 30 meter verwijderd zijn van de dichtstbijzijnde waterloop. Bovendien mogen de materialen enkel toegepast worden boven de hoogst geregistreerde (grond)waterstand. Tenslotte, mogen bodemas-granulaten niet gebruikt worden om sleuven met leidingen of draineersystemen mee op te vullen. Om de verspreiding van deze materialen te voorkomen wordt de voorkeur gegeven aan het gebruik in grote werken, waarbij voorschriften gehanteerd worden om het contact van bodemasgranulaten met weer en wind zo veel mogelijk te beperken. Het product moet verdicht worden tot de voorgeschreven standaarden en gebruikt worden conform de code van goede praktijk in dit domein.

2.5.6. Situatie in Denemarken

Hergebruik van bodemasgranulaten is in Denemarken geregeld door mededeling N° 1635 van 13 december 2006¹² betreffende de recyclage van restproducten en bodem in de civiele bouw en wegenbouw. De normen voor hergebruik zijn gebaseerd op de milieuwetgeving en de grondverontreinigingswetgeving. De totaalconcentraties (type 1) zijn gebaseerd op het gebruik als bodem. De basis voor bepaling van de uitloogwaarden wordt door het Deens milieuaagentschap beschreven in rapport nummer 467-1999 (Dahlstrøm en Rasmussen, 1999) en is gebaseerd op aanvaarde grondwater kwaliteitscriteria en typische achtergrondwaarden. Op basis hiervan werden een aantal modelscenario's gebruikt om de maximaal toegelaten concentraties te bepalen voor het eluaat van de schudtest conform EN 12457-3 bij L/S=2.

In de mededeling is het gebruik van bodemasgranulaten begrepen in wegenwerken, paden, pleinen, parkings, ophogingen, dijkwerken, funderingen voor spoorwegen, havenconstructies, en in aanvullingen en voor funderingen van gebouwen. Hergebruik dat niet onder deze noemer valt dient te gebeuren in overeenstemming met de milieubeschermingsregelgeving.

Het wetsbesluit introduceert drie categorieën, waarin restproducten worden onderverdeeld op basis van hun totaalconcentraties en uitloogconcentraties. De totaalconcentraties worden bepaald na ontsluiting met HNO_3 en de uitloging wordt bepaald aan de hand van een schudtest, op materiaal verkleind tot $< 4 \text{ mm}$, bij een $L/S = 2$ (EN 12457-3). Restproducten uit de eerste categorie kunnen zonder verdere vergunningen worden toegepast in bovenvernoemde toepassingen. Restproducten uit categorie 2 en 3 kunnen alleen worden hergebruikt onder specifieke condities (zie tabel 14 en 15). Bodemasgranulaten voldoen wegens de totaalconcentraties niet aan de eisen van categorie 1 materiaal. Hergebruik in categorie 2 en 3 houdt in dat de bodemasgranulaten alleen kunnen gebruikt worden boven de grondwatertafel en op een minimum afstand van 30 meter van de dichtstbijzijnde drinkwaterbron.

¹¹ Deze test wordt uitgevoerd op een cilinder met 40 mm diameter en 80 mm hoogte.

¹² Vervangt mededeling Nr 655 van 27 Juni 2000 (Deens Ministerie van Milieu en energie, 2000)

De producent van de bodemasgranulaten moet informatie zoals testgegevens, categorie, oorsprong van de ruwe bodemas, type behandeling en productie en testmethodes verstrekken. Om tot hergebruik van bodemasgranulaten over te gaan dienen de lokale autoriteiten op de hoogte gebracht te worden (meldingsplicht), en dienen de lokale autoriteiten, volgens het bodemverontreinigingsbesluit, de plaats waar de bodemasgranulaten worden toegepast te registreren in een centraal register als mogelijk gecontamineerde site.

Tabel 14: Grenswaarden voor de totaalconcentraties en uitloging. De grenswaarden voor de totaalconcentraties zijn identiek voor categorie 2 en 3. Grenswaarden voor de uitloging (EN 12457-3) zijn identiek voor categorie 1 en 2 (bron: Ministerie voor milieu en energie, 2000)

vaste stof		categorie 1	categorie 2 & categorie 3
As	mg/kg	0-20	> 20
Pb	mg/kg	0-40	> 40
Cd	mg/kg	0-0,5	> 0,5
Cr-totaal	mg/kg	0-500	> 500
Cr (VI)	mg/kg	0-20	> 20
Cu	mg/kg	0-500	> 500
Hg	mg/kg	0-1	> 1
Ni	mg/kg	0-30	> 30
Zn	mg/kg	0-500	> 500
eluaat		categorie 1 & categorie 2	categorie 3
Cl	mg/l	0-150	150-3000
SO ₄ ²⁻	mg/l	0-250	250-4000
Na	mg/l	0-100	100-1500
As	µg/l	0-8	8-50
Ba	µg/l	0-300	300-400
Pb	µg/l	0-10	10-100
Cd	µg/l	0-2	2-40
Cr	µg/l	0-10	10-500
Cu	µg/l	0-45	45-2000
Hg	µg/l	0-0,1	0,1-1
Mn	µg/l	0-150	150-1000
Ni	µg/l	0-10	10-70
Zn	µg/l	0-100	100-1500

Tot 1 januari 2008 mogen bodemasgranulaten waarvan de uitloging van chloride, sulfaat en/of natrium van categorie 2 wordt overschreden nog toegepast worden in categorie 2, aan alle andere normen dient echter wel te worden voldaan.

De meeste bodemasgranulaten voldoen aan categorie 3. Voor een opwaardering naar categorie 2 is vooral de koperuitloging een probleem (norm < 45 µg/l bij uitvoering van NEN 12457-3 deel 1 bij L/S=2¹³). Deze eis is strenger dan de Vlaamse norm voor vrij hergebruik als bouwstof.

¹³ 45 µg/l bij L/S=2 komt overeen met 90 µg/kg of 0,09 mg/kg ds, ter vergelijking Vlaamse norm is 0,5 mg/kg (kolomtest bij L/S=10). Op basis van resultaten van de tweestapsschudtest (VITO) is de koperemissie van de schudtest bij een L/S= 10 gemiddeld een factor 1,2 tot 3 hoger (gemiddeld 2) dan bij L/S = 2, m.a.w. 0,09 mg/kg bij L/S = 2 komt ongeveer overeen met 0,18 mg/kg bij L/S= 10. Volgens het rapport van TAUW (2005) komt voor bodemas de koperemissie van de schudtest bij een L/S = 20 goed overeen met de koperemissie van de kolomtest bij L/S=10. Daar we echter geen resultaten hebben van schudtesten bij L/S= 10 en 20 is het moeilijk inschatten hoe de uitloging toeneemt van L/S= 10 naar L/S=20, maar het zal in ieder geval minder dan een verdubbeling zijn dus maximaal ongeveer 0,36 mg/kg.

Verschillende proeven zijn uitgevoerd om te zien hoe bodemasgranulaat tot categorie 2 kon opgewaardeerd worden (hierover meer in hoofdstuk 4).

Tabel 15: *Overzicht van de toepassingsmogelijkheden voor categorie 2 en 3 materiaal (bron: Deens ministerie voor milieu en energie, 2000)*

	Categorie 2	Categorie 3
wegen	onder vaste toplaag ^a , d. max. 1 m.	onder afdichting ^b , d. max. 1 m.
paden	onder vaste toplaag, d. max. 0,3 m.	onder vaste toplaag, d. max. 0,3 m.
pleinen	onder vaste toplaag, d. max. 1 m.	-
sleuven voor nutsleidingen	onder vaste toplaag	onder vaste toplaag
taluds	onder vaste toplaag, d. max. 4 m.	-
geluidsadsorberende muren	onder vaste toplaag, d. max. 5 m.	-
funderingen, vloeren	laagdikte max. 1 m. ^c	laagdikte. max 1 m. ^c

^a asfalt, beton, tegels, min. 1 m. van categorie 1 bodem.

^b asfalt, beton, etc. en drainage van het oppervlaktewater.

^c geen problemen met het binnenklimaat.

d = dikte van de laag

2.5.7. Vergelijking van de Vlaamse normen met de normen gehanteerd in Nederland, Duitsland, Frankrijk en Wallonië

In tabel 16 zijn de eisen met betrekking tot de totaal concentraties aan organische parameters en in tabel 17 de eisen met betrekking tot de uitloogconcentraties van de anorganische parameters weergegeven.

De normering van de organische parameters is in alle beschouwde regio's gebaseerd op de totaalconcentratie. Deze normen zijn dus goed vergelijkbaar. In Wallonië, Duitsland en Frankrijk waar de normen specifiek voor bodemas zijn opgesteld is het aantal organische parameters waarvoor normen bestaan vrij gering. In Vlaanderen en Nederland waar een generiek normenkader bestaat voor alle afvalstoffen, is een uitgebreide lijst aanwezig, gezien de oorsprong van de ruwe bodemas (een verbrandingsproces) kan echter geargumenteed worden dat niet alle parameters relevant zijn voor normering van bodemas.

EOX en minerale olie worden in de meeste regio's genormeerd. Voor EOX geldt in Vlaanderen op dit moment de minst strenge norm, voor minerale olie ligt de norm in Vlaanderen op 1000 mg/kg droge stof, dit is tussen de Nederlandse norm van 500 mg/kg droge stof en de Waalse norm van 1500 mg/kg ds.

Tabel 16: Regelgevend kader voor totaalconcentraties organische parameters

Land/Regio	Vlaanderen	Wallonië		Nederland	Duitsland	Frankrijk
regelgevend kader	VLAREA	besluit van 14 juni 2001		besluit bodemkwaliteit	LAGA Eckpunte (2004)	omzendbrief van 9 mei 1994
Categorie	bouwstof	onderfundering	aanmaak product			
parameter	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Monocyclische aromatische koolwaterstoffen						
Benzeen	0.5			1		
Ethylbenzeen	5			1.25		
Styreen	1.5					
Tolueen	1.5			1.25		
Xyleen	15			1.25		
BTEX (sompparameter)			2.1			
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen						
Benzo(a)antraceen	35			40		
Benzo(a)pyreen	8.5			10		
Benzo(ghi)peryleen	35			40		
Benzo(b)fluoranteen	55					
Benzo(k)fluoranteen	55			40		
Chryseen	400			10		
Fenantreen	30			20		
Fluoranteen	40			35		
Indeno(1,2,3cd)pyreen	35			40		
Naftaleen	20			5		
Overige organische stoffen						
Extraheerbare organohalogeenvverbindingen (EOX)	10	7	7	0.8 (trigger)		
Hexaan	1					
Heptaan	25					
Minerale olie	1000	1 500	1 500	500		
Octaan	90					
Polychloorbifenylen (PCB)	0.5		0.2	0.5		
PAK's (6 Borneff*)			4.3*	40		
Antraceen				10		
Fenol				1.25		
TOC (total organic carbon)	(30.000)*				30000	1500
LOI (loss on ignition)						50000

* voor TOC is er geen norm in Vlaanderen (VLAREA), via het gebruikscertificaat legt OVAM een norm op van 3% of 30.000 mg/kg droge stof.

Een vergelijking maken tussen de verschillende normen voor uitloging van metalen is niet eenvoudig omdat in de beschouwde landen verschillende uitloogtesten en toepassingsvoorwaarden zijn gedefinieerd. Voor wat de uitloogtesten betreft, worden in Vlaanderen, Wallonië en Nederland gelijkaardige kolomuitloogtesten uitgevoerd, waarbij het eluaat wordt opgevolgd in verschillende fracties tot een cumulatieve uitloging bij een L/S verhouding van 10. De grenswaarden opgenomen in Tabel 17 geven de maximale cumulatieve uitloogconcentraties weer bij een L/S van 10.

In Duitsland en Frankrijk worden twee verschillende schudtesten uitgevoerd, respectievelijk de DIN 38414-S4 en de NF X 31-210. De DIN 38414-S4 schudtest worden eveneens uitgevoerd bij een L/S verhouding van 10. Hoewel er geen eenduidige relatie bestaat tussen deze getallen en de getallen bekomen met de kolomtest kunnen de getallen toch tot op zekere hoogte vergeleken worden. De NF X 31-210 schudtest daarentegen wordt in 3 stappen uitgevoerd, telkens bij een L/S van 10, en de cumulatieve uitloging (bij een L/S van 30) wordt gerapporteerd. Gezien de grenswaarden worden uitgedrukt in mg/kg betekent dit dat de franse normen niet zo maar kunnen vergeleken worden met de uitloognormen in de andere landen. De hogere L/S waarde (meer uitloogvloeistof) zal immers aanleiding geven tot meer uitloging/kg bodemas en dus hogere grenswaarden.

Tabel 17: Regelgevend kader voor hergebruik van bodemas – uitlozing van de anorganische parameters (eenheden zijn indien nodig omgezet in mg/kg om onderlinge vergelijking toe te laten). Ter vergelijking zijn ook de Europese acceptatiecriteria voor afvalstoffen op inerte stortplaatsen in de tabel opgenomen

Land/Regio	Vlaanderen VLAREA	Wallonië besluit van 14 juni 2001		Nederland besluit Bodemkwaliteit 2007		Duitsland LAGA 2004	Frankrijk DPPR/SEI/BPSIED N° 94-IV-1	Inerte afvalstoffen acceptatiecriteria
Uitloogtest	CMA 2/III/A.9.1.	NEN 7343	DIN 38414-S4	NEN 7373	NEN 7373	DIN 38414-S4 (EN 12457-4)	NF X 31-210	EN 12457 of prEN 14405
Categorie parameter	vrij hergebruik mg/kg ds	onderfundering mg/kg ds	aanmaak product mg/kg ds	vrij hergebruik mg/kg ds	IBC mg/kg ds	afgeschermd mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Antimoon (Sb)		0,3	2	0,16	0,7	1		0,06
Aluminium (Al)		2000	20000					
Arseen (As)	0,8	0,8	1	0,7	2		2	0,5
Barium (Ba)				22	100			20
Cadmium (Cd)	0,03	0,03	1,0*	0,02	0,07		1	0,04
Kobalt (Co)		0,25	1	0,5	2,5			
Chroom (Cr) (TOT)	0,5	0,5		0,69	3,9	0,5		0,5
Chroom (Cr) (VI)		0,5	1,0*			3	1,5	
Koper (Cu)	0,5	5	20*	0,9	10,5			2
Kwik (Hg)	0,02	0,02	0,2*	0,02	0,08		0,2	0,01
Lood (Pb)	1,3	2,2	2,0*	2,3	8,9		10	0,5
Molybdeen (Mo)		1,8	1,5	1	10			0,5
Nikkel (Ni)	0,75	1,8	2*	0,63	3,4			0,4
Seleen (Se)				0,18	0,3			0,1
Tin (Sn)				0,4	2,4			
Titaan (Ti)		2,4	20					
Vanadium (V)				1,8	24			
Zink (Zn)	2,8	4	9,0*	2	15	2		4
Kalium (K)		1700						
Broom				10	44			
Cl ⁻		6000	5000	616	8330	2500		800
CN ⁻		0,2	0,46					
F ⁻		20,0	50,0	55	312			10
SO ₄ ²⁻		4.000	10.000	1.730	20.000	6.000	10.000	1000 (6000)
NO ₃ ²⁻			30					
NH ₄ ⁺			500					
pH			7 - 12			7 - 13		
Conductiviteit			6000 S/cm			6000 µS/cm		

Uit een vergelijking van de uitloog normwaarden in Vlaanderen, Wallonië en Nederland blijkt dat de normering voor een aantal parameters (met name voor koper (Cu) en lood (Pb)) in Vlaanderen erg streng is. Anderzijds blijkt Vlaanderen de enige regio waar (nog) geen normen gelden voor anionen, zoals chloor, fluor en sulfaat. Het aantal genormeerde metalen ligt in Wallonië en Nederland ook een stuk hoger.

In vergelijking tot de vrije toepassing (binnen een werk) zoals die in Vlaanderen geldt, wordt in vele landen ook de mogelijkheid voorzien om bodemasgranulaten geïsoleerd van infiltratie en grondwater toe te passen. In Nederland waar bodemasgranulaten onder IBC criteria (Isoleren, Beheersen en Controleren) worden toegepast zijn in de loop der jaren steeds strengere eisen gaan gelden met betrekking tot de toegepaste isolatie. Vanaf 1999 met het van kracht worden van het Bouwstoffenbesluit is een dubbele afdichting (minerale laag plus folie) verplicht. Sinds juli 2003 dient voor de bijzondere categorie bodemas bovendien een laagje bitumen te worden aangebracht tussen de bodemas en de minerale laag of dient gebruik gemaakt van samengestelde constructies zoals de Multimat. De extra laag bitumen moet worden aangebracht omdat er anders een interactie mogelijk is tussen het bodemasgranulaat, de zouten, en de minerale laag, waardoor een uitwisseling van Ca-ionen optreedt met de minerale laag. Deze uitwisseling zorgt

voor een afname van de zwellende werking van de minerale laag, waardoor deze kan gaan lekken (Tauw, 2005).

In vergelijking met de acceptatiecriteria voor afvalstoffen op inerte stortplaatsen zien we dat de gehanteerde grenswaarden voor hergebruik vaak minder streng zijn. Hierbij dient wel opgemerkt dat de toepassingshoogte bij hergebruik vaak beperkt is tot minder dan 1 meter (in Vlaanderen tot 0,7 meter), terwijl op stortplaatsen de toepassingshoogte kan oplopen tot tientallen meter, waardoor ook de totale hoeveelheid uitloogbare stoffen toeneemt.

2.5.8. Evaluatie van de normwaarden

Bij de vergelijking van normwaarden dient rekening te worden gehouden met de toepassingsvoorwaarden voor het gebruik van bodemasgranulaten. In Nederland, Duitsland en Frankrijk worden bodemasgranulaten veelal geïsoleerd toegepast (dwz. geen contact met infiltratie en grondwater). Hiervoor gelden andere normen dan voor een vrije toepassing. Dit zorgt ervoor dat meer bodemas kan worden toegepast, maar betekent meestal ook dat de gebieden waar de bodemas wordt toegepast in een centraal register moeten worden opgenomen, omdat ze een potentieel gevaar voor het milieu vormen. Studies naar de impact van het gebruik van bodemasgranulaat in geïsoleerde toepassingen hebben aangetoond dat verontreinigingen in de vorm van emissies van metalen en zouten meestal meevallen. De onderzoekers schrijven dit toe aan verouderingsverschijnselen en de anaërobe condities in de toepassing (Tauw, 2005). Soms is ook de impact van andere factoren, zoals het strooien van zout in de winter, op de aanwezigheid van zouten in het grondwater groter dan de uitloging uit de bodemasgranulaten (*cfr.* Astrup, 2006).

In Vlaanderen bestaat er maar een hergebruikscategorie, namelijk vrij hergebruik. Vrij hergebruik houdt in dat de afvalstof zonder bijkomende maatregelen mag toegepast worden in een werk. In het buitenland (Nederland, Duitsland, Denemarken) bestaan meerdere toepassingscategorieën, waarbij naast vrij hergebruik ook de mogelijkheid bestaat afvalstoffen toe te passen, die afgeschermd worden van contact met water (vb. IBC¹⁴-criteria in Nederland) waardoor de afvalstoffen aan minder strenge milieuhygiënische normen moeten voldoen.

In deze landen liggen de eisen voor vrij hergebruik vaak op eenzelfde peil als in Vlaanderen (bv uitloging van Cu in Vlaanderen < 0,5 mg/kg; < 0,9 mg/kg in Nederland; < 0,2 mg/kg (schudtest EN 12457-4) in Duitsland; < 0,45 mg/kg (schudtest EN 12457-3) in Denemarken).

In Duitsland en Denemarken wordt het vrij hergebruik van bodemasgranulaat echter uitgesloten. Hier kan bodemasgranulaat enkel toegepast worden mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, waarbij de bodemasgranulaten door gebruik van technische beschermingsmaatregelen van contact met water worden afgeschermd. In Frankrijk en Wallonië is de manier waarop bodemasgranulaten mogen toegepast worden eveneens vastgelegd en zijn voor het gebruik van bodemasgranulaten specifieke milieuhygiënische normen opgesteld.

De uitloognorm voor Cu (voor vrij hergebruik) is in Vlaanderen dus niet strenger dan in het buitenland, alleen voorziet VLAREA naast vrij hergebruik geen andere toepassingsmogelijkheden. Dit is in het buitenland wel het geval. Hierbij worden de afvalstoffen afgeschermd van contact met water (vb. IBC¹⁵-criteria), waardoor deze aan minder strenge milieuhygiënische normen moeten voldoen.

¹⁴ IBC: Isoleren, Beheersen en Controleren

¹⁵ IBC: Isoleren, Beheersen en Controleren

2.5.9. Relevante Europese regelgeving

Op Europees niveau bestaat er geen regelgeving voor hergebruik van HVVI-bodemas (of andere afvalstoffen) en er wordt ook niet verwacht dat hier meteen verandering in komt. Er is echter wel Europese regelgeving (in de maak) die een invloed zou kunnen hebben op het (her)gebruik van behandelde bodemas. Het is immers niet steeds duidelijk wat moet verstaan worden onder (her)gebruik en storten. Veel bodemas-granulaten worden nu 'nuttig toegepast' op stortplaatsen, door sommigen wordt dit aanzien als storten voor anderen is dit hergebruik. Op Europese niveau wordt verwacht dat deze termen duidelijker zullen gedefinieerd worden.

Afvalverbrandingsbeschikking

Tegen eind 2008 dient door de Europese commissie de ervaringen met de huidige afvalverbrandingsbeschikking gerapporteerd te worden. Hierbij dienen ook aanbevelingen voor wijzigingen van de huidige beschikking opgenomen te worden. De volgende afvalverbrandingsbeschikking wordt verwacht rond 2012.

Thematische strategie inzake afvalpreventie en afvalrecyclage

De Europese commissie publiceerde in mei 2003 de 'Thematische strategie inzake afvalpreventie en afvalrecyclage' (COM(2003) 301). Het goedgekeurd document zal naar verwachting begin 2008 van kracht worden. De thematische strategie vormt het kader voor de ontwikkeling van milieucriteria om te bepalen wanneer een afvalstof grondstof wordt (afbakening afvalstof-grondstof en hergebruik-verwijderen). Tegelijkertijd wenst de commissie de criteria voor hergebruik in de lidstaten gelijk te stellen. Naar verwachting zal dit gebeuren door Europese standaarden te ontwikkelen voor de verwerking van afvalstoffen en door een uitbreiding van de IPPC richtlijn (van 24 september 1996 inzake Geïntegreerde Preventie en Bestrijding van Verontreiniging) voor recyclage installaties.

Kaderrichtlijn afval (uit Crillesen en Skaarup, 2006)

Het voorstel tot herziening van de kaderrichtlijn afval passeerde eind 2005 de commissie. Het Europees parlement voorziet de lezing van de kaderrichtlijn afval parallel te laten verlopen aan de thematische strategie inzake afvalpreventie en recyclage. De commissie wenst de kaderrichtlijn te vereenvoudigen door het te koppelen aan de richtlijnen voor gevaarlijk afvalstoffen en afvalolie.

Naar verwachting bevat het voorstel een duidelijkere definitie voor afval en hergebruik.

Het ligt in de bedoeling dit op basis van milieu-impact te beoordelen. De volgende criteria werden vooropgesteld om te bepalen wanneer een materiaal niet langer een afvalstof is maar een product:

- de milieuhygiënische kwaliteit (dwz uitloogkwaliteit) moet vergelijkbaar zijn met die van natuurlijke materialen;
- er moet een markt zijn voor de secundaire materialen;
- de milieubalans moet positief zijn. De beoordeling hiervan dient te worden ondersteund door LCA analyses.

De commissie zal ook richtlijnen uitvaardigen om te beoordelen wanneer een handeling moet gezien worden als hergebruik dan wel storten.

De nieuwe kaderrichtlijn afval zou van kracht worden in 2009-2010.

EU verordening betreffende het overbrengen van afvalstoffen

Doel van de aangepaste verordening betreffende transport van afvalstoffen is te verzekeren, dat transport van afvalstoffen enkel gebeurt wanneer de behandeling in het buitenland minstens even goed is als de bestaande behandelingen in het thuisland.

De nieuwe verordening geeft de lidstaten meer mogelijkheden om het transport van afvalstoffen, voor hergebruik in het buitenland, te verbieden.

Beschikking gevaarlijk afval

De EU beschikking gevaarlijk afval definieert gevaarlijk afval als afval dat op de EURL (Europese Afvalstoffen lijst) voorkomt, en een of meerdere gevaarlijke eigenschappen bezit. Bijlage III bij de beschikking gevaarlijk afval definieert 14 eigenschappen H1 tot H14, die aan-geven of een afvalstof gevaarlijk is. Bijvoorbeeld als de afvalstof ecotoxisch is (H14), is het een gevaarlijke afvalstof. De EURL (2002) geeft echter niet duidelijk aan wanneer iets ecotoxisch is en geeft ook geen concentratie grenzen weer.

De EU beschikking gevaarlijke stoffen en bereidingen bepaalt wat gevaarlijk is voor de omgeving en geeft hieraan dezelfde definitie als 'ecotoxisch' in de beschikking gevaarlijk afval. Vermits de definities voor 'gevaarlijk voor de omgeving' en 'ecotoxisch' uit beide beschikkingen vergelijkbaar zijn, moet de classificatie 'ecotoxisch' gebaseerd zijn op de criteria voor 'gevaarlijk voor de omgeving' in de beschikking gevaarlijke stoffen en bereidingen. Dit is consistent met de benadering gebruikt in de EURL 2002 voor de gevaarlijke eigenschappen van H4 tot H8 en H10 tot H11, waar de concentratie grenzen voor het vaststellen of een afvalstof gevaarlijk is of niet gebaseerd zijn op de concentratie limieten vastgelegd in de beschikking gevaarlijke stoffen en bereidingen.

Bij gebruik van de concentratie grenzen uit de beschikking gevaarlijke stoffen en bereidingen (lijst van gevaarlijke stoffen (beschikking 2004/73/EC van 29 April 2004) worden afvalstoffen met meer dan 0,25% loodcomponenten (index no. 082-001-00-6) als gevaarlijk geklasseerd voor waterorganismen.

Dit kan mogelijk een invloed hebben op het al dan niet aanvaarden van hergebruik van bodemasgranulaten met hoge totaal concentraties aan lood.

In Vlaanderen gelden de eisen inzake metaalsamenstelling als richtwaarden, en bezitten geen dwingende waarde. Overschrijding van deze richtwaarden sluit de mogelijkheid voor hergebruik als secundaire grondstof/bouwstof niet uit. Het materiaal valt hiermee onder artikel 4.2.2.2 § 2 van VLAREA. Dwingende waarden zijn de uitloogvoorwaarden voor anorganische parameters (zie § 3.2) en de samenstelling van genormeerde organische parameters

Stortplaats beschikking

De criteria voor acceptatie van afval op stortplaatsen voor inert afval, zijn voor sommige parameters vrij streng met name voor de parameters molybdeen en antimoon. Deze parameters zijn vaak niet in de nationale regelgeving met betrekking tot hergebruik opgenomen. Het is dus niet ondenkbaar dat de acceptatiecriteria voor inerte afvalstoffen ook een invloed zullen hebben op de nationale criteria voor hergebruik van afvalstoffen als secundaire grondstof.

2.5.10. Europese BREF Waste Incineration

In de Europese BREF Waste incineration (august 2006) zijn een aantal algemene BBT voor afvalverbranding beschreven, die van toepassing zijn op sub-sectoren van de afvalverbrandings-industrie. De BBT besluiten uit de BREF die betrekking hebben op de verwerking van bodemas, zijn hieronder weergegeven:

In general BAT for waste incineration is considered to be:

- *the separation of remaining ferrous and non-ferrous metals from bottom ash, as far as practically and economically viable, for their recovery (hoofdstuk 5.1 art. 52);*
- *the treatment of bottom ash (either on or off-site), by a suitable combination of:*

- a. *dry bottom ash treatment with or without ageing, or*
- b. *wet bottom ash treatment, with or without ageing, or*
- c. *thermal treatment, or*
- d. *screening and crushing to the extent that is required to meet the specifications set for its use at the receiving, treatment or disposal site e.g. to achieve a leaching level for metals and salts that is in compliance with the local environmental conditions at the place of use (hoofdstuk 5.1 techniek 53).*

Bovendien heeft de manier van afvalverbranding ook een invloed op de kwaliteit van de ruwe bodemas en de kwaliteit van de bodemasgranulaten die kan bereikt worden na behandeling. Daarom geven we hier ook weer wat hierover in de BREF waste incineration is opgenomen.

In general BAT for waste incineration is considered to be the use of a suitable combination of the techniques and principles for improving waste burnout to the extent that is required so as to achieve a TOC value in the ash residues of below 3 wt % and typically between 1 and 2 wt %, including in particular: the use of a combination of furnace design, furnace operation and waste throughput rate that provides sufficient agitation and residence time of the waste in the furnace at sufficiently high temperatures, including any ash burn-out areas (hoofdstuk 5.1 art 49).

De uitbrand van de bodemas is belangrijk omdat dit een invloed heeft op de haalbare kwaliteit van de bodemas met de beschikbare verwerkingstechnieken. Het valt immers op dat de droge bodemasbehandeling veelal VLAREA kwaliteit kan garanderen voor bodemas afkomstig uit verbrandingsovens voorzien van een naverbrandingstrommel (bv de verbrandingsoven van IVM (Eeklo) en Regionale Milieuzorg (Houthalen)). De bodemas van deze ovens wordt in het buitenland via droge asopwerkingsinstallaties verwerkt tot VLAREA conforme bodemasgranulaten.

Hoofdstuk 3

PROCESBESCHRIJVING

3.1. Inleiding

De mogelijkheid om bodemasgranulaat al dan niet te hergebruiken wordt bepaald door:

- de hoeveelheid organisch materiaal;
- de totale inhoud aan zware metalen;
- de uitloging van (zware) metalen en zouten;
- de fysische geschiktheid, bv. partikelgrootte en sterkte.

Ook verkoopfactoren, regelgevingen, beleidslijnen betreffende hun gebruik en lokale milieukwesties hebben een grote impact op het hergebruik van bodemasgranulaten.

Veel inspanningen werden reeds gemaakt om de milieukwaliteit van residu's afkomstig van verbrandingsovens te verbeteren om tenminste een deel van het materiaal te kunnen hergebruiken. Zowel in-process als nabehandelingstechnieken worden hiervoor toegepast. In-process maatregelen hebben als doel om de verbrandingsparameters te veranderen om de verbranding te verbeteren of om de metaaldistributie over de verschillende residu's te verplaatsen. Nabehandelingstechnieken omvatten bijvoorbeeld een mechanische verwerking (zeven breken, etc.), een wasproces, een verouderingsproces, of een immobilisatie/stabilisatie proces van het materiaal (BREF Waste Incineration, 2005). De verschillende nabehandelingsprocessen worden in dit rapport besproken.

3.2. Procesgeïntegreerde maatregelen bij de verbranding

De afvalinvoer en de procestechnologie van een installatie lijken een belangrijke invloed te hebben op de bodemskwaliteit. Bodemas afkomstig van 6 verschillende installaties werden getest en vergeleken door Rendek et al. (2006). De studie toont aan dat monsters van de verschillende installaties verschillende eigenschappen hebben.

De afvalinvoer heeft een grote invloed op de Cl en S inhoud van bodemas en op de Ca/Si ratio. De toevoeging van industrieel afval en afbraakmateriaal veroorzaakt een stijging van het zwavelgehalte. Wanneer er meer plastic toegevoegd wordt, stijgt de chloorinhoud. Zowel Cl als S logen gemakkelijk uit en de uitloging van deze componenten dient in de meeste landen gecontroleerd te worden.

Een gescheiden huisvuilophaling leidt voornamelijk tot een verhoging van de Ca/Si ratio. In Frankrijk wordt in sommige districten het huishoudelijk afval gesorteerd alvorens te worden verbrand. Bij de sortering wordt het glas uit het afval verwijderd en gerecycleerd. Dit heeft een duidelijk verhoging van de Ca/Si verhouding in de assen tot gevolg (Rendek et al., 2006). Glas (dwz. opgesmolten materiaal zonder kristallijne structuur) is belangrijk voor de eigenschappen van bodemas, o.a. voor de mechanische resistentie en de immobilisatie van verontreinigingen. De Ca/Si ratio beïnvloedt ook sterk de reactiviteit van bodemas ten opzichte van koolstofdioxide en dus de veroudering van bodemas (Rendek et al., 2006 en referenties hierin). De SiO₂ gehalten variëren in Frankrijk tussen 32% en 48%, en de CaO gehalten tussen 16% en 23%. Het Ca gehalte wordt voornamelijk bepaald door het aandeel papier en karton, en industrieel afval.

Verbrandingsparameters hebben een invloed op de kwantiteit en de mobiliteit van het overblijvend organisch materiaal (Rendek et al., 2006). Zowel TOC als DOC resultaten zijn dan ook

nodig om de bodemaskwaliteit te bepalen en het gedrag ervan te voorspellen (Rendek et al., 2006). Een langere blootstelling van het materiaal aan verhoogde temperaturen in de verbrandingskamer, hogere *bed* temperaturen en een fysische opschudding van het afval leiden allemaal tot een lagere organische inhoud van de geproduceerde bodemas (BAT Waste incineration, 2005). In Frankrijk worden TOC waarden van 3,2 g/kg tot 37,4 g/kg gemeten (Rendek et al., 2006). DOC concentraties na een extractie van 24 uur bedragen 53 mg/kg tot 1440 mg/kg (Rendek et al., 2006).

Een toename van de verbrandingstemperatuur en van de ‘fuel bed’ temperatuur veroorzaakt een stijging van het CaO gehalte in de bodemas. Dit kan verklaard worden door de aanwezigheid van carbonaten in het afval die bij temperaturen van meer dan 900°C ontbinden in calciumoxide (CaO) en koolstofdioxide (CO₂). De CaO wordt tijdens het ‘quenchen’ van de bodemas gehydrateerd tot portlandiet (Ca(OH)₂). Dit veroorzaakt een toename van de pH van de bodemas. De pH van onbehandeld bodemas is meestal hoger dan 12 (Vehlow, 2002). De toename van de pH kan ook de oplosbaarheid van amfotere metalen, zoals Pb en Zn beïnvloeden. Pb lost op bij een pH van 11-12 en kan dus uitgeloozd worden (BREF Waste Incineration, 2005). De pH van bodemas neemt tijdens het verouderingsproces af (zie ook paragraaf 3.9). Tijdens de veroudering wordt portlandiet immers terug omgezet naar calcië (CaCO₃)

De toepassing van een voorbehandeling om de kwaliteit van de *burnout* te doen stijgen impliceert een bijkomende energieconsumptie (en emissie) en daaraan verbonden bijkomende kosten. Deze kosten kunnen oplopen wanneer een extensieve voorbehandeling noodzakelijk is, bv. wanneer de voorbehandeling er in bestaat “refuse derived fuel” (RDF) te produceren (BREF Waste Incineration, 2005).

De ruwe bodemas kan op verschillende manieren worden afgevoerd, namelijk nat, half-nat of droog. Op één uitzondering na (IMOG: halfnatte bodemas-afvoer) gebruiken de verbrandingsovens in Vlaanderen een natte bodemas-afvoer (OVAM, 2006). Uit metingen blijkt dat deze bodemas 25% water bevat. In Frankrijk ligt het vochtgehalte van de inkomende bodemas in de behandelingsinstallaties tussen 15 en 30%, met een gemiddelde van 21%. Bij het verlaten van de behandelingsinstallatie is het vochtgehalte gemiddeld afgenomen met 5% en hebben de bodemasgranulaten een gemiddeld vochtgehalte van 16% (ADEME, 2002). Wanneer de fijne fracties verwijderd worden zijn de bodemasgranulaten over het algemeen droger.

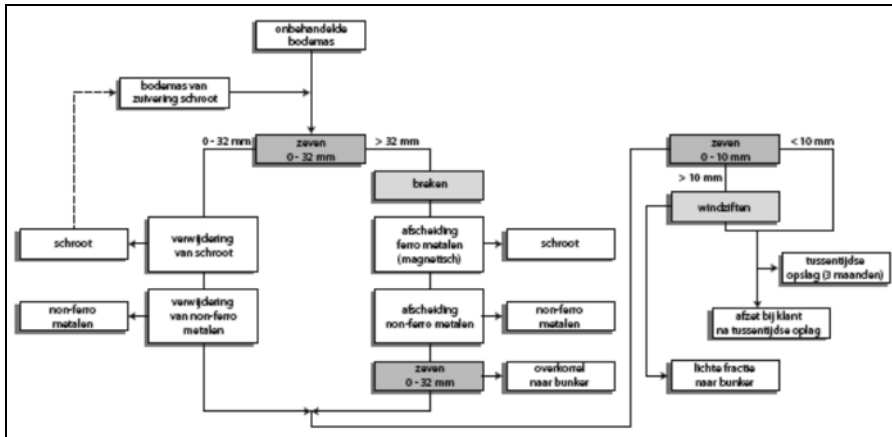
3.3. Behandeling van ruwe bodemas

Bij de verwerking van ruwe bodemas kunnen droge en natte scheidingstechnieken onderscheiden worden. Vaak gaat het echter om een combinatie van verschillende technieken.

Een **droge bodemasbehandelingsinstallatie** is een combinatie van verschillende technieken:

- afkoeling van de bodemas in open lucht / voorafgaande opslag;
- scheiding van de ferro metalen;
- zeving;
- verbrijzelen/breken van de grove fractie;
- zeving;
- ferro scheiding;
- non-ferro scheiding;
- veroudering.

In Figuur 9 wordt de procesvoering voor een typisch droog proces vereenvoudigd voorgesteld.



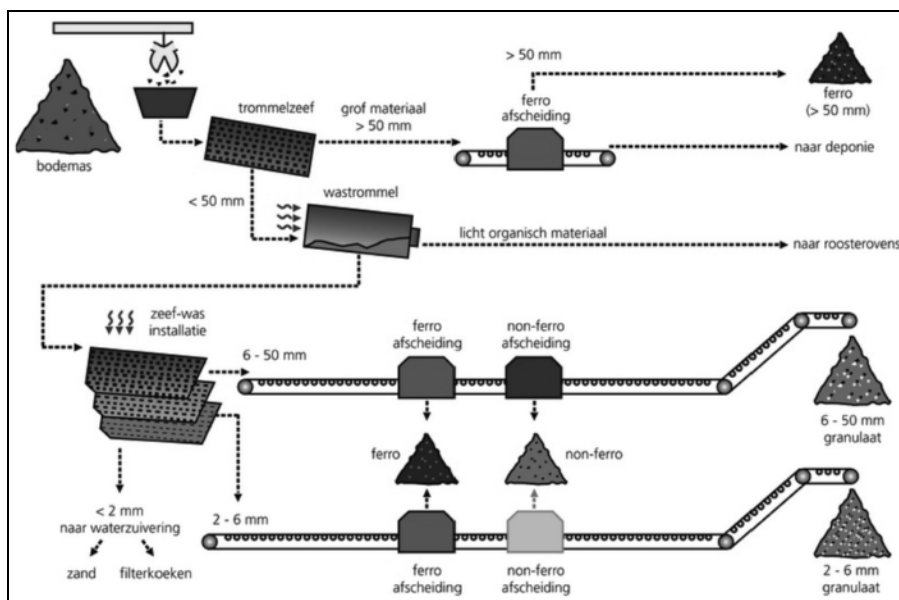
Figuur 9: Typisch droog bodemasverwerkingssysteem. De korrelgroottes kunnen variëren per installatie (gewijzigd naar Crillesen en Skaarup, 2006)

Een natte bodemasbehandelingsinstallatie kan volgende processen bevatten:

- afkoelen van bodemas in open lucht / voorafgaande opslag;
- natte deeltjesscheiding;
- wassen;
- ferro scheiding;
- non-ferro scheiding;
- veroudering.

De bodemas wordt verkleind, gezeefd, gewassen en gescheiden van de metalen. Het belangrijkste proces van deze methode is de natte afscheiding van de 0-0,1 mm (en 0,1-2 mm) fractie. Aangezien het overgrote deel van de uitloogbare componenten en organische componenten verbonden is met deze fractie(s) resulteert dit in een verminderde uitloging van de overgebleven productfractie(s) (> 0,1 of 2 mm). Algemeen bekomt men aanzienlijke verbeteringen van de uitloogkarakteristieken van bodemas, voornamelijk voor de hoofdcomponenten zoals sulfaat, Cl en Na, maar ook voor Cu en in mindere mate voor Cr en Pb (Astrup, 2006).

In Figuur 10 wordt de procesvoering voor een typisch nat verwerkingsproces weergegeven.



Figuur 10: Natte bodemasbehandeling, Indaver Beveren

3.4. Karakterisering van de binnenkomende bodemas

In Tabel 18 zijn de concentraties en uitloogkarakteristieken weergegeven van onbehandelde bodemas. De totaalconcentraties van de ruwe bodemas vertonen een zeer grote spreiding. Vooral de concentraties van Pb, Zn, Cu, Cr, chloor en sulfaat kunnen zeer hoog liggen. De uitloog van chloor, sulfaat als ook Cu liggen vaak hoog. Daarenboven kunnen Pb, Zn, Mo, Sb en Ba ook een hoge uitloog vertonen (zie Tabel 18).

De kwaliteit is ook afhankelijk van de verbrandingsoven en van eventuele voorbehandelingen. Enkele voorbeelden: NetBrussel voert een ferro-scheiding uit van het afval aan de ingang van de verbrandingsinstallatie. Bij de verbrandingsinstallatie van Eeklo gebeurt een naverbranding in een trommeloven waardoor een zeer fijnkorrelig materiaal ontstaat met weinig ferro en non-ferro metalen en met zeer weinig onverbrand materiaal.

Tabel 18: Totaalconcentraties metalen en uitloging (DIN 38414-S4) van verse of 3 maand oude bodemas uit 7 Spaanse huisvuilverbrandingsinstallaties (Izquierdo et al., 2001), 14 Noorse verbrandingsovens (NRF, 2006) en 2 Duitse verbrandingsovens (BREF Waste Incineration, 2005)

Parameter	Totaalconcentraties (mg/kg droge stof)	Uitloging (DIN-S4) (mg/kg droge stof)
As	3-33	0,001-0,01
Ba	450-1300	0,05-2,7
Cd	1-23	<0,0001-<0.01
Cr	105-500	0,001-0,26
Cu	750-11000	0,06-17,1
Hg	0,002-3,0	< 0,01
Pb	215-3500	0,006-20
Ni	38-700	0,005-0,5
Zn	380-9800	0,01-3,0
Mo	0,8-68	0,01-1,8
Sb	4-116	0,18-1,0
Co	9-14	0,0001-0,003
Se		0,005-0,06
Sn	80-340	0,001-0,02
Sr	200-450	0,5-10
V	40-302	0,004-0,1
Si	14,9-24,5%	0,1-1
Ca	9,5-12,8%	99-425
Na	3,0-4,0%	52-390
K	0,8-1,3%	30-260
Al	2,5-5,2%	2-124
Fe	2,0-7,1%	0,01-2
Mg	0,8-1,4%	0,1-8
P	0,4-0,8%	<0,03-1,75
Cl	0,1-2,2%	1000-9600
S	0,1-2,6%	8-5200
Fluoride		0.3-3.7
TOC		
LOI	1-7%	

3.5. Voorafgaande opslag

3.5.1. Procesbeschrijving

Het vochtgehalte van de bodemas is erg bepalend voor het resultaat van een verdere droge bodemasbehandeling. Een opslagperiode van bodemas voor de eigenlijke behandeling zorgt voor een reductie van het watergehalte van de bodemas door drainage van het overtollige water. Het resultaat is een veel droger materiaal (ca. 10-12% vocht, tov 15-20% van het binnenkomend bodemas, pers. mededeling Heros/Sluiskil), waardoor een eventueel verdere mechanische behandeling (ferro/non-ferro scheiding, fractioneren) geoptimaliseerd kan worden. Zeven en/of andere onderdelen van de behandelingsinstallatie zullen ook minder snel dichtslibben.

De duur en wijze van opslag verschilt van installatie tot installatie (ADEME, 2002). Bij ongeveer 1/3 van de Franse bodemasbehandelingsinstallaties is er geen voorafgaande opslag. Dit is het geval voor installaties die de bodemas rechtstreeks van de verbrandingsinstallatie ontvangen. Voor 1/3 van de installaties beslaat deze periode minder dan 1 maand. Voor de resterende installaties (1/3) kan deze periode oplopen van 2 tot 4 maand. In deze omstandigheden wordt de verdere bodemasbehandeling (zeven, scheiding ferro/non-ferro etc.) dus eigenlijk uitgevoerd op reeds verouderde bodemas.

3.5.2. Milieuaspecten

- + De gerecupereerde ferro en non-ferro metalen zijn vaak van een betere kwaliteit, omdat droge asdeeltjes minder gemakkelijk aan de metalen blijven kleven. Maar de ferro en non-ferro deeltjes kunnen echter ook gaan corroderen waardoor de metalen minder waard zijn en minder gemakkelijk kunnen worden afgescheiden (De Wijs, pers. mededeling, 2007).
- + Een voorafgaande opslagperiode stimuleert de natuurlijke rijping van de bodemas (door blootstelling aan openlucht, CO₂ en O₂). De aanwezigheid van metalen in de onbehandelde bodemas zouden door exotherme reacties, bijdragen aan een versnelde veroudering (ADEME, 2002). De bodemas warmen ten gevolge van deze reacties (o.a. hydratatie, oxidatie en carbonatie op tot ca. 80°C (pers. mededeling Heros/Sluiskil). Verdere behandelingstechnieken (bijv. wasprocessen) kunnen een beter resultaat hebben op verouderde bodemas dan op verse bodemas.
- Er wordt een beperkte hoeveelheid afvalwater (drainagewater) gevormd, dat opgeloste metalen en zouten bevat. Het drainagewater moet opgevangen worden en eventueel gereinigd worden in een waterzuiveringsinstallatie.
- Het vooraf stockeren van de bodemas vraagt extra opslagcapaciteit en tijd.
- Mogelijke stof- en geurontwikkeling moeten gecontroleerd worden.
- Bij opslag in overdekte ruimten kunnen maatregelen voor explosiegevaar nodig zijn (TWG Comments, 2004).

3.6. Droge deeltjesscheiding / fractioneren

3.6.1. Procesbeschrijving

Via mechanische scheiding- en verwerkingsprocessen, zoals zeven, breken, etc. worden bodemasfracties van verschillende deeltjesgrootte gevormd. Deze processen zijn bedoeld om bodemas te verwerken tot secundaire granulaten, welke hergebruikt kunnen worden als bouw-materiaal, bijvoorbeeld in de wegenbouw. Deze granulaten moeten geschikte geotechnische

eigenschappen hebben en mogen geen milieuschade teweeg brengen. Met name de korrelgrootteverdeling is belangrijk. Bij hergebruik in de wegenbouw moet deze compatibel zijn met de korrelgroottedistributie van natuurlijk grind. Niet-behandelde assen kunnen sterk variëren in korrelgrootte. De korrelgrootteverdeling van onbehandelde assen is in grote mate afhankelijk van de samenstelling van het afval voor verbranding en het type verbrandingsoven. Zeer grove fragmenten kunnen de mechanische eigenschappen van de bodemas negatief beïnvloeden. De zeer grove fractie bevat vaak nog onvolledig verbrande resten, welke voor hergebruik verwijderd moeten worden. Het aandeel fijne deeltjes $< 63\mu\text{m}$ vermindert de vorstbestendigheid, en heeft een negatieve invloed op de permeabiliteit en de samendrukbaarheid (Crillesen en Skaarup, 2006).

Na een mechanische verwerking spreekt men gewoonlijk niet over bodemas, maar over bodemasgranulaat.

Verscheidene mechanische processen zijn mogelijk om de bodemas op te werken, namelijk:

- voorafzeving;
- granulometrische scheiding (fractionering) door zeven;
- korrelgrootte reductie door het breken van grove delen;
- scheiding door middel van een windzifter om onverbrande fracties te verwijderen.

Deze processen zijn in principe toepasbaar in alle bodemasbehandelingsinstallaties/op alle types bodemas.

3.6.1.1. Voorafzeving

Grote of zware brokken en/of samenklervende delen kunnen zeven en transportbanden blokkeren, en worden meestal vooraf afgescheiden om de doorloop van de installatie te verzekeren. Hiermee wordt voornamelijk de fractie groter dan 200 mm bedoeld. De afscheiding van de grove fractie kan worden uitgevoerd bij de verbrandingsoven zelf of door een ruwe zeving bij het begin van de bodemasbehandelingsinstallatie. Het gaat in feite om een soort rooster op de voeding (feed hopper) van de zeefinstallatie. Het rooster heeft stangen die op ca. 15 à 20 cm van elkaar geplaatst zijn. De grote delen rollen over het rooster, terwijl kleine delen door het rooster op een transportband vallen en verder worden behandeld.

3.6.1.2. Zeven

Het zeven van de bodemas in verschillende fracties beïnvloedt in sterke mate de technische (bouwkundige) kwaliteit van de bodemas (Rutten et al., 2006). Doorgaans wordt een primaire zeving toegepast over zeefopeningen van 20-60 mm diameter (meest gebruikelijk is 40 mm). Dit resulteert in een zeeffractie tussen 0 en 20-60 mm. Een eventuele tweede zeving kan voorzien worden om de bodemas in 2 (of meerdere) granulometrische fracties te scheiden voor de non-ferroscheiding. Om een bodemasgranulaat te bekomen met betere technische en milieuhygiënische eigenschappen wordt soms ook de fractie 0-2 mm (zandfractie) afgescheiden.

Doorgaans worden volgende zeeftypes gebruikt in een bodemasverwerkingsinstallatie (BREF Waste Incineration, 2005):

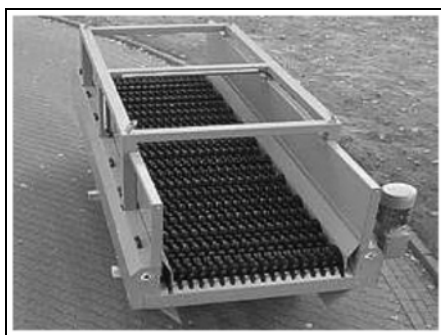
- trommelzeven;
- vlakke zeven: trilzeven en schudzeven;
- sterzeven.

De **trommelzeef** (figuur 11) bestaat uit een cilindrisch zeefoppervlak dat zich in een trommel bevindt. De trommel is onder een kleine helling opgesteld. Als de trommel ronddraait, beweegt het zeefoppervlak onder het te zeven materiaal door. Hierbij valt de fijne fractie door de zeef. De grove fractie valt door de hellende opstelling onderaan uit de zeef. Het zeefoppervlak bestaat uit een metaalen raster of een geperforeerde stalen plaat. Op dit zeefdek is soms een spiraal gemonteerd, waardoor men met een kleine helling toch een goede materiaalstroom door de zeef bekomt. Er bestaan ook dubbele trommelzeven. Die bestaan uit twee zeven die in één trommel gemonteerd zijn. Beide zeefoppervlakken hebben een verschillende maaswijdte. Ook kan de maaswijdte variëren binnen eenzelfde trommel. De omwentelingssnelheid van de trommel bepaalt de efficiëntie van de scheiding. Een te lage of een te hoge omwentelingssnelheid vermindert de scheiding gevoelig. Het merendeel van Franse behandelingsinstallaties is uitgerust met een trommelzeef (65% van de Franse installaties, ADEME 2002).



Figuur 11: Trommelzeef (www.redox.nl)

Bij de **schud- en trilzeef** wordt het zeefoppervlak heen en weer en op en neer bewogen. Het enige onderscheid tussen de schudzeef en trilzeef is het bewegingsmechanisme. Schudzeven worden mechanisch aangedreven. Trilzeven worden tot trillen gebracht door elektromagneten. Door het schudden of trillen van de zeef valt de fijne fractie door de mazen van het zeefdek. Doordat het zeefdek onder een lichte helling staat, rolt de grove fractie over het zeefdek. Deze grove fractie kan eventueel naar een volgende onderdeel van de verwerkingsinstallatie gestuurd worden. Schud- en trilzeven vinden tevens ruime toepassing in de sector (62% van de Franse installaties, ADEME 2002).



Figuur 12: Sterzeef (www.redox.nl)

De **sterzeef** (figuur 12) bestaat uit een serie van parallel geplaatste assen. Deze assen draaien loodrecht op de invoerstroom van het te sorteren materiaal.

Op elke as bevinden er zich een aantal sterren. Deze zijn zo bevestigd dat één ster juist tussen twee andere sterren van de naastliggende as draait. Alle sterren draaien in dezelfde richting. Hierdoor rolt de grove fractie over de sterren naar het uiteinde van de zeef. De fijne fractie valt tussen de sterren.

De sterzeef heeft het voordeel ten opzichte van de trommelzeef dat de granulometrie accurater kan ingesteld worden.

Sterzeven worden courant gebruikt in Frankrijk, volgens een rapport van ADEME (2002) vermelden de gebruikers dat naast de accurater in te stellen granulometrie, sterzeven ook minder problemen geven met verstoppingen dan trommelzeven. Vooral langwerpige voorwerpen

zouden minder kans maken om de zeven te verstoppfen. In Nederland vermeld men dat de sterzeef gevoelig is voor verstoppingen door langere draden. De draden draaien om de assen, waardoor deze vastlopen en moeilijk weer aan de gang te krijgen zijn (De Wijs, pers. mededeling, 2007).

3.6.1.3. *Breken*

In een bodemasbehandelingsinstallatie kan na de voorafzeving een breker geplaatst worden om grove delen of fracties te verkleinen. Het zeven is vaak voldoende om bodemas met de vereiste korrelgrootte te verkrijgen. Het breken van grove delen vermindert echter de hoeveelheid afgekeurd materiaal (groe delen) waardoor de hoeveelheid bodemasgranulaat toeneemt. Het breken verhoogt bovendien de geotechnische kwaliteiten (korrelgrootteverdeling) van het geproduceerde granulaat.

Ongeveer de helft van de bodemasverwerkingsinstallaties (in Europa) zijn uitgerust met een breekinstallatie; de overige helft maakt gebruik van rollend materieel (wiellader met laadschop, mobiele breker, enz.) om de grote bodemasfragmenten te breken (ADEME, 2002; BREF Waste Incineration, 2005).

3.6.1.4. *Verwijderen lichte fracties*

Een verdere scheiding van de lichte, onverbrande fracties wordt bereikt door wegblazen of afzuigen van lichte fragmenten (luchtstroomscheiding). Via een triltafel worden de bodemas naar een **windzifter** (figuur 13) gebracht. Door de trillende beweging wordt de bodemas gelijkmatig over de tafel verdeeld en worden langere delen in de transportrichting gedraaid. Aan het eind van de tafel valt het materiaal als een “gordijn” door een luchtstroom. De lichte materialen, zoals hout, plastic die niet verbrand zijn, worden op een afvoerband of in een container geblazen. De schoongeblazen assen verlaten de windzifter op een afvoerband onder de windzifter.

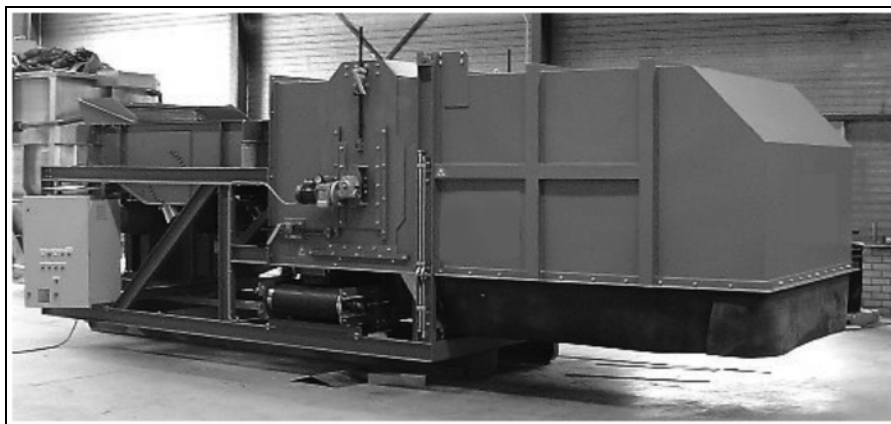
3.6.1.5. *Sorteerlijn*

In sommige installaties (o.a. Valomac) wordt ook een sorteerlijn toegepast.

3.6.2. **Milieuaspecten**

- + Het voornaamste milieuvoordeel van mechanische verwerkingstechnieken is de vermindering van de hoeveelheid afgekeurd materiaal en dus van het stortvolume. Dit leidt tot een globale verhoging van het terugwinnen van grondstoffen uit afval. Er wordt tevens een product met een grotere geotechnische kwaliteit bekomen (BREF Waste Incineration, 2005).
- + Een breker kan ook gebruikt worden om de kwaliteit van de afgescheiden ferro en non-ferrometalen te verbeteren. In verschillende Franse installaties worden de afgescheiden metalen door een breker gestuurd zodat metallische deeltjes en aspartikels beter gescheiden worden. Op deze manier ligt de verkoopprijs van ferro en non-ferro metalen 50 tot 100% hoger dan de basisprijs voor gerecycleerde metalen (ADEME, 2002).
- Bij het breken van bodemas wordt fijn stof gevormd, waardoor stofoverlast kan optreden.
- ± Door het afscheiden van kleine partikels in bodemas (korrelgroottes kleiner dan 100-125µm) wordt een positief effect op de uitloging geobserveerd voor sulfaat, Na, As, Cd, Cr, Pb, Zn, Mo en organisch materiaal (Boddum and Skaarup, 2002 in Astrup, 2006). Er wordt echter ook een extra afvalstroom gecreëerd, die verwerkt of gestort moet worden.

- De verschillende onderdelen en transportbanden voor mechanische deeltjesgroottescheiding verbruiken grote hoeveelheden energie. Het gaat dan zowel om machines met dieselmotoren als elektrisch aangedreven machines.
- De mechanische verwerking kan tevens geluidshinder veroorzaken.



Figuur 13: Windzifter (www.redox.nl)

3.7. Ferro- en non-ferro afscheiding

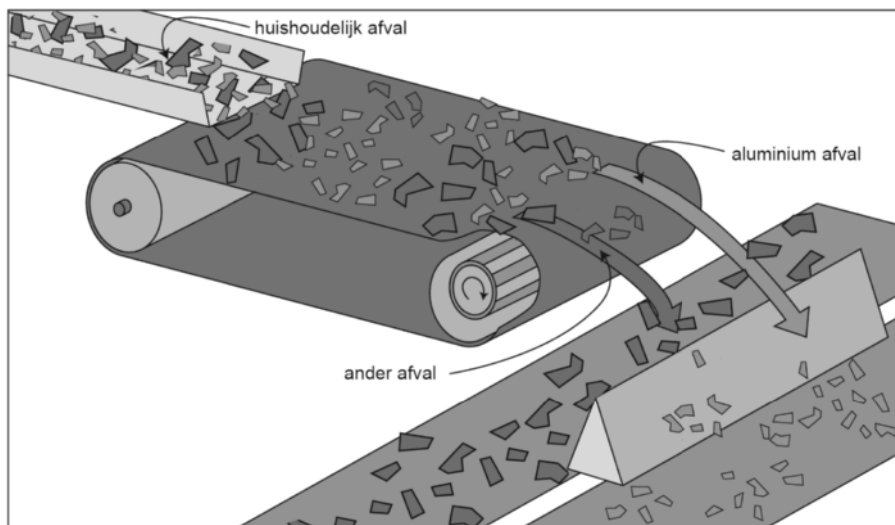
De noodzaak om een ferro- en non-ferro-afscheiding uit te voeren, is sterk afhankelijk van de initiële metaalinhoud van de bodemas. Het wordt ook sterk beïnvloed door de manier van collectie en voorbehandeling van het afval alvorens het verbrand wordt. Bijvoorbeeld in gebieden met een zeer uitgebreide huishoudelijke afvalscheiding is de initiële metaalhoeveelheid aanzienlijk kleiner. Vaak worden ferro-metalen afgescheiden bij de verbrandingsovens (na verbranding). In sommige verbrandingsovens worden (geshredderde) metalen vaten reeds verwijderd met magneten vóór de verbranding (BREF Waste Incineration, 2005).

3.7.1. Procesbeschrijving

De scheiding van de **ferro-metalen** gebeurt met behulp van een magneet. De bodemas wordt in een dunne laag verspreid over een bewegende of vibrerende band en alle magnetische partikels van de bodemas worden gescheiden door een elektromagnetische overbandmagneet of permanente magneet. De scheiding kan zowel bij de verbrandingsoven gebeuren (voornamelijk post-verbranding) als in een externe bodemasbehandelingsinstallaties (TWG Comments, 2004). Vaak wordt de ferro scheiding in meerdere stappen uitgevoerd en dit zowel op de onbehandelde bodemas (eventueel al op het terrein van de verbrandingsoven), als na het breken en zeven van de bodemas (BREF Waste Incineration, 2005). In de meeste Europese verbrandingsovens wordt een scheiding van ferro-metalen uitgevoerd. Veelal kan ongeveer 10% van de totale hoeveelheid bodemas gerecupereerd worden als ferro-metalen. Binnen individuele installaties kan dit percentage variëren tussen 3 en 25%. Het recuperatierendement is afhankelijk van de originele samenstelling van de bodemas, alsook van het aantal ferro-scheidingsstappen die uitgevoerd worden.

De kwaliteit van het gerecupereerde metaal wordt met name bepaald door het percentage bodemas dat nog aan het metaal kleeft. Door het metaal schoon te kloppen met een shredder of hamermolen neemt de kwaliteit aanzienlijk toe (Vereniging afvalbedrijven, 2005).

De **non-ferro metalen** worden traditioneel gescheiden met een wervelstroomscheider (eddy current scheider). In een wervelstroomscheider is binnen een niet-metalen drum, die roteert met een langzame snelheid, een snel draaiende magnetische rotor geplaatst. Als de door de transportband gedragen geleidende metallische deeltjes over de trommel gaan, zal het magnetische veld opgewekt door de snel draaiende magnetische rotor, inductiestromen in de non-ferro deeltjes opwekken. Omdat het afval van willekeurige vorm en grootte is, zal de stroom binnen de deeltjes niet in ordelijke wijze stromen. De stromen neigen om binnenin de deeltjes te wervelen (eddy) – vandaar de naam ‘wervelstroom’ (eddy current). Het effect van dergelijke wervelstromen is het opwekken van een secundair magnetisch veld rondom de non-ferro deeltjes wat resulteert in een afstotende kracht die letterlijk het deeltje afstoot uit de gemengde afvalstroom. Deze afstotende kracht in combinatie met de snelheid van de transportband en de trillingen, levert de condities voor een effectieve scheiding (zie figuur 14). De techniek is doeltreffend voor korrels tussen 2 en 30 mm (maar dient om efficiënt te zijn op verschillende korrelfracties uitgevoerd te worden) en vereist een goede spreiding van het materiaal op de transportband. De non-ferro scheiding wordt steeds uitgevoerd na het verwijderen van de ferro metalen, korrelgroottereductie en zeving (BREF Waste Incineration, 2005). Op dit moment wordt de scheiding veelal enkel toegepast op de grovere bodemasfracties (> 6 mm of zelfs > 10 mm).



Figuur 14: Wervelstroom (eddy current) techniek voor het afscheiden van non-ferro metalen (bron: aluminium centrum Nederland, recyclage van aluminium).

De gerecupereerde non-ferro metalen zijn een mix van diverse metalen en aanklevend bodemas. De verhouding van gerecupereerde non-ferro metalen is circa 50% aluminium, 10% messing, 5% koper en de resterende 35% zijn de overige metalen (Delft integraal, 2006). Ze worden afgezet ten voordele van de recycling, maar hebben wel nog een verdere verwerking nodig. De prijzen van het non-ferro schroot zijn afhankelijk van de onzuiverheden en de metaalsamenstel-

ling. Met de huidige wereldmarktprijzen kennen vooral aluminium en koper een hoge opbrengstwaarde.

3.7.2. Milieuaspecten

- + Bodemasgranulaten hebben een lagere metaalinhoud na ferro en non-ferroscheiding en kunnen verder behandeld worden om een herbruikbaar, inert secundair bouw materiaal te bekomen (BREF Waste Incineration, 2005). De scheiding van non-ferrometalen is technisch gezien, een noodzakelijke stap voor het mogelijk hergebruik van bodemas in bouwtoepassingen. Aluminium in de bodemas kan zwellingsreacties veroorzaken en daardoor schade aanrichten.
- + Een ferro-scheiding levert een hoeveelheid herbruikbaar ijzer op, waardoor op het gebruik van ijzererts en fossiele brandstoffen kan worden bespaard.
- + Bijbehorende emissies voor de vervaardiging van primair staal kunnen worden vermeden.
- ± De afgescheiden non-ferro metalen moeten nadien nog extern verwerkt worden d.m.v. een verdere scheiding volgens metaaltipe (aluminium, koper, zink, etc.) en/of een reductie van de grootte voordat ze gerecycleerd kunnen worden. Dit impliceert het verbruik van elektrische energie (BREF Waste Incineration, 2005). De ferro fractie kan afgezet worden als schroot voor de staalovens na het verwijderen van onzuiverheden (bv. stof). De scheiding van ferro-metalen verbruikt maar een kleine energiehoeveelheid (BREF Waste Incineration, 2005).

3.8. Verouderen

3.8.1. Procesbeschrijving

Onbehandelde bodemas is chemisch nog reactief. Met de term “verouderen” of “rijpen” wordt een reeks van gerelateerde processen bedoeld zoals carbonatatie, hydratatie, oplos- en neerslagreacties, sorptie, oxidatie- en reductiereacties, complexatie, vorming van mineralen en microbiële activiteit. Algemeen wordt aangenomen dat carbonatatie, d.i. de reactie van CO_2 met hydroxides in het alkalische bodemas, één van de belangrijkste reacties is in het verouderingsproces van bodemas. Het doel van het verouderingsproces is dan ook het verminderen van de overblijvende reactiviteit en het verbeteren van de technische eigenschappen. Algemeen wordt aangenomen dat de uitloging van bodemas afneemt na het verouderen, met name de uitloging van metalen als Cu, Cr, Pb en Zn.

Bij natuurlijke veroudering worden de bodemas (al dan niet na ferro en non-ferroscheiding) gedurende 6 tot 20 weken blootgesteld aan de lucht. Dit gebeurt door de bodemas in hopen op een waterondoorlaatbare vloer (in een al dan niet overdekte plaats) te stockeren. Tijdens het verouderingsproces wordt er CO_2 en O_2 opgenomen uit de lucht, waardoor de bodemas worden gecarbonateerd en geoxideerd. Deze reacties zijn overwegend exotherm waardoor de temperatuur in de kern van de bodemashopen kan oplopen tot meer dan 70°C . Door deze temperatuursverhoging worden sommige reacties versneld. Deze hogere temperaturen zorgen ervoor dat de veroudering in de diepere lagen, ondanks een minder snel verlopende uitwisseling met lucht toch even snel verlopen. De bodemas kan ook regelmatig omgescheept worden en kan tevens met behulp van een sproei-installatie bevochtigd worden om stofvorming en opwaaing te vermijden. Het drainage- en afvoerwater wordt opgevangen en eventueel naar een waterbehandelingsinstallatie gevoerd.

Het hoofddoel van verouderen is het doen dalen van de pH, veroorzaakt door carbonatatie van oxides en hydroxides. Dit leidt tot een mobiliteitsafname van de meeste zware metalen. Dit is niet alleen het effect van een daling van de pH, maar ook van mineralisaties waardoor de zware metalen gefixeerd worden in de bodemasmatrix (Rutten et al., 2006).

Natuurlijke veroudering heeft vooral een gunstig effect op de koperuitloging (Skaarup, 2001). Hoewel de techniek zeer eenvoudig is, is het van te voren echter niet duidelijk wat de benodigde verouderingstermijn is om de beoogde kwaliteit te bekomen. Het natuurlijk verouderingsproces kan niet gestuurd worden en is alleen efficiënt bij een relatief beperkte overschrijding van de beoogde eindkwaliteit (tot max. 100%). Een reductie van 20% tot 60% van de koperuitloging behoort tot de mogelijkheden.

3.8.2. Milieuaspecten

- + Het verouderingsproces veroorzaakt een verlaging van de pH, hydratatie en wijzigingen in mineraalfasen. Deze effecten zorgen allemaal voor het verminderen van de uitloogbaarheid van metalen en stabiliseren de bodemas. Bij een beperkte overschrijding van de uitloging in het onbehandeld bodemas, kan door het verouderingsproces de uitloging verminderd worden zodat de bodemas toch gebruikt kan worden als secundaire grondstof of als inert stortmateriaal (TWG Comments, 2004).
- + Er ontstaan geen reststoffen (afvalwater, slib).
- Er kan wel een beperkte hoeveelheid afvalwater ten gevolge van regenval vrijkomen, welke metalen en zouten bevat. Het water kan eventueel hergebruikt worden in het verouderingsproces of in de verbrandingsoven als proceswater (BREF Waste Incineration, 2005)
- Het natuurlijk verouderingsproces kan niet gestuurd worden. De verouderingstermijn kan, afhankelijk van de ingangskwaliteit van de bodemas, aanzienlijk zijn (tot meer dan een jaar). Een lange opslagtermijn vraagt een grote opslagcapaciteit.
- Stof- en geurontwikkeling moeten gecontroleerd worden. (BREF Waste Incineration, 2005)
- Op sommige locaties kunnen er problemen met geluidsoverlast (voertuigen, machines) optreden (BREF Waste Incineration, 2005)
- Maatregelen voor explosiegevaar ten gevolge van H₂-productie bij de oxidatie van aluminium kunnen nodig zijn bij opslag in overdekte ruimten (TWG Comments, 2004)

3.9. Natte deeltjesscheiding (fractioneren)

3.9.1. Procesbeschrijving

Bij een natte deeltjesscheiding wordt de bodemas via verschillende natte methoden gescheiden in fracties met verschillende deeltjesgrootte. Deze methode is vooral gericht op de afscheiding van de 0-2 mm fractie. Aangezien een groot deel van de uitloogbare componenten en organische componenten verbonden is met de fijne fractie resulteert dit in een verminderde uitloging van de overgebleven bodemasfractie(s) (> 2 mm) (BREF Waste Incineration, 2005). Als eindproduct bekomt men een slib- en zandfractie en één of meerdere bodemasgranulaten. Indaver (België) scheidt de bodemas in 4 fracties: 0-0,1 mm, 0,1-2 mm, 2-6 mm en 6-50 mm. Het effect van de natte deeltjesscheiding is steeds een combinatie van het fractioneren (verwijderen van de fijne fractie < 2 mm) met het waseffect (zie 3.10).

3.9.2. Milieuaspecten

- + De uitloging van metalen wordt verminderd ten gevolge van het verwijderen van de fractie gecombineerd met het waseffect. Hierdoor kan een herbruikbaar bodemasgranulaat geproduceerd worden. Ook de uitloging van oplosbare zouten wordt verbeterd, voornamelijk van chloriden en sulfaten. Tot 50% van het chloor kan op deze manier verwijderd worden (BREF Waste Incineration, 2005). Het resultaat voor sulfaat is minder goed omdat de uitloging gecontroleerd wordt door de oplosbaarheid van de sulfaat mineralen.
- ± Het nat proces resulteert in de productie van een fijne fractie (0-2 mm) die gestort of hergebruikt kan worden. Afhankelijk van de regelgeving, kan de uitloogcapaciteit voor metalen van deze fractie de normen overschrijden.
- 0/- Er wordt ook afvalwater geproduceerd bij deze methode (drainagewater, sproeiwater, eluaat). Het waterverbruik (in pilootproeven, Kema 2005) ligt hoog: verhouding vloeistof/vaste stof van 3 tot 5 l/kg. Het afvalwater kan hergebruikt worden in de verbrandingsoven als proceswater als de kwaliteit voldoende is (TWG Comments, 2004). In een installatie in Vlaanderen wordt dit afvalwater opgemengd met vers water en additieven voor gebruik als proceswater bij de natte rookgasreiniging. Dit blijkt echter niet evident te zijn. De haalbaarheid van de natte deeltjesscheiding hangt dan ook grotendeels af van de mogelijke oplossingen voor het afvalwater.

3.10. Wassen

3.10.1. Procesbeschrijving

Bij het wassen wordt met behulp van water, met of zonder additieven, een deel van de verontreinigingen (metalen en zouten) uit de bodemas verwijderd. De wasstap kan ingevoerd worden in het proces zelf (procesgeïntegreerd wassen). Hierbij wordt extra water aan de ontslakker toegevoegd (verhouding vloeistof/vaste stof $\geq 0,35$ l/kg). Het water kan toegevoegd worden in het waterbad van de ontslakker, of bij het verlaten van de ontslakker (een soort naspoeling van de bodemas). Het waswater wordt afgevoerd en gereinigd.

De wasstap kan tevens na het verbrandingsproces uitgevoerd worden. Hierbij worden gestockeerde assen in de bodemasopslagplaats besproeid met water. Het eluaat (sproeiwater met verontreinigingen) wordt afzonderlijk opgevangen. Het proces van wassen in de bodemopslagplaats kan worden gecontroleerd door metingen aan het opgevangen eluaat. Bij deze manier van wassen vormt kanaalvorming in de opgeslagen bodemas een reëel risico. Hierdoor kan het effect van het wassen beperkt blijven.

3.10.2. Milieuaspecten

- + De uitloging van metalen wordt verminderd ten gevolge van het wassen. Hierdoor kan een herbruikbaar bodemasgranulaat geproduceerd worden. Ook de uitloging van oplosbare zouten, voornamelijk chloriden en sulfaten, wordt verbeterd. Tot 50% van de chloriden kunnen op deze manier verwijderd worden (BREF Waste Incineration, 2005). Het resultaat voor sulfaat is minder goed omdat de uitloging gecontroleerd wordt door de oplosbaarheid van de sulfaat mineralen.

- Het waswater moet afgevoerd en gereinigd worden. In Nederland bleken verschillende verbrandingsovens onvoldoende capaciteit te hebben in de afvalwaterbehandelingsinstallatie (Kema, 2005)
- Bij procesgeïntegreerd wassen komt tevens slib vrij dat meestal moet worden gestort. Het proces is, afgezien van de hoeveelheid water en de positie van toevoeging (in of na de ontslakker) moeilijk te sturen.
- Het wassen in de bodemopslagplaats door het besproeien van de opslaghopen vraagt opslagruimte en tijd.

3.11. Verglazing en sinteren

3.11.1. Procesbeschrijving

Thermische immobilisatietechnieken zijn afkomstig van de glasnijverheid en de behandeling van nucleair afval. De aangewende temperaturen variëren tussen 1100 en 2000°C. Veel hogere vlamtemperaturen worden soms aangewend voor plasmasystemen. Plasmasystemen worden gebruikt voor verglazen en smelten van verschillende anorganische afvalstromen, waaronder bodemas en vliegashouders.

Bij **verglazing** wordt de bodemas tot ca. 1400°C verhit. De gesmolten bodemas wordt vervolgens in een waterbad gekoeld waardoor een granulaat ontstaat. Alle anorganische verontreinigingen worden in de glasfase geïmmobiliseerd.

Sinteren is een thermisch proces waarbij het materiaal gedeeltelijk tot smelten gebracht wordt. Door smeltvorming aan de korrelgrenzen “sinteren” de korrels aan elkaar. Het proces speelt zich af bij lagere temperatuur dan verglazen, 1100-1500°C. Bekende sinterproducten zijn bakstenen en kunstgrind. Een randvoorwaarde voor de aanmaak van homogene producten is dat het uitgangsmateriaal zeer fijnkorrelig is. Vandaar dat de techniek niet interessant is voor (korrelige) bodemas, maar mogelijk wel voor slibfracties die ontstaan bij natte deeltjesscheiding. De slibfracties kunnen verwerkt worden in combinatie met klei (baksteen) of andere fijnkorrelige reststromen. Het slib moet dan wel eerst gedroogd worden. Nadeel is tevens het hoge energieverbruik.

3.11.2. Milieuaspecten

- + Verglazing resulteert in een verminderd volume (vermindering van 33-50%), een zeer lage uitlozing, en een stabiel residu. Afhankelijk van de vigerende regelgeving, kunnen verglaasde of gesinterde korrels onmiddellijk hergebruikt worden als granulaat en hoeven niet gestort te worden (BREF Waste Incineration, 2005).
- De antimoonuitlozing bij verglazing blijft relatief hoog, waardoor toepassing niet zeker is.
- Sinteren is niet toepasbaar op de bodemas zelf. Slibfracties die vrijkomen bij een natte deeltjesscheiding kunnen mogelijk wel verwerkt worden.
- Zowel verglazen als sinteren vragen een hoog extern energiegebruik (0.7-2 kWh/kg behandeld as (IAWG, 1997)), waardoor een grote hoeveelheid CO₂ gegenereerd wordt. Dit maakt van een afvalverbrandingsproces een energieconsumerend proces in plaats van een energieproducerend proces. Deze techniek wordt dan ook pas aangewend wanneer de uitloagnormen voor hergebruik of voor storten heel streng zijn (BREF Waste Incineration, 2005).

- Het rookgas dat voorkomt uit de thermische behandeling van bodemas stoot zelf een grote hoeveelheid verontreinigde stoffen uit zoals NO_x , TOC, SO_x , stof, zware metalen, etc. Een behandeling van het rookgas is daardoor vereist om deze stoffen te verwijderen (BREF Waste Incineration, 2005).

3.12. Koud immobiliseren (stabiliseren/solidificeren)

3.12.1. Procesbeschrijving

Immobiliseren wordt gebruikt als een algemene term om de vermindering van de mobiliteit van een verontreiniging aan te duiden, ongeacht of deze gebaseerd is op stabilisatie of solidificatie.

Het begrip ‘stabilisatie’, verwijst naar de immobilisatie van de verontreiniging door het aangaan van een stabielere chemische binding. Dit is het proces waarbij contaminanten (bv. zware metalen) volledig of gedeeltelijk worden gebonden door de toevoeging van bindmiddelen. Stabilisatie wordt bekomen door de bodemas te mengen met een reagens om de uitloging van contaminanten zoveel mogelijk te beperken, waardoor de toxiciteit van de bodemas afneemt en het gemakkelijker wordt om er mee om te gaan. Het stabilisatie proces maakt gebruik van de precipitatie van metalen in nieuw gevormde mineralen als ook van de sorptie van metalen op mineralen.

‘Solidificatie’ is dan weer het inkapselen van de verontreiniging in een vaste matrix. Voor het solidificatie proces worden additieven gebruikt die de fysische karakteristieken (zoals sterkte, samendrukbaarheid, en/of permeabiliteit) beïnvloeden. De term solidificatie heeft betrekking op het mengen van afval (bodemas) met een reagens om een vormgegeven vaste afvalstof te produceren (met een lage porositeit en lage permeabiliteit), geschikt voor hergebruik of een veilige verwijdering op de stortplaats. Contaminanten worden ofwel geadsorbeerd door het reagens of vastgelegd in de matrix van het gesolidificeerde product.

De meest gebruikte bindmiddelen zijn: cement, puzzolanen, vrije kalk, oplosbare silicaten (bv. waterglas), organisch gemodificeerde kleien of kalk en organische polymeren, (BREF, waste treatment, 2006). Voor bodemas zijn naast cement en bitumen, ook Na-silicaatglas (waterglas), Fe(III)- en Al(III) zouten die voor sorptie van de verontreinigingen zorgen (Comans et al., 2000), en oplosbaar fosfaat (Cranell et al., 2000) beproefd. In Frankrijk zijn meer dan twintig procent (4 installaties) van de bodemas behandelingsinstallaties voorzien van een installatie voor immobilisatie van de bodemas door middel van hydraulische bindmiddelen of bitumen. In deze installaties worden enkele procenten tot ongeveer 25% van de bodemas behandeld met bindmiddelen. De met bindmiddelen behandelde bodemasgranulaten worden gebruikt voor meer hoogwaardige toepassingen, zoals funderingen en onderfunderingen van wegen (ADEME, 2002b).

Wanneer bodemas behandeld wordt met cement, resulteert dit in een immobilisatie, waarbij oplosbare verbindingen fysisch ingesloten worden (fysische immobilisatie) of opgenomen worden in nieuw gevormde mineralen (chemische immobilisatie). Omdat het materiaal bijna zo hard wordt als beton wordt de immobilisatie van bodemas met cement vaak op de plaats van toepassing uitgevoerd. Naast de verharding zorgt het cement voor een hoog bufferend vermogen (hoge pH) dat de uitloogbaarheid van vele elementen beperkt. Voor sommige elementen, waaronder koper, zal de uitloogbaarheid echter omwille van de hoge pH toenemen. Vaak zijn hoge cement hoeveelheden nodig (10 gewichtsprocent of meer), waardoor de behandelingskost relatief hoog is en de massa en het volume van het behandelde materiaal toeneemt.

3.12.2. Milieuaspecten

- + Er worden geen nieuwe afvalstoffen gecreëerd.
- Het volume van het toe te passen materiaal (bodemas+bindmiddel) neemt aanzienlijk toe.
- Er worden toeslagstoffen gebruikt.

Hoofdstuk 4

BESCHIKBARE MILIEUVRIENDELIJKE TECHNIEKEN

4.1. Behandelingsmethodes voor ruwe bodemas

4.1.1. Terugwinnen ferro metalen uit bodemas

De bodemas wordt in een dunne laag verspreid over een transportband en de ferro-metalen worden door een elektromagnetische overbandmagneet of permanente magneet van de bodemas gescheiden. Om tot een optimale scheiding te komen wordt de scheiding vaak in meerdere stappen uitgevoerd voor en na het breken en zeven van de bodemas. Het afgescheiden ferro metaal is de tweede belangrijkste reststof van afvalverbranding.

Toepasbaarheid:

Het terugwinnen van ferro metalen is mogelijk in nieuwe en bestaande behandelingsinstallaties. De toepasbaarheid is afhankelijk van de ferro inhoud van de bodemas. De ferro inhoud wordt beïnvloed door de manier van afvalinzameling. In gebieden met een uitgebreide en goed nageleefde gescheiden afvalinzameling is de metaalinhoud van het restafval dat naar de verbrandingsovens gaat aanzienlijk kleiner dan in gebieden zonder gescheiden afvalinzameling. Metalen kunnen ook tijdens de voorbehandeling van het afval verwijderd worden (bijvoorbeeld bij de voorbehandeling van huishoudelijk afval om er RDF van te maken), waardoor er weinig metalen in de te verbranden fractie aanwezig zijn.

Milieuvoordeel:

De kwaliteitsverbetering van de bodemas is eerder gering.

Kosten:

De kosten voor een overbandmagneet om de magnetische ferro metalen terug te winnen liggen tussen 20000 en 38000 euro, met een gemiddelde van 29000 euro (excl. BTW) (Ademe, 2002).

Opbrengsten:

De ferro metalen worden als schroot verkocht. Gerapporteerde opbrengsten liggen rond de 100 €/ton (BREF, 2005). De kwaliteit en dus waarde van het schroot wordt met name bepaald door het percentage onzuiverheden (aanhangend bodemas). De kwaliteit neemt aanzienlijk toe door het ferro-metaal schoon te kloppen met een shredder of hamermolen (Vereniging afvalbedrijven, 2005). Investeren in een hamermolen loont echter enkel wanneer er voldoende doorzet is. De totale hoeveelheid teruggewonnen ferro metaal uit bodemas varieert tussen 1% en 26% (IAWG, 1997), met een gemiddelde van 10%.

Crossmedia effecten:

De terugwinning van ferro metalen vraagt slechts een geringe hoeveelheid energie, ten opzichte van de energie die nodig is voor het winnen en verwerken van ertsen voor de aanmaak van primair staal.

4.1.2. Terugwinnen non-ferro metalen uit bodemas

De non-ferro metalen aanwezig in bodemas kunnen teruggewonnen worden door middel van wervelstroomscheiders (eddy current scheiders). De techniek is gebaseerd op het induceren van een magnetisch veld in de metalen, waardoor ze uit de materiaalstroom worden geëjecteerd. De

techniek is doeltreffend voor korrelgroottes tussen 10 en 30 mm en vereist een goede spreiding van het materiaal op de transportband. De non-ferro scheiding wordt steeds uitgevoerd na het verwijderen van de ferro metalen. De gerecupereerde hoeveelheid non-ferro metaal neemt toe wanneer de scheiding wordt uitgevoerd op verschillende granulaatfracties, na korrelgroottereductie en fractionering van de bodemas. In Frankrijk waar meestal geen voorafgaande fractionering gebeurt voor de non-ferro afscheiding wordt gemiddeld 0,5% non-ferro gewonnen uit bodemas.

In de installatie van Heros (Sluiskil, Nederland), waar de scheiding gebeurt op twee fracties, namelijk een 6-12 mm fractie en een 12-40 mm fractie, wordt ongeveer 1,6 à 1,7% non-ferro metaal teruggewonnen (op de totale bodemas 0-40 mm). Hier wordt nog aan een optimalisatie gedacht. In de Amsterdamse bodemasopwerkingsinstallatie (AEB) winnen wervelstroomscheiders uit de grove bodemasfractie (> 10 mm) ongeveer 0,5% non-ferro metaal. Ongeveer de helft van alle bodemas van AEB is echter < 10 mm. Bovendien kan deze fijne fractie (0,5-10 mm) tot vijftienmaal zoveel aluminium en koper bevatten als de grove fractie (Hartmann, 2006).

In Nederland werd het percentage non-ferro metalen van bodemas van verschillende grote installaties bepaald op laboschaal. Het percentage non-ferro metalen bedroeg ongeveer 2,5 à 3%, en is samengesteld uit met name aluminium, koper, brons, zink en roestvast staal (Rem en Karstens, 2001; Hartmann, 2006).

Toepasbaarheid:

Een non-ferro scheiding door middel van eddy current scheiders kan in principe in bestaande en nieuwe behandelingsinstallaties worden toegepast. Het vraagt echter ruimte en een voorafgaande fractionering om de non-ferro scheiding op verschillende granulaatfracties uit te kunnen voeren. Eventueel kan men overwegen de scheiding slechts op één granulaatfractie uit te voeren (vb. Indaver 6-50 mm). De toepasbaarheid is vooral afhankelijk van de hoeveelheid non-ferro die in de bodemas aanwezig is en die kan teruggewonnen worden.

Milieuvoordelen:

De verwijdering van de non-ferro metalen zorgt voor een bouwtechnische (en milieuhygiënische) verbetering van het bodemasgranulaat. Vooral de aanwezigheid van metallisch aluminium kan omwille van het zwelgedrag, de toepasbaarheid van bodemas beperken.

Kosten:

De kosten voor een wervelstroomscheider (eddy current scheider) varieert van 76000 tot 152000 €, met een gemiddelde van 114000 € (excl. BTW) (Ademe, 2002). Tegenwoordig zijn er ook al wervelstroomscheiders op de markt die geschikt zijn voor de fractie < 10 mm en zelfs < 6 mm (zie 4.1.1). Dit is zeer belangrijk omdat uit een Nederlandse studie gebleken is dat de non-ferro fractie uit bodemas van bepaalde installaties vooral geconcentreerd is in de fijnere fracties (Hartmann, 2006).

Opbrengsten:

Opbrengsten van de non-ferro metalen liggen rond ~825 €/ton (Rem et al., 2004).

Crossmedia effecten:

De non-ferroscheiding levert een hoeveelheid herbruikbare metalen op, waardoor erts en fossiele brandstoffen nodig voor de productie van deze metalen (vooral Al en Cu) kunnen worden bespaard. Ook de emissies, gegenereerd tijdens de vervaardiging van het primaire metaal, kunnen grotendeels worden vermeden.

4.1.3. Terugwinnen non-ferro uit de fijne bodemasfractie (< 6 mm) via droge wervelstroomscheiders

In de huidige installaties vindt non-ferro scheiding meestal plaats voor deeltjes > 10 mm of > 6 mm (KEMA, 2006). De ondergrens voor scheiding van non-ferro deeltjes met de wervelstroom (eddy current) techniek is ondertussen ook mogelijk voor deeltjes van 2 à 4 mm.

Toepasbaarheid:

Toepasbaar in een nat proces waar de fijnste fractie < 2 mm wordt verwijderd alvorens de non-ferro scheiding wordt uitgevoerd. Deze fijne fractie bevat immers zwak magnetisch stof dat zich aan inerte korrels hecht waardoor deze in de non-ferro fractie terecht komen (Rutten et al., 2006).

Om rendabel te zijn dient de fijne fractie (2-6 mm en/of 6-10 mm) van het te behandelen bodemas voldoende non-ferro metalen te bevatten. Uit gegevens van de behandelingsinstallatie van AEB zou 80% van de non-ferro metalen echter aanwezig zijn in de fractie < 10 mm (Hartmann, 2006).

Milieuvoordeel:

De verwijdering van de non-ferro metalen zorgt voor een bouwtechnische (en milieuhygiënische) verbetering van het bodemasgranulaat. Vooral de aanwezigheid van metallisch aluminium kan omwille van het zwelgedrag, de toepasbaarheid van bodemas beperken.

Kosten:

Wervelstroomscheiders geschikt voor het terugwinnen van non-ferro metaal uit de fijne bodemasfracties (< 6 mm) zijn echter duurder dan traditionele wervelstroomscheiders (ongeveer 30.000 € extra per wervelstroomscheider).

Opbrengsten:

Opbrengsten van de non-ferro metalen (< 10 mm) liggen vermoedelijk iets lager dan voor de grove omwille van een hoger percentage onzuiverheden en een grotere oxidatiegraad van de metalen. Er wordt gerekend met een opbrengst van 500 à 1000 €/ton, afhankelijk van de zuiverheid, en de marktprijs voor aluminium en koper.

Crossmedia effecten:

De non-ferroscheiding levert een hoeveelheid herbruikbare metalen op, waardoor erts en fossiele brandstoffen nodig voor de productie van deze metalen (vooral Al en Cu) kunnen worden bespaard. Ook de emissies, gegenereerd tijdens de vervaardiging van het primaire metaal, kunnen grotendeels worden vermeden.

4.1.4. Terugwinnen non-ferro uit de fijn bodemasfractie (< 10 mm) via een natte scheidingstechniek (Magnus scheider)

Voor de terugwinning van non-ferro uit de fijne bodemasfractie werd in Nederland ook een natte scheidingstechniek ontwikkeld, met name de Magnus scheider.

Het hart van een gewone (droge) wervelstroomscheider is een krachtige, zeer snel ronddraaiende permanente magneet, die in de non-ferro metaaldeeltjes wervelstromen (eddy currents) doen ontstaan, die een elektromagnetisch veld opwekken. De non-ferro metaaldeeltjes worden tijdelijk zelf kleine magneetjes met een polariteit tegengesteld aan die van de roterende mag-

neet. Terwijl het andere materiaal onverstoord naar beneden valt, worden de non-ferro deeltjes afgestoten en belanden ergens anders.

De non-ferro metaaldeeltjes waarin wervelstromen worden opgewekt roteren met enkele honderden omwentelingen per seconde. En een roterend lichaam ondervindt een opwaartse kracht als gevolg van asymmetrische turbulenties die erachter ontstaan. Dit zogenaamde ‘Magnus-effect’ wordt echter sterk bemoeilijkt door de invloed van turbulentie en luchtweerstand. Over een verval van een halve meter was de afbuiging slechts één centimeter — niet genoeg voor een praktische scheiding. Om de deeltjes te vertragen werd de scheiding in een bak water uitgevoerd waardoor het effect veel groter is en een praktische scheiding mogelijk wordt (Hartmann, 2006). De techniek werd op pilotschaal toegepast op de bodemasopwerkingsinstallatie van Amsterdam (AEB). In de praktijk bleek de Magnus scheider echter minder efficiënt te zijn dan verwacht. De scheider is daarom niet meer in het huidige verwerkingsconcept van AEB opgenomen.

4.1.5. Wassen in de ontslakker en/of bij het uitdragen van de bodemas uit de ontslakker

Bij het wassen in de ontslakker (quench tank) wordt met behulp van water, met of zonder additieven, een deel van de verontreinigingen uit de bodemas verwijderd. De wasstap kan in het proces zelf geïntegreerd worden door extra water toe te voegen aan de ontslakker, of door een toename van de waterstroming bij het uitdragen van de bodemas uit de ontslakker. Bij de meeste verbrandingsinstallaties worden zeer lage L/S verhoudingen gehanteerd bij het ontslakken ($\sim L/S = 0,2$ l/kg (Crillesen en Hjelm, 2001)) om de waterconsumptie te beperken. Water wordt aan het waterbad toegevoegd ter compensatie van de hoeveelheid water die verdampt of door de bodemas wordt opgenomen. Bijgevolg is de capaciteit om zouten en andere verontreinigingen te verwijderen zeer gering. Om de bodemas te wassen wordt extra water aan het waterbad van de ontslakker toegevoegd ($\sim L/S = 0,35$ l/kg of hoger (KEMA, 2005)). Het extra spoelen (wassen) van de bodemas bij het uitdragen uit de ontslakker biedt volgens verschillende rapporten betere resultaten dan het extra water in het waterbad van de ontslakker (o.a. KEMA, 2005).

Over het algemeen kunnen volgende effecten verwacht worden van wassen:

- een afname in de uitloogbaarheid van zouten en zware metalen;
- voor het verwijderen van sulfaat zijn hoge L/S verhoudingen noodzakelijk;
- de L/S verhouding in relatie tot het rendement kan sterk variëren;
- de toevoeging van additieven aan het waswater kan het resultaat positief beïnvloeden. De effecten variëren echter sterk tussen verschillende projecten.

Toepasbaarheid:

Niet toepasbaar bij een centrale installatie voor de behandeling van bodemas van externe herkomst. Het procesgeïntegreerd wassen behoort niet tot de scope van deze BBT studie omdat het van toepassing is op de afvalverbrandingsinstallatie en niet op de asbehandelingsinstallatie.

Milieuvoordeel:

Resultaten van testen met wassen door toepassing van een verhoogde L/S ratio tijdens het ontslakken (met regelmatige verversing van het water) zijn opgenomen in tabel 19. Het extra waswater in de ontslakker heeft een duidelijk gunstig effect op de chloride en koperuitloging (Tabel 19). Voor de koper uitloging is een duidelijk verband waar te nemen met het DOC gehalte.

Vermits de uitloogresultaten het resultaat zijn van de schudtest bij $L/S = 2$ (conform EN 12457-3) is een vertaling naar de Vlaamse normen nodig¹⁶.

Door toevoeging van 10 of 15 g NaHCO_3 /kg bodemas bij het water van de ontslakker wordt ook de uitloging van Cr aanzienlijk gereduceerd.

Tabel 19: Resultaten van wassen in de ontslakker (testen van 2001-2002), in tabel zijn uitloogresultaten weergegeven van de schudtest conform EN 12457-3 (deel 1 bij $L/S = 2$) na bijkomende veroudering van de bodemas van 2-3 maand en 7-8 maand (uit Astrup & Christensen, 2003 (Project B))

Conditie		A		B		C1	C2		C3	
Ouderdom (maanden)		2-3	7-8	2-3	7-8	2-3	2-3	7-8	2-3	7-8
pH		10,0	8,7	9,8	8,8	9,8	9,8	8,2	9,7	8,6
DOC	mg/l	100	31	23	11	25	18	8,5	20	0,7
Chloride	mg/l	900	920	490	280	280	230	130	190	170
Sulfaat	mg/l	1200	1800	920	1800	870	960	1500	1200	1700
As	µg/l	2,3	2,2	1,0	1,0	<0,9	<0,9	1,7	0,9	2,0
Cd	µg/l	0,6	0,3	0,7	0,2	0,4	0,6	0,5	0,3	0,2
Cr	µg/l	39	5	310	18	70	8	2	6,3	3
Cu	µg/l	1900	580	340	110	410	160	60	230	80
Ni	µg/l	9,7	11	< 3,3	2	< 3,3	< 3,7	4	2	3
Pb	µg/l	9,5	3	11	2	2,0	13	2	1,3	2
Zn	µg/l	< 10	10	< 47	< 10	< 10	< 140	< 10	< 10	10

(A) zonder wasstap

(B) met wasstap in de ontslakker ($L/S = 1$)

(C1) met wasstap in de ontslakker ($L/S = 1$) en additief (5g NaHCO_3 /kg bodemas)

(C2) met wasstap in de ontslakker ($L/S = 1$) en additief (10g NaHCO_3 /kg bodemas)

(C3) met wasstap in de ontslakker ($L/S = 1$) en additief (15g NaHCO_3 /kg bodemas)

Haalbaar kwaliteitsniveau:

Er kunnen aanzienlijke kwaliteitsverbeteringen gerealiseerd worden door het wasproces in de ontslakker. Er worden echter significante verschillen vastgesteld in de effecten op de uitloging en de uiteindelijke bodemskwaliteit, zowel tussen verschillende projecten als binnen éénzelfde project. Hierdoor is het moeilijk het effect op de uitloging juist te voorspellen. Uit Deense (Astrup en Christensen, 2003) en Nederlandse studies (Tauf, 2005; Rutten et al., 2006) bleek dit proces niet te kunnen garanderen dat de behandelde bodemas nadien aan de vigerende uitloognormen voor categorie 2 materiaal (zowel DK als NL) voldeed. In Nederlandse pilootproeven waarin zeer veel water werd gebruikt ($L/S = 3-5$) was het wasrendement wel voldoende om zonder verdere behandeling tot categorie 2 materiaal te komen (KEMA, 2005).

Op basis van deze studies is duidelijk dat het implementeren van een wasproces moet voorafgegaan worden door een haalbaarheidsstudie om het proces te optimaliseren voor de te behandelen bodemas.

¹⁶ De koperuitloging van bodemas bij uitvoering van een schudtest bij $L/S = 2$ is meestal een factor twee lager dan bij uitvoering van een schudtest bij $L/S = 10$, dit laat toe bij benadering de uitloog concentraties in te schatten.

Kosten:Crossmedia effecten:

Er ontstaat een slibfractie en verontreinigd waswater dat dient verwerkt (afgevoerd en gereinigd) te worden.

4.1.6. Wassen door besproeien van de voorraadhoop

Naast het procesgeïntegreerd wassen in de ontslakker bestaat ook het nageschakeld wassen waarbij twee varianten kunnen onderscheiden worden, namelijk het besproeien van de bodemas op voorraadhoop en het wassen in een wastrommel (zie 4.2.3). Bij de eerste variant worden de bodemas voorraadhopen gedurende enkele weken besproeid met water ($L/S = 0,5$ tot 1 l/kg), waarbij het eluaat met de verontreinigingen wordt opgevangen.

Toepasbaarheid:

Besproeien van de bodemasopslaghoppen kan indien er voldoende tijd en opslagruimte is in bestaande en nieuwe droge behandelingsinstallaties toegepast worden. Er is kans op kanaalvorming in de opslaghoppen waardoor het effect van wassen beperkt blijft.

Milieuvoordeel:

Het wassen (besproeien) van de voorraadhoop leidt vooral tot een afname van het zout gehalte met name voor chloriden. De koperuitloging neemt sterk af, maar er is geen verlaging van de molybdeenuitloging (Kema, 2005). Voor het verwijderen van sulfaten is een meer intense was-sing nodig ($L/S = 5$ tot 10), vermoedelijk omdat de sulfaatuitloging wordt gecontroleerd door oplossingsverschijnselen (Astrup en Christensen, 2003; Rutten et al., 2006).

Kostprijs:

De kosten voor het besproeien van de voorraadhoop liggen rond 5 tot 10 €/ton (Rutten et al., 2006).

Crossmedia effecten:

Naast het wassen heeft het besproeien van de bodemas in de voorraadhopen ook het voordeel dat het stofvorming tegengaat. De verwerking van het eluaat (en slib) moet worden opgelost. Er dient behandelingscapaciteit te zijn voor het extra waswater. In vergelijking tot het water dat gebruikt wordt bij het besproeien van de opslaghoppen bij natuurlijk verouderen gaat het hier om aanzienlijke hoeveelheden water ($L/S = 0,5$ tot 10 l/kg).

4.1.7. Nageschakeld wassen in wastrommel (met of zonder additieven)

Op pilotschaal werd in een grondreinigingsinstallatie bodemas < 10 mm en ontdaan van de magnetische fractie behandeld. Er werd 250 tot 1000 kg bodemas/uur behandeld (Astrup & Christensen, 2003). De behandeling bestond uit een homogenisering- en uitspoelingsproces in een hydrocycloon, gevolgd door een scheiding van de fijne fractie en het organisch materiaal middels zeef en spiraalscheider. De behandeling gebeurde bij een waterverbruik van $1,5$ l/kg, 4 l/kg en 10 l/kg.

De effectiviteit van het wasproces kan nog worden versterkt door het wasproces in twee stappen uit te voeren bij verschillende pH's, of door het gebruik van additieven in het waswater. Zo kan de koperuitloging uit bodemas aangepakt worden door organische componenten aan het waswater toe te voegen (bv. een ammoniumcitraatoplossing), waardoor oplosbare organokopercomplexen gevormd worden. Deze complexen worden nadien uitgewassen, waardoor de koperuitloging van de bodemas afneemt.

Sander (2002) en Boddum & Skaarup (2002) toonden aan dat wassen van verouderde bodemas betere resultaten geeft dan het wassen van verse bodemas. Ook Todorovic (2006) stelt dat het wassen best gebeurt na de veroudering (carbonatatie) van de bodemas, en geeft hiervoor 3 redenen: (1) de alkaliniteit nodig voor de carbonatatie kan door het wassen verloren gaan (Todorovic en Ecke, 2006b); (2) carbonatatie mobiliseert Cl en SO₄ waardoor deze stoffen efficiënter uit de bodemas verwijderd kunnen worden na de carbonatatie, (3) wassen kan het puzzolaan karakter van de bodemas initiëren en zo het later contact met CO₂ verhinderen en de carbonatatie van de bodemas bemoeilijken.

Toepasbaarheid:

Het wassen in een grondreinigingsinstallatie is enkel toegepast op pilotschaal op bodemas < 10 mm, en in het labo.

Milieuvoordeel:

Er werd enkel gekeken naar het effect op natrium, chloride en sulfaat. Voor natrium en chloride werden goede resultaten behaald met de grondreinigingsinstallatie voor sulfaat waren bijkomende processtappen nodig. Voor de uitloging van natrium en chloride werden resultaten behaald van respectievelijk, 80 mg Na/l en 120 mg Cl/l (schudtest bij L/S=2) na wassen bij een L/S van 4 l/kg. Het beste resultaat dat werd gehaald voor sulfaat was 380 mg SO₄/l na wassen van 1 maand oude bodemas bij een L/S van 10 l/kg. Bovendien neemt de sulfaatuitloging toe met de veroudering van de bodemas (van 550 mg/l na 1 maand (pH=10,8) naar 1300 mg/l na 3 maand (pH=9,6)). Er werd tevens vastgesteld dat een aantal elementen geconcentreerd werden in de fijne fractie (< 0,1 mm), met name alkaliniteit, calcium, zwavel, arseen, lood en zink. De verwijdering van deze fractie (< 0,1 mm) heeft een positief effect op de uitloging van het resterende bodemas (Boddum & Skaarup, 2002). Door het verwijderen van de fijne fractie (< 0,100 mm), wordt ook de technische kwaliteit (drainerend vermogen) van de bodemas verhoogd (Koralewska en Faulstich, 2000).

Kosten:

Voor een wasproces waarbij 100000 ton bodemas/jaar kan worden behandeld, liggen de kosten op ongeveer 27 €/ton (cijfers 2001, Astrup & Christensen, 2003). Voor een tweestapsproces bij verschillende pH-waarden (bv. pH=5 voor verwijdering van Cu en pH=7 voor verwijdering van molybdeen) bij een L/S = 10, met inbegrip van de waterzuivering voor het waswater, liggen de kosten op 50 tot 100 €/ton (Rutten et al., 2006).

Crossmedia effecten:

Het extra water dat gebruikt wordt kan in sommige installaties opnieuw gebruikt worden als proceswater in andere gevallen zal dit water moeten geloosd of gereinigd worden.

Bij het wassen van verouderde bodemas waarin de zware metalen al zijn vastgelegd ontstaat een waswater dat nagenoeg enkel verontreinigd is met zouten, waardoor het eventueel kan geloosd worden in zout (zee)oppervlaktewater (Rutten et al., 2006).

4.1.8. Wassen in combinatie met zeven (nat fractioneren)

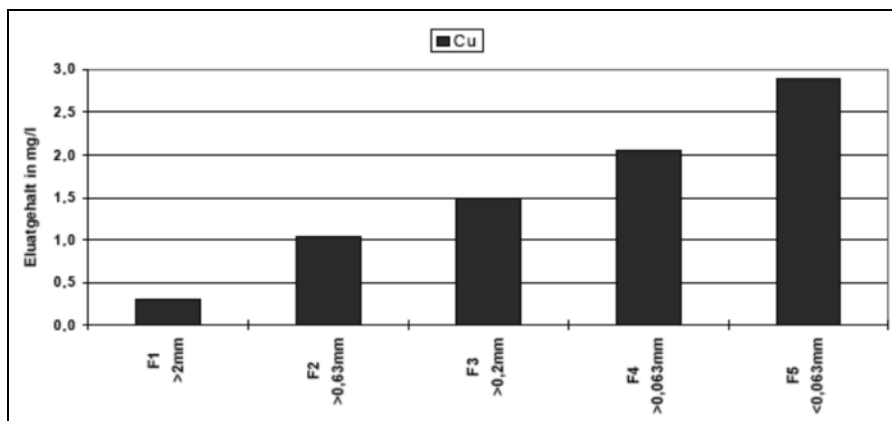
Bij natte deeltjesscheiding (gecombineerd was en zeefproces) wordt de bodemas via natte methoden gescheiden in fracties met verschillende deeltjesgrootte. De resulterende fracties zijn slib, zand, en één of meerdere bodemasgranulaatfracties. Indaver NV scheidt in de fracties < 0,1 mm; 0,1-2 mm; 2-6 mm en 6-50 mm.

Toepasbaarheid:

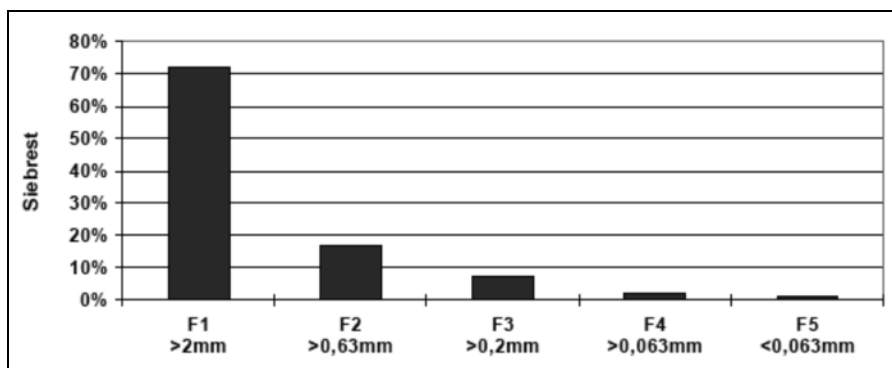
Wassen in combinatie met fractionering is toepasbaar op bodemas in een natte behandelingsinstallatie.

Milieuvoordelen:

Door het verwijderen van de korrelgroottes <100-125 µm wordt voor bodemas een positief effect op de uitloging vastgesteld voor sulfaat, Na, As, Cd, Cr, Pb, Zn, Mo en organisch materiaal (Boddum & Skaarup, 2002; Astrup, 2006). Ook voor koper kan de verwijdering van de fijne bodemasdeeltjes (door een nat proces) voor een aanzienlijke vermindering in de uitloging zorgen, zoals blijkt uit figuur 15.



Figuur 15: Koper eluaatconcentraties (EN 12457-4) van verschillende fracties bodemas (F1: > 2 mm; F2: 0,63-2 mm; F3: 0,63-0,2 mm; F4: 0,2-0,063 mm; F5: < 0,063 mm) (uit Huber et al., 1996).



Figuur 16: Zeeffracties van het beschouwde bodemas (uit Huber et al., 1996).

Tabel 20 geeft de uitloging weer van de vier resulterende bodemasfracties van de installatie van Indaver. De uitloging werd bepaald via de schudtest conform EN-12457-4 bijgevolg kan geen éénduidige vergelijking met de VLAREA norm gemaakt worden. Uit een studie van TAUW blijkt dat de uitloging van koper bepaald via de schudtest bij een L/S=20 overeenkomt met de uitloging bepaald door de kolomtest (bij een L/S=10). Bijgevolg is de uitloging van koper hier waarschijnlijk onderschat ten opzichte van het resultaat dat zou bekomen worden met de standaard kolomtest.

Tabel 20: Uitloging (mg/kg droge stof) per fractie na was- en zeefproces (Arickx, 2004), (waarden in vet overschrijden de VLAREA eisen hergebruik)¹⁷

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	ZN
Vlarea norm	0,8	0.03	0.5	0.5	0.02	1.3	0.75	2.8
Slib (0-0,1 mm)	0.1	0.04	0.27	217.4	–	18.8	4.03	21.6
Zand (0.1-2 mm)	<0.01	w0.01	0.16	38.8	–	7.6	0.17	3.8
Granulaat 2-6 mm	<0.01	<0.01	0.04	2.4	–	0.1	0.04	0.2
Granulaat 6-50 mm	<0.01	<0.01	0.04	0.7	–	0.1	0.02	0.2

Na natuurlijke veroudering gedurende minstens drie maand voldoen de granulaatfracties 2-6 en 6-50 mm aan de VLAREA eisen voor hergebruik (zie tabel 21).

Tabel 21: Gemiddelde uitloging (mg/kg ds) van de granulaat fracties 2-6 mm en 6-50 mm na wassen en zeven gevolgd door drie maanden veroudering (Arickx, 2004), uitloogresultaten zijn gebaseerd op de schudtest conform EN-12457-4

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	ZN
Vlarea norm	0,8	0.03	0.5	0.5	0.02	1.3	0.75	2.8
Granulaat 2-6 mm	0,02	<0.01	0.03	0,34	–	0.03	0.03	0.03
Granulaat 6-50 mm	0,02	<0.01	0.04	0.32	–	0.05	0.04	0.10

¹⁷ Bij uitvoerin van de standaard kolomtest (L/S = 10), resultaten in tabel zijn gebaseerd op schudtest (L/S = 10)

Haalbaar kwaliteitsniveau:

De granulaatfracties voldoen, op de uitloging van koper na, aan de VLAREA eisen. De uitloogen voor koper zijn voor de granulaatfracties haalbaar mits bijkomende veroudering. De slib en zandfracties zijn sterk verontreinigd en dienen gestort of verder behandeld te worden.

Kosten:

Kosten zijn sterk afhankelijk van wat met het waswater dient te gebeuren. Indien het gebruikte waswater via een waterzuivering dient behandeld te worden kunnen de kosten hoog oplopen. Voor waterzuivering bedragen de kosten ongeveer 20 €/m³, bij een gebruik van 0,5 l/kg geeft dit alleen al voor de waterzuivering ongeveer 20 €/ton behandelde bodemas.

Crossmedia effecten:

Nadeel is dat er een vervuilde slib- en zandfractie ontstaat, die zonder bijkomende behandeling dient gestort te worden. Bijkomend ontstaat ook afvalwater dat dient gezuiverd te worden. Dit afvalwater kan eventueel als proceswater gebruikt worden, wanneer de behandelingsinstallatie aan een verbrandingsoven is gekoppeld (o.a. Indaver).

4.1.9. Droge deeltjesscheiding/ fractionering

Door mechanische scheidingsprocessen zoals zeven en windzifters wordt bodemas met verschillende deeltjesgrootte of densiteit gescheiden. Meestal wordt op bodemas een voorafzeving uitgevoerd om de grove delen af te scheiden, die de mechanische eigenschappen van bodemas negatief kunnen beïnvloeden. De lichte onverbrande fracties die eveneens een negatieve invloed hebben op de mechanische kwaliteit van bodemas kunnen door windzifters verwijderd worden. Door het zeven wordt een granulometrische scheiding gerealiseerd en worden verschillende bodemas-granulaatfracties geproduceerd. De fijne bodemasdeeltjes hebben een groter specifiek oppervlak en zijn daardoor verantwoordelijk voor een groter deel van de uitloging van metalen en zouten. Droog afzeven van de fractie < 2 mm is procestechnisch lastig (verstopping van de zeven). Meestal worden 2 granulaatfracties geproduceerd (vb. SITA, Grimbergen scheidt in de fracties 0-10 en 10-40 mm). Waarna de grove fractie voldoet aan eisen voor hergebruik in Walonië. In tabel 22 zijn de resultaten weergegeven van een scheiding op 13 mm voor Duitse bodemas.

Tabel 22: Uitloging in functie van de bodemasfractie (uit Huber et al., 1996)

zeeffractie	pH	TOC mg/kg	Cl mg/kg	SO ₄ mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Pb mg/kg
vers bodemas (monster 44 dagen bewaard in afgesloten vat)							
fractie >13 mm	10,9	76	560	780	1,9	0,05	<0,1
fractie <13 mm	11,6	310	1900	1100	6,6	<0,02	0,25

Toepasbaarheid:

De verwijdering van onverbrand materiaal zorgt voor een visuele opwaardering van de bodemasgranulaten. De milieuhygiënische kwaliteit van de grovere bodemasgranulaten neemt toe.

Voor de meest courante toepassingen (stortplaatsen) levert het verwijderen van de fijne fractie (< 2 mm) echter geen technisch voordeel op. Voor toepassing in de wegenbouw wordt de fijne fractie soms afgescheiden en geïmmobiliseerd, waarna ze terug aan de grove fractie wordt toegevoegd (zie paragraaf 4.3.8).

Milieuvoordelen:

De milieuhygiënische kwaliteit van de grovere granulaafracties wordt beter en voldoet aan de Waalse eisen voor hergebruik.

Haalbaar kwaliteitsniveau:

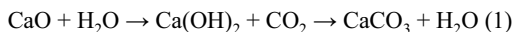
Voor de grove granulaafracties voldoende kwaliteitsverbetering om te voldoen aan de eisen voor hergebruik in Wallonië.

Kosten:

9 tot 14 €/ton (ADEME, 2002) voor installaties met een gemiddelde capaciteit van 80.000 ton/jaar, waarbij een droge zeving wordt uitgevoerd met extractie van ferro- en non-ferro metalen, alsook het breken van de overkorrels en verwijderen van lichte onverbrande materialen (via windzifter).

4.1.10. Verouderen

Met de term ‘verouderen’ of ‘rijpen’ wordt een reeks van gerelateerde processen bedoeld zoals carbonatatie, hydratatie, oplos- en neerslagreacties, sorptie, oxidatie- en reductiereacties, complexatiereacties, microbiële activiteit, en de stabilisatie van organisch materiaal. Algemeen wordt aangenomen dat de carbonatatie, d.i. de reactie van CO₂ met opgelost CaO (zie reactie 1) in het alkalische bodemas, één van de belangrijkste reacties is in het verouderingsproces.



Het verouderen van de bodemas is er vooral op gericht de stabiliteit van de bodemas te verbeteren en de koperuitloging te verminderen. Kritische factoren bij het verouderen zijn de duur van rijping en de procescondities, met name korrelgrootte van de bodemas, vocht, pCO₂, temperatuur en beluchting. De veroudering wordt positief beïnvloed door de opslaghoop niet te hoog te maken en continu te beluchten en te bevochtigen (zie ook versnelde veroudering). De veroudering dient op een ondoorlaatbare vloer te gebeuren met opvang van doorsijpelingswater.

De algemeen toegepaste verouderingsduur is 3 maanden. In Nederland en Frankrijk is voor het toepassen van bodemas een minimale veroudering van 6 weken vereist (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1999) in Duitsland wordt algemeen met minstens 3 maanden gerekend (BayLfU, 2005). De maximale duur van de veroudering wordt meestal rond 6 maanden gelegd, waarna er eerder sprake is van stockage dan verouderen (ADEME, 2002). Wat niet wegneemt dat ook na 6 maanden de reactiviteit van de bodemas blijft afnemen.

Het einde van de verouderingsperiode kan vastgesteld worden aan de hand van de pH van de bodemas, alsook door specifieke temperatuurswijzigingen in de bodemas opslaghoop (BREF waste treatment, 2006). De verouderingsreacties (hydratatie, carbonatatie) zijn exotherme reacties die warmte vrijgeven, wanneer geen warmte meer vrijgegeven wordt zijn de reacties in principe afgelopen (BayLfU, 2005). In grote bodemasopslaghoppen kan de temperatuur oplopen tot meer dan 80°C tijdens de veroudering.

Toepasbaarheid:

Verouderen wordt standaard toegepast in de meeste bodemasbehandelingsinstallaties. De techniek is zeer eenvoudig. Het vergt echter een grote opslagcapaciteit om de bodemas gedurende meerdere (veelal 3 tot 6) maanden te laten verouderen.

Milieuvoordelen/nadelen:

De uitloging van bodemas neemt voor de meeste componenten af met het verouderen, met name de uitloging van metalen zoals Cu (Cr, Pb en Zn). De afname in uitloging is voor de meeste metalen echter relatief beperkt. Verouderen heeft vooral een gunstig effect op de koperuitloging. Het effect op de uitloging van molybdeen- en antimoon is vrijwel steeds gering (KEMA, 2005).

Haalbaar kwaliteitsniveau:

Natuurlijke veroudering (als alleenstaande techniek) is voor bodemas met een hoge koperuitloging en een hoog bufferend vermogen niet voldoende om de bodemas te laten voldoen aan de VLAREA eisen voor (vrij) hergebruik.

In Denemarken laat men bodemas soms tot 12 maand verouderen om te voldoen aan de norm van 4 mg/kg¹⁸ voor de uitloging (schudtest bij L/S=2) van koper voor categorie 3 materiaal (Astrup & Christensen, 2005).

Kosten:

~5 €/ton (Rutten et al., 2006)

Crossmedia effecten:

Er ontstaan geen reststoffen tenzij een beperkte hoeveelheid eluaat als gevolg van regenval of door het besproeien van de opslaghoop om een optimale vochtigheidsgraad voor carbonatatie te bekomen.

4.1.11. Versneld verouderen

Bij versneld verouderen worden de verouderingsprocessen in de bodemas versneld door het proces uit te voeren in reactoren onder gecontroleerde condities. In de reactor wordt bodemas belucht met een geconditioneerd gasmengsel (CO₂, O₂, H₂O). Het proces kan verder beïnvloed worden door het regelen van de druk (pCO₂), temperatuur, vochtigheidsgraad van de bodemas, gasdebiet, korrelgrootte van de bodemas, mate van omzetten van de bodemas en duur van het proces.

Invloed van verhoogde CO₂ druk:

Bij een natuurlijke CO₂ druk (~ 0,00036 bar) neemt bodemas zelfs na 7 maand nog CO₂ op (Kaibouchi, 2004). Bij verhoogde druk neemt de carbonatatie snelheid toe, bij een partiële CO₂ druk van 0,1 à 0,2 bar duurt de carbonatatie ongeveer 1 week (Van Gerven et al., 2004), bij 17 bar is de carbonatatie nagenoeg volledig na enkele uren (Rendek, 2006) (zie ook tabel 23).

Tabel 23: Versnelde veroudering/carbonatatie

Referentie	Bodemasfractie	Condities (pCO ₂)	Tijdsduur
Kaibouchi, 2004		Natuurlijk pCO ₂ - 0,00032-0,00036 bar	> 7 maand
Van Gerven et al, 2004	0,1-2 mm	0,1-0,2 bar pCO ₂	~1 week
Rendek, 2006	< 4 mm	2 bar pCO ₂	~2 dagen
	< 4 mm	17 bar pCO ₂	~3,5 uur

¹⁸ Norm van 2000 µg/l bij uitvoering van NEN 12457-3 deel 1 bij L/S=2

Invloed van de vochtigheidsgraad:

Volgens Rendek (2006) ligt de maximale CO₂ adsorptie van bodemas bij een vochtigheid van ~15% (getest bij 2 bar en op bodemas < 4 mm). Volgens Van Gerven et al. (2004), ligt de ideale vochtigheidsgraad voor de carbonatatiereactie tussen 13 en 25% (getest bij 0,1-0,2 bar pCO₂ en bij vochtigheid van 2,3; 6; 13; 25; 37 en 50%(m/m)).

Invloed van de samenstelling van bodemas:

De hoeveelheid carbonaat dat gevormd wordt is afhankelijk van de hoeveelheid Ca en de Ca/SiO₂ verhouding van bodemas (Rendek, 2006). Dit duidt er op dat Ca-silicaten en calcium gebonden in glasfasen bij de beproefde condities niet (of nauwelijks) deelnemen aan de carbonatatiereactie, enkel het gemakkelijk oplosbare calcium(hdr)oxide neemt deel aan de carbonatatiereactie (Rendek, 2006).

Tabel 24: Resultaten van versnelde veroudering op de uitloogbaarheid van bodemas

Element/p arameter	Effect op uitloogbaarheid	conditie*	referentie
Cu	Uitloging neemt sterk af	(1), (2), (3) & (4)	Rendek, 2006 Van Gerven, 2005 Arickx et al., 2006 Meima et al., 2002 Astrup & Christensen, 2005 Tauw, 2005 Huber et al., 1996 Pellens, 2004
	Kan zowel toenemen als afnemen		Todorovic en Ecke, 2006
DOC	Uitloging neemt sterk af	(2) & (4)	Astrup & Christensen, 2005 Tauw, 2005 Huber et al., 1996 Dijkstra et al., 2006
Cr, Zn	Niet consistent, zowel toe als afname in de uitloging	(1)	Rendek, 2005
Pb	Uitloging neemt af, mate afhankelijk van de initiële pH	(1) & (4)	Rendek, 2006 Astrup & Christensen, 2005
Zn, Pb	Uitloging neemt sterk af respectievelijk met een factor 10 en 100		Fernandez-Bertos et al., 2004 Bone et al., 2003 Arickx et al., 2006
chloride	stabiel	(1)	Rendek, 2006l
	Uitloging neemt af	(4)	Astrup & Christensen, 2005
Sulfaat	Uitloging neemt sterk toe	(1), (2) & (4)	Rendek, 2005 Tauw, 2005 Astrup & Christensen, 2005
Mo	Uitloging neemt af (58%)	(2)	Tauw, 2005
Sb	stabiel	(2)	Tauw, 2005

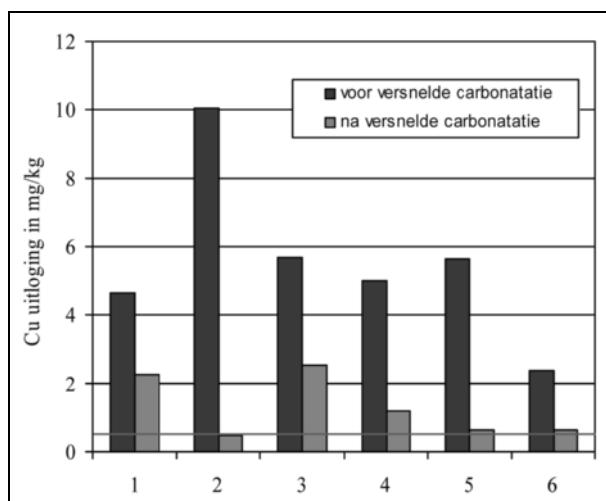
Conditie*:

- (1) Rendek, 2006: Proeven werden uitgevoerd op laboschaal op monsters van 100g bestaande uit bodemas afgezeefd op 4 mm.
- (2) Tauw, 2006: 6 proeven waarbij per proef 1500-3000 ton bodemas is behandeld. Materiaal werd gedurende een week gecarbonateerd in een silo waar de bodemas werd doorstroemd met een mengsel van CO₂ (tot 4 vol.% = 0,04 bar) en lucht. De gastoevoer bedroeg 1 tot 2 m³/ton.uur en de temperatuur lag tussen 30 en 40°C (bij warm weer kon temperatuur oplopen tot 60-70°C). Er werd gedurende 5 tot 8 dagen gecarbonateerd. Zodra de pH van de bodemas was

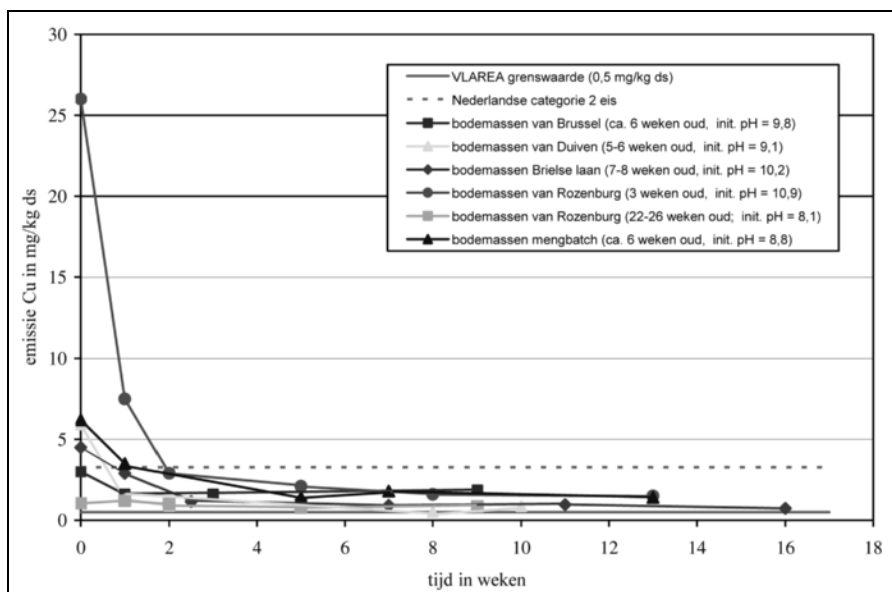
gedaald tot ongeveer 8,5 werd de silo gelost en het materiaal in een opslagruimte in open lucht geplaatst met geforceerde toevoer van lucht. De grootste afname van de uitloging vindt plaats tijdens de carbonatatiefase maar in de mineralisatiefase treedt een verdere verbetering van de kwaliteit van de bodemas op. De mineralisatiefase is vooral belangrijk als de carbonatatie niet helemaal volledig is geweest. In andere situaties kan de mate waarin belucht wordt sterk worden verminderd.

- (3) *Van Gerven, 2005*: Proeven werden in het labo uitgevoerd, in een geconditioneerde kast onder gecontroleerde $p\text{CO}_2$ druk en temperatuur. De bodemas (25g) werd in 1-2 mm dikke lagen in petrischalen geplaatst. De initiële vochtigheid was: 2,3; 6; 13; 25; 37 en 50% (m/m).
- (4) *Astrup & Christensen, 2005*: natuurlijke veroudering (tot 12 maanden).

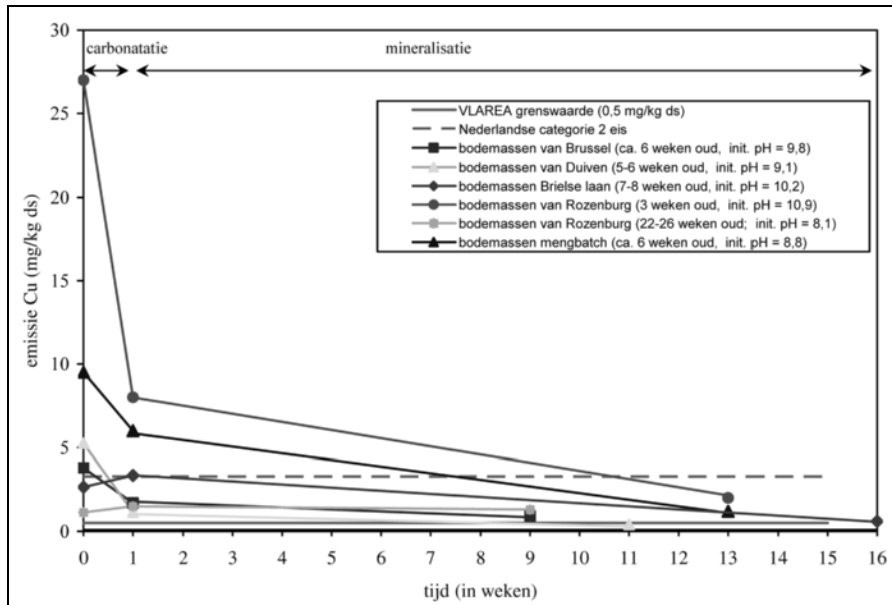
In Nederland werden in 2003-2004 meerdere (grootschalige) praktijkproeven uitgevoerd met versneld verouderen van bodemas in een reactor (bv. silo of composteertunnel) of in de opslaghoop, waarbij bodemas werd doorstroomd met een mengsel van CO_2 en lucht (Kema, 2005; Tauw, 2005). De meeste proeven wezen, na een verblijftijd van enkele dagen in de reactor, op een grote reductie van de koperuitloging (tot 90%). In figuur 17 tem 19 en tabel 25 en 26 zijn de resultaten van versnelde veroudering weergegeven voor de koper uitloging. De koper uitloging is immers in Vlaanderen de meest kritische component voor hergebruik van bodemas als secundaire grondstof. In figuur 17 tem 19 en tabel 25 zijn resultaten weergegeven van Nederlandse praktijkproeven in tabel 26 van Duitse proeven. Uit de resultaten van versnelde veroudering door reactie met CO_2 blijkt dat de koper uitloging weliswaar aanzienlijk daalt maar dat in de meeste gevallen nog geen VLAREA conform product ontstaat. Dus bijkomende processtappen zijn nodig om de koper uitloging nog verder te reduceren.



Figuur 17: Koper uitloging voor en na versnelde veroudering (Overgenomen van Pellens (2004)), de rode lijn geeft de VLAREA-grenswaarde weer voor de uitloging van koper.



Figuur 18: Verloop van de koperemissie (schudtesten bij $L/S=20$) na 1 week carbonatatie gevolgd door verschillende weken mineralisatie. (data: Tauw, 2005).



Figuur 19: Verloop van de koperemissie (standaard kolomproeven: NEN 7343) met de behandel tijd (data: Tauw, 2005)

Tabel 25: *Koper (Cu) emissies (kolomproef L/S= 10), gemiddelden van duplo's (overgenomen uit TAUW, 2005)*

			Uitloogconcentraties van Cu (via kolomtest) in mg/kg ds				
Test	Ouderdom (weken)	Bodemass pH initieel	Input bodemas	na versnelde carbonatatie	eindmonster		afname na carbonatatie
					belucht	niet belucht	
Rozenburg 1	3	10,9	27	8,0	2,0	1,5	70%
Duiven	5-6	9,1	5,25	1,15	0,41	0,45	78%
Duiven	5-6	9,1	3,10		1,45	3,28	
Brielse laan	7-8	10,2	2,65	3,35	0,6	0,75	-26%
Rozenburg 2	22-26	8,1	1,13	1,5	1,3	1,2	-33%
Mengbatch	6	8,8	9,5	6,0	1,2	1,1	35%
Brussel	6	9,8	3,80	1,7	0,9	0,2	55%

Uit figuur 18 en 19 en tabel 25 blijkt dat na de carbonatatieperiode de kwaliteitsverbetering zich langzaam doorzet. Het bereiken van de Nederlandse categorie 1 eisen voor koper lijkt met uitsluitend veroudering niet haalbaar (Tauw, 2005). De Nederlandse categorie 1 eis voor koper uitloging (voor vrij hergebruik van bodemas) ligt op 0,32 mg/kg ds. Ook de VLAREA norm voor koper van 0,5 mg/kg ds is door toepassing van uitsluitend deze techniek (onder de gehanteerde condities) niet haalbaar

Ook uit Duitse resultaten van proeven uitgevoerd met beluchting van bodemas met verhoogde partiële CO₂ druk gedurende 40 dagen (Tabel 26) blijkt dat de VLAREA norm voor koper (waarschijnlijk) niet gehaald wordt. De gerapporteerde resultaten zijn hier weliswaar het resultaat van een schudtest conform (EN 12457-4) bij L/S=10. Volgens TAUW komt de uitloging van koper van bodemas bij uitvoering van de kolomproef goed overeen met de resultaten van de schudproef bij een L/S= 20. Bijgevolg zijn de resultaten van de schudproef conform EN 12457-4 (L/S=10) eerder een onderschatting van de resultaten die zouden bekomen worden bij uitvoering van de kolomtest (uitgedrukt in mg/kg ds).

Tabel 26: *Resultaat van uitloogproeven (in mg/kg ds) van bodemas na beluchting met verhoogde CO₂ druk gedurende 40 dagen (overgenomen uit Huber et al., 1996)*

	Uitloogconcentraties in mg/kg ds (EN12457-4)						
	Input (verse bodemas)	niet belucht (afgesloten container)	Beluchting met lucht (= 0,03% CO ₂)	Beluchting 3% CO ₂ , 25 l/uur	Beluchting 3% CO ₂ , 50 l/uur	Beluchting 3% CO ₂ , 70 l/uur	Beluchting 100% CO ₂ , 22 l/uur
pH	11,8	11,8	11,1	7,8	7,4	8,0	8,5
Cu	5,4-11,4	8,2	4,7-5,5	2,0	1,2	1,6	1,9
TOC	180-320	190	170-220	110	64	72	160
Zn	0,08-0,12	0,82	< 0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
Pb	0,27-0,78	0,83	0,41-0,57	<0,1	<0,1	0,16	<0,1

Toepasbaarheid:

Hoewel versnelde carbonatatie nog een techniek in ontwikkeling is, kan deze gemakkelijk in bestaande of nieuwe bodemasbehandelingsinstallaties geïmplementeerd worden als finale behandelingsstap (Costa et al., 2007).

Versnelde veroudering in een reactor of opslaghoop met geforceerde luchtdoorvoer is een robuuste techniek, bewezen op praktijkschaal. Het is bovendien een duurzame techniek aangezien het energieverbruik laag is en er nauwelijks emissies optreden. De enige grondstof die in

het proces wordt gebruik is CO_2 , (die eventueel uit de rookgassen van de verbrandingsoven kan onttrokken worden). Het CO_2 verbruik lag bij de proeven beschreven door Tauw (2005) gemiddeld op 14 kg/ton bodemas. Bij gebruik van de rookgassen van de verbrandingsinstallatie (12% CO_2 (= 0,12 bar pCO_2)) voor de versnelde carbonatatie zou 0,5 tot 1% van deze CO_2 gemineraliseerd kunnen worden in de bodemas (Rendek, 2006).

Bij Twence worden composteertunnels gebruikt waarin de bodemas wordt verouderd met < 1% CO_2 houdend gas gedurende korte tijd.

Milieuvoordelen:

Vooral de uitloging van koper neemt in bijna alle gerapporteerde proeven sterk af, meestal tot een niveau van minder dan 2,0 mg/kg. Dit betekent dat de techniek van versnelde carbonatatie niet kan garanderen dat de bodemas nadien aan de VLAREA-eis voor koper voldoet.

Haalbaar kwaliteitsniveau:

Uit de Nederlandse en Duitse proeven blijkt de VLAREA norm voor koperuitloging van 0,5 mg/kg met deze techniek meestal niet haalbaar. De andere metalen voldoen wel aan de VLAREA eisen voor hergebruik. Uit de meeste proeven blijkt dat na versnelde carbonatatie (gevolgd door beluchting) van de bodemas de koperuitloging geringer is dan 2,0 mg/kg.

Kosten:

De kosten voor het versneld verouderen bedragen 7 tot 9 €/ton (Rutten et al., 2006). Voor een installatie (tunnelcompostering) met een verwachte doorzet van 300000 ton/jaar worden de kosten geschat op 9 €/ton (Essent Milieu Wijster, 2007).

Crossmedia effecten:

Gebruik van technisch CO_2 kan leiden tot verhoogde CO_2 concentraties die de MAK waarden overschrijden.

4.1.12. Verglazen of smelten van bodemas

Vitrificatie of verglazen is een proces waarbij bodemas wordt gemengd met glas producerende materialen (zoals silica) en door verhitten tot 1300-2000°C tot een glazig product wordt omgevormd (o.a. BREF waste incineration 2005 en BREF waste treatment 2006).

Smelten is een proces dat te vergelijken valt met verglazen, alleen worden er aan de bodemas geen glas producerende stoffen toegevoegd. In tegenstelling tot het verglazingsproces ontstaat er een product dat bestaat uit verschillende fasen. Vaak worden verschillende metaal fases gevormd die kunnen gerecycleerd worden. De temperaturen waarop het proces wordt uitgevoerd zijn vergelijkbaar met die voor het verglazen (1300-1500 °C; BREF, waste treatment, 2006).

Toepasbaarheid:

Om bodemas te verglazen moet het voldoen aan een aantal eisen met betrekking tot: vochtgehalte < 5%; onverbrande residu's < 3%; metaal concentraties < 20%; en korrelgrootte < 100 mm (BREF Waste treatment, 2006). Voordat glas vormende additieven aan de bodemas worden toegevoegd en men overgaat tot het smelten van het materiaal, wordt de bodemas ontwaterd en gedroogd bij 500°C. De verglazing van bodemas wordt vooral in Japan toegepast. In Europa wordt omwille van economische en ecologische redenen tot nog toe geen verglazingsinstallatie geïnstalleerd.

Milieuvoordelen:

Verglazing resulteert in een verminderd afvalvolume (30-50%). Het smelten verhoogt de dichtheid van het product tot 2,4 à 2,9 ton/m³. Bovendien wordt het product gekarakteriseerd door een zeer lage uitloging. De antimoonuitloging blijft bij verglazing relatief hoog, waardoor toepassing in landen zoals Nederland, waar antimoon genormeerd is, niet zeker is. Bij het smeltproces kunnen in sommige gevallen metalen gerecupereerd worden (BREF, Waste treatment, 2006).

Kosten:

De kosten worden geraamd op 100 tot 500 €/ton bodemas (BREF, waste treatment, 2006). De investeringskosten voor een installatie met een capaciteit van 1 tot 1,5 ton/uur bedraagt ongeveer 20 miljoen € (BREF, Waste treatment 2006).

Crossmedia effecten:

De thermische behandeling eist een hoog extern energieverbruik (0,7 tot 2 KWh/kg), sommige studies rapporteren zelfs een verbruik tot 8 KWh/kg, waardoor een grote hoeveelheid CO₂ gegenereerd wordt. Volgens Johnke & Queißer (1995) zouden de CO₂ emissies ca. 480 tot 1200 kg CO₂/ton zijn. Ter vergelijking de CO₂ emissies tijdens de verbranding van het afval bedragen ca. 950 kg CO₂/ton, en de CO₂ emissies voor de conventionele verwerkingstechnieken ca. 15 tot 33 kg CO₂/ton (Johnke & Queißer, 1995). Bovendien dienen de rookgassen die geproduceerd worden tijdens dit proces behandeld te worden en de rookgas-reinigingsresidu's dienen gestort te worden.

4.2. **Behandelingsmethodes/afzetroutes voor de fijne bodemasfractie**

Voor de fijne bodemasfractie afkomstig van droge of natte bodemasfractionering (die meestal niet voldoet aan de VLAREA eisen voor hergebruik als niet-vormgegeven bouwstof) bestaan een aantal alternatieven. Het gaat zowel om het gebruik als grondstof (bv. voor de productie van klinker, afdichtlagen, etc.) als het gebruik op stortplaatsen. Enkele mogelijkheden worden in de volgende paragrafen beschreven, dit is echter een niet-limitatieve lijst.

4.2.1. **Koud immobiliseren (stabiliseren/solidificeren)**

De bodemas wordt gemengd met een hydraulisch of organisch bindmiddel. Het proces bestaat erin de bodemas in de juiste verhouding te mengen met reagentia (en eventueel water). Daarna wordt het mengsel in een menginstallatie gehomogeniseerd. Vaak wordt het proces gebruikt om afvalstoffen te solidificeren voor het storten. Het finaal gestabiliseerde/gesolidificeerde afval kan rechtstreeks gestort worden of eerst in blokken uitharden voor het gestort wordt (Bref, waste treatment, 2006). Doelstelling is echter ook vaak om voldoende fysische en chemische immobilisatie te krijgen zodat het materiaal milieuhygiënisch voldoet aan de eisen voor hergebruik.

Door bodemas te mengen met hydraulische bindmiddelen (meestal 3 à 5% cement) kan een product gemaakt worden dat geschikt is voor gebruik als onderfundering voor wegen. Astrup & Christensen (2003) rapporteren de resultaten van een proef waarbij bodemas werd geïmmobiliseerd met ~2,5% cement en ~5,5% vliegashoudend steenkool gestookte energiecentrales. De uitloging van het monolithisch materiaal, bepaald via de diffusietest uitgevoerd conform NEN 7345, voldeed voor bijna alle metalen ruimschoots aan de VLAREA eisen. Enkel koper vertoonde een uitloging net onder de VLAREA eis.

Rutten et al. (2006) bestudeerde de mogelijkheid om enkel de fijne fractie (0-2 mm) te immobiliseren. Na de immobilisatie kan de fijne fractie opnieuw gemengd worden met de grovere fracties en kan het behandelde bodemas gebruikt worden als bouw materiaal.

Doordat enkel de fijne fractie van de bodemas geïmmobiliseerd wordt in plaats van alle bodemas kunnen de kosten aanzienlijk gedrukt worden. Het immobilisaat wordt extern afgezet of opgemengd met het grove bodemas.

Toepasbaarheid:

De techniek van immobilisatie met cement is minder goed toepasbaar op verse bodemas door de hoge gehalten aan oplosbare organische stof en chloriden. Door de stabilisatie uit te voeren na een wasstap, waarbij de meeste oplosbare zouten worden verwijderd, kan het probleem met chloriden mogelijk opgelost worden. Ook blijkt de koperuitloging bij toevoeging van 3 à 5% cement vaak nog kritisch ten opzichte van de in Vlaanderen gehanteerde norm voor hergebruik.

Milieuvoordelen:

De uitloging van een aantal componenten neemt sterk af en het bufferend vermogen van de bodemas neemt toe.

Haalbaar kwaliteitsniveau:

Het materiaal kan na immobilisatie voldoen aan de VLAREA eisen mits voldoende bindmiddel wordt gebruikt.

Kosten:

De kosten voor het immobiliseren met cement worden geschat op 25 tot 30 €/ton bodemas.

Crossmedia effecten:

Er wordt geen bijkomende afvalstoffen geproduceerd, er is echter wel een toename in massa van de toe te passen (geïmmobiliseerde) bodemas.

4.2.2. Terug opmengen van de gefractioneerde bodemasfracties

Na fractionering van de bodemas kunnen de fijne en grove bodemasfracties terug samengevoegd en opgemengd worden. Voor bepaalde toepassingen zoals onderfundering van wegen is immers een bepaalde hoeveelheid fijn materiaal gewenst. Dit gaat wel ten koste van de milieuhygiënische kwaliteit van de grove bodemasgranulaten.

Toepasbaarheid:

De toepasbaarheid is afhankelijk van het referentiekader van de lokale milieuwetgeving. Binnen het VLAREA kader zal meestal enkel de grove fractie kunnen toegepast worden, en is het terug bijmengen van een milieuhygiënisch minder goede fijne fractie meestal uitgesloten.

Milieuvoordelen:

De fijne fractie dient niet gestort te worden of bijkomende behandelingen te ondergaan.

Haalbaar kwaliteitsniveau:

Het materiaal kan na opmenging veelal niet voldoen aan de VLAREA eisen, tenzij de fijne fractie eerst werd geïmmobiliseerd met een bindmiddel alvorens het terug aan de grove fractie werd toegevoegd.

Kosten:

Er zijn geen of zeer geringe kosten voor het terug homogeniseren van de bodemasfracties.

4.2.3. Afbreken van organische complexen (verhitten)

Door het verhitten van bodemas kunnen organische stoffen afgebroken worden of vervluchtigen. De aanwezigheid van organisch stof in bodemas (1 à 4%) speelt een belangrijke rol in het uitlooggedrag van koper. Koper vormt namelijk oplosbare complexen met verschillende organische componenten. Testen (KUL-Indaver, 2004) toonden aan dat door het verhitten van bodemas tot 400°C, organische complexen en ammoniak worden afgebroken of vervluchtigen. Deze stoffen kunnen nadien geen complexen meer vormen met koper.

Het is in dit opzicht ook opvallend dat enkel bodemas van verbrandingsovens voorzien van een uitbrandtrommel kunnen garanderen dat na droge fractionering van de bodemas, de bodemasgranulaten aan de VLAREA eisen voldoen. Dit is blijkbaar niet het geval voor bodemas afkomstig van verbrandingsovens die niet voorzien zijn van een uitbrandtrommel (OVAM, 2007b).

Toepasbaarheid:

In feite gaat het hier om een naverbranding van de bodemas, die best uitgevoerd wordt bij de afvalverbrandingsinstallatie en daardoor buiten de scope valt van deze BBT studie. Het is een schoon en goed controleerbaar proces. Daarnaast zijn de investeringen laag waardoor het ook op kleine schaal rendabel kan zijn. Wanneer het als een op zichzelf staande techniek wordt toegepast zijn de kosten veel hoger.

Het behandelen van bodemas in een naverbrandingstrommel leidt tot een vrij fijnkorrelig product. De fijnkorreligheid (en mogelijk ook hogere oxidatiegraad van de metalen) bemoeilijkt de non-ferro afscheiding. Het overgrote deel van de non-ferro zit na behandeling met naverbrandingstrommel in de fractie < 6 mm (Heros, pers. medeling 2008). Om een goed scheidingsreagent voor de non-ferro te halen van bodemas < 6 mm dient eerst de < 2 mm fractie afgescheiden te worden, waardoor de non-ferro scheiding veel lastiger en minder renderend is (Heros, pers. mededeling 2008).

Milieuvoordelen:

De koperuitloging van de fijne zandfractie (0,1-2mm) van bodemas van Indaver daalde na verhitten tot 400°C in het labo van 7,5 mg/kg tot onder de 0,5 mg/kg (Vlaamse grenswaarde voor hergebruik als secundaire bouwstof). Ook de uitloging van andere zware metalen (Pb, Zn) daalde tot op het niveau voor mogelijk hergebruik (KUL-Indaver, 2004). Het betreft hier echter resultaten van labo-testen. Bodemas afkomstig van verbrandingsinstallaties voorzien van een naverbrandingstrommel voldoen bij het verlaten van de verbrandingsoven vaak nog niet aan de VLAREA eisen voor hergebruik. Bodemas van de verbrandingsoven van IVM uit Eeklo, die voorzien is van een naverbrandingstrommel, heeft na het verlaten van de verbrandingsoven nog een koperuitloging van ~4 mg/kg (terwijl de VLAREA norm slechts 0,5 mg/kg bedraagt).

Kosten:

De kosten zijn gering wanneer de techniek toegepast wordt in een uitbrandtrommel van de afvalverbrandingsoven. De kosten worden veel hoger wanneer de techniek wordt toegepast in een asopwerkingsinstallatie, nadat de bodemas in de quenchtank van de afvalverbrandingsinstallatie is afgekoeld.

Crossmedia effecten

Een op zichzelf staande installatie heeft als nadeel de hoge energiekost voor het opnieuw verhitten van de bodemas.

4.2.4. Grondstof voor de aanmaak van cement (klinker)

De belangrijkste grondstof voor cement is mergel of kalksteen. De mergel of kalksteen wordt fijn gemalen en gemengd met andere grondstoffen zoals klei en ijzeroxides, maar ook bodemas kan als grondstof gebruikt worden. Door een verhittingsproces tot 1450 °C wordt uit dit mengsel klinker vervaardigd. Door het vermalen van de klinker tot uiterst fijne deeltjes ontstaat cement.

Toepasbaarheid:

De fijne bodemasfractie (van het droog fractioneringsproces) kan via deze weg gevaloriseerd worden. De bodemasfractie hoeft niet aan de normen voor hergebruik als bouwstof te voldoen. In Wallonië wordt deze afzetroute toegepast voor bodemas die niet aan de normen voor hergebruik voldoet (meestal omwille van een overschrijding van de Mo uitloognorm), of voor de fijne fractie die ontstaat bij het breken van de grove bodemas.

Milieuvoordelen:

De bodemas, die anders gestort dient te worden, wordt grondstof voor de cement industrie. Een deel van de verontreinigingen van de bodemas zullen echter in de cement terecht komen en een deel in de rookgasreinigingsproducten.

Kosten:

De kosten bedragen ongeveer 30 €/ ton bodemas.

4.2.5. Gebruik in afdichtlagen voor stortplaatsen

De fijne bodemasfracties 0-2 mm of 0-6 mm, die niet aan de VLAREA eisen voor hergebruik voldoen, kunnen als grondstof gebruikt worden voor de aanmaak van afdichtingslagen voor stortplaatsen. Voor aanmaak van deze afdichtlagen wordt de fijne bodemasfractie (vb. 0-2 mm of 0-6 mm) gemengd met andere korrelfracties (zoals sorteerzeefzand) en een vezelfractie (zoals waterzuiveringsslib) waarna vulstoffen (zoals vliegashoudend) en enkele percenten waterglas (natrium-silicaat) worden toegevoegd. Het resulterende materiaal is vrij los van structuur en kan gemakkelijk verdicht worden. Na verdichting ontstaat een materiaal met zeer lage permeabiliteit (gemiddelde waarde van 1.10^{-10} m/s) (Geomilieu, pers mededeling, 2007).

Toepasbaarheid:

Toepasbaar op bodemasfracties 0-2 mm of 0-6 mm, zowel afkomstig van natte fractionering als van droge fractionering.

Milieuvoordelen:

De fijne bodemasfractie, die anders dient gestort te worden, wordt grondstof voor de aanmaak van afdichtingslagen met waterglas.

Kosten:

De kosten bedragen ongeveer 25 tot 30 €/ ton bodemas (fractie 0-6 mm).

4.2.6. Sinteren van bodemas

Sinteren is een thermisch proces waarbij het materiaal gedeeltelijk tot smelten wordt gebracht bij een temperatuur van 1100-1200°C. Het proces leidt tot een denser product met minder porositeit en een hogere sterkte. Bekende sinterproducten zijn bakstenen en kunstgrind (vb. Argexkorrels). Een randvoorwaarde voor de aanmaak van homogene producten is dat het uitgangsmateriaal zeer fijnkorrelig is. Vandaar dat de techniek mogelijk interessant is voor de slibfracties die ontstaan bij natte deeltjesscheiding. Deze bodemasfractie kan een deel van de primaire grondstoffen vervangen bij de vervaardiging van bakstenen of kunstgrind.

Volgens een Zwitserse studie zou het gesinterd product hetzelfde niveau van uitloging en stabiliteit bereiken als de gesmolten en verglaasde producten, dit in tegenstelling tot de BREF (waste treatment, 2006) die stelt dat het verglazingsproces de meest stabiele en dense producten produceert.

Crossmedia effecten:

De thermische behandelingen, zowel verglazen als sinteren vragen een hoog extern energieverbruik (0,7 tot 2 KWh/kg), sommige studies rapporteren een verbruik tot 8 KWh/kg, waardoor een grote hoeveelheid CO₂ gegenereerd wordt. Volgens Johnke & Queißer (1995) zouden de CO₂ emissies ca 480 tot 1200 kg CO₂/ton zijn. Ter vergelijking de CO₂ emissies tijdens de verbranding van het afval bedragen ca. 950 kg CO₂/ton, en de CO₂ emissies voor de conventionele verwerkingstechnieken ca. 15 tot 33 kg CO₂/ton (Johnke & Queißer, 1995). Bovendien dienen de rookgassen die geproduceerd worden tijdens dit proces behandeld te worden en de rookgas-reinigingsresidu's dienen gestort te worden.

4.2.7. Gebruik op stortplaatsen

Zowel de fijne bodemasfractie als bodemasgranulaten kunnen op stortplaatsen gebruikt worden voor allerlei toepassingen, gaande van tussenafdek, steunlagen, dijken, wegen, eindafdek, etc. Indien de bodemas voldoet aan de VLAREA-normen voor gebruik als bouwstof dan 'kan' dit (in specifieke toepassingen) als nuttige toepassing worden beschouwd. Meer specifiek gaat het dan over het gebruik van bodemasgranulaten als bouwstof voor de aanleg van de eindafdek van de stortplaats. Het gebruik van afvalstoffen binnen het stortlichaam in de vorm van tussenafdek, steunlagen, dijken, nivelleringslagen, etc. wordt evenwel gelijkgesteld met het storten van afvalstoffen (OVAM, 2007c).

4.3. Maatregelen ter beperking van het watergebruik

4.3.1. Recyclage van eluaat, drainage en/of sproeiwater

Eluaat van bodemas wordt tijdens het verouderingsproces opgevangen. Dit water kan hergebruikt worden als proceswater bij de rookgasreiniging (natte scrubbing) of bij de ontslakker van de afvalverbrandingsoven, indien de bodemasbehandelingsinstallatie op of nabij het terrein van de verbrandingsoven is gevestigd.

4.3.2. Wassen

Bij het wassen wordt met behulp van water, met of zonder additieven, een deel van de verontreinigingen uit de bodemas verwijderd. Om waswater te besparen kan het interessant zijn enkel de fijne fractie te wassen. (bv. de fractie < 6 mm).

4.4. Maatregelen ter beperking van mogelijke bodem/grondwater verontreiniging

Het ontwateren van de bodemas tijdens het behandelingsproces en de verouderingsperiode dient te gebeuren op een vaste (waterdoorlaatbare) ondergrond (vb. beton) voorzien van een opvangsysteem voor het percolaat. (Bref, waste treatment industries 2006).

Er zijn verschillende opties voor de behandeling van het percolaat:

- het percolaat van de bodemasverwerkingsinstallatie kan, indien de installatie verbonden is aan een afvalverbrandingsinstallatie, gerecycleerd worden als proceswater voor de rookgasreiniging (natte scrubbing) of voor de ontslakker.
- voor overdekte verwerkingsinstallaties is de hoeveelheid percolaat gering en kan het geëlimineerd worden door besproeien en evaporatie van de bodemas.
- Tenslotte, kunnen installaties die op een industrieterrein zijn gelegen, hun effluent water lozen op het rioleringsstelsel, of opvangen en afvoeren naar een waterzuiveringsinstallatie. De kosten voor behandeling van het rioleringswater liggen in de grootte-orde van 15 €/m³. Wanneer het water naar een waterzuiveringsinstallatie moet gepompt worden of getransporteerd bedragen de kosten als snel meer dan 20 €/m³.

4.5. Maatregelen ter beperking van stofemissies

4.5.1. Tijdens opslag (zie ook BREF, Emissions from storage, july 2006)

Volgens de BREF rond emissies gerelateerd aan opslag kunnen verschillende maatregelen genomen worden om de emissie van stof tijdens de opslag te beperken (voor een overzicht zie BREF emissions from storage (2006) hoofdstuk 3.3 en 4.3).

Volgens de BREF is het BBT om materialen op te slaan in gesloten ruimtes, bv. in silo's, bunkers, containers, etc.) om zo stofvorming door verwaaiing zoveel mogelijk te beperken. Het wordt in de BREF evenwel erkend dat voor grote volumes, opslag in de openlucht de enige economisch haalbare optie kan zijn. Volgende technieken zijn toepasbaar voor opslag in de openlucht:

- geregeld uitvoeren van visuele inspecties om na te gaan of verwaaiing optreedt en te verifiëren dat eventuele preventieve maatregelen in goede staat verkeren;
- opvolgen van de weersvoorspellingen, bv. door een lokaal op de site aanwezig weerstation, om vast te stellen wanneer de opslaghoppen dienen bevochtigd te worden en wanneer bevochtigen overbodig is zodat op het sproeiwater kan bespaard worden.

Voor korte termijn opslag in de openlucht, stelt de BREF een geschikte combinatie van de volgende technieken voor:

- bevochtiging van het oppervlak van de opslaghoop met duurzame stofbindende substanties;
- bevochtigen van het oppervlak van de opslaghoop met water;
- afdekken van de opslaghoop, bv. met een zeildoek.

Bijkomende maatregelen die men kan treffen zijn:

- plaatsing van de opslaghoop met de lengteas in de overheersende windrichting;
- aanplanting van hagen, of plaatsen van een omheining of windreductieschermen om de windsnelheid te reduceren;
- aanmaak van één opslaghoop in plaats van meerdere, met één opslaghoop in plaats van twee neemt de oppervlakte die aan wind wordt blootgesteld af met 26%.

De opslag tussen keermuren reduceert de aan wind blootgestelde oppervlakte van de opslaghoop, en zorgt voor een reductie van stof emissies. Deze reductie is maximaal wanneer de keermuren tegen de wind in worden geplaatst en wanneer ze dicht bij elkaar worden geplaatst.

4.5.2. Tijdens verwerking: zeven, breken en overslag

Stofverspreiding bij transport als ook bij lossen en laden kan worden voorkomen door o.a. beperkte valhoogte te hanteren, overslagactiviteiten te staken bij sterke wind. De vrije valhoogte tijdens de behandeling van de bodemas wordt zoveel mogelijk beperkt. Indien nodig kunnen stortkokers worden geplaatst om verstuiving te verminderen.

In een document opgesteld naar aanleiding van het verzamelen van data met betrekking tot het verwerken van afvalstoffen (IPPT, 2006) wordt gesteld dat de belangrijkste milieu-impact die optreedt bij het verwerken van slakken en as stof emissies zijn. Andere impactfactoren zijn emissies van machines (NOx, CO, CO₂ en roet), emissies naar grond en grondwater, en geur. Deze emissies konden wegens gebrek aan informatie niet gekwantificeerd worden.

Wanneer de bodemas vochtig wordt gehouden is de stofvorming beperkt. In Nederland is om de verstuiving van bodemas te beoordelen een vergelijking gemaakt met de opslag van kolen, omdat daarvoor gegevens beschikbaar zijn. Voor de verwaaiing van kolenstof is een schatting gemaakt op basis van KEMA-metingen en EPA-emissiefactoren (Environmental Protection Agency uit de VS). Hierbij dient opgemerkt dat kolen veelal veel droger zijn dan bodemas, zodat de schattingen voor verwaaiing van kolenstof waarschijnlijk een overschatting vormen voor de verwaaiing van bodemas. Voor kolenstof geldt de in tabel 27 opgenomen stof emissies.

Tabel 27: Stofconcentraties kolenstof (Essent Milieu Wijster, 2007b)

	emissie in ton per jaar bij verwerking van 1 miljoen ton per jaar					
	emissiefactoren EPA			KEMA-metingen E.ON		
Fractie ¹⁾	TSP	PM50	PM10	TSP	PM50	PM10
Handelingen bij op- en overslag	13	5,3	0,26	16,4	6,6	0,32
Winderosie opslag ²⁾	13	5,3	0,26	0	0	0

1) TSP = Totaal stof, PM50, = stoffractie < 0,050 mm, PM10 = stoffractie < 0,010 mm.
2) Bij de EPA-emissiefactoren is geen rekening gehouden met emissiebeperkende maatregelen

4.6. Maatregelen ter beperking van geurhinder

De geur van bodemas wordt meestal niet als erg hinderlijk ervaren. De geur van de verwerking, opslag en verlading van bodemas wordt daarom meestal niet als een relevante geurbron in de omgeving waargenomen. Dat bodemasbehandeling geen significante geurbron vormt blijkt ook uit vergunningsaanvragen en MER studies die ter zake zijn uitgevoerd, vb. Essent Milieu te Wijster, 2007a).

Hoofdstuk 5**SELECTIE VAN DE BESTE BESCHIKBARE
TECHNIEKEN (BBT)****5.1. Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken**

In tabel 28 worden de beschikbare milieuvriendelijke technieken uit hoofdstuk 4 getoetst aan een aantal criteria. Deze multicriteria analyse laat toe te oordelen of een techniek als Beste Beschikbare Techniek (BBT) kan beschouwd worden. De criteria hebben niet alleen betrekking op de milieucompartmenten (water, lucht, bodem, energie en geluid), maar ook de technische haalbaarheid, de milieuhygiënische kwaliteitsverbetering van de behandelde bodemas en de economische kant (rendabiliteit) worden beschouwd. Dit maakt het mogelijk een *integrale* evaluatie te maken, conform de definitie van BBT (cf. Hoofdstuk 1).

Toelichting bij de inhoud van de criteria:

Technische haalbaarheid

- bewezen: geeft aan of de techniek zijn nut bewezen heeft in de industriële praktijk (-: niet bewezen; + wel bewezen);
- veiligheid: geeft aan of de techniek, bij correcte toepassing van de gepaste veiligheidsmaatregelen, aanleiding geeft tot een verhoging van de risico's op brand, ontploffing en arbeidsongevallen in het algemeen (-: verhoogt risico; 0: verhoogt risico niet; +: verlaagt risico);
- kwaliteit: geeft aan of de techniek een invloed heeft op de kwaliteit van de bodemas-producten (-: verlaagt kwaliteit, 0: geen effect op kwaliteit, +: verhoogt kwaliteit);
- globaal: schat de globale technische haalbaarheid van de techniek in (+ als voorgaande alle + of 0, – als één van voorgaande –).

Milieuvoordeel

- waterverbruik: aandacht voor de mogelijkheden tot hergebruik en het beperken van het totale waterverbruik;
- afvalwater: inbreng van verontreinigde stoffen in het water tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- lucht: inbreng van verontreinigde stoffen in de atmosfeer tengevolge van de exploitatie van de inrichting;
- bodem: bronnen van verontreiniging van de bodem;
- afval: het voorkomen en beheersen van afvalstromen;
- energie: energiebesparingen, inschakelen van milieuvriendelijke energiebronnen en hergebruik van energie;
- chemicaliën: invloed op de gebruikte chemicaliën en de hoeveelheid;
- globaal: geeft de ingeschatte invloed op het gehele milieu weer.
- kwaliteit: verbetering van de milieuhygiënische kwaliteit van de bodemas

Per techniek wordt voor elk van bovenstaande criteria een kwalitatieve beoordeling gegeven, waarbij:

- : negatief effect;
- 0: geen/verwaarloosbare impact;
- +: positief effect;
- ±: soms een positief effect, soms een negatief effect.

Economische beoordeling

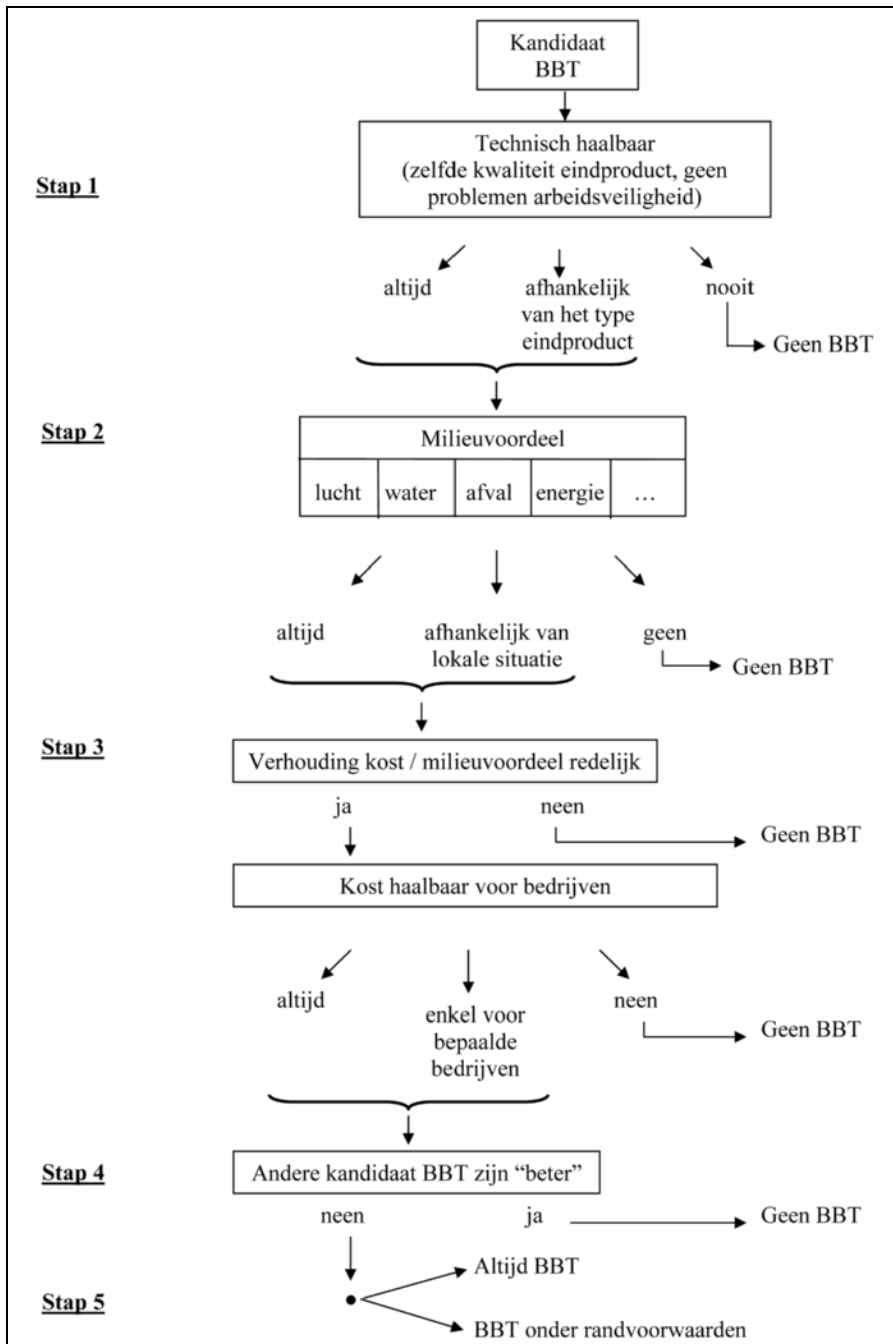
- een positieve (+) beoordeling betekent dat de techniek kostenbesparend werkt;
- een “-” duidt op een relatief kleine verhoging van de kosten waardoor deze nog draagbaar zijn voor de sector en in een redelijke verhouding staan ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst;
- een “- -” duidt op een grote stijging van de kosten zodat deze niet meer draagbaar zijn voor de sector of niet meer in verhouding staan ten opzichte van de gerealiseerde milieuwinst.

Bij het selecteren van de BBT op basis van de scores voor verschillende criteria, worden een aantal principes gehanteerd (zie figuur 20):

- eerst wordt nagegaan of een techniek technisch haalbaar is, waarbij rekening wordt gehouden met de kwaliteit van het product en de veiligheid;
- wanneer de techniek technisch haalbaar is, wordt nagegaan wat het effect is op de verschillende milieucompartimenten. Door een afweging van de effecten op de verschillende milieucompartimenten te doen kan een globaal milieuoordeel geveld worden. Om dit laatste te bepalen worden de volgende elementen in rekening gebracht:
 - zijn één of meerdere milieuscores positief en geen negatief, dan is het globaal effect steeds positief;
 - zijn er zowel positieve als negatieve scores dan is het globaal milieu-effect afhankelijk van de volgende elementen:
 - de verschuiving van een minder controleerbaar naar een meer controleerbaar compartiment (bijvoorbeeld van lucht naar afval);
 - relatief grotere reductie in het enige compartiment ten opzichte van toename in het andere compartiment;
 - de wenselijkheid van reductie gesteld vanuit het beleid; onder andere afgeleid uit de milieukwaliteitsdoelstellingen voor water, lucht,...(bijvoorbeeld “distance-to-target” benadering).

Technieken die een verbetering brengen voor het milieu (globaal gezien), technisch haalbaar zijn en met een rendabiliteit “-” of hoger worden weerhouden.

Uiteindelijk wordt in de laatste kolom telkens beoordeeld of de beschouwde techniek als beste beschikbare techniek kan geselecteerd worden (**BBT: ja** of **BBT: nee**). Waar dit sterk afhankelijk is van de beschouwde instelling en/of lokale omstandigheden wordt **BBT: vgtg** (van geval tot geval) als beoordeling gegeven.



Figuur 20: Selecteren van BBT op basis van de scores voor de verschillende criteria

Belangrijke opmerkingen bij het gebruik van Tabel 28:

Bij het gebruik van onderstaande tabel mag men volgende aandachtspunten niet uit het oog verliezen:

- De beoordeling van de diverse criteria is onder meer gebaseerd op:
 - ervaring van exploitanten met deze techniek;
 - BBT-selecties uitgevoerd in andere (buitenlandse) vergelijkbare studies;
 - adviezen gegeven door het begeleidingscomité.
 - inschattingen door de auteurs

Waar nodig, wordt in een voetnoot bijkomende toelichting verschaft. Voor de betekenis van de criteria en de scores wordt verwezen naar paragraaf 5.1.
- De beoordeling van de criteria is als indicatief te beschouwen, en is niet noodzakelijk in elk individueel geval van toepassing. De beoordeling ontslaat een exploitant dus geenszins van de verantwoordelijkheid om bv. te onderzoeken of de techniek in zijn/haar specifieke situatie technisch haalbaar is, de veiligheid niet in gevaar brengt, geen onacceptabele milieuhinder veroorzaakt of overmatig hoge kosten met zich meebrengt. Tevens is bij de beoordeling van een techniek aangenomen dat steeds de gepaste veiligheids/milieubescherpende maatregelen getroffen worden.
- De tabel mag niet als een losstaand gegeven gebruikt worden, maar moet in het globale kader van de studie gezien worden. Dit betekent dat men zowel rekening dient te houden met de beschrijving van de milieuvriendelijke technieken in hoofdstuk 4 als met de vertaling van de tabel naar aanbevelingen en concretisering van de milieuregelgeving in hoofdstuk 6.
- De tabel geeft een algemeen oordeel of de aangehaalde milieuvriendelijke technieken al of niet als BBT aanzien kunnen worden voor de behandeling van bodemas van huisvuilverbranding. Dit wil niet zeggen dat elk bedrijf uit deze sector ook zonder meer elke techniek die als BBT aangegeven wordt, kan toepassen. De bedrijfsspecifieke omstandigheden moeten steeds in acht genomen worden.

Tabel 28: Evaluatie van de beschikbare milieuvriendelijke technieken en selectie van de BBT

Techniek	Technisch					Milieu								BBT		
	Bewezen	Veiligheid	Milieuhygiënische kwaliteit eind product	Bouwtechnisch kwaliteit eindproduct	Globaal	Kwaliteit bodemasgranulaat	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht (inclusief stof & geur)	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën		Globaal	Kostenhaalbaarheid en kosteneffectiviteit
Afvalreductie																
Teruggewinnen ferro metalen Teruggewinnen non-ferro metalen Natuurlijk verouderen Versneld verouderen (carbonatatie) Droog fractioneren Nat. fractioneren Wassen middels besproeien voorraadhoop Nageschakeld wassen (GRC) Verglazen	+	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	
	+	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	+	0	+	0/+ ⁽¹⁾	
	+	0	+	+	+	+	0	0/- ⁽³⁾	0	0	0	0	0	+	-	
	+	0/-	+	+	+	+	0	0	0	0	0	-	0/-	+	-/- ⁽²⁾	
	+	0	+	0	+	+ ⁽⁴⁾	0	0	-	0	-	-	0	+	-	
	+	0	+	0	+	+	-	0/- ⁽⁵⁾	+	0	-	-	0	+	-/- ⁽⁶⁾	
	+	0	+	+	+	+	-	- ⁽⁷⁾	+	0	-	-	0	+	-	
	-	0	+	0	-										nee	
	+	0	+	+	+	+	0	0	-	0	0	+	-		- -	
	nee															nee
Lucht (stof)																
Aanleg wallen, groenschermen, keermuren of schermen rond opslaghoop Aanleg verharde of semi-verharde wegen op bedrijfs-terrein Bevochtigen & borstelen onverharde wegen Wielwastinstallatie voor vrachtwagens Maatregelen goed beheer bij open overslag	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja
	+	+	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja ⁽⁸⁾
	+	0	0	0	+	0	-/0	0	+	0	0	0	0	+	-	ja
	+	0	0	0	+	0	-	0	+	0	0	0	0	+	-	ja/nee ⁽⁹⁾
	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	ja

Techniek	Technisch					Milieu									BBT	
	Bewezen	Veiligheid	Milieuhygiënische kwaliteit eind product	Bouwtechnisch kwaliteit eindproduct	Globaal	Kwaliteit bodemasgranulaat	Waterverbruik	Afvalwater	Lucht (inclusief stof & geur)	Bodem	Afval	Energie	Chemicaliën	Globaal		Kostenhaalbaarheid en kosteneffectiviteit
Overdekken transportbanden Inkapselen van overslagpunten van transportbanden Sproei- of vernevelingssysteem voor bevochtigen voorraadhoop Inkapselen breek- en zeefinstallaties in bedrijfsgebouw	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	+	- ja/nee ⁽¹⁰⁾	
	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	+	- ja	
	+	0	0	0	+	0	-	0	+	0	0	0	0	+	- ja	
	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	- - ja/nee ⁽¹¹⁾	
Lucht (verbrandingsgassen)																
Zorgvuldig plannen verkeersbewegingen Installaties goed en regelmatig onderhouden	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	ja
	+	+	0	0	+	0	0	0	+	+	0	+	0	+	+	ja
Watergebruik																
Opslaghoop en wegen alleen besproeien volgens vereisten stofhinder Gebruik hemelwater voor sproeien	+	0	0	0	+	0	+	0	+	0	0	0	0	+	-	ja
	+	0	0	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	+	0	ja/nee ⁽¹²⁾
Bodembescherming																
Waterdichte bodem + opvangsysteem voor percolaat	+	0	0	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	+	-	ja

Opmerkingen bij de BBT-selecties in tabel 28:

1. De kostenhaalbaarheid van het terugwinnen van de non-ferro metalen is afhankelijk van:
 - percentage terugwinbaar non-ferro aanwezig in de bodemas;
 - prijs van de non-ferro;
 - schaalgrootte van de installatie.
2. De kostenhaalbaarheid voor versneld verouderen is deels afhankelijk van het gebruik van natuurlijk of technisch CO₂. Door de veroudering in composteertunnels uit te voeren kan natuurlijk CO₂ gebruikt worden en is er geen extra kost voor CO₂. De kost bij toepassing in composteertunnels wordt geraamd op 7-9 €/ton bij gebruik van technisch CO₂ wordt dit 14-16 €/ton.
3. Bij natuurlijk verouderen (waarbij vochtgehalte op peil wordt gehouden door besproeien van de opslaghoppen om stofvorming tegen te gaan) is de impact op het afvalwater 0 wanneer de bodemas in een overdekte opslaghal ligt.
4. Droog fractioneren:
 - bouwtechnische kwaliteit: voor gebruik als ophoogmateriaal is een zekere hoeveelheid fijn materiaal nodig
 - milieuhygiënische kwaliteitsverbetering is relatief gering in vergelijking tot andere technieken, VLAREA kwaliteit is meestal niet haalbaar.
5. Nat fractioneren:
 - wanneer de bodemasopwerkingsinstallatie gekoppeld is aan een verbrandingsinstallatie kan het waswater hergebruikt worden als proceswater in de verbrandingsinstallatie.
6. Indien het waswater niet kan hergebruikt worden als proceswater, of niet kan geloosd worden op het oppervlaktewater zonder voorafgaande waterzuivering kunnen de kosten hoog oplopen.
7. Het terug opmengen van de fijne fractie met de grove bodemasfractie is afhankelijk van het referentie kader BBT. In het huidige VLAREA kader is het echter geen BBT.
8. De gekozen mate van verharding is afhankelijk van het soort ondergrond
9. De exploitant moet erover waken dat vervuiling van de openbare weg door voertuigen die het bedrijventerrein verlaten wordt vermeden. Zo nodig wordt hiervoor een wielwasinstallatie voorzien.
10. Enkel voor lichte fractie en/of stuivende stoffen bij transport in open lucht op grote hoogte.
11. Dure maatregel maar in een aantal probleemgevallen de beste oplossing.
12. Toepasbaar indien bedrijf beschikt over voldoende dakoppervlak.

5.2. Besluiten**5.2.1. BBT voor afvalreductie**

Het is BBT om zowel de ferro- als non-ferro metalen terug te winnen uit bodemas. Dit zorgt immers voor een beperking van de hoeveelheid afval.

Om de milieuhygiënische en bouwtechnische kwaliteit van de ruwe bodemas te verbeteren zodat deze als granulaat kan ingezet worden is het BBT om nat of droog te fractioneren gevolgd door natuurlijke veroudering met besproeien van de voorraadhoop, of nat of droog fractioneren gevolgd door een versnelde carbonatatie van de ruwe bodemas.

Voor de fijne bodemasfracties die ontstaan tijdens nat of droog fractioneren zijn verschillende afzetroutes mogelijk: terug opmengen met de grove fractie, sinteren, immobiliseren, gebruik in afdeklagen voor stortplaatsen of storten (zie § 4.2). Geen van deze routes is te verkiezen boven

de andere en dus als BBT te beschouwen. De keuze van deze routes wordt bepaald door lokale marktcondities en de plaatselijke milieuwetgeving. De beoordeling van het milieurisico voor opmengen van de fijne fractie met de grove is afhankelijk van het plaatselijk geldende referentiekader voor de milieuwetgeving (enkel vrij hergebruik – mogelijkheden voor toepassing onder IBC-criteria).

5.2.2. BBT voor watergebruik

Teneinde het watergebruik te beperken is het BBT om de opslaghopen enkel te besproeien bij droog weer en wind.

5.2.3. BBT voor reductie van luchtmissies

Teneinde *stofemissies* op de aan- en afvoerwegen te beperken zijn elk van volgende technieken BBT:

- verharde of semi-verharde wegen aanleggen op de bedrijfsterreinen;
- onverharde wegen bevochtigen bij droog weer en wind en verharde wegen borstelen;
- vervuiling van de openbare weg door voertuigen vermijden of verhelpen. Zo nodig dient hiervoor een wielwasinstallatie gebruikt te worden;
- transport per schip gebruiken in plaats van vrachtwagens voor zover deze transportmogelijkheid voor handen is.

Om *stofemissies* bij op- en overslagactiviteiten te beperken kan de exploitant een aantal maatregelen van goed beheer nemen. De exploitant kan hiervoor een keuze maken uit de onderstaande BBT technieken:

- bij de locatie van depots en be- en verwerkingsinstallaties rekening houden met de heersende windrichting;
- de overslaginstallaties regelmatig onderhouden;
- de snelheid van transportbanden aanpassen en te vol geladen transportbanden vermijden;
- de longitudinale as van de opslaghoop evenwijdig plaatsen met de overheersende windrichting. Dit is wel afhankelijk van site tot site: niet overal kan men voor deze plaatsing kiezen (grootte en vorm van bedrijfsterrein, ligging ervan,...);
- bij overslag met hydraulische laadschoppen de juiste positie innemen om de materialen te lossen;
- bij hoge windsnelheden de overslag staken;
- de laadbak van vrachtwagens afdekken;
- bij transport in open lucht de transportband overdekken;
- overslagpunten van transportbanden inkapselen;
- sproei- of vernevelingssystemen gebruiken bij de opslag van de bodemas.

Teneinde de emissie van verbrandingsgassen te beperken is het BBT om

- de verkeersbewegingen op het terrein zorgvuldig te plannen;
- de installaties goed en regelmatig te onderhouden;
- maatregelen te nemen om luchtmissies te reduceren door gebruik te maken van zwavelarme brandstof, loodvrije benzine, katalysatoren en energiezuinige motoren.

Indien op basis van de locatie van de installatie er een risico is op plaatselijke hinder door stof, kunnen één of meerdere van volgende maatregelen toegepast worden om de hinder te beperken:

- de aanleg van aarden wallen, groenschermen, keermuren of schermen rond de opslaghopen of terreinen;
- inkapselen van de verwerkingsinstallatie (en opslaghopen) in een bedrijfsgebouw is een dure maatregel, die in een aantal probleemgevallen een oplossing biedt.

5.2.4. BBT voor bodembescherming

Voor bodembescherming is het BBT om de technieken toe te passen op een waterdichte bodem met opvang van het water dat in contact is geweest met de bodemas.

Hoofdstuk 6

AANBEVELINGEN OP BASIS VAN DE BESTE BESCHIKBARE TECHNIEKEN

6.1. Inleiding

De beste beschikbare technieken vormen een belangrijke basis voor het opstellen en concretiseren van de milieuregelgeving en de ecologiepremie.

In paragraaf 6.2 van dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 5 geselecteerde BBT vertaald naar regelgeving. Vooreerst worden een aantal aanbevelingen gedaan die een belangrijke milieuverbetering voor de sector kunnen betekenen. Daarenboven worden, met de geselecteerde BBT als uitgangspunt, een aantal aandachtspunten geformuleerd. Deze kunnen onder meer door vergunningverleners als basis gebruikt worden, bijvoorbeeld bij het vastleggen van bijzondere vergunningsvoorwaarden.

6.2. Aanbevelingen voor de milieuregelgeving

De doelstelling van deze BBT bodemasbehandeling was het schetsen van een kader voor de Vlaamse overheid en industrie voor het normeren en verder uitbouwen van het gebruik van bodemasgranulaten in Vlaanderen.

Het gebruik van bodemas is in Vlaanderen gebonden aan het generiek normeringskader van VLAREA, dat voorziet in het vrij hergebruik van afvalstoffen in werken. Het regelgevend kader voor het gebruik van bodemasgranulaten in de ons omringende landen (met uitzondering van Nederland), daarentegen is specifiek opgesteld voor het gebruik van bodemasgranulaten in onderfunderingen, waarbij de bodemasgranulaten van het milieu worden afgeschermd door technische maatregelen. Ook in Nederland zijn binnen het bouwstoffenbesluit, dat het gebruik van afvalstoffen als bouwstof regelt, tijdelijk specifieke normen voorzien voor het gebruik van bodemasgranulaten (met name voor de bijzondere categorie bodemas). Hierin wordt eveneens het gebruik voorzien van bodemasgranulaten mits toepassing van extra beschermende maatregelen, de zogenaamde IBC-criteria. Dit leidt ertoe dat de inschatting van de milieurisico's niet vergelijkbaar kan zijn (in het buitenland worden immers extra beschermingsmaatregelen genomen) met de normen die in Vlaanderen gehanteerd worden voor vrij hergebruik

In het buitenland is de droge bodemasbehandeling de meest courant gebruikte asopwerkings-techniek. Deze techniek levert over het algemeen een bodemasgranulaat op dat in deze landen aan de daar geldende regelgeving voor hergebruik voldoet. Wanneer de bodemasgranulaten niet voldoen aan de normen is het vaak door een te hoge zoutlast (chloride en sulfaat) of andere niet in Vlaanderen genormeerde parameters (vb. molybdeen). Het toepassen van een droge bodemasbehandeling biedt in Vlaanderen echter geen garantie op een VLAREA-conform eindproduct. Blijkbaar is de haalbare milieukwaliteit van de bodemasgranulaten afhankelijk van de kwaliteit van de ruwe bodemas, die op zijn beurt afhankelijk is van de verbrandingsparameters (verbrandingsoven en procesvoering) en inputafval. Vooral de volledige uitbrand van organische stoffen blijkt een belangrijke factor te zijn voor de askwaliteit. Zo blijkt de kans op het bereiken van een VLAREA-conform eindproduct bij toepassing van een BBT-conforme droge asbehandeling enorm toe te nemen wanneer de afvalverbrandingsoven voorzien is van een naverbrandingstrommel (OVAM, 2007b).

Dat betekent dat voor de meerderheid van de Vlaamse verbrandingsovens de BBT-conforme bodemasbehandeling niet noodzakelijk leidt tot een VLAREA-conform product, tenzij bij behandeling met een nat proces. De natte route is echter alleen economisch haalbaar indien het afvalwater kan gebruikt worden als proceswater in de afvalverbrandingsinstallatie (bv. voor de natte rookgasreiniging).

De huidige VLAREA eisen voor vrij hergebruik zijn met name voor koper moeilijk haalbaar voor alle bodemas (met name niet voor de fijne bodemasfracties). In het buitenland worden bodemasgranulaten vooral in grootschalige projecten voor de onderfundering van wegen gebruikt, waarbij de bodemasgranulaten worden afgeschermd van het milieu zodat deze aan minder strenge eisen moeten voldoen dan de afvalstoffen bestemd voor vrij hergebruik. Voor deze toepassing kan het bouwtechnisch nuttig zijn om de fijne fracties (of een deel ervan) terug aan de grove bodemasgranulaten toe te voegen, omdat dit een betere verdichting van het materiaal mogelijk maakt. De ervaringscijfers van Nederland geven aan dat met de juiste maatregelen (IBC-criteria) de milieu-impact van deze toepassingen goed te beheersen zijn.

Het Vlaams beleid moet beoordelen wat de aanvaardbare risico's zijn, en hoe dit kan vertaald worden naar hergebruiksmogelijkheden van bodemasgranulaten met of zonder extra beschermingsmaatregelen.

6.3. Aanbevelingen om de afzetmogelijkheden te verruimen

De afzetmogelijkheden voor bodemas zijn in Vlaanderen vrij gering ten opzichte van het buitenland. In Vlaanderen zijn immers enkel normen voorhanden voor vrij hergebruik van afvalstoffen, terwijl in andere landen bodemasgranulaten ook kunnen toegepast worden onder IBC-criteria, waarbij het contact met water zoveel mogelijk wordt vermeden.

Bovendien is in Vlaanderen het gebruik van bodemasgranulaat niet opgenomen in de lastenboeken (vb. standaardbestek 250 van de wegenbouw). Dit maakt dat de afzet van bodemasgranulaten in de wegenbouw zeer moeilijk verloopt. Ook worden er van de overheid uit geen initiatieven genomen om het gebruik van bodemasgranulaten in de wegenbouw te stimuleren. Dit in tegenstelling tot het buitenland, waar toepassingen in de wegenbouw naast het gebruik op of in de stortplaats vaak de voornaamste afzetroute is.

Het ontwerp van uitvoeringsplan Milieuverantwoord beheer van huishoudelijke afvalstoffen stelt dat de afzetmarkt voor gerecycleerde materialen en producten moet vergroot worden via de opname in overheidsbestekken en opdrachten. Het bevorderen van afzetmarkten voor secundaire grondstoffen is reeds lang een beleidskeuze van de Vlaamse overheid. Het standaardbestek over bouw- en sloofafval bij wegeniswerken is op dat vlak geslaagd en kan dus als voorbeeld genomen worden. Het ontwerpplan gaat er van uit dat tegen 2015 50% van de bodemas die ontstaat bij afvalverbranding, een toepassing zal vinden als secundaire grondstof.

6.4. Aanbevelingen voor ecologiepremie

Bedrijven die in Vlaanderen ecologische investeringen uitvoeren, kunnen hiervoor subsidies krijgen van de Vlaamse Overheid: de ecologiepremie.

De ecologiepremie wordt toegekend aan ecologie-investeringen. Ecologie-investeringen zijn investeringen in nieuwe milieutechnologieën, energietechnologieën die leiden tot energiebespa-

ring, evenals warmtekrachtkoppeling (WKK) en hernieuwbare energie (HE). De volledige info over de ecologiepremie is te vinden via volgende link:

- ga naar volgende webpagina: <http://www.ondernemen.vlaanderen.be>;
- klik in het kader links op “financiering en steunmaatregelen”;
- klik op “steunmaatregelen”;
- klik op “Ecologiepremie”.

Het BBT-Kenniscentrum geeft advies voor opname van technieken op de limitatieve lijst van technologieën (LTL) die een ecologiepremie kunnen krijgen. Op basis van de besluiten van deze BBT-studie worden echter geen nieuwe technieken voorgedragen voor opname op de lijst. Geen van de besproken milieuvriendelijke technieken voldoen aan alle criteria voor opname op de LTL.

BIBLIOGRAFIE

- ADEME (2002a) Bottom Ash Management Facilities for treatment and stabilisation of MSW incineration bottom ash – Assessment of 32 facilities in France funded by ADEME. Document 1/2: Executive Summary
- ADEME (2002b) Bottom Ash Management Facilities for treatment and stabilisation of MSW incineration bottom ash – Assessment of 32 facilities in France funded by ADEME. Document 2/2: Full Report.
- Apul, D.S., K. Gardner & T. Eighmy (2006) Long term contaminant leaching and transport from Base Layers in Road. In proceedings of Wascon 2006 the Sixth International conference on the Environmental and technical implications of construction with Alternative materials (Eds. M. Ilic, J.J.J.M. Goumans, S. Miletic, J.J.M. Heynen en G.J. Senden), p. 583-596.
- Arickx, S. (2004) Behandeling van bodemassen met het oog op recyclage. (http://www.kviv.be/ingenieursprijzen/stefanie_arickx.pdf)
- Arickx, S., T. Knaepkens, T. Van Gerven en C. Vandecasteele (2006a) Influence of treatment techniques on different organic fractions in MSWI bottom ash leachate. In proceedings of Wascon 2006 the Sixth International conference on the Environmental and technical implications of construction with Alternative materials (Eds. M. Ilic, J.J.J.M. Goumans, S. Miletic, J.J.M. Heynen en G.J. Senden), p. 485-496.
- Arickx, S., T. Van Gerven en C. Vandecasteele (2006b) Accelerated carbonation for treatment of MSWI bottom ash. *Journal of Hazardous Materials*, B 137, 235-243.
- ASA (2006) Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung (ASA) MBA und das Ziel 2020.
- Astrup, T. (2006) Treatment and utilization of MSWI bottom ashes in Denmark. In proceedings of Wascon 2006, p.
- Astrup, T. en T. H. Christensen (2003) Slagge fra affaldsforbrænding: Status og udviklingsmuligheder år 2003, 97 p
- Astrup, T en T.H. Christensen (2005) Waste incineration bottom ashes in Denmark – Status and Development needs by 2003, 41 p.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2002) Verwertung von Rostschlacken aus der thermischen Abfallbehandlung im Rahmen von Bauvorhaben: Geotechnische und umweltrelevante Eigenschaften des Schlackekörpers unter den in der Verwertungspraxis üblichen Einbaubedingungen, LfU-Abschlussbericht, LfU-Abschlussbericht, 83 p., Augsburg 2002.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2005) Aschen aus der Müllverbrennung – Baustoff auf Deponien oder Abfall zur Ablagerung? 8p.
- Birgisdóttir, H., 2005. Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration. Ph.D. Thesis. Institute of Environment & Resources. Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby. (Uit: Astrup, 2006).
- Bone, B.D., K. Knox, A. Picken en H.D. Robinson (2003) The effect of carbonation on leachate quality from landfilled municipal waste (MSW) incinerator residues. In: Christensen, T.H.,

- R. Cossu en R. Stegmann (Eds.), Proc. Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula. Cagliari, Italy.
- BREF Common waste water and waste gas treatment (2003) Integrated Pollution Prevention and Control: Reference document on the Best Available Techniques in common waste water and waste gas treatment. Management systems in the chemical sector (februari, 2003)
- BREF Emissions from storage (2006) Integrated Pollution Prevention and Control: Reference document on the Best Available Techniques on emissions from storage (juli 2006).
- BREF Waste Incineration (2005) Integrated Pollution Prevention and Control: Reference document on the Best Available Techniques for Waste Incineration (July 2005).
- BREF Waste treatment (2006) Integrated Pollution Prevention and Control: Reference document on the Best Available Techniques for Waste treatment industries (Augustus 2006).
- Circulaire DPPR/SEI/BPSIED N° 94-IV-1 du 9 mai 1994 du ministère de l'environnement relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains (non publiée au JO).
- Comans, R.N. J., J.A. Meima, P.A. Geelhoed (2000) Reduction of leaching from MSWI bottom ash by addition of sorbing components. *Waste management*, 20, 125-133.
- Costa, G., R. Baciocchi, A. Poletti, R. Pomi, C.D. Hills, P.J. Carey (2007) Current status and perspectives of accelerated carbonation processes on municipal waste combustion residues. *Environmental Monitoring and Assessment*, in press.
- Crannell, B.S., T.T. Eighmy, J.E. Krzanowski, J.Dykstra Eusden Jr., E.L. Shaw, C.A. Francis (2000) Heavy metal stabilization in municipal solid waste combustion bottom ash using soluble phosphate. *Waste Management*, 20, 135-148.
- Crillesen, K., O. Hjelmar (2001) Kvalitetsforbedring gennem lagring og vask med CO₂ i slaggeslukningen. Project T in Astrup & Christensen, 2003, p. T1-T3.
- Crillesen, K., J. Skaarup (2006) Management of Bottom Ash from WTE Plants – An overview of management options and treatment methods. Report of the International Solid Waste Association (ISWA) publicatie, 86 p.
- De Bock, L. (2000) Bodemas in de wegenbouw, Interafval Studiedag te Mechelen op 29 februari 2000 'Hergebruik van HVVI-bodemassen'.
- Delft integraal (2006)
- Dijkstra, J.J., A. Van Zomeren, J.C.L. Meeussen en R.N.J. Comans (2006) Effect of accelerated aging of MSWI bottom ash on the leaching mechanisms of copper and molybdenum. *Environmental Science and Technology*, 40, 4481-4487.
- Essent Milieu Wijster (2007a) MER ten behoeve van de WM-deelrevisievergunning afvalverbranding, inclusief de uitbreiding van de verbrandingsinstallatie met twee nieuwe lijnen, bij Essent Milieu te Wijster.
- Essent Milieu Wijster (2007b) Bijlage 21 – Toetsing opslag en bewerking van bodemas (SOI) aan BBT (best beschikbare techniek), 31 p.
- Eunomia on behalf of Ecotec Research & Consulting (2001), *Costs for municipal waste management in the EU* – Final Report to Directorate General Environment, European Commission.

- Fernandéz-Bertos, M., X. Li, S.J.R. Simons, C.D. Hills en P.J. Carey (2004) Investigation of accelerated carbonation for the stabilization of MSW incinerator ashes and the sequestration of CO₂. *Green Chemistry*, 6 (8), 428-436.
- Grönholm, R., P. Flyhammar, B. M. Hansen (2003) Affaldsforbrænding og slaggebehandling: Sysav: Ny ovenlinje og nyt slaggebehandlingsanlæg. *Nieuwsbrief van C-Res ('Center for Restprodukter')* nummer 7 (April 2003), p. 9-15.
- Hartmann, D. (2006) Goud uit afval – Delftse technologie haalt in Amsterdamse proeffabriek waardevolle metalen uit verbrand huishoudvuil. *Delft Integraal*, 2006.2, p. 3-7.
- Huber, H., M. Jaros en Peter Lechner (1996) Emissionsverhalten von MVA-schlacke nach künstlicher alterung. 105 p.
- Håkansson, K., P. Suèr en L. Rogbeck (2004) Gasbildning i aska Litteraturstudie. 16 p. (rapport van Sydkraft Östvärme AB, Kvaerner pulping AB en OLAB)
- IAWG (The international Ash Working Group) (1997) Municipal solid waste incinerator residues. *Studies in Environmental Science*, vol. 67, 974 pagina's, Elsevier Science, Amsterdam, Nederland.
- Indaver (2005) Duurzaamheidsrapport, 63 p.
- Indaver (2006) Duurzaamheidsrapport, 69 p.
- IPPC (2006) Data gathering and impact assessment for a review and possible widening of the scope of the IPPC Directive in relation to waste treatment activities – Fact sheet E4-Off-site treatment installations for slag and ashes for recycling.
- Izquierdo, M., E. Vazquez, X. Querol, B. Marilda, A. López en F. Plana (2001) Use of bottom ash from municipal solid waste incineration as a road material. In: 2001 International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky, Paper #37.
- Johnke, B. en G. Queißer (1995) Verwertung und sonstige Entsorgung von Schlacken aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle unter Beachtung rechtlicher und technischer Regelungen. *Müll-Handbuch* 6/95, 14 p.
- Kaibouchi, S. (2004) Mâchefers d'incinération d'Ordures Ménagères: contribution à l'étude des mécanismes de stabilisation par carbonatation et influence de la collecte sélective. Doctoraatsthesis, INSA de Lyon, 275 p.
- KEMA (2005) Notitie stand van zaken kwaliteitsverbetering AVI-bodemas, 2005
- KEMA (2005) Stand van zaken kwaliteitsverbetering AVI-bodemas (overzicht per techniek).
- Kida, A., H. Takahashi en S. Sakai (2006) Leaching characteristics of trace elements in cement by co-incineration of wastes. In: *Wascon conference book*, p. 281-292.
- Koralewska, R. en Faulstich, M. (2000) Process integrated carbonation of bottom ashes. In *Sustainable construction: Use of incinerator ash* pp:195-203, Thomas Telford Publishing, London.
- Krass, K. en S. Pitschak (1997) Stoffliche und bautechnische Charakterisierung von Wirbelschichtaschen für den Einsatz in hydraulisch gebundenen Schichten im Straßenbau. *VGB Kraftwerkstechnik* 77 (1997), S. 230-235.

- NBN EN 13242: 2002: Toeslagmaterialen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor burgerlijke bouwkunde en wegenbouw.
- NBN EN 12620: 2002: Toeslagmaterialen voor beton
- NRF (2006) Sampling and analysis of bottom ash from solid waste incineration. The Norwegian association of solid waste management – report no 2/2006, 34 p.
- OVAM (2002), Uitvoeringsplan huishoudelijke afvalstoffen 2003-2007, OVAM, Mechelen (<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=617>)
- OVAM (2004), Inventarisatie huishoudelijke afvalstoffen 2003, OVAM, Mechelen (http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/bypass/pid/176?appid=39739_29&apparams=http%3A%2F%2Fwww.ovam.be%2FovamPublicationsWeb_myjahia-site%2FPublicaties&resetAppSession=true#field_39739)
- OVAM (2006a), Inventaris van de Vlaamse afvalverbrandingssector, OVAM, Mechelen
- OVAM (2006b), Inventarisatie huishoudelijke afvalstoffen 2005, OVAM, Mechelen (http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/bypass/pid/176?appid=39739_29&apparams=http%3A%2F%2Fwww.ovam.be%2FovamPublicationsWeb_myjahia-site%2FPublicaties&resetAppSession=true#field_39739)
- OVAM (2007a), Tarieven en capaciteiten voor storten en verbranden – Actualisatie tot 2005, evolutie en prognose, OVAM, Mechelen
- OVAM (2007b), Evaluatierapportage 2006: Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007, OVAM, Mechelen
- OVAM (2007c) Nota: Wordt het gebruik van bodemassen op een stortplaats gezien als nuttige toepassing of als storten?
- OVAM (2008) Uitvoeringsplan Milieuverantwoord Beheer van Huishoudelijke Afvalstoffen. 184 p. OVAM, Mechelen.
- Pellens, Joost (2004) Essent Milieu: Versnelde veroudering van AVI-bodemas. Themabijeenkomst KPR 22 september 2004.
- Pellens, Joost en Peter Bleeker (2004) Versneld verouderen succesvol. Afval online, februari 2004.
- Polettini, A., R. Pomi, S. Lo Mastro, S. Sampieri (2006) Hydrothermal zeolitisation of MSWI bottom ash. In Wascon conference book, p. 439-450.
- Rem, P.C. en Karstens, S.A.M. (2001) Magnus separation of non-ferrous metals from incinerator bottom ash. In: Proceedings Praag 2000 Conference, 2000 September 12-14, Praag, paper 198.
- Rem, P.C., C. De Vries, L.A. van Kooy, P. Bevilacqua, M.A. Reuter (2004) The Amsterdam pilot on bottom ash – Technical note. Minerals engineering, 17, 363-365.
- Rendek, E. (2006) Influence des procédés de la filière traitement thermique sur les caractéristiques et les évolutions bio-physico-chimique des Mâchefers d'Incinération Ménagères (MIOM), Doctoraatsthesis, INSA de Lyon, 201 p.
- Rendek, E., P. Germain, G. Ducom (2006) Predicting the MSWI bottom ash behaviour according to waste input and incineration technology. In Wascon conference book.

- Reijnders, L. (2005) Disposal, uses and treatments of combustion ashes: a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 43, 313–336.
- Rutten, S., E. Mulder, L. Feenstra, A de Bode en J. Van Aalten (2006) Transition from MSWI bottom ash to construction material – A combination of treatment techniques for environmental quality improvement. In Wascon conference book, p. 383-390.
- Skårup (2000) Vask af slagger fra affaldsforbrænding til genbrug. 4p.
- Standaardbestek 250 (2006) Standaardbestek 250 voor de wegenbouw (versie 2.1), uitgegeven door het ministerie van de Vlaamse gemeenschap.
- Tauw (2005) Inventarisatie en analyse informatie bestaande werken AVI-bodemassas. 54 pagina's.
- Tauw (2005) Praktijkproef versnelde veroudering AVI-bodemassas AVR op locatie Heros, Sluiskil (auteurs: J.J. Steketee E. Bults). Tauw rapport in opdracht van AVR, Rotterdam en Heros, Sluiskil, 71 pagina's (exclusief bijlagen).
- TNO Delft R86/205 Emissiefactoren bij op- en overslag van stortgoederen.
- Todorović, J. (2006) Pre-Treatment of Municipal Solid Waste Incineration (MSWI) Bottom Ash for Utilisation in Road Construction. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology,
- TWGComments, 2003
- TWGComments, 2004
- Vehlow (2002) Bottom ash and APC residue management. Power production from waste and biomass IV, Helsinki, 951-38-5734-4. (In BAT Waste Incineration, 2005)
- VMM (2005), Milieuraapport Vlaanderen MIRA Achtergronddocument Thema Beheer afvalstoffen, VMM
- Vrancken, K. (2001) Vergelijking van verwerkingsscenario's voor restfractie van HHA en niet-specifiek categorie II bedrijfsafval. VITO-rapport (In BAT Waste Incineration, 2005) http://www.emis.vito.be/EMIS/Media/afval_verwerkingsscenario_volledig_rapport.pdf
- Vereniging afvalbedrijven (2005) Afvalverwerking in Nederland – Gegevens 2004
- Vereniging afvalbedrijven (2006) Monitoring reststoffen van verbranding van afval en zuiveringsslib 2005.
- Bouwstoffenbesluit (1999)
- Besluit Bodemkwaliteit (maart 2006) Ontwerp besluit Bodemkwaliteit
- Van Gerven, T. (2005) Leaching of heavy metals from carbonated waste-containing Construction material. Doctoraatsthesis KUL.
- Van Gerven, T, Van Keer, E., Arickx, S., Jaspers, M., Wauters, G. Van Decastele, C. (2004) Carbonation of MSWI-bottom ash to decrease heavy Metal leaching, in view of recycling. *Waste Management*, 22, 693-694.
- VLAREA (2005) Vlaams reglement inzake afvalvoorkoming en beheer, OVAM, 212 pagina's.

LIJST DER AFKORTINGEN

AMINAL	Administratie voor Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
BAT	Best Available Techniques
BBT	Beste Beschikbare Technieken
BREF	Best Available Techniques Reference Document
HVVI	Huisvuilverbrandingsinstallatie
IBC	Isoleren, beheersen en controleren
n.v.t.	niet van toepassing
OVAM	Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaamse Gewest
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VLAREA	Vlaams Reglement inzake afvalvoorkoming en -beheer
VLAREM	Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning
VMM	Vlaams Milieumaatschappij
VROM	ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

BEGRIPPENLIJST

afvalwater:	verontreinigd water waarvan men zich ontdoet, zich moet ontdoen of de intentie heeft zich van te ontdoen, met uitzondering van hemelwater dat niet in aanraking is geweest met verontreinigende stoffen.
bodemas	de assen die overblijven na verbranding in een inrichting die in hoofdzaak is bestemd voor het verbranden van huishoudelijke afvalstoffen of bedrijfsafvalstoffen in een roosteroven of een wervelbedoven
bodemasgranulaat	eindproduct van de bodemasbehandeling, met uitsluiting van de zand- en slibfractie (filterkoeken).
nuttige toepassing op stortplaatsen	Indien de bodemas voldoet aan de VLAREA-normen voor gebruik als bouwstof dan 'kan' dit (in specifieke toepassingen) als nuttige toepassing worden beschouwd. Meer specifiek gaat het dan over het gebruik van bodemas als bouwstof voor de aanleg van de eindafdek van de stortplaats (geologische barrière, de drainagelaag en de afwerklingslagen bovenaan (afdichtlaag, drainagelaag, eindafdek, beschermingslaag voor het aanbrengen van de folieafdichting). Het gebruik van afvalstoffen binnen het stortlichaam in de vorm van tussenafdek, steunlagen, dijken, nivelleringslagen,... wordt evenwel gelijkgesteld met het storten van afvalstoffen (OVAM, 2007c).
percolaat	water dat doorheen de bodemas is gesijpeld.
restafval	bestaat uit het huishoudelijk afval dat niet-selectief ingezameld wordt en dat bijgevolg enkel kan afgevoerd worden voor definitieve verwijdering. Het omvat het huisvuil (inclusief het sorteeresidu van het PMD-afval), het grofvuil en het gemeentevuil.(definitie: Uitvoeringsplan Huishoudelijke Afvalstoffen 2003-2007)
ruwe bodemas	onbehandeld bodemas zoals dit de verbrandingsinstallatie verlaat

Bijlagen

OVERZICHT VAN DE BIJLAGEN

Bijlage 1: Medewerkers BBT-studie	117
Bijlage 2: Finale opmerkingen	119

Bijlage 1

MEDEWERKERS BBT-STUDIE

Kenniscentrum voor Beste Beschikbare Technieken

- Karl Vrancken
Stella Vanassche
BBT-kenniscentrum
p/a VITO
Boeretang 200
2400 MOL
Tel. (014)33 58 68
Fax. (014)32 11 85
E-mail: bbt@vito.be

Materiaaltechnologie – Afval en secundaire grondstoffen

- Peter Nielsen
Cindy Kenis
Materiaaltechnologie
p/a VITO

Contactpersonen federaties België en Nederland

De heer Werner Annaert
De heer Peter Segers
Paviljoenstraat 7-9
1030 Schaarbeek
FEBEM

De heer Joost De Wijs
Vereniging Afvalbedrijven van Nederland

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de bedrijven in het begeleidingscomité voor deze studie.

Contactpersonen bedrijven

Mevrouw Ingrid Schotte
Shanks

De heer Bert Straetmans
SITA

De heer Andres Van Brecht
INDAVER

De heer Frederik Van Braekel
Vanheede

De heer Fons Doms
Interafval/ IVOO

De heer Luc De Bock
Onderzoekscentrum voor de wegenbouw

Contactpersonen administraties/overheidsinstellingen

Mevrouw Carla De Deckere
OVAM

Mevrouw Katrien Vander Sande
Afdeling Milieuvergunningen

VMM: Mevrouw Myriam Rosier
VMM

Bovenstaande personen vertegenwoordigden de administraties en andere overheidsinstellingen in het begeleidingscomité voor deze studie.

Het BBT-rapport (of delen ervan) werd aan bovenstaande personen voorgelegd ter kritisch nazicht.

Bezochte bedrijven tijdens het uitvoeren van de studie

Bedrijfsbezoeken vonden plaats bij de verwerkingsinstallaties van Heros in Sluiskil (NL), Recydem in Lourches (F), Yprema in Lagny-sur-Marne (F), en Ipalle in Thumaide (B).

Bijlage 2**FINALE OPMERKINGEN**

Dit rapport komt overeen met wat het BBT-kenniscentrum op dit moment als de BBT en de daaraan gekoppelde aangewezen aanbevelingen beschouwt. De conclusies van de BBT-studie zijn mede het resultaat van overleg in het begeleidingscomité. Deze bijlage geeft de eventuele opmerkingen of afwijkende standpunten die leden van het begeleidingcomité bij deze conclusies geformuleerd hebben.

