

TNO-rapport
TNO-MEP – R 98/243

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon 055 - 549 34 93
Fax 055 - 541 98 37

T-2000 Immobilisatie: Evaluatie en programmering Stand-van-zaken per eind 1997

Datum
juni 1998

Auteur(s)
E. Mulder
P.H.M. Bruggeling
R.W. Lanting
R.K. Zijlstra

Projectnummer
27819

Trefwoorden
- immobilisatie
- evaluatie
- programmering
- afvalstoffen
- regelgeving

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1998 TNO

Bestemd voor
NOVEM
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een
nationaal en internationaal erkend kennis- en contract-
research instituut voor bedrijfsleven en overheid op
het gebied van duurzame ontwikkeling en milieu- en
energiegerichte procesinnovatie.

Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan
TNO zoals gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank en de Kamer van Koophandel
te 's-Gravenhage

Samenvatting

Het T2000 programma van het ministerie van VROM (Directie Afvalstoffen) heeft tot doel oplossingen te bieden voor de verwerking van afvalstoffen. Het deelprogramma Immobilisatie richt zich specifiek op de immobilisatie van een aantal geselecteerde (gevaarlijke) afvalstoffen, waardoor deze nuttig toegepast of onder minder strenge condities gestort kunnen worden.

Sinds de start van het T2000 programma Immobilisatie in 1993 is een groot aantal projecten uitgevoerd en in uitvoering. De projecten die zijn uitgevoerd en afgerond, zijn in het kader van deze studie onderzocht en geëvalueerd. Het gaat hierbij om een 18-tal projecten, waarvan het grootste deel (15) betrekking had op “koude” immobilisatie en een beperkt aantal (3) op thermische immobilisatie.

Uit de evaluatie blijkt dat in de uitgevoerde projecten voor een aantal afvalstoffen is aangetoond dat **koude immobilisatie** een immobiliserend effect heeft. AVI-rookgasreinigingsresidu (filterkoek) en een tweetal reststoffen uit de fosfor- en fosforzuurbereiding voldoen na immobilisatie aan de eisen, die de Grenswaardennotitie stelt voor stortcategorie C3. Zuurteer en grondreinigingsresidu voldoen na immobilisatie aan de eisen voor stortcategorie C4, evenals aan de categorie-2-uitloogeisen van het Bouwstoffenbesluit (echter niet aan de eisen die het Bouwstoffenbesluit stelt aan organische componenten t.a.v. samenstelling). Dit laatste (m.b.t. de uitloog- en samenstellingseisen van het Bouwstoffenbesluit) geldt ook voor gecreosoteerd hout.

Thermische immobilisatie van straalgritresidu en van een mengsel van baggerspecie en industriële slibben geeft hoogwaardige producten die milieuhygiënisch voldoen aan de categorie-2-eisen van het Bouwstoffenbesluit en (civiel)technisch aan relevante toepassingseisen.

Naast bovengenoemde successen, levert de evaluatie ook een aantal knelpunten op:

- Het is tot nog toe niet gelukt om door middel van koude immobilisatie afvalstoffen met relatief hoge concentraties aan anionen voldoende te immobiliseren. Het gaat hierbij met name om de halogenen chloride en bromide en om oxy-anionen als sulfaat en molybdaat. Deze componenten worden niet voldoende chemisch gebonden door de bindmiddelen en logen, ook na immobilisatie, nog teveel uit.
- Het blijkt weliswaar mogelijk om ook organische componenten te immobiliseren, maar, doordat in het Bouwstoffenbesluit een samenstellingseis geldt voor organische verontreinigingen, is het niet mogelijk om afvalstromen die rijk zijn aan organische verontreinigingen (zoals zuurteer en grondreinigingsresidu) door middel van koude immobilisatie op te werken tot een nuttig toepasbare bouwstof.
- De aanwezigheid van sulfaten geeft problemen bij de sterkte ontwikkeling van immobilisaten wanneer gebruik wordt gemaakt van cement (op basis van

portlandklinker) als bindmiddel. Door gebruik te maken van aluminiumcement, treedt dit probleem in veel mindere mate op.

- De kosten voor thermische immobilisatie - met name van slibachtige materialen - zijn hoog, in vergelijking tot koude immobilisatie.

Op basis van de uitgevoerde evaluatie en bij TNO (en anderen) beschikbare kennis en expertise, zijn ten behoeve van de programmering van T-2000 Immobilisatie voorstellen gedaan met betrekking tot:

- het stimuleren van projecten die gericht zijn op de verwijdering en immobilisatie van de probleemcomponenten, zoals de anionen Br en Cl en ook oxyanionen als SO_4 en MoO_4 ;
- het stimuleren van thermische immobilisatieprocessen voor afvalstoffen met een hoog gehalte aan organische stof ($> 20\%$ m/m), bijvoorbeeld communaal zuiveringsslib, bleekarde e.d.;
- het stimuleren van demonstratieprojecten voor die afvalstoffen, waarvoor (hetzij in T-2000 kader, hetzij daarbuiten) met succes immobilisatieprocessen zijn ontwikkeld;
- de toevoeging aan de lijst van prioritaire afvalstoffen voor T-2000 Immobilisatie van: hydroxideslib uit de galvanische industrie, slib van het wassen van puingranulaten en RKG-slib.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave.....	5
Voorwoord	7
1. Inleiding	9
2. Beschrijving en evaluatie van het T2000 Immobilisatie programma	11
2.1 Uitgevoerde projecten	11
2.2 Resultaten per afvalstof	12
2.3 Evaluatie	19
3. Immobilisatieprojecten buiten het T2000 programma.....	23
3.1 Zwavelimmobilisatie (TNO-MEP).....	23
3.2 Stabilisatie/immobilisatie van zeefzand (TNO en BRC)	23
3.3 Stabilisatie/immobilisatie van gieterijzand (Vandofix)	24
3.4 Immobilisatie van mengsels van AVI-vliegas, AVI-RGRR en hydroxydeslibben (VBM)	24
3.5 Immobilisatie van AVI-vliegas met het TRI-brick-systeem (Feniks)	24
3.6 POSW projecten	25
4. Samenvatting van de regelgeving op het gebied van immobilisatie	29
4.1 Regelgeving met betrekking tot immobilisatie-activiteiten	29
4.2 Milieuhygiënische eisen, die worden gesteld aan immobilisaten	32
5. Prioritering van afvalstoffen	37
5.1 Overzicht van te immobiliseren afvalstoffen	37
5.2 Selectie van afvalstoffen voor T-2000 immobilisatie, 1998 en verder	40
6. Markttrends	49
7. Conclusies en aanbevelingen	53
7.1 Conclusies	53
7.2 Aanbevelingen	54
8. Literatuur	57

9. Verantwoording61

Bijlage 1 Door NOVEM geselecteerde afvalstromen (T2000 Immobilisatie 1997)

Bijlage 2 Voorstel voor lijst van prioritaire afvalstoffen voor T2000, vanaf 1998

Bijlage 3 Maximaal toelaatbare immissies + samenstellingseisen (Bouwstoffenbesluit)

Voorwoord

Het doel van de uitgevoerde studie was om evaluerend de technische mogelijkheden van immobilisatie te onderzoeken, evenals de beleidsmatige inpassing binnen de kaders voor toepassen en storten.

Parallel aan de uitvoering van deze studie heeft een beleidsmatige afweging plaatsgevonden ten aanzien van de inpassing van immobilisatie binnen het afvalstoffenbeleid. Het resultaat van deze afweging is dat er voldoende bekend is over de technische mogelijkheden van immobilisatie voor toepassing binnen de kaders van het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming. De rol van immobilisatie bij het storten van afvalstoffen is zodanig complex, dat het Ministerie van VROM hiervoor gericht onderzoek laat uitvoeren (in plaats van te subsidiëren onderzoek), in samenhang met randvoorwaarden voor de bescherming van de bodem. Dit heeft geleid tot het besluit van het Ministerie van VROM om voor het T-2000 deelprogramma Immobilisatie na 1998 geen subsidie meer beschikbaar te stellen. De komende jaren zullen de nog lopende subsidieprojecten worden afgerond en zal de kennis uit al deze projecten toegankelijk worden gemaakt. Hierin zal het kennisnetwerk T-2000, dat in oprichting is, een belangrijke schakel zijn, met in het verlengde daarvan het Centrum voor Immobilisatie (CIM) van het Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR).

Voor zover in het voorliggende rapport onderzoeksaanbevelingen worden gedaan, zullen deze niet meer in aanmerking kunnen komen voor subsidie uit het T-2000 programma, maar zal moeten worden gezocht naar financiële middelen uit andere bronnen, zoals het CIM.

1. Inleiding

Het T2000 programma [1] van het ministerie van VROM (Directie Afvalstoffen) heeft tot doel om technologische oplossingen te bieden voor de verwerking van afvalstoffen waarvoor nog geen geschikte verwerkingsmethoden beschikbaar zijn. Het programma richt zich op de volgende technologiegebieden:

- natte deeltjesscheiding
- droge deeltjesscheiding
- hydro- en pyrometallurgie
- immobilisatie

Het deelprogramma T2000 Immobilisatie richt zich specifiek op de immobilisatie van een aantal geselecteerde (gevaarlijke) afvalstoffen, waardoor deze nuttig toegepast of onder minder strenge condities gestort kunnen worden. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de geselecteerde afvalstromen in het programma van 1997.

Sinds de start van het deelprogramma is de interesse voor immobilisatie sterk toegenomen. Dit komt omdat immobilisatie - ten opzichte van andere verwerkings technieken - vaak een goedkopere oplossing kan bieden (met name koude immobilisatie) en omdat een verwerkingsinstallatie voor immobilisatie in principe geschikt is voor de verwerking van meerdere afvalstoffen. Het T2000-programma heeft uiteindelijk geresulteerd in een groot aantal projecten.

In het kader van deze studie wordt onderzocht of het T2000-programma daadwerkelijk heeft geleid tot oplossingen voor de geselecteerde afvalstromen. Deze evaluatie is voornamelijk gericht op technologische aspecten en moet leiden tot aanbevelingen voor de programmering van het T2000 deelprogramma immobilisatie voor de komende jaren. (Het conceptrapport is gebruikt bij het opstellen van het programma voor 1998.)

In deze rapportage wordt in hoofdstuk 2 een uitgebreid overzicht gegeven van de projecten die in het kader van het T2000 Immobilisatie programma zijn uitgevoerd. De resultaten van deze onderzoeken worden hierbij geëvalueerd. Deze evaluatie is gebaseerd op de projecten (haalbaarheid, ontwikkeling en demonstratie) die reeds zijn afgerond. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van een aantal immobilisatie-onderzoeken die buiten het T2000 programma is uitgevoerd. Omdat de wettelijke regelgeving op het gebied van de verwerking van reststoffen duidelijk in beweging is, wordt deze besproken in hoofdstuk 4. Een overzicht van de afvalstoffen die zich lenen voor immobilisatie wordt gegeven in hoofdstuk 5. In dit overzicht worden aspecten als hoeveelheid, toename en mogelijkheden van immobilisatie besproken en worden afvalstoffen geselecteerd als aanbeveling voor de programmering voor de komende jaren. Hierna volgt een beschrijving van de markt-trends (hoofdstuk 6). Deze zijn gebaseerd op afgenomen interviews met vertegenwoordigers van vooraanstaande instellingen en bedrijven die actief zijn op het

gebied van immobilisatie. Tenslotte volgt een hoofdstuk (7) met conclusies en de aanbevelingen.

2. Beschrijving en evaluatie van het T2000 Immobilisatie programma

In dit hoofdstuk wordt allereerst een overzicht gegeven van de afgeronde projecten die zijn uitgevoerd in het kader van het programma T-2000 Immobilisatie. Vervolgens wordt in paragraaf 2.2 per afvalstof aangegeven wat de resultaten waren van de verschillende onderzoeken. In paragraaf 2.3 worden deze resultaten geëvalueerd.

2.1 Uitgevoerde projecten

Sinds de start van het T2000 programma Immobilisatie in 1993 is er een groot aantal projecten uitgevoerd en in uitvoering. De projecten die zijn uitgevoerd en afgerond met een eindrapportage zijn in het kader van deze studie onderzocht en geëvalueerd. In tabel 2.1 is een overzicht gegeven van deze projecten, de onderzochte afvalstoffen en technologieën.

Tabel 2.1 Afgeronde T2000 projecten (per medio 1997)

Bedrijf	Technologie(ën)	Afvalstof
<i>Tender 1993</i>		
1 AVR Chemie [3]	Multifix, Eco-K11, Euroc, Soliroc	fluorescentiepoeder, pigmentslib
2 Gemeentewerken R'dam [4]	ATT	zuurteer
3 Pelt & Hooykaas	gemodificeerde klei en cement	GRR
4 Pelt & Hooykaas [5]	Multifix	straalgritresidu
5 Pelt & Hooykaas	Multifix	zuurteer
6 AVIRA / TNO [6]	zwavel immobilisatie	AVI-vliegas, AVI-RGRR
7 Verhoeve Milieu	watrglas; afdeklaag stortplaats	divers
8 VVAV / TNO [7]	onbekend; vergelijking van technieken	AVI-RGRR, AVI-vliegas
<i>Tender 1994</i>		
1 AVR Chemie [8]	cement	vliegas en RGRR verbranding gevaarlijk afval
2 Gemeentewerken R'dam [9]	cement	niet-reinigbare grond
3 Intron [10]	aluminium cement	RGRR verbranding gevaarlijk afval
4 NORIT [11]	gemodificeerde actieve kool	GRR, AVI-RGRR, residu straalgritreiniging
5 Eurogrit [12]	thermisch (smelten)	gebruikt straalgrit
6 Crossfield [13]	silicaat-cement systemen	vliegas en slakken verbranding gevaarlijk afval
7 Geochem Research [14]	olivijn	zuurteer
8 Hoechst [15]	cement	cottrellstof, calcinaat fosfor bereiding
9 Van Rijn Industriële Projecten	thermisch (verglazing in circularend wervelbed)	tinas (ook voor verontreinigde grond, gedroogd slib)
<i>Tender 1995</i>		
1 CSO [16]	thermisch (smelten van vormgegeven producten)	divers

In tabel 2.1 is Grondreinigingsresidu afgekort tot GRR en Rookgasreinigingsresidu tot RGRR.

Zoals blijkt uit de tabel heeft er voornamelijk onderzoek plaatsgevonden op het gebied van koude immobilisatie van afvalstromen. De reden hiervoor is dat koude immobilisatie technisch eenvoudiger en goedkoper is dan thermische immobilisatie.

2.2 Resultaten per afvalstof

In deze paragraaf wordt per afvalstof een overzicht gegeven van de toegepaste immobilisatietechnologieën, het type onderzoek (haalbaarheidsstudie, ontwikkelingsonderzoek of demonstratie) en de hiermee behaalde resultaten¹. In vrijwel alle onderzoeken is uitgegaan van afvalstoffen die tot op dat moment werden gestort (in de C1-, C2- of C3-categorie). Voor een nadere omschrijving van deze categorieën wordt verwezen naar het Meerjarenplan Gevaarlijke Afvalstoffen II, van juni 1997 [22]. Deze categorie-indeling is in de hiernavolgende tabellen aangegeven, evenals de prioriteitsvolgorde (A, B of C) van afvalstoffen ten behoeve van het T-2000 programma in 1997 (zie bijlage 1).

De doelstelling was in de meeste onderzoeken een C2-afvalstof op te waarderen tot C3-afvalstof. Het effect van het immobilisatieproces dient hiertoe te worden getoetst op basis van het uitlooggedrag van de geproduceerde immobilisaten met behulp van de kolomproef (na verkleining tot een korrelgrootte < 4 mm). Als referentiekader hiervoor dienen de eisen zoals vermeld in het Stortbesluit en, meer specifiek, de daarachter liggende Grenswaardennotitie storten gevaarlijk afval [24]. (Deze notitie wordt overigens momenteel geactualiseerd en naar verwachting binnenkort uitgegeven als “Stortplaatscategorieën in Nederland”).

In sommige gevallen was het doel de vervaardiging van een secundaire grondstof voor de bouw of zelfs een (nieuw) bouw materiaal. Het toetsingskader hiervoor is het Bouwstoffenbesluit (BSB), dat naar verwachting per 1 januari 1999 volledig van kracht wordt [25]. Om hieraan te kunnen refereren, dient de diffusie-uitloogproef te worden uitgevoerd (voor zover het duurzaam vormgegeven immobilisaten betreft) of de kolomproef voor de niet-vormgegeven immobilisaten. De diffusieproef wordt uitgevoerd op intacte immobilisaten. Het BSB kent categorie-1 bouwstoffen, die zonder restricties mogen worden toegepast, en categorie-2 bouwstoffen, die alleen mogen worden toegepast onder bepaalde condities en waarbij voorzieningen moeten worden getroffen om contact met regenwater te minimaliseren.

In slechts een drietal onderzoeken is gebruik gemaakt van de zogenaamde korrel-diffusieproef om het immobilisatie-rendement te berekenen als verhouding tussen de uitloging middels diffusie uit respectievelijk de afvalstoffen en het immobilis-

¹ In de evaluatie is de C4-categorie afvalstoffen nog wel meegenomen, aangezien deze categorie in de op dit moment van kracht zijnde Grenswaardennotitie is opgenomen. In de aangepaste notitie (waar momenteel aan wordt gewerkt), zal deze categorie naar verwachting echter niet meer voorkomen.

aat. Deze korreldiffusieproef is niet wettelijk voorgeschreven, maar is voor de beoordeling van immobilisatieprocessen wel relevant, in verband met de bepaling van het immobiliserendement.

In de onderstaande tabellen wordt het resultaat weergegeven met een +, een 0, een +/- of een -. De betekenis hiervan is als volgt:

- + de immobilisatie is effectief en het immobilisaat voldoet (milieuhygiënisch gezien) aan de gestelde eisen;
- 0 de immobilisatie is wel effectief (er is wel sprake van een immobiliserendement), maar het immobilisaat voldoet niet aan alle gestelde eisen (meestal wel aan uitloogeisen, maar niet aan samenstellingseisen voor organische componenten); in feite gaat het hierbij om een positieve waardering van het immobilisatieproces, maar, gelet op de huidige regelgeving, is de bruikbaarheid voor de betreffende afvalstof beperkt;
- +/- de immobilisatie is voor één of meerdere componenten wel effectief, maar voor andere componenten niet;
- de immobilisatie is niet (of slechts in heel beperkte mate) effectief; het immobilisaat voldoet niet aan de gestelde eisen.

AVI-vliegias

prioriteit: B huidige stortcategorie: C2		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
onbekend; proces A (project 1993-8)	-	Geïmmobiliseerde vliegias blijft in C2 stortcategorie, vanwege uitloging van <i>Cl</i> en <i>Br</i> .
silicaat-cement systeem (project 1994-6)	-	Diffusieproef toont aan dat de norm voor vormgegeven bouwstoffen niet gehaald wordt, vanwege uitloging van <i>Cl</i> , <i>Mo</i> , <i>Br</i> en <i>SO₄</i> .
Conclusie: Het is nog niet gelukt om AVI-vliegias goed te immobiliseren. Belangrijkste probleemcomponenten zijn: <i>Cl</i> , <i>Br</i> en <i>Mo</i> .		

AVI-rookgasreinigingsresidu, in de vorm van filterkoek (RGRR)

prioriteit B huidige stortcategorie: C2		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
onbekend; proces A (project 1993-8)	+	Geïmmobiliseerd product voldoet aan de eisen voor het storten in de C3-categorie.
Onbekend; proces C (project 1993-8)	+	Geïmmobiliseerd product voldoet aan de eisen voor het storten in de C3-categorie. Uitloging van <i>Mo</i> en <i>Br</i> zorgt ervoor dat de C4 categorie niet gehaald wordt.
onbekend; proces D (project 1993-8)	+	Geïmmobiliseerd product voldoet aan de eisen voor het storten in de C3-categorie. Uitloging van <i>Mo</i> zorgt ervoor dat de C4 categorie niet gehaald wordt
Conclusie: Het is mogelijk om AVI-rookgasreinigingsresidu met behulp van immobilisatie op te werken tot een C3-afvalstof.		

Mengsel van AVI-vliegas en AVI-RGRR

prioriteit B huidige stortcategorie: C2		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
zwavelimmobilisatie (project 1993-6)	-	Granulaten van een mengsel van vliegas, RGRR en zwavel voldoen niet aan de eisen voor storten als C3-afvalstof vanwege de uitloging van Cd en Zn. Ook de gevormde zwavelblokken voldoen niet aan de norm voor vormgegeven bouwstoffen. Diffusieproef toont aan dat <i>Cd</i> , <i>Cl</i> , <i>Zn</i> en <i>Mo</i> te veel uitlogen.
Onbekend; proces B (project 1993-8)	-	Immobilisaat dient in C2-stortcategorie gestort te worden, vanwege uitloging van <i>Br</i> en <i>Mo</i> .
onbekend; proces C (project 1993-8)	-	Immobilisaat dient in C2-stortcategorie gestort te worden, vanwege uitloging van <i>Br</i> .
Onbekend; proces D (project 1993-8)	-	Immobilisaat dient in C2-stortcategorie gestort te worden, vanwege uitloging van <i>Br</i> , <i>Cd</i> en <i>Cl</i> .
Conclusie: Het is tot nog toe niet gelukt om een immobilisaat te maken dat voldoet aan het BSB of dat gestort kan worden in een lagere stortcategorie. Belangrijkste probleemelementen zijn Br, Cl, Mo en Cd.		

Vliegas verbranding gevaarlijk afval

prioriteit A huidige stortcategorie: C2		
Onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
cement (project 1994-1)	-	Immobilisaat (mengsel van Chemie-vliegas en AVI-vliegas) voldoet niet aan de eisen van het BSB voor vormgegeven producten. Diffusieproef toont aan dat <i>Mo</i> , <i>Br</i> en <i>Cl</i> te veel uitlogen.
silicaat-cement systeem (project 1994-6)	-	Immobilisaat van alleen vliegas werd niet eens hard. Immobilisaat (van mengsel vliegas en rookgasreinigingsresidu) voldoet niet aan de eisen van het BSB voor vormgegeven producten. Diffusieproef toont aan dat <i>Mo</i> , <i>Br</i> , <i>SO₄</i> en <i>Cl</i> te veel uitlogen.
Conclusie: Het is tot nog toe niet gelukt om een immobilisaat te maken van vliegas van de verbranding van gevaarlijk afval als enige afvalstof. Ook in het geval van bijmenging (van AVI-vliegas of RGRR) lukt het niet een immobilisaat te produceren dat voldoet aan het BSB. Belangrijkste probleemelementen zijn Br, Cl en Mo. Ook de uitloging <i>SO₄</i> is vaak te hoog. Wel is het gelukt om de uitloging van de meeste elementen te verlagen; m.a.w. het immobilisatierendement was wel positief.		

Rookgasreinigingsresidu verbranding gevaarlijk afval

prioriteit A huidige stortcategorie: C2		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
cement (project 1994-1)	-	Immobilisaat voldoet niet aan de eisen van het BSB voor vormgegeven producten. Diffusieproef toont aan dat <i>Mo</i> , <i>Br</i> , <i>Pb</i> en <i>Cl</i> te veel uitlogten. Civieltechnisch zijn er grote problemen met de sterkte-ontwikkeling vanwege de aanwezigheid van sulfaat. Dit zorgt voor vorming van het expansieve mineraal Ettringiet.
Aluminium-cement (project 1994-3)	+/-	Immobilisaten voldoen niet aan de eisen van het BSB voor vormgegeven producten. Bij het gebruik van droog RGRR logen <i>Mo</i> , <i>Br</i> , <i>Pb</i> , <i>Ba</i> en <i>Cl</i> te veel uit. Wanneer een filterkoek wordt gebruikt, zijn het de elementen <i>Br</i> en <i>Cl</i> . Wel is er door het gebruik van aluminiumcement een verbetering te bewerkstelligen wat betreft de civieltechnische eigenschappen doordat Ettringiet al in een vroeg stadium wordt gevormd en in mindere mate. Tevens wordt ook <i>Cl</i> enigszins geïmmobiliseerd. Echter nog niet voldoende.
Conclusie: Het is tot nog toe niet gelukt om een immobilisaat te maken dat voldoet aan het BSB of dat gestort kan worden in een lagere stortcategorie. Belangrijkste probleemelementen zijn <i>Br</i>, <i>Cl</i> en <i>Mo</i>. Ook <i>Pb</i> is vaak te hoog.		

Zuurteer

prioriteit B huidige stortcategorie: ?		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
ATT procédé (project 1993-2)	+/-	Vanwege hoeveelheid minerale olie voldoet het immobilisaat niet aan het BSB. Wat betreft de uitloging van anorganische componenten, blijkt de uitloging van sulfaat nog te hoog (eventueel wel toepasbaar als categorie 1 voor vormgegeven producten in een gebied met brak of zeewater). Wel is een positief immobiliserendement behaald.
Multifix procédé (project 1993-5)	0	Vanwege hoeveelheid minerale olie voldoet het immobilisaat niet aan het BSB. Bij 46,5% (m/m) toeslag wordt een vormgegeven product verkregen worden dat qua anorganische uitloging voldoet aan de eisen van het BSB. Civieltechnisch bleek het mogelijk te zijn om een product te maken met een druksterkte van $> 5 \text{ N/mm}^2$.
Olivijn + Multifix procédé (project 1994-7)	+	Vanwege hoeveelheid minerale olie voldoet het immobilisaat niet aan het BSB. De bereikte druksterkte van het immobilisaat is laag en slechts voldoende om te dienen als ophoogmateriaal. Bij een toeslag van 40% (m/m) blijkt het mogelijk te zijn om een immobilisaat te maken dat voldoet aan de eisen voor een C4-afvalstof.
Conclusie: Vanwege de samenstellingseis voor minerale olie in het BSB is het vooralsnog niet mogelijk om geïmmobiliseerd zuurteer toe te passen als secundair bouw materiaal. Het is wel gelukt om het zuurteer op te werken tot een C4-afvalstof.		

Niet reinigbare grond

prioriteit A huidige stortcategorie: C3		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
cement (project 1994-2)	+/-	Grond dat verontreinigd is met Cu boven de interventiewaarde is toegepast als funderingsmateriaal. Hierbij is cement gebruikt voor immobilisatie en stabilisering. Het immobilisaat voldoet aan zowel de milieuhygiënische als de civieltechnische eisen. Opmerking: Wat betreft uitloging bleek de grond vóór immobilisatie al te voldoen aan de eisen van het BSB. De geïmmobiliseerde grond voldeed logischerwijs ook.
Conclusie: Het immobilisaat voldoet aan zowel fysische als milieuhygiënische eisen, maar het is niet duidelijk of het proces een immobilisatie tot stand heeft gebracht (de grond voldeed voor uitloging ook al aan de eisen van het BSB).		

Grondreinigingsresidu

prioriteit A huidige stortcategorie: C3		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
gemodificeerde klei + Multifix (project 1993-3)	-	Vanwege hoeveelheid minerale olie en PAK's voldoet het immobilisaat niet aan het BSB. Wat betreft de uitloging van anorganische componenten, blijkt dat de immobilisaten voldoen aan de categorie 1A voor vormgegeven producten. Uit onderzoek blijkt dat de uitloging van organische componenten niet duidelijk vermindert door gebruik te maken van gemodificeerde klei.
Gemodificeerde actieve kool + Multifix of Soliroc (project 1994-4)	0 / +	Door gebruik te maken van gemodificeerde actieve kool is het zeer goed mogelijk de uitloging van organische bestanddelen (ca. 90%) te reduceren. Tevens blijkt ook een klein aantal metalen zich aan de kool te binden. Uit onderzoek komt verder naar voren dat het mogelijk is het GRR op te werken tot een C4-afvalstof. Wanneer geen rekening wordt gehouden met de samenstellingseis voor PAK's en minerale olie, blijkt het mogelijk te zijn om immobilisaten te maken die voldoen als vormgegeven bouw materiaal voor toepassing in cat 1A.
Conclusie: Vanwege de samenstellingseis voor minerale olie en PAK's in het BSB is het vooralsnog niet mogelijk om geïmmobiliseerd grondreinigingsresidu toe te passen als secundair bouw materiaal. Wel is het mogelijk het GRR op te werken tot een C4-afvalstof. Tevens is aangetoond dat door gebruik te maken van actieve kool de uitloging van organische componenten sterk wordt gereduceerd.		

Fluorescentiepoeder

prioriteit: C huidige stortcategorie: C1		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
Multifix, Eco-K11, Euroc en Soliroc procédé (project 1993-1)	-	Vanwege de uitloging van <i>W</i> (kolomproef L/S=1) blijkt geen van de gebruikte technieken in staat om de afvalstof op te werken tot een C3-afvalstof. Ook bleek het niet mogelijk om een vormgegeven product te maken dat voldoet aan de eisen van het BSB. Dit vanwege de uitloging van <i>Sb</i> en <i>Hg</i> bij de diffusieproef.
Conclusie: Het is vooralsnog niet mogelijk om fluorescentiepoeder te immobiliseren met de genoemde koude immobilisatie-technieken tot een bouw materiaal of om het te storten in een lagere stortcategorie. Kritische parameters zijn <i>W</i> , <i>Sb</i> en <i>Hg</i> .		

Straalgrit en residuen straalgritverwerking

prioriteit A huidige stortcategorie: C2/C3		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
Multifix procédé (project 1993-4)	+/-	Voor het onderzoek is een straalgritresidu gebruikt uit de C3-stortcategorie. Vanwege de uitloging van <i>Mo</i> bleek het niet mogelijk om deze afvalstof op te werken (tot C4). Toepassing als niet-vormgegeven bouw materiaal bleek ook niet haalbaar vanwege de uitloging van <i>Cu</i> en <i>Mo</i> en de aanwezigheid van minerale olie. Wel bleek het mogelijk om een vormgegeven materiaal te maken dat qua uitloging van anorganische componenten voldoet aan de eisen voor toepassing in categorie 2 en misschien zelfs categorie 1.
Thermisch (project 1994-5)	+	Doelstelling was om gebruikt straalgrit thermisch te verwerken en om te smelten tot nieuw straalgrit. Tijdens deze verwerking verbranden de organische verontreinigingen en worden de anorganische geïmmobiliseerd. Het op deze manier gevormde secundaire straalgrit heeft dezelfde eigenschappen als nieuw straalgrit.
Conclusie: Door de samenstellingseis voor minerale olie in het BSB is het vooralsnog moeilijk om door koude immobilisatie een product te maken dat toepasbaar is als secundair bouw materiaal. Wanneer geen rekening gehouden wordt met de hoeveelheid minerale olie - of wanneer dit voor een bepaald type straalgrit onder de samenstellingseis ligt - is het goed mogelijk om een vormgegeven product te maken dat voldoet aan het BSB. Door middel van thermische verwerking is het goed mogelijk om gebruikt en verontreinigd straalgrit om te smelten tot nieuw straalgrit dat voldoet aan de technische en milieuhygiënische eisen.		

Pigmentslib

prioriteit: B huidige stortcategorie: C2		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
Multifix, Eco-K11, Euroc en Soliroc procédé (project 1993-1)	-	Vanwege de uitloging van <i>Mo</i> en <i>W</i> (kolomproef L/S=1), blijkt geen van de gebruikte technieken in staat om de afvalstof op te werken tot een C3-afvalstof. Ook bleek het niet mogelijk om een vormgegeven product te maken dat voldoet aan de eisen van het BSB. Dit vanwege de uitloging van <i>Mo</i> en <i>V</i> bij de diffusieproef.
Conclusie: Het is vooralsnog niet mogelijk om pigmentslib met de genoemde koude immobilisatietechnieken te immobiliseren tot een bouw materiaal of om het te storten in een lagere stortcategorie. Kritische parameters zijn met name <i>Mo</i> , maar ook <i>W</i> en <i>V</i> .		

Cottrellstof (afvalstof fosfor- en fosforzuurbereiding)

prioriteit: geen huidige stortcategorie: niet duidelijk, bevat zware metalen én heeft een lichte natuurlijke radioactiviteit		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
cement + depoisson (CaCl ₂) (project 1994-8)	0	Op basis van uitloging voldoet het immobilisaat aan de eisen voor deponie als C3-afvalstof.
Conclusie: Wanneer geen rekening wordt gehouden met de lichte natuurlijke radioactiviteit van cottrellstof, is het mogelijk om een immobilisaat te maken dat gestort mag worden in de C3-categorie. Op basis van de onderzoeksresultaten is het niet zeker of de volume-toename beneden de 25% blijft (de massatoename is aanzienlijk).		

Calcinaat (afvalstof fosfor- en fosforzuurbereiding)

prioriteit: geen huidige stortcategorie: niet duidelijk, bevat zware metalen én heeft een lichte natuurlijke radioactiviteit		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
cement + depoisson (CaCl ₂) (project 1994-8)	0	Op basis van uitloging voldoet het immobilisaat aan de eisen voor deponie als C3-afvalstof.
Conclusie: Wanneer geen rekening wordt gehouden met de lichte natuurlijke radioactiviteit van calcinaat, is het mogelijk om een immobilisaat te maken dat gestort mag worden in de C3-categorie. Op basis van de onderzoeksresultaten is het niet zeker of de volumetoename beneden de 25% blijft (de massatoename is aanzienlijk).		

Gecreosoteerd hout

prioriteit: geen huidige stortcategorie: ?		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
gemodificeerde actieve kool + Multifix of Soliroc (project 1994-4)	0	Door het toepassen van actieve kool kon een reductie van 60% gerealiseerd worden voor het uitloggen van PAK's en minerale olie. Wat anorganische componenten betreft, voldoen de immobilisaten aan de categorie-2-eisen van het BSB.
Conclusie: De immobilisatie is wel effectief, voor zowel organische als anorganische componenten, maar het immobilisaat voldoet niet aan de samenstellingseisen van het BSB.		

Mengsel van baggerslib en industriële slibben

prioriteit: A/B huidige stortcategorie: C3		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
thermisch (project 1995-1)	+	Doel van het onderzoek was om de genoemde afvalstoffen te smelten en uit te laten kristalliseren tot hoogwaardige vormgegeven producten. Technologisch gezien is dit goed mogelijk. De gevormde producten voldoen, qua milieuhygiënische eisen, aan die van het BSB. Nadeel zijn de hoge verwerkingskosten.
Conclusie: Thermische immobilisatie van de genoemde afvalstoffen en omzetting in hoogwaardige producten is goed mogelijk. De verwerkingskosten zijn echter vrij hoog.		

Tinas

prioriteit: geen huidige stortcategorie: ?		
onderzochte technologieën	resultaat	beschrijving en probleemcomponenten
thermisch (project 1994-9)	?	Of het materiaal voldoet aan de eisen in het BSB is niet duidelijk, aangezien het immobilisaat in het onderzoek niet hieraan getoetst is. Ook zijn er geen uitloogproeven uitgevoerd om het immobilisaat te toetsen aan het Stortbesluit.
Conclusie: Doordat het immobilisaat niet getoetst is aan het BSB is het onderzoek te onvolledig om een conclusie te kunnen trekken.		

2.3 Evaluatie

Deze evaluatie heeft betrekking op de in de vorige paragraaf genoemde projecten. Dit zijn alle tot nog toe uitgevoerde en medio 1997 afgeronde projecten uit het T-2000 programma Immobilisatie. Het betreft hier voornamelijk projecten die in de periode 1993 - 1995 zijn gestart. Allereerst komen de successen aan bod; daarna worden de knelpunten aangegeven.

Successen

In algemene zin kan worden opgemerkt dat door het T2000 programma een grote aandacht is ontstaan voor immobilisatie in het algemeen. In Nederland is inmiddels een aantal aanbieders van bindmiddelen voor koude immobilisatietechnieken actief op de markt. Daarnaast zijn er verscheidene bedrijven actief op het gebied van advisering en onderzoek. Tevens komt er een aantal initiatieven voor het opzetten en bouwen van demonstratie- en grootschalige installaties voor met name koude immobilisatie van afvalstoffen.

Zoals blijkt uit paragraaf 2.2 is het voor het grootste deel van de onderzochte afvalstoffen nog niet gelukt deze voldoende te immobiliseren. Voor een beperkt aantal probleemstoffen is het echter wel gelukt om succesvol te immobiliseren. Dit geldt voor de hiernavolgende afvalstoffen:

– *AVI-rookgasreinigingsresidu (filterkoek)*

Het is aangetoond dat door middel van koude immobilisatie AVI-rookgasreinigingsresidu (filterkoek) opgewerkt kan worden tot een C3-afvalstof (vóór immobilisatie is dit een C2-afvalstof).

– *Zuurteer*

Door middel van neutralisatie en immobilisatie met Olivijn en Multifix kan zuurteer worden opgewerkt tot een C4 afvalstof (oorspronkelijk C1). Het percentage bindmiddel en Olivijn dat is toegevoegd is zo'n 40% (m/m). Uit het onderzoek komt echter niet naar voren of de volumetoename onder de vereiste 25% blijft. Vanwege de hoeveelheid organische verontreinigingen (en de samenstellingseis voor organische verontreinigingen in het BSB) kan het geïmmobiliseerde zuurteer niet als bouwstof worden toegepast.

– *Grondreinigingsresidu (C3-afvalstof)*

Door middel van immobilisatie met Multifix en een toeslag van gemodificeerde actieve kool blijkt het mogelijk te zijn een immobilisaat te maken dat voldoet aan de eisen voor storten in de C4-categorie.

– *Straalgritresidu*

Door middel van thermische verwerking is het goed mogelijk om gebruikt en verontreinigd straalgrit om te smelten tot een product dat kan worden hergebruikt als straalgrit. Het product voldoet ruimschoots aan de uitloogeisen van het Bouwstoffenbesluit, categorie 1. Wat de technische eigenschappen betreft, is het vergelijkbaar met primair (nieuw) straalgrit.

– *Cottrellstof en Calcinaat*

Deze afvalstoffen die vrijkomen bij de bereiding van fosfor en fosforzuur kunnen goed worden geïmmobiliseerd door gebruik te maken van cement en CaCl_2 . Wat betreft de uitloging voldoen de immobilisaten aan de eisen voor storten in de C3-categorie. Op basis van de onderzoeksresultaten is het niet zeker of de volumetoename beneden de 25% blijft; de massatoename is aanzienlijk.

– *Baggerslib en industriële slibben*

Thermische omzetting van de genoemde afvalstoffen in hoogwaardige producten, die volledig aan de milieuhygiënische eisen voldoen, is goed mogelijk. De verwerkingskosten zijn echter vrij hoog en in de orde van NLG 700 per ton.

Verder is in het T2000 programma aangetoond dat het bijmengen van kleine hoeveelheden (ca. 2%) *gemodificeerde actieve kool* de uitloging van organische bestanddelen substantieel (tot 90%) kan reduceren. Tevens blijkt dat door de koolstoftoevoeging ook enkele metalen minder sterk uitlogten.

Bij het immobiliseren van sulfaatrijke afvalstoffen ontstaan problemen met betrekking tot de verharding van het immobilisaat. Dit komt omdat er in de loop van de tijd expansieve mineralen (Ettringiet) ontstaan, waardoor er scheuren in het immobilisaat ontstaan. In één van de T2000 onderzoeken is aangetoond dat door gebruik van *aluminiumcement* deze verhardingsproblemen veel minder optreden. Dit komt doordat bij toepassing van aluminiumcement de vorming van expansieve minera-

len in een veel vroeger stadium (voordat het immobilisaat is verhard) en in veel mindere mate plaatsvindt. Behalve dat aluminiumcement meer geschikt is voor sulfaatrijke afvalstoffen is het ook beter in staat om chlorides aan zich te binden, alhoewel dit onvoldoende is voor chloriderijke afvalstoffen als AVI-vliegas.

Knelpunten

Het grootste technologische knelpunt bij koude immobilisatie is dat **anionen** zoals Br, Cl en oxy-anionen als SO_4 en MoO_4 onvoldoende worden geïmmobiliseerd. Dit komt omdat deze componenten moeilijk chemisch gebonden worden. Fysische binding vindt wel plaats, maar is over het algemeen niet voldoende. Hierdoor is het zeer moeilijk om door middel van immobilisatie afvalstoffen (die deze componenten bevatten) op te werken tot bouwstoffen die voldoen aan de eisen die gesteld zijn in het BSB. Het gaat hier om afvalstoffen als AVI-vliegas, vliegas van de verbranding van gevaarlijk afval, rookgasreinigingsresiduen, en dergelijke.

Een mogelijke oplossing is het vooraf verwijderen van deze probleemcomponenten door middel van een voorbereidingsstap. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de door TNO ontwikkelde *wasmethode* [26]. Bij deze wasmethode komen de chloriden, bromiden, molybdeen en voor een deel ook de sulfaten en enkele zware metalen in het waswater terecht. Dit waswater mag niet direct geloosd worden, maar moet eerst behandeld worden. Vanwege de aanwezigheid van Cl en Br, mag lozing (ook na behandeling) niet plaatsvinden op binnenwateren, maar slechts op brak water en in zee.

Gezien de hierboven genoemde problematiek (“wet van behoud van ellende”) en het feit dat de genoemde anionen wel in zeewater voorkomen, zou een mogelijke oplossing ook kunnen worden gezocht in de heroverweging van de normering in het Bouwstoffenbesluit ten aanzien van deze componenten, in het licht van ecotoxiciteitsgrenswaarden.

Een ander knelpunt is dat er in het BSB nog geen normen beschikbaar zijn voor het uitloging van **organische componenten**. Omdat er momenteel nog een samenstellingseis van kracht is, wordt het moeilijk - of soms zelfs onmogelijk - om afvalstoffen die rijk zijn aan organische verontreinigingen, zoals zuurteer of grondreinigingsresidu, via koude immobilisatie op te werken tot een nuttig toepasbare bouwstof. In het T2000 onderzoek is al wel aangetoond dat de uitloging van organische verontreinigingen kan worden teruggedrongen, bijvoorbeeld door gebruik te maken van actieve kool. Het verdient vanuit het oogpunt van immobilisatie dan ook aanbeveling om er naar te streven om ook organische componenten te beoordelen op basis van uitlooggedrag (in plaats van op basis van samenstelling).

Dit knelpunt doet zich bij thermische immobilisatie niet voor, omdat in dat geval organische componenten worden afgebroken.

Uit de onderzoeken komt verder naar voren dat tot nog toe met “koude immobilisatie” over het algemeen **geen hoogwaardige** bouwproducten gemaakt worden. De druksterkte van de geproduceerde immobilisaten is vaak te laag voor de hoogwaar-

dige toepassingen, zoals bijvoorbeeld toeslagmateriaal in beton en dergelijke. Meestal blijft het bij nuttige toepassingen als ophoogmateriaal voor wegen.

Thermisch immobilisatie leidt over het algemeen wel tot hoogwaardige bouwmaterialen en -producten die voldoen aan de civieltechnische en milieuhygiënische eisen. Het grote nadeel hiervan is echter dat de **verwerkingskosten** hoog zijn. Vooral wanneer slibachtige afvalstoffen worden verwerkt, kunnen de energiekosten bijzonder hoog oplopen, aangezien het aanwezige water verdampt moet worden.

3. Immobilisatieprojecten buiten het T2000 programma

In hoofdstuk 2 is naar voren gekomen dat, in het kader van de T2000 regeling, een groot aantal projecten is uitgevoerd met het oog op de ontwikkeling van immobilisatieprocessen. Echter, ook buiten het T2000 programma om hebben de ontwikkelingen niet stilgestaan. Het merendeel van deze projecten is vertrouwelijk en meestal worden de resultaten dan ook niet vrijgegeven. In dit hoofdstuk wordt een aantal projecten, waarvan wel het één en ander bekend is, beschreven. Vanwege de genoemde redenen is dit overzicht niet volledig.

3.1 Zwavelimmobilisatie (TNO-MEP)

In het kader van T2000 is een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar de immobiliseerbaarheid van een mengsel van AVI-vlieggas en rookgasreinigingsresidu met zwavel (zie hoofdstuk 2.1). Hieruit kwam naar voren dat granuleren en immobiliseren voor deze afvalstoffen niet een voldoende mate van immobilisatie biedt. Ook de toepassing van een zwavel-immobilisaat van deze afvalstoffen in vormgegeven toestand is niet haalbaar gebleken.

Naast de genoemde projecten binnen T2000 heeft TNO ook onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheid van immobilisatie van baggerspecie en fluorescentiepoeder met behulp van vloeibare zwavel.

Baggerspecie (met name met kwik verontreinigd) is met zwavel zodanig te immobiliseren dat er een C4-afvalstof ontstaat en als categorie-1-bouwstof mag worden toegepast. De toegepaste techniek die hierbij is gebruikt, is vergelijkbaar met de in het T2000 onderzoek gebruikte techniek (project 1993-6). Met name metallisch kwik blijkt in vloeibare zwavel chemisch te worden vastgelegd in de vorm van kwiksulfide.

In een ander onderzoek is een mengsel van drie fluorescentiepoeders met zwavel geïmmobiliseerd en alleen op stortcategorie beoordeeld. Vóór immobiliseren is het poeder een C1-afvalstof, terwijl dit na immobiliseren een C3-afvalstof is (voor wat betreft kwik voldoet het immobilisaat zelfs aan de C4-eisen).

3.2 Stabilisatie/immobilisatie van zeefzand (TNO en BRC)

Door TNO is de stabilisatie van zeefzand met behulp van cement onderzocht [28]. Het doel van het onderzoek was in principe een categorie-1-bouwstof te maken. Hiervoor is met name veel aandacht besteed aan de binding van sulfaat. Dit is niet in alle gevallen in voldoende mate te binden. Met bepaalde toeslagmiddelen kan echter wel een beter resultaat worden verkregen.

Een ander probleem in zeefzand is de aanwezigheid van Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK's). Volgens de vigerende regels moeten deze organische componenten op samenstelling worden beoordeeld. Met het oog op de effectiviteit van het immobilisatieproces is het echter relevanter om, ook wat de PAK's

betreft, op uitloging te beoordelen. Uit het onderzoek komt naar voren dat de uitloging van PAK's uit zeefzand fors kan worden teruggebracht door te immobiliseren met cement en een speciaal additief.

Tijdens de onderzoeken kwam naar voren dat ook cyanide in redelijke hoeveelheden uitloogde. Deze uitloging viel niet te verklaren uit de samenstelling van de gebruikte materialen (zeefzand, cement en additief). Uit nader onderzoek is gebleken dat de cyanide hoogst waarschijnlijk is gevormd tijdens de uitvoering van de uitloogproef, onder aanwezigheid van salpeterzuur (HNO_3).

3.3 Stabilisatie/immobilisatie van gieterijzand (Vandofix)

Door de bedrijven “Verhoeve en Faber” en “Vissers Milieutechniek”, “de Vries en van der Wiel” is een proefproject uitgevoerd naar immobilisatie/stabilisatie van vormzand met behulp van het bindmiddel Vandofix. Het geïmmobiliseerde vormzand is hierbij nuttig toegepast als funderingsmateriaal voor een rotonde in Doetinchem. Verdere informatie hierover ontbreekt.

3.4 Immobilisatie van mengsels van AVI-vliegas, AVI-RGRR en hydroxydeslibben (VBM)

Het bedrijf VBM (een samenwerkingsverband van AVR, Troost en Grontmij) is op dit moment bezig met de ontwikkeling van een procédé voor de koude immobilisatie van mengsels van AVI-vliegas, AVI-RGRR en hydroxydeslibben (galvano) op basis van cement en additieven. Doelstelling hierbij is om deze C2-afvalstoffen te immobiliseren tot C3-afvalstoffen. De installatie, op commerciële schaal, is inmiddels in bedrijf. Het is niet precies duidelijk wat de immobilisatieresultaten zijn. De meest problematische elementen zijn ook hier Mo, Br en Cl.

3.5 Immobilisatie van AVI-vliegas met het TRI-brick-systeem (Feniks)

Door de Recycling Maatschappij Feniks B.V., NV Huisvuilcentrale Noord Holland en de Winterswijkse Steen- en Kalkgroeve B.V. is een koud immobilisatieprocédé (het TRI-Brick-procédé) ontwikkeld voor de opwerking van AVI-vliegas. Het procédé bestaat uit een toevoeging van toeslagstoffen aan de AVI-vliegas in combinatie met een aantal immobilisatiestappen. Het mengsel bestaat voor tenminste 50% uit vliegas. De immobilisatiestappen bestaan uit mengen, het onder hoge druk samenpersen van het mengsel tot vaste elementen en vervolgens de verharding door een hydrothermale behandeling. Het geïmmobiliseerde product wordt gebroken tot de gewenste korrelgradatie en als laatste stap gewassen om de resterende uitloogbare zouten (o.a. bromide) vergaand te verwijderen.

In 1996 is een demonstratieproject afgerond met een proefproductie van 10 ton eindproduct. Hieruit bleek dat een secundaire bouwstof kon worden geproduceerd dat voldoet aan de N2-categorie-eisen van het Bouwstoffenbesluit en dat voldoet

aan civieltechnische eisen voor een toepassing als funderings- of ophoogmateriaal in de wegenbouw. De netto verwerkingskosten liggen op ca. NLG 250 per ton.

3.6 POSW projecten

In het kader van het POSW (Programma Ontwikkeling Sanering Waterbodems) is een aantal projecten uitgevoerd op het gebied van de immobilisatie van baggerspecie. Dit programma stimuleert de ontwikkeling van milieuvriendelijke bagger- en verwerkingstechnieken voor de sanering van verontreinigde waterbodems. Het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) is belast met de coördinatie van de POSW. In dit kader zijn o.a. de hierna genoemde projecten uitgevoerd.

Thermische verwerking van baggerspecie (Hollandia/Hölter)

In het kader van POSW is onderzoek verricht naar verwerkingstechnieken waarmee toxische stoffen chemisch kunnen worden omgezet in niet-schadelijke verbindingen of waarbij bindingen tussen verontreinigingen en slibdeeltjes chemisch kunnen worden losgemaakt. In dit verband is een evaluatie uitgevoerd van technieken die kansrijk worden geacht voor de thermische reiniging van baggerspecie bij een temperatuur < 1000 °C [17]. De evaluatie gaat in op het technisch concept, het functioneren in de praktijk, milieuaspecten, nuttige toepassing van gereinigde baggerspecie en verwerkingskosten.

Thermische reiniging is mogelijk voor zand dat is afgescheiden uit baggerspecie, maar nog zodanig is verontreinigd dat directe afzet na de scheidingsstap niet mogelijk is, en voor de verontreinigde slibfractie van baggerspecie. Hierdoor kan thermische reiniging als volgt in een verwerkingsketen voor verontreinigde baggerspecie worden ingepast:

- baggeren en transport
- zand afscheiden
- thermische reiniging van zand
- ontwateren en drogen van de slibfractie
- thermische reiniging van de slibfractie

In het project zijn technieken onderzocht als

- verbranding (grond en RWZI slib),
- gasfase desorptie (grond),
- pyrolyse (grond) en
- partieel smelten (grond, niet in Nederland).

Bij de beoordeling is meegenomen dat het proces redelijk snel inzetbaar moest zijn. Daarnaast zijn de milieuaspecten en het mogelijke hergebruik of nuttige toepassing van de ontstane producten onderzocht. Tenslotte zijn de kosten van de verwerking in kaart gebracht.

De belangrijkste conclusie van het onderzoek is dat verwerking van baggerspecie met een techniek zoals die gangbaar is bij grondreiniging in Nederland technisch/economisch het meest kansrijk is. De verwerkingskosten zullen in dit geval maximaal f 150,- per ton bedragen. Als voornaamste voordeel voor deze conclusie wordt de vrijwel volledige afbraak van organische verontreinigingen gezien. Het voornaamste nadeel is dat de zware metalen vrijwel niet worden geïmmobiliseerd.

De productie van kunstbasalt uit verontreinigde baggerspecie

Het POSW-rapport betreffende onderdeel 4 van fase II [18] beschrijft een haalbaarheidsstudie naar het smelten van baggerspecie en zuiveringsslib. In deze studie zijn een inventarisatie van de tot dan toe bestaande thermische verwerkingstechnieken, experimenteel onderzoek naar smelten/kristalliseren en de ontwikkeling van een basis-ontwerp voor een installatie voor het smelten meegenomen.

Op basis van eerdere ervaringen is geconcludeerd dat nuttige toepassing van producten van thermische processen mogelijk is. De toepassing van een product van thermische behandelingswijze is bijna altijd in de vorm van granulaat of kunstgrind. De afzetmogelijkheden hiervan liggen voornamelijk in asfalt- of cementbeton. De uitloogkarakteristiek van asfalt- en cementbeton is zodanig dat het zonder voorzieningen mag worden toegepast. De toepassing van ongebonden product is echter onzeker (vermoedelijk alleen als categorie-2 bouwstof).

Met een thermische behandeling worden in principe de organische componenten afgebroken en de zware metalen effectief geïmmobiliseerd. Hierdoor zijn deze technieken breed inzetbaar.

Door toevoeging van een kristallisatiestap aan een smeltstap kan een met natuurlijk basalt vergelijkbaar materiaal ontstaan. De toepassing als granulaat lijkt zeer wel mogelijk. Er wordt echter de voorkeur gegeven aan een toepassing als vormgegeven product (monoliet). Dit is met name bij de kristallisatiestap erg praktisch. Op basis van de uitgevoerde klein- en grootschalige smeltproeven is een basis-ontwerp voor een proces gemaakt.

Koude immobilisatie van baggerspecie met Domofix (Tauw Infra Consult)

In dit onderzoek is het milieutechnisch onderzoek naar de toepassing van het Domofix-procédé beschreven [19]. Met behulp van dit procédé kunnen verontreinigingen in baggerspecie en zuiveringsslib worden geïmmobiliseerd. Het procédé beoogt met specifieke toevoegingen zowel een fysische als een chemische vastlegging van verontreinigingen te bewerkstelligen. Uiteindelijk is het belangrijkste doel dan ook dat het behandelde slib als bouwstof ingezet kan worden.

Het rapport beschrijft milieuhygiënisch onderzoek (beschikbaarheid, kolomproef, diffusieproef volgens NVN 2508) aan behandeld en onbehandeld slib. In het onderzoek zijn vier verschillende slibmonsters onderzocht. Naast de genoemde uitloogproeven is ook een éénstaps schudproef voor de bepaling van de uitloging van organische componenten uitgevoerd. Voor zover dit mogelijk is, is in alle gevallen een immobiliserendement berekend.

De belangrijkste conclusies zijn:

- De PAK-samenstelling is in bijna alle gevallen te hoog.
- Als alleen op basis van uitloging van anorganische componenten wordt beoordeeld, mogen alle geïmmobiliseerde slibben als categorie-1-bouwstof worden toegepast (in vormgegeven toestand).
- Op basis van de uitloging als niet-vormgegeven bouw materiaal zouden 3 van de 4 materialen niet als bouwstof mogen worden toegepast.

Sinteren van baggerspecie volgens het Ecogrind procédé (Ecotechniek)

Bij het procédé wordt baggerspecie, eventueel samen met zuiveringsslib, gepyrolyseerd zuiveringsslib en de as van verbrand zuiveringsslib thermisch verwerkt.

Hierbij wordt kunstgrind geproduceerd dat ook wel Ecogrind wordt genoemd. De Ecogrind installatie is speciaal gericht op de verwerking van baggerspecie klasse IV met verontreinigde toeslagstoffen [20, 21].

Het hart van de installatie wordt gevormd door een trommeloven waarin gegraneerde baggerspecie wordt verhit tot ca. 1200 °C. Hierdoor sinteren de aanwezige kleimineralen en smelt het kwarts. Het eindproduct bestaat uit samengesmolten korrels met een hoge sterkte en een lage wateropneming door de verglaasde huid.

De voorbehandeling is van cruciaal belang bij dit proces. Met name het zandgehalte moet laag genoeg zijn omdat het proces gericht is op het sinteren van 'lichte' klei met een zandgehalte tussen de 20 en 40%. Dit wordt in het proces bewerkstelligd door het zand en de klei volledig te scheiden. Na deze scheiding wordt het zand in de gewenste hoeveelheid bijgemengd.

Bij het proces ontstane rookgas wordt door een cycloon gehaald, naverbrand, gekoeld, gefilterd, gewassen (zuur en basisch) en door actief kool geleid. Hiermee worden achtereenvolgens grof stof, onverbrande delen, fijn stof, gassen (Cl en F) en zware metalen, SO_x en kwik en eventuele organische verontreinigingen uit het rookgas verwijderd.

Bij de voorscheiding komt een aantal reststoffen vrij die, afhankelijk van de aard van het aangeboden slib, al dan niet moet worden gestort. Het betreft een flinke hoeveelheid zand en wat grof materiaal (zoals grind, schelpen, puin e.d.). Bij de rookgasreiniging komt zo'n 5 kg vliegas (sterk vervuild) en 1 kg slib (calciumsulfaat) per ton baggerspecie vrij. Deze laatste twee stromen zijn vervuild met vluchtige metalen.

Naast de genoemde reststoffen komt er ook een hoeveelheid afvalwater vrij. Het grootste deel hiervan komt vrij bij de mechanische ontwatering en het drogen van het slib. Dit wordt vóór lozing gereinigd door middel van nitrificatie/denitrificatie. Het bij de rookgasreiniging gebruikte water wordt voornamelijk gerecicleerd na neutralisatie en flocculatie.

Als toepassingsmogelijkheid voor het Ecogrind wordt vooral gedacht aan grindvervanger in asfaltbeton. Door de sintering in het proces is dit milieuhygiënisch haalbaar. Wordt aan andere toepassingen zoals in cementbeton gedacht, dan is met name de uitloging van arseen, molybdeen, vanadium en antimoon kritisch. Dit

komt omdat voor deze laatste toepassing bij minder hoge temperatuur wordt gesinterd, waardoor een meer poreuze korrel ontstaat.

4. Samenvatting van de regelgeving op het gebied van immobilisatie

In algemene zin is het overheidsbeleid er op gericht om afvalstoffen zoveel mogelijk te voorkomen, te hergebruiken, nuttig toe te passen of te verwijderen onder omzetting in energie (de ladder van Lansink). Pas indien geconcludeerd wordt dat nuttige toepassing onmogelijk is (zelfs na bewerking of immobilisatie) mag uiteindelijk worden gestort. Voor diverse afvalstoffen (waarvoor een andere verwerkingstechniek of immobilisatie haalbaar wordt geacht) zijn er zelfs stortverboden geformuleerd voor de onbewerkte afvalstof. In de inventarisatie van afvalstoffen (hoofdstuk 5) wordt aangegeven voor welke stoffen dit het geval is.

Zowel op de immobilisatieprocessen als op de vervaardigde immobilisaten zijn verschillende juridische kaders van toepassing. In een aantal gevallen is er sprake van een samenloop van wettelijke regelingen.

In het algemeen staat de overheid in de navolgende gevallen positief tegenover immobilisatie. Tevens kan dit worden gelezen als één van de doelstellingen van het T-2000 deelprogramma Immobilisatie. De voorwaarden zijn dat:

- afvalstoffen op deze wijze nuttig kunnen worden toegepast (als bouwstof) waarbij het uitlooggedrag binnen de grenzen van de milieuhygiënische criteria blijft;
- het uitlooggedrag van gevaarlijke afvalstoffen op deze wijze wordt beperkt, zodat deze afvalstoffen kunnen worden gestort op een C3-stortplaats (terugdringen van het storten van C2-afvalstoffen).

Het milieubeleid staat echter wat kritischer tegenover bijvoorbeeld bodemsanering door in-situ immobilisatie omdat hiermee de multifunctionaliteit van de bodem niet wordt hersteld en er nog weinig ervaring is met de beheersbaarheid van een locatie op lange termijn.

In het hiernavolgende wordt in paragraaf 4.1 nader ingegaan op de verschillende regelgevingstechnische aspecten, die betrekking hebben op het immobilisatieproces als zodanig (met name ten aanzien van vergunningen en bevoegde gezagen). In paragraaf 4.2 wordt vervolgens ingegaan op de milieuhygiënische randvoorwaarden die worden gesteld aan de immobilisaten (met het oog op respectievelijk nuttige toepassing en storten).

4.1 Regelgeving met betrekking tot immobilisatie-activiteiten

Er zijn vier subgroepen van immobilisatie-activiteiten te onderscheiden:

- **Immobilisatie door rechtstreekse toepassing in een (vormgegeven) bouw-materiaal**

Het onbewerkt toepassen van afvalstoffen als toeslagmateriaal in beton of

wegverharding waarbij het immobilisaat ontstaat door bindmiddelen (bijv. cement, bitumen, polymeren).

– **Immobilisatie tot een (vervangende) grondstof voor toepassing in bouwproducten of werken**

Het eerst immobiliseren van afvalstoffen (bijv. thermisch, chemische fixatie) waarna ze vervolgens kunnen worden toegepast in bouwproducten.

– **Immobilisatie ten behoeve van storten**

Het immobiliseren van gevaarlijk afval met als oogmerk modificatie van het uitlooggedrag teneinde storten in een lichter stortregime mogelijk te maken.

– **In-situ immobilisatie van verontreinigde grond**

Het inbrengen van fixatiemiddelen in de bodem waardoor verontreinigen worden vastgelegd.

Voor elk van de hierboven genoemde subgroepen zal de regelgeving voor wat betreft de immobilisatie-activiteiten hieronder nader worden uitgewerkt.

Regelgeving m.b.t. immobilisatie door rechtstreekse toepassing in een bouw-materiaal

Ten aanzien van het proces kunnen twee situaties worden onderscheiden:

1. Het proces vindt plaats binnen een inrichting (bijv. betonfabriek, betonmortel-centrale);
2. Het proces vindt plaats door vormgeving op de bouwlocatie (bijv. wegenbouw).

Het proces vindt plaats binnen een inrichting

In het Inrichtingen en vergunningenbesluit (Ivb) Wet milieubeheer wordt aangegeven welke categorieën van inrichtingen in beginsel een milieuvergunning (Wm vergunning) nodig hebben. In de vergunning worden milieueisen gesteld aan de bedrijfsactiviteiten, processen en installaties.

Alle inrichtingen waar bedrijfsafvalstoffen of gevaarlijk afval (zoals aangewezen in het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen, BAGA) worden opgeslagen dan wel worden bewerkt of verwerkt zijn vergunningplichtig.

De gemeente is het bevoegd gezag indien het gaat om de opslag, bewerking of verwerking van afvalstoffen die afkomstig zijn uit de eigen inrichting. Voor het **storten** van afvalstoffen binnen de eigen inrichting is de provincie het bevoegd gezag (Leemtewet).

De provincie is bevoegd gezag indien het de opslag, bewerking of verwerking van van buiten de inrichting afkomstige afvalstoffen betreft. Als in een inrichting beide situaties voorkomen rust het bevoegd gezag altijd bij de provincie.

Omdat het bij van buiten de inrichting afkomstige afvalstoffen mede gaat om afgifte en ontvangst van bedrijfsafvalstoffen of gevaarlijk afval gelden hier ook de regels uit de Provinciale milieuverordening (Pmv) en de Provinciale verordening bedrijfsafvalstoffen (Vba) met betrekking tot het vervoer, afgifte en ontvangst van afvalstoffen.

Bouwstoffen die geen afval zijn mogen vrij worden vervoerd. Ten aanzien het begrip grondstof versus afvalstof zijn in het Meerjarenprogramma Gevaarlijke Afvalstoffen II de criteria aangegeven in bijlage XII [22].

Het proces vindt plaats door vormgeving op de bouwlocatie

Een bouwlocatie is geen inrichting in de zin van de Wet milieubeheer. In het Ivb (artikel 28.3, lid c) is de rechtstreekse, milieuhygiënisch verantwoorde toepassing¹ van bedrijfsafval (niet zijnde gevaarlijk afval of afgewerkte olie) in GWW-werken uitgezonderd van de vergunningplicht voor werken.

Ten aanzien van het transport en afgifte van afvalstoffen gelden weer de Pmv en Vba. Bouwstoffen die geen afval zijn, mogen vrij worden vervoerd.

Regelgeving m.b.t. immobilisatie tot een (vervangende) grondstof voor de bouw

In de regel zullen bovengenoemde processen plaatsvinden in inrichtingen waarvoor evenals bij 2.1 een vergunningplicht geldt. De processen vallen onder de categorie 28.4.c van het Ivb:

- Het ontwateren, microbiologisch of anderszins biologisch of chemisch omzetten, agglomereren, mechanisch, fysisch of chemisch scheiden, mengen, verdichten of thermisch behandelen -anders dan verbranden- van van buiten de inrichting afkomstige bedrijfsafvalstoffen;
- Het bewerken, verwerken of vernietigen -anders dan verbranden- van van buiten de inrichting afkomstige gevaarlijke afvalstoffen.

Voor deze inrichtingen is altijd de provincie het bevoegd gezag. In de vergunningsprocedure zal de provincie mede rekening houden met de Pmv en Vba voor zover het het vervoer, afgifte/ontvangst en doelmatige verwijdering van afvalstoffen betreft.

Regelgeving m.b.t. immobilisatie ten behoeve van storten

De wettelijke voorschriften zijn niet anders dan hierboven is aangegeven m.b.t. grondstoffen voor de bouw. Wel is het zo dat het Meerjarenplan Gevaarlijke Afvalstoffen II stelt dat voor het storten van afval het volume van een afvalstof ten gevolge van immobilisatie niet meer dan 25 % mag toenemen. Deze eis kent echter geen wettelijke grondslag maar kan wel door het bevoegd gezag worden opgenomen in de vergunningverlening voor inrichtingen die afval bewerken met het oog op verlichting van het stortregime.

Immobilisaten die op grond van het Bouwstoffenbesluit niet nuttig kunnen worden toegepast, moeten worden gestort. In die gevallen is het Stortbesluit bodembescherming van toepassing, evenals de Grenswaardennotitie (voor zover het gevaarlijke afvalstoffen betreft). Het Bouwstoffenbesluit ziet niet toe op het op of in de bodem brengen van van buiten de inrichting afkomstige bedrijfsafvalstoffen of gevaarlijke afvalstoffen om deze stoffen daar te laten (stortplaatsen). Op grond van het Ivb is de provincie de vergunningverlener voor dergelijke inrichtingen. IBC-

¹ Strikt genomen heeft deze bepaling alleen betrekking op de toepassing (het product) en niet op de bewerking op de bouwlocatie.

criteria voor stortplaatsen voor gevaarlijk C3-afval worden gegeven in het Stortbesluit bodembescherming. Het betreft eisen aan de afdichting van stortplaats met het oog op het voorkomen van bodem- en oppervlaktewaterverontreiniging door percolatie. Voor stortplaatsen voor C2-afval en geïmmobiliseerd C2-afval worden momenteel aanvullende voorwaarden geformuleerd.

Regelgeving m.b.t. in-situ immobilisatie van verontreinigde grond

Ten aanzien van de in-situ immobilisatie van verontreinigde grond zal in het saneringsonderzoek steeds een afweging moeten worden gemaakt tussen de alternatieven 'herstel van de multifunctionaliteit' en 'isoleren, beheersen en controleren'. In dit laatste geval blijft de verontreiniging in de bodem, maar blootstelling van de mens en verspreiding in de bodem worden tegen gegaan. In dit geval kan gekozen worden uit drie groepen van isolatiemethoden: civieltechnisch isoleren, geohydrologisch isoleren en chemisch fysisch immobiliseren. Bij de saneringskeuze zal steeds een afweging moeten worden gemaakt tussen kosten en doelmatigheid. De maatregel moeten zodanig zijn ontworpen dat een beheersbare situatie in de toekomst gegarandeerd wordt, gegeven het huidige gebruik van de locatie. De duurzame instandhouding van de isolatievoorzieningen is daarbij maatgevend.

In de Wet bodembescherming (art 28) is opgenomen dat wanneer handelingen worden verricht ten gevolge waarvan de bodemverontreiniging wordt verminderd of verplaatst daarvan melding moeten worden gedaan bij provincie. De melding houdt in het verstrekken van gegevens over de kwaliteit van de bodem en het tijdstip waarop de handeling zal plaatsvinden. Bij verplaatsen tevens de bestemming en de wijze waarop reiniging geheel of gedeeltelijk zal plaatsvinden. Indien het een geval van ernstige bodemverontreiniging betreft moet tevens een saneringsplan worden overlegd. Het begrip ernstige verontreiniging is kwantitatief vastgelegd in de Circulaire 'Interventiewaarden bodemsanering'.

De "Leidraad bodembescherming" behoudt zijn gelding naast de nieuwe Saneringsregeling Wet bodembescherming. De leidraad vormt een richtlijn voor de saneringspraktijk.

4.2 Milieuhygiënische eisen, die worden gesteld aan immobilisaten

Zoals al vermeld, dienen immobilisaten te voldoen aan een aantal milieuhygiënische randvoorwaarden. Welke randvoorwaarden dit zijn hangt er van af of immobilisatie wordt aangewend om afvalstoffen om te zetten in een bouwstof of om ze te kunnen storten in een lagere stortcategorie. Voor de eerste groep geldt het Bouwstoffenbesluit [25] en voor de tweede groep het Stortbesluit bodembescherming (met daaraan gekoppeld de Grenswaardennotitie storten van gevaarlijk afval [24]). Deze notitie wordt geactualiseerd, waarbij voor immobilisaten aanvullende voorzieningen worden opgenomen.

Eisen, die worden gesteld aan immobilisaten, met het oog op nuttige toepassing

De milieuvergunning ziet niet toe op de milieuhygiënische kwaliteit van een bouwstof c.q. bouwproduct. In het Bouwstoffenbesluit [25] worden regels gegeven omtrent het toepassen van steenachtige bouwstoffen met het oog op de bescherming van bodem, grondwater en oppervlaktewater. De algemene zorgplicht voor de bodem en het bewaren van de multifunctionele bodemkwaliteit ligt vast in de Wet Bodembescherming (deze algemene voorschriften hebben dus ook betrekking op het toepassen van niet-steenachtige bouwstoffen).

Het Bouwstoffenbesluit richt zich alleen tot de gebruiker van de bouwstof, deze moet aan het bevoegd gezag (in de regel de gemeente of de waterkwaliteitsbeheerder) aantonen dat bij de toepassing aan de kwaliteitsvoorschriften wordt voldaan. Van belang is dat een bouwstof met een erkende kwaliteitsverklaring wordt geacht te voldoen aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit. Certificering van de door de producent op de markt te brengen bouwstoffen is hiervan een logisch gevolg. Het Bouwstoffenbesluit treedt naar verwachting volledig in werking met ingang van 1 januari 1999. Tot dat tijdstip geldt het IPO-interimbeleid dat min of meer aansluit op de milieuhygiënische eisen van het Bouwstoffenbesluit. Onder het IPO-interimbeleid is echter de provincie (droge toepassing) en Rijkswaterstaat (natte toepassing) het bevoegd gezag. Het toepassen van immobilisaten zal dan ook tot de inwerkingtreding van het Bouwstoffenbesluit gemeld moeten worden aan deze instanties. In de praktijk blijken de verschillende provincies niet exact eender om te gaan met de randvoorwaarden die worden gesteld aan bouwstoffen waarin secundaire grondstoffen (lees immobilisaten) zijn verwerkt.

De eisen die het Bouwstoffenbesluit stelt aan de toepassing van (geïmmobiliseerde) afvalstoffen als bouwstof, hebben betrekking op immissie en samenstelling:

- De *immissie* in de bodem ten gevolge van het uitlogen van anorganische componenten moet liggen beneden de zogenaamde maximaal toelaatbare immissiewaarden (mti). In bijlage 3 is een overzicht gegeven van deze mti's. Bij het vaststellen van deze normen is men uitgegaan van het principe van "marginale bodembelasting", wat inhoudt dat de bovenste meter van de bodem ten gevolge van de toepassing van bouwstoffen in 100 jaar niet meer mag worden vervuild met bepaalde anorganische componenten dan met 1% van het daar van nature al in aanwezige gehalte aan die component (de streefwaarde bodem). De feitelijke immissiewaarde ten gevolge van een uitloging uit een nuttige toepassing wordt berekend op basis van het resultaat van een uitloogproef, informatie over de laagdikte waarin het bouw materiaal wordt toegepast en het type toepassing (al dan niet voorzien van isolerende voorzieningen; al dan niet onder maaiveld toegepast).
- Het gehalte aan organische verontreinigingen mag niet hoger zijn dan de zogenaamde *samenstellingseis* (S). Aangezien voor organische verbindingen nog geen geschikte uitloogproeven voorhanden zijn, worden er eisen gesteld aan de samenstelling. In bijlage 3 worden deze samenstellingseisen gegeven voor de

meest voorkomende organische verontreinigingen.

Consequentie van deze eis ten aanzien van immobilisatie is dat het geen zin heeft om afvalstoffen met gehaltes aan organische verontreinigingen boven de samenstellingseis te immobiliseren met als doel nuttige toepassing.

Het Bouwstoffenbesluit deelt bouwmaterialen in twee categorieën in:

Categorie 1-bouwstof: een bouw materiaal in een werk dat geen van de samenstellings- en immissiewaarden (S en I) van de verschillende verbindingen overschrijdt. Deze bouwmaterialen mogen zonder (aanvullende) milieubescherpende voorzieningen toegepast worden. Een toepassing van grond als categorie-1-bouwstof dient vooraf aan het bevoegd gezag te worden gemeld; voor andere categorie-1-bouwstoffen geldt geen meldingsplicht.

Categorie 2-bouwstof: een bouw materiaal dat, net als categorie 1-bouwstoffen, geen van de samenstellingswaarden (S) overschrijdt. Als er geen extra, voorgescreven isolatiemaatregelen worden genomen is de uitgerekende immissiewaarde groter dan de mti. Mèt isolerende voorzieningen blijft de uitgerekende immissie onder de voorgeschreven maximaal toelaatbare immissiewaarden (mti). Deze isolerende voorzieningen bestaan er uit dat de bouwstof minimaal 0,5 meter boven het grondwater moet worden toegepast en van bovenaf waterdicht moet worden afgesloten (door middel van folie of zand-bentonietlaag). Verder geldt in alle gevallen een meldingsplicht en worden eisen gesteld aan de minimaal aaneengesloten toe te passen hoeveelheden.

Om de immissiewaarde van een bouw materiaal voor anorganische uitloging te bepalen, moet een uitloogproef worden uitgevoerd. Bij deze uitloogproeven is een onderscheid gemaakt tussen *vormgegeven* en *niet-vormgegeven* bouwstoffen. In het eerste geval wordt de uitloging bepaald met behulp van de diffusieproef. Voor niet-vormgegeven materialen wordt de kolomproef ($L/S=10$) gebruikt. De uitloogproeven staan beschreven in NEN 7340. De gevonden uitloogwaarden (*emissie*) worden daarna, met behulp van een formule, waarin de toepassingswijze van het materiaal is meegenomen, omgerekend naar immissiewaarden (van het bouw materiaal).

Uit het bovenstaande is duidelijk dat op basis van de immissiewaarden wordt bepaald of een bouw materiaal voldoet aan de eisen van het BSB. In de huidige regelgeving (IPO-richtlijnen) zijn voor bepaalde toepassingen met een vaste toepassingshoogte de immissie-eisen omgerekend naar emissie-eisen, zodat de resultaten van de kolom- en diffusieproef direct kunnen worden getoetst. Dit vereenvoudigt enerzijds weliswaar de toetsing, maar houdt anderzijds slechts in beperkte mate rekening met de specifieke toepassing(shoogte).

Eisen, die worden gesteld aan immobilisaten, met het oog op storten

In het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) van de Wet Milieubeheer wordt op basis van de samenstelling beoordeeld of een bepaalde afvalstof tot de categorie van gevaarlijke afvalstoffen moet worden gerekend. Het gaat hierbij om zowel organische als anorganische verontreinigingen. Wanneer deze afval-

stoffen minder dan 10% aan organische bestanddelen bevatten mogen ze in principe worden gestort. In de "Grenswaardennotitie, storten gevaarlijk afval" [24a] worden indelingscriteria gegeven voor het storten van gevaarlijk afval op basis van hun uitlooggedrag, en wel in de stortcategorieën C2, C3 en C4¹. De beoordeling vindt plaats op basis van een verkorte kolomproef (tot en met $L/S = 1 \text{ l/kg}$) gebaseerd op NEN 7343. Voor de uitvoering van deze proef dient het immobilisaat te worden verkleind tot een deeltjesgrootte $<4 \text{ mm}$. Deze wijze van beoordeling doet in feite te kort aan één van de doelstellingen van immobilisatie, namelijk verkleinen van het contactoppervlak met het omringende milieu. Ten aanzien van het element strontium is door de Minister van VROM in een brief aangegeven dat hiervoor geen uitloogcriterium (meer) geldt [24b].

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 2.2, wordt er op dit moment door het Ministerie van VROM gewerkt aan een geactualiseerde Grenswaardennotitie. Hierin zal de zogenaamde C4-categorie niet meer voorkomen.

Voor te storten immobilisaten is er nog een aanvullende *eis ten aanzien van de volumevermeerdering*. Zo mag het immobilisatieproces niet leiden tot een grote volumevermeerdering van het afval. Teneinde het stortvolume te beperken moet de volumevermeerdering door het gebruik van bindmiddelen minder dan 25% bedragen.

¹ C4-afvalstoffen bestaan niet meer. Deze benaming stamt nog uit de tijd dat de Wet Chemische Afvalstoffen (WCA) nog van kracht was. Naast de genoemde stortcategorieën, is er voor zeer gevaarlijk afval nog de speciale C1-categorie. Indeling in deze categorie vindt plaats op basis van samenstelling, zie het Meerjarenplan Gevaarlijke Afvalstoffen II [22].

5. Prioritering van afvalstoffen

In het kader van het T-2000 programma wordt jaarlijks een prioriteitenlijst opgesteld voor reststoffen die zich lenen voor immobilisatie. In bijlage 1 is de lijst gegeven, die gold voor 1997. In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre het wenselijk is om voor 1998 en verder hierin wijzigingen aan te brengen. In paragraaf 5.1 wordt een overzicht gegeven van de afvalstoffen die voorkomen op de prioriteitenlijst van 1997, aangevuld met andere afvalstoffen die in relatief grote hoeveelheden vrijkomen. Het gaat hierbij met name om C2- en C3-afvalstoffen [22][23]. Daarnaast zijn ook enkele, niet gevaarlijke afvalstoffen opgenomen. Voor een deel betreft dit afvalstoffen waarvoor een stortverbod geldt [27]. In paragraaf 5.2 wordt hieruit een aantal afvalstoffen geselecteerd.

5.1 Overzicht van te immobiliseren afvalstoffen

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van respectievelijk vaste afvalstoffen (tabel 5.1) en slibachtige afvalstoffen (tabel 5.2), die in aanmerking zouden kunnen komen voor immobilisatie. De gegevens zijn afkomstig uit verschillende bronnen, en in veel gevallen geactualiseerd op basis van contacten van TNO met “producenten” van de afvalstoffen. Lege cellen in de matrices geven aan dat de betreffende informatie niet beschikbaar is.

Tabel 5.1 Vaste afvalstoffen die in aanmerking zouden kunnen komen voor immobilisatie

afvalstof	hoeveelheid (ton/jaar)	stijgend /dalend ¹⁾	prioriteit T2000 ²⁾	stortverbod	verontreinigingen in de afvalstof	mogelijkheid voor immobilisatie
gebruikt straalgrit	65.000 - 100.000	0	A	ja, indien reinigbaar	Minerale Olie ³⁾ Cu, Zn, Pb, Cr	+ (gereinigd deel)
vlieggas verbranding gevaarlijk afval	3.000	+	A	nee	Br, Cl, Mo	-
asbesthoudend afval		+	A			
slak verbranding gevaarlijk afval	25.000		B	nee		
zuiveringsslib-as	25.000	+	B	nee		
AVI-vlieggas	75.000		B	ja (nog niet van kracht)	Br, Cl, Mo, Cd	- niet zonder voorbewerking
niet-reinigbare grond	1.850.000 (1993)	-	A	nee	Organische stof ³⁾ en zware metalen	+/- beperkt
ovenpuin aluminium-bereiding	9.000		B			
afgewerkte bleekarde ⁴⁾	15.000		C	nee	Ni, oliën en vetten	-
zuurteer	> 20.000		B (1996)		Minerale olie ³⁾	++
fluorescentiepoe der	300		C (1993)	ja	W, Sb en Hg	-
as van de verbranding van papierslib	40.000	+			-	++
koepelovenstof	3.000 - 10.000				Zn, Pb, Cd	-
vormzand	60.000			nee	zware metalen	++
zeefzand	100-1000 kton			ja	PAK ³⁾	+
asfaltgranulaat (teerhoudend)	200.000			ja	PAK ³⁾	+ (alleen koud, in verband met Arbo)
dakgrind	250.000			ja		
Cotrell/Calcinaat	1.000			ja	Radioactiviteit	+
Gecreosoteerd hout				ja	PAK ³⁾	- en +/-
Tinas					?	?

- 1) + = hoeveelheid zal stijgen;) = hoeveelheid blijft gelijk; - = hoeveelheid zal dalen
- 2) Prioriteitenlijst T2000, Immobilisatie 1997: A heeft de hoogste prioriteit; C de laagste
- 3) Doordat immobilisaten voor organische stoffen nog op samenstelling moeten worden beoordeeld, heeft het geen zin om voor deze stoffen een immobilisatiemethode anders dan een thermische te ontwikkelen.
- 4) Afgewerkte bleekarde is vanwege adsorberende eigenschappen mogelijk interessant als additief bij koude immobilisatie.

Tabel 5.2 Slibben die in aanmerking zouden kunnen komen voor immobilisatie

afvalstof	hoeveelheid (d.s.) in ton/jaar	stijgend /dalend	prioriteit T2000	stortverbod	verontreinigingen in de afvalstof	mogelijkheid voor immobilisatie
rookgasreinigingsresidu verbranding gevaarlijk afval	4.500		A	nee	Br, Cl, Mo en soms	-
fosforzuurgips	2.100 kton	+	B			+/-
pigmentslib	1.200		B	nee	Mo, W, V	-
rookgasreinigingsresidu AVI's	28.000		B	nee		- zouten, + filterkoek
residu boorspoeling en boorgruis	66.000		C	nee	BaSO ₄ en org. veront.	?
zuiveringsslib synthetische vezels- en garen-industrie	6.000 (90 kton historische voorraad)		C	nee		
arseensulfide houdend afval	60		C	nee		
grond- en zeefzand- reinigingsresidu	50.000	+	A	nee	zware metalen en organisch materiaal	+ na wassen
baggerspecie klasse IV	1,5 miljoen m ³ (1991 -2010)		A	nee	zware metalen en/of organisch materiaal	+/-
communaal zuiveringsslib	320.000		A	ja		-
baggerspecie klasse III	9 miljoen m ³ (1991 -2010)		B	nee	zware metalen en/of organisch materiaal	+/-
Hoogovenslib fijne fractie	21.000 (historische voorraad)		C			
hydroxydeslib (galvano)	13.000 ca. 400 ton metaal				Zn, Cr, Cu, Ni, Pb of Sn	-
oxykalkslik	1.150.000 (historische voorraad)			ja		+?
emailleslib	100-400			nee		
wasslib van reinigen van puingranulaat	5.000 - 10.000	+		nee	SO ₄ , PAK ¹⁾	+/-
industriële zuiveringsslib	220.000			slib met een organisch stofgehalte > 10%		
RKG-slib (riool-, kolken- en gemalen slib)	128.000			binnenkort		?
drinkwaterslib	27.000 (218.000 historische voorraad)			nee	As	+ thermisch
ballastslib	25.000			nee	As, Cu	
straalgreinigingsresidu	6.000			nee	Minerale olie ¹⁾	+ thermisch en +/- koud
ontkingslib papierindustrie	100.000			vanaf 2000	papiervezels, organisch materiaal, Zn Cu	+/-
jarosiet	200.000 historische last 2.300.000 ton			nee	Zn, Pb, Cd, As, Cu	?

1)

Doordat immobilisatie voor organische stoffen nog op samenstelling moeten worden beoordeeld, heeft het geen zin om voor de afvalstoffen met deze verontreinigingen een immobilisatiemethode anders dan een thermische te ontwikkelen.

5.2 Selectie van afvalstoffen voor T-2000 immobilisatie, 1998 en verder

Om te komen tot een selectie van afvalstoffen voor het T-2000 programmaonderdeel Immobilisatie voor 1998 en verder, zullen nu achtereenvolgens worden besproken de afvalstoffen uit de tabellen 5.1 en 5.2 die hetzij tot nog toe als prioritair waren opgenomen in het T-2000 programma, hetzij in grotere hoeveelheden dan 10.000 ton/jaar vrijkomen. Van al deze afvalstromen zal worden aangegeven wat de ontwikkelingen in de markt zijn en of het, diensgevolge, zinvol is om ze te selecteren voor de programmering voor de komende jaren. Indien dit laatste zinvol wordt geacht, zal worden aangegeven welke prioriteit (A, B of C) wordt voorgesteld en waarom. Een overzicht van de uiteindelijk geselecteerde afvalstoffen wordt gegeven in 2.

Straalgrit en straalgritresidu

Een deel van het gebruikte straalgrit kan worden gereinigd en hergebruikt. Hiervoor geldt inmiddels een stortverbod. Voor de resterende, niet-reinigbare partijen straalgrit en voor het (fijne) straalgritresidu geldt dat thermische immobilisatie succesvol is gebleken (zie 2.3). Het is mogelijk om straalgritresiduen om te smelten tot nieuw straalgrit dat voldoet aan de daaraan gestelde technische en milieuhygiënische eisen. Afgezien van de samenstellingseis voor minerale oliën, voldoet het immobilisaat aan de categorie-2-eisen van het Bouwstoffenbesluit. Voor koude immobilisatie zijn de resultaten minder succesvol (zie 2.2), maar niettemin hoopgevend.

Het ligt daarom voor de hand om niet-reinigbaar straalgrit en straalgritresidu wel als prioritair (A) op te blijven nemen in de programmering, maar alleen in aanmerking te laten komen voor demonstratie.

Vliegas van de verbranding van gevaarlijk afval

Tot nog toe is een tweetal T-2000 projecten uitgevoerd om dit type vliegas te immobiliseren. Hierbij is echter gebleken dat dit een afvalstof is die én heterogeen is én een mix aan verontreinigingen in hoge concentraties bevat. Het is dan ook bij lange na niet gelukt om een proces te ontwikkelen, waardoor het materiaal kan worden geïmmobiliseerd. Het lijkt daarom niet zinvol om hier “nieuwe” processen op los te laten. Het ligt meer voor de hand om het eerst maar met “gewone” AVI-vliegas proberen en als dat lukt, na te gaan of het ook voor vliegas van de verbranding van gevaarlijk afval lukt.

De conclusie is daarom: wel selecteren, maar met lage prioriteit, C.

Asbesthoudend afval

Asbesthoudend afval wordt momenteel gestort, in steeds grotere hoeveelheden. Het verdient daarom prioriteit om daarvoor immobilisatietechnieken te ontwikkelen. Koude immobilisatie ligt echter niet direct voor de hand omdat dat geen definitieve oplossing biedt (de asbestvezels blijven bestaan en worden hooguit iets

beter fysisch ingekapseld). Dit in tegenstelling tot thermische immobilisatie, waarbij de asbestvezels worden afgebroken en omgezet in onschadelijke silicaten. Asbesthoudend afval wordt daarom wel geselecteerd, en wel met hoge prioriteit (A), maar wel met de kanttekening dat alleen processen die de feitelijke asbestvezels afbreken, in aanmerking komen.

Slakken van de verbranding van gevaarlijk afval

De hoeveelheid slak van de verbranding van gevaarlijk afval, die jaarlijks vrijkomt, is 25.000 ton. Dit is een relatief kleine hoeveelheid. Daarbij komt, dat deze slak nogal verschilt, qua samenstelling, afhankelijk van de input in de verbrandingsoven (het aanbod aan gevaarlijk afval). Er is, voor zover bekend, nog geen onderzoek gedaan aan immobilisatie van deze afvalstof, waarschijnlijk omdat het nu al wordt gestort op een C₃-deponie (die deels in handen is van het bedrijf zelf dat de slakken produceert). Dit houdt in dat het immobilisaat een nuttig toepasbaar product moet zijn, wil immobilisatie financieel interessant zijn. Ook bij het zoeken naar een nuttige toepassingsmogelijkheid is de heterogeniteit een belemmering. Dit hoeft evenwel selectie en prioritering niet in de weg te staan.

Voorgesteld wordt om slakken van de verbranding van gevaarlijk afval te selecteren, en een prioriteit B te geven, evenals in 1997 en voorgaande jaren.

As van de verbranding van communaal zuiveringsslib

Van deze afvalstof komt op jaarbasis 25.000 ton vrij en deze hoeveelheid zal mogelijk nog verder toenemen. Voor deze afvalstof geldt dat deze niet ernstig is verontreinigd. Dit betekent dat het relatief eenvoudig moet zijn om deze afvalstof te immobiliseren. Er is dan ook reeds een initiatief gestart (bij PROVAG) om deze afvalstof middels immobilisatie op te werken tot een nuttig toepasbaar product cq. halffabrikaat voor de bouw. Momenteel wordt hieraan onderzoek verricht (het project is gestart in 1997).

Gezien de (toenemende) hoeveelheid die vrijkomt, lijkt selectie gewenst; prioritering kan op niveau B, vanwege de minder ernstige verontreiniging en het feit dat er al initiatieven worden ontplooid.

AVI-vliegas

AVI-vliegas is een afvalstroom met een redelijke omvang (75.000 ton/jaar), maar tevens een afvalstroom met een hoge verontreinigingsgraad (problemelementen Cl, SO₄, Mo, Cd en Sb). Uit hoofdstuk 2.2 blijkt dat er al veel onderzoek is gedaan naar de immobilisatie van AVI-vliegas (ook in T-2000 kader), maar dat dat tot nog toe geen onverdeeld succes is gebleken. Het is zelfs niet gelukt om de afvalstof van C₂-categorie op te waarderen tot C₃-categorie. Met name de chloride-zouten en molybdeen blijven problemen geven. Het lijkt dan ook weinig kansrijk om via rechtstreekse koude immobilisatie aan de eisen te kunnen voldoen. Door gebruik te maken van een voorbehandeling (wassen) is het echter in principe wel mogelijk [26]. Er loopt in T-2000 kader op dit moment tenminste één project op dat vlak. Wat alternatieve verwerkingsmogelijkheden betreft, kan de immobilisatie-optie worden doorkruist door de optie afvoer naar Duitsland t.b.v. nuttige toepassing in

de mijnbouw. Hierover zal de komende maanden meer duidelijkheid ontstaan. Daarnaast wordt nagegaan in hoeverre AVI-vliegias kan worden ingezet als één van de componenten in minerale afdichtinglagen op stortplaatsen. In afwachting van deze verwerkingsmogelijkheden, lijken de AVI's op dit moment niet bereid om te investeren in (dure) immobilisatie-installaties.

AVI-vliegias blijft voorlopig nog een probleem; selectie blijft daarom nodig. Aangezien er in T-2000 kader al veel onderzoek is en wordt gedaan aan AVI-vliegias, wordt gesuggereerd om deze afvalstof (tijdelijk) een minder hoge prioriteit te geven (B) en alleen in aanmerking te laten komen voor demonstratie.

Baggerspecie, klasse III en klasse IV

Baggerspecie komt in veel variaties vrij, maar ook in grote hoeveelheden (een half miljoen m³ per jaar van de ernstig vervuilde klassen III en IV). Er is al vrij veel onderzoek gedaan naar verwerkings- en immobilisatiemogelijkheden voor dit type specie, zowel in T-2000 kader als in POSW-kader (zie 3.6). Serieuze opties zijn thermische immobilisatie (verglazen of sinteren) van species met een hoog gehalte aan organische stof en biologische reiniging van species met alleen goed afbreekbare organische verontreinigingen. Knelpunt bij de ontwikkeling van immobilisatietechnologieën voor baggerspecie is het feit dat het eigenlijk vrijwel niets mag kosten, omdat het moet concurreren met storten in grootschalige depots. Een immobilisatieproces mag dan ook zeker niet meer kosten dan f 50,- per ton baggerspecie. Dit betekent dat zal moeten worden gewerkt met voorscheiding van een relatief schone zandfractie t.b.v. nuttige toepassing. De resterende verontreinigde fractie zou dan moeten worden geïmmobiliseerd. Uit beschikbare informatie blijkt dat deze fracties, naast zware metalen, ook vaak sulfaat en relatief veel organische stof bevatten. Thermische routes zijn hiervoor waarschijnlijk te duur en geschikte koude immobilisatie-oplossingen zijn hiervoor nog niet aangedragen. Het blijft nodig om baggerspecie te selecteren. Voor wat betreft de prioritering wordt onderscheid gemaakt tussen klasse IV (A-prioriteit) en klasse III (B-prioriteit).

Niet-reinigbare grond

Voor niet-reinigbare grond geldt in feite in grote lijnen hetzelfde als voor baggerspecie. De financiële ruimte is hier wat groter (± f 200,- per ton), omdat de stortkosten voor niet-reinigbare grond hoger zijn dan voor baggerspecie. Nadeel is echter dat het veelal niet mogelijk is om een schone deelstroom af te scheiden (anders zou de grond niet "niet-reinigbaar" zijn). Ook hier geldt weer dat zowel de macro-samenstelling als het type verontreiniging per partij (locatie) verschilt, en dat het dus moeilijk zal zijn om een generiek procédé te ontwikkelen. In algemene zin gaat het meestal om partijen grond die zowel met zware metalen als met organische componenten zijn verontreinigd. Het blijkt overigens in de praktijk wel moeilijk om een geschikte partij grond voor onderzoek te vinden. In het kader van het T-2000 onderzoek is in 1996 een demonstratie-onderzoek met niet-reinigbare, verontreinigde grond door Gemeentewerken Rotterdam en IWACO met succes afgesloten [29].

Omdat iedere partij niet-reinigbare grond weer anders is, blijft er behoefte aan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van immobilisatie. Selectie blijft nodig. Maar, gezien de positieve ontwikkelingen, wordt aanbevolen om niet-reinigbare grond een lage prioriteit toe te kennen (C) en alleen in aanmerking te laten komen voor demonstratie.

Ovenpuin van de aluminium-bereiding

Dit ovenpuin komt op onregelmatige tijdstippen vrij, en zal dus ook per partij moeten worden verwerkt (bijvoorbeeld geïmmobiliseerd). Momenteel loopt er in T-2000 kader een project om dit type verontreinigd puin te immobiliseren. Vooralsnog wordt voorgesteld om de afvalstof opnieuw te selecteren en ook de prioritering gelijk te houden (B).

Afgewerkte bleekarde

Afgewerkte bleekarde, afkomstig uit de voedingsmiddelenindustrie, bevat zowel organische als anorganische verontreinigingen. Tot nog toe is er in T-2000 kader geen immobilisatie-onderzoek gedaan aan deze afvalstof. Gezien het relatief hoge gehalte aan organische verontreinigingen, ligt het niet voor de hand deze afvalstof koud te immobiliseren (omdat beoordeling plaatsvindt op basis van samenstelling). Daarom wordt voorgesteld om deze afvalstof alleen in aanmerking te laten komen voor **thermische** immobilisatie.

Gezien de omvang en aard van de afvalstroom, blijft selectie gewenst, evenwel met een lage prioriteit (C).

Zuurteer

Voor zuurteer is in T-2000 kader een tweetal projecten succesvol afgesloten (zie 2.3). Daarom is reeds eerder (terecht) besloten om zuurteer niet langer op te nemen in de lijst van geselecteerde afvalstoffen voor T-2000 Immobilisatie.

As van de verbranding van papierslib

Deze as is, wat hoeveelheid (40.000 ton/jaar) betreft, een relevante stroom. Hier staat tegenover dat deze stroom niet al te zeer is verontreinigd. Mede daardoor wordt de op dit moment vrijkomende as niet gestort, maar nuttig toegepast, bijvoorbeeld in asfaltvulstof. Daarnaast worden er op dit moment andere initiatieven ontwikkeld om te komen tot nuttige toepassing van deze stroom, zowel als grondstof (CDEM), als als brandstof (ENCI).

Al met al lijkt het niet nodig om immobilisatie van deze stroom te stimuleren.

Vormzand

Vormzand is een koepelbegrip. Hieronder valt bijvoorbeeld vormzand van het gieten van ijzer, maar ook van het gieten van brons en messing. Verder kunnen er meerdere bindmiddelen worden gebruikt om het zand vormbaar te maken (bijvoorbeeld bentoniet). De vrijkomende hoeveelheid van 60.000 ton/jaar is dan ook een mix van diverse soorten vormzand. Hiervan wordt het grootste deel reeds nuttig toegepast, al is het voor een minder hoogwaardige toepassing (zoals afdich-

tingslaag op een stortplaats). Een ander deel, op basis van furaan, wordt wel hoogwaardig ingezet, nl. voor de productie van steenwol. Stimulering van de ontwikkeling van (relatief dure) immobilisatietechnieken lijkt daarom niet nodig.

Zeefzand

De vrijkomende hoeveelheid zeefzand is groot (200 tot 1.000 kton per jaar). De probleemcomponenten zijn sulfaat en PAK's. Voor PAK's geldt op dit moment een beoordelingscriterium op basis van samenstelling. Strikt genomen heeft koude immobilisatie dan geen zin, omdat dat met name de uitloging beïnvloedt, maar niet of slechts in beperkte mate de samenstelling. Daar staat tegenover dat er in Nederland wel een steeds breder draagvlak ontstaat om uitloogproeven voor organische componenten verder te ontwikkelen en te normaliseren, waarna er wellicht wel een beoordeling op basis van uitloging mogelijk wordt, ook voor organische componenten.

Serieuze alternatieven voor immobilisatie van zeefzand zijn er niet. Wassen is erg duur en levert geen echte oplossing voor het PAK-probleem. Thermische routes zijn (te) duur omdat zeefzand vrijwel geen organische stof (= brandstof) bevat. Koude immobilisatie lijkt daarom (op termijn) de meest kansrijke oplossing. Echter, gegeven de huidige en binnenkort van kracht wordende regelgeving (respectievelijk de IPO-interimregeling en het Bouwstoffenbesluit), lijkt het niet zinvol om zeefzand nu reeds op te nemen als prioritaire afvalstof.

Teerhoudend asfaltgranulaat

Afvalstoffen met alleen organische verontreinigingen vormen een apart probleem, omdat koude immobilisatie volgens de regelgeving feitelijk geen zin heeft (zie hierboven over zeefzand). Thermische immobilisatie van asfaltgranulaat heeft geen zin, omdat het geen anorganische verontreinigingen bevat. Het verbranden van het organische, teerhoudende bindmiddel biedt een voldoende oplossing. Daarom wordt voorgesteld om teerhoudend asfaltgranulaat niet te selecteren voor T-2000 Immobilisatie.

Dakgrind (teerhoudend)

Jaarlijks komt er 250.000 ton dakgrind vrij. Hiervan wordt echter ongeveer 170.000 ton gewassen en direct hergebruikt. De resterende 80.000 ton zit verkleefd aan het onderliggende teer en bevat PAK's. Afvalstoffen met alleen organische verontreinigingen vormen een apart probleem, omdat koude immobilisatie volgens de regelgeving feitelijk geen zin heeft (zie hierboven over zeefzand). Thermische immobilisatie van teerhoudend dakgrind heeft ook geen zin, omdat het geen anorganische verontreinigingen bevat. Het verbranden van het organische, teerhoudende bindmiddel biedt een voldoende oplossing. Daarom wordt voorgesteld om teerhoudend dakgrind niet te selecteren voor T-2000 Immobilisatie.

Rookgasreinigingsresidu van de verbranding van gevaarlijk afval

In de afgelopen jaren is een tweetal projecten uitgevoerd in het kader van T-2000 om dit type rookgasreinigingsresidu koud te immobiliseren. Hoewel de onderzoeken niet het gewenste resultaat hebben opgeleverd, zijn wel (kleine) successen geboekt. Dit geeft uitzicht op mogelijkheden om dit rookgasreinigingsresidu te immobiliseren tot C3-kwaliteit.

Het ligt daarom voor de hand om rookgasreinigingsresidu van de verbranding van gevaarlijk afval op de lijst te laten staan. Gezien de beperkte hoeveelheid, die op jaarbasis vrijkomt, wordt een lagere prioritering (B) voorgesteld.

Fosforzuurgips

Fosforzuurgips zal in grote hoeveelheden vrijkomen (als het niet meer mag worden geloosd, zoals nu het geval is). Omdat het voor het overgrote deel bestaat uit gips (dat in principe oplosbaar is in water), zal het niet eenvoudig zijn om het goed te immobiliseren. De enige mogelijkheid lijkt een goede fysische immobilisatie, waardoor het gips wordt gevrijwaard van direct contact met water. Door Intron is in het verleden veel onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van geïmmobiliseerd fosforzuurgips. Als belangrijkste optie kwam naar voren de toepassing als dijk kern, na pelettiseren onder druk met een bepaalde hoeveelheid vlieg as.

Momenteel loopt er een groot project, gericht op nuttige toepassing van fosforzuurgips als bouw gips. Hiervoor dienen zware metalen en componenten die straling veroorzaken vooraf te worden verwijderd. Gezien deze ontwikkelingen, is het niet nodig om nog nieuwe immobilisatie-opties te ontwikkelen vanuit T-2000 kader. Fosforzuurgips kan van de prioriteitenlijst worden afgevoerd.

Pigmentslib

Hoewel er, ook in het kader van T-2000, onderzoek is gedaan, is het tot op heden niet mogelijk gebleken om pigmentslib dusdanig te immobiliseren dat het mag worden gestort op een C3-deponie. Gezien het feit dat nog slechts één poging is gewaagd, is het logisch om deze afvalstroom (nog) niet van de lijst te schrappen. Wel wordt een lage prioritering voorgesteld (C), vanwege de beperkte omvang van de afvalstroom.

Rookgasreinigingsresidu van AVI's

Voor rookgasreinigingsresidu van AVI's (in de vorm van filterkoek) is het mogelijk gebleken om koud te immobiliseren en daarmee te voldoen aan de C3-criteria (zie 2.3). Rookgasreinigingsresiduen in de vorm van zouten zijn vrijwel zeker niet of nauwelijks te immobiliseren.

Daarom wordt aanbevolen om rookgasreinigingsresidu van AVI's alleen in aanmerking te laten komen voor demonstratie van de immobilisatie van filterkoek. De prioritering is echter laag (C).

Residu boorspoeling en boorgruis

Er komt op jaarbasis een redelijke hoeveelheid afgewerkte boorspoeling en boorgruis vrij (66.000 ton). Op dit moment wordt dit gestort, omdat er geen andere

opties zijn. Daarom ligt het voor de hand om deze afvalstroom te selecteren voor de programmering van T-2000 in de komende jaren. Het aantal probleembezitters is echter laag, zodat een lage prioritering wordt voorgesteld (C).

Zuiveringsslib van de vezel- en garenindustrie

Het gaat hierbij om een specifiek zuiveringsslib, waarvan op jaarbasis relatief weinig vrijkomt (6.000 ton), maar waarvan wel een historische voorraad ligt opgeslagen. Voorgesteld wordt om deze stroom te blijven nemen, maar met een lage prioriteit (C).

Arseensulfide-houdend afval

Deze afvalstroom is zo klein (60 ton per jaar) dat het niet zinvol is om specifiek hiervoor immobilisatieprocessen te ontwikkelen. Daarom wordt voorgesteld om deze afvalstroom af te voeren van de lijst.

Grond- en zeefzandreinigingsresidu (wasslib)

In het kader van het T-2000 programma zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd naar de mogelijkheid van immobilisatie van grondreinigingsresidu. Vanwege de samenstellingseis voor organische componenten in het Bouwstoffenbesluit is het niet mogelijk om geïmmobiliseerd grondreinigingsresidu nuttig toe te passen, maar, wat anorganische componenten betreft, is het gelukt om aan de uitlooeisen te voldoen. Het is wel mogelijk gebleken om het grondreinigingsresidu middels immobilisatie op te waarderen tot een C4-afvalstof. Tevens is gebleken dat de uitloging van organische verontreinigingen fors kan worden teruggebracht door de toevoeging van actieve kool.

Omdat de hoeveelheden grond- en andere reinigingsresiduen de afgelopen jaren fors toenemen en de kritische componenten nogal kunnen verschillen, wordt aangeraden om deze stroom op de lijst te laten staan. Gezien de hoeveelheden wordt een hoge prioriteit voorgesteld (A). Voor die deelstromen die een hoog organisch-stof-gehalte hebben ($> 20\%$ m/m), wordt aanbevolen alleen thermische immobilisatie in aanmerking te laten komen voor stimulering.

Communaal zuiveringsslib en industrieel zuiveringsslib met een hoog organisch-stof-gehalte

Een groot deel van het momenteel vrijkomende zuiveringsslib wordt thermisch verwerkt (gedroogd en/of verbrand). Gezien het hoge gehalte aan organische stof (= brandstof) ligt dit ook meer voor de hand dan bijvoorbeeld koude immobilisatie. Niet al het communaal en industrieel zuiveringsslib wordt verwerkt (gedroogd of verbrand). Daarom is het wenselijk om deze (grote) stromen op de lijst te laten staan. Echter, omdat er reeds goede alternatieven voorhanden zijn, wordt voorgesteld om de prioritering terug te brengen van A naar B.

Omdat het slib én een hoog organisch-stof-gehalte ($> 20\%$ m/m) én relatief veel organische verontreinigingen bevat, wordt voorgesteld om deze afvalstroom alleen in aanmerking te laten komen voor thermische immobilisatie.

Hoogovengasstof en oxykalkslik

Deze afvalstromen komen vrij bij Hoogovens. Van beide afvalstromen zijn relatief grote historische voorraden aanwezig op eigen terrein. Hoogovengasstof bevat relatief hoge concentraties aan metalen. Daarom wordt momenteel door TNO gewerkt aan de ontwikkeling van technologieën voor de terugwinning van deze metalen. Immobilisatie ligt daarom op dit moment niet direct voor de hand. Oxykalkslik wordt momenteel in kleine hoeveelheden intern verwerkt bij Hoogovens. Hoogovens werkt dus voor beide stromen aan hergebruiksopties, die aanzienlijk minder geld lijken te gaan kosten dan immobiliseren en storten. Het is daarom niet nodig om deze afvalstoffen op te (blijven) nemen in de lijst van prioritaire afvalstoffen voor T-2000 Immobilisatie.

Hydroxydeslib (uit de galvanis-industrie)

Deze hydroxydeslib-stromen komen vrij bij de waterzuivering van galvanisbedrijven, waarbij zware metalen worden neergeslagen in de vorm van hydroxides. Het gaat veelal om relatief kleine stromen met verschillende metalen. Gezien de vaak hoge metaalconcentraties ligt het voor de hand om eerst na te gaan of metaal terugwinning, in welke vorm dan ook, mogelijk is. Lukt dit niet, dan komt immobilisatie in aanmerking. Het zou in dat verband de moeite waard zijn om na te gaan of een deel van deze (kleine) stromen is te combineren. Vanuit financieel-economisch oogpunt bezien biedt immobilisatie van deze stromen perspectief, omdat ze op dit moment veelal worden afgevoerd naar de C₂-deponie.

Aanbevolen wordt om deze stroom op te nemen in de lijst voor de programmering voor de komende jaren. Gezien de omvang kan de prioritering niet al te hoog zijn. Voorgesteld wordt een C.

Wasslib van het reinigen van puingranulaat

Dit slib komt op dit moment in relatief kleine hoeveelheden vrij (± 10.000 ton per jaar). Dit heeft te maken met het feit dat het wassen van puingranulaten momenteel vanuit kostentechnisch oogpunt niet aantrekkelijk is. De afzetprijs van gewassen granulaten ligt maar weinig hoger dan die van niet gewassen granulaten. Dit verschil in afzetprijs weegt niet op tegen de kosten die het wassen, maar vooral het storten van het vrijkomende wasslib met zich mee brengen (stortkosten f 100,- per ton). Echter, indien voor het wasslib een goedkope verwerkingsmogelijkheid wordt gevonden, zal de balans mogelijk naar de andere kant doorslaan en zal er meer worden gewassen (en zal er ook meer wasslib vrijkomen op jaarbasis).

Het slib bevat voornamelijk anorganische verontreinigingen (waaronder sulfaat), maar daarnaast ook PAK's. Verder heeft het slib een hoge pH. Voor koude immobilisatie lijkt dit echter geen probleem. Financieel bezien zal immobilisatie alleen interessant zijn, als het product (immobilisaat) nuttig toepasbaar is (voldoet aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit).

Gezien het feit dat stimulering van de immobilisatie van dit type wasslib tevens stimulering inhoudt van het wassen van puingranulaat, wordt aanbevolen om deze stroom met een hoge prioriteit (A) in de lijst op te nemen.

RKG-slib

Riolen-, kolken- en gemalenslib mag binnenkort (waarschijnlijk vanaf medio 1999) niet meer worden gestort. Dan zal dit slib moeten worden verwerkt. Bij de bedrijven, die dit slib momenteel verwerken, wordt de zandfractie (meer van 50% van de totale stroom) teruggewonnen en nuttig toegepast. Voor de resterende slibstroom is immobilisatie één van de opties. Dit slib bevat 10 - 20% organische stof en veelal, naast anorganische verontreinigingen, minerale oliën en PAK's als organische verontreinigingen. Gezien de overeenkomst in samenstelling en in verontreinigingen kan het slib wellicht gezamenlijk worden geïmmobiliseerd met het reinigingsresidu van grond en zeefzand.

Aanbevolen wordt om het RKG-slib op te nemen in de lijst van prioritaire stoffen voor immobilisatie in het kader van T-2000, en wel met een B-prioriteit. Overwogen kan worden om het na de verwijdering van het zand (= wassen) resterende slib een A-prioriteit toe te kennen. Voor dit resterende slib verdient thermische immobilisatie de voorkeur (gezien het gehalte aan organische stof en organische verontreinigingen).

Drinkwaterslib

Drinkwaterslib bevat over het algemeen slechts één verontreiniging, te weten arseen. Dit arseen is echter reeds dusdanig gebonden in de matrix, dat het (vrijwel) niet uitlooft. Immobilisatie is dus feitelijk niet nodig. Daarbij komt, dat er momenteel al een groot deel van het drinkwaterslib (het ijzerrijke) nuttig wordt toegepast (als grondstof in de baksteenindustrie).

Het is daarom niet nodig deze reststof op te nemen in de lijst voor T-2000 Immobilisatie.

Ballastslib

Ballastslib, dat vrijkomt bij het wassen van oude ballast (grind uit de spoorwegaanbouw) bevat relatief weinig organische stof. Verontreinigingen zijn voornamelijk koper, arseen en PAK's. Het lijkt hiermee op andere wasslibben, zoals hiervoor genoemd. Omdat het slib slechts bij één bedrijf vrijkomt (Railpro), wordt voorgesteld om het niet apart in de lijst op te nemen.

Ontinktingsslib uit de papierindustrie

Dit slib komt binnenkort in steeds kleinere hoeveelheden vrij, omdat de thermische verwerking steeds meer opgeld doet. Het is daarom niet langer zinvol om te investeren in de ontwikkeling van immobilisatie-technieken voor deze stroom.

6. Markttrends

In dit hoofdstuk komt een aantal zaken aan de orde die in de immobilisatiemarkt speelt en als zodanig van invloed is op (de uitvoering van) het T-2000 programma Immobilisatie. De invulling van dit hoofdstuk is een weerslag van gesprekken die zijn gevoerd met personen die, direct of indirect, een rol spelen bij de ontwikkeling en implementatie van immobilisatieprocessen¹. De aspecten (markttrends), die hierna achtereenvolgens worden besproken, hebben tot doel de ontwikkeling van immobilisatieprocessen, de (laagwaardige) toepassing van immobilisaten en de ontwikkeling van alternatieve technologieën.

Het doel bij de ontwikkeling van immobilisatieprocessen

Er is een verschuiving waarneembaar in de achterliggende doelstelling bij de ontwikkeling van immobilisatieprocessen voor (gevaarlijk) afval. Was het achterliggende doel eerst veelal het storten van de geïmmobiliseerde afvalstof onder een lichter stortregime, momenteel is dat meer en meer de vervaardiging van een nuttig toepasbaar bouw materiaal. Mogelijke oorzaken hiervoor zijn:

- Het feit dat immobilisatie, gevolgd door storten, vanuit economisch oogpunt alleen interessant is voor C2-afvalstoffen. Het gaat hierbij om relatief kleine stromen met daarin hoge concentraties goed uitloogbare componenten (die dus moeilijk zijn te immobiliseren). Er moet dus, in algemene zin, een forse inspanning worden geleverd voor een kleine afvalstroom. Dit is slechts in specifieke gevallen haalbaar.
- Door “waste-to-waste-management” is het mogelijk om voor een aantal relatief grote afvalstromen te voldoen aan de categorie-2-eisen van het Bouwstoffenbesluit. Het is echter de vraag in hoeverre de markt voor dit type bouwstoffen (dat geïsoleerd moet worden toegepast) zal aantrekken.
- De moeizame vergunningverleningsproblematiek bij het opstarten van een immobilisatie-installatie. Een alternatief is de afvalstof rechtstreeks in te zetten in een productieproces. Hiervoor kan in sommige gevallen een zogenaamde “niet-van-toepassing-verklaring” worden verkregen.

In algemene termen is het bovenstaande positief te beoordelen; vanuit het T-2000 programma echter niet. De ontwikkeling van meer geavanceerde, en daardoor veelal ook wat duurdere immobilisatietechnieken (chemische immobilisatie en thermische technieken) komt hierdoor immers niet (meer) echt van de grond.

¹ Personen met wie gesprekken zijn gevoerd:

- Dr. J.G.P. Born van de VVAV
- Dr.ir. G.H.L. van der Wegen van Intron b.v.
- B. de Veer van Jansen b.v.
- Dr.ir. J.W. Frénay en Ir. A.M. Burger van ENCI

De (laagwaardige) toepassing van immobilisaten

De hierboven geschetste ontwikkeling is één van de oorzaken van de waarneembare trend om immobilisaten toe te (willen) passen als wegfunderings- of ophoogmateriaal (zowel de civieltechnische als de milieuhygiënische eisen zijn relatief beperkt). Dit betekent dat deze markt wellicht in de nabije toekomst oververzadigd zal raken, mede vanwege de nog steeds groter wordende aanvoer van industriële slakken en menggranulaat.

Om immobilisaten een meer hoogwaardige toepassing te kunnen geven (bijvoorbeeld in asfalt- of cementbeton) dienen ze te voldoen aan strengere civieltechnische eisen, en dienen de geproduceerde immobilisaten een meer constante kwaliteit te bezitten. Om dit te kunnen realiseren, is meer inzicht nodig in immobilisatieprocessen en in de mogelijkheden om het proces te sturen. Kwaliteitsborging en certificering zijn mogelijke instrumenten om dit, naar derden toe, te garanderen. De verdere ontwikkeling van deze instrumenten verdient de nodige aandacht (met name van de producenten).

De ontwikkeling van alternatieve verwerkingstechnologieën

Omdat is gebleken dat immobilisatie niet in alle gevallen technologisch en milieuhygiënisch haalbaar is, worden reinigingstechnieken voorgeschakeld of worden afvalstoffen gezuiverd in plaats van geïmmobiliseerd. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld wastechnieken en/of deeltjesscheidingstechnieken.

Eén van de oorzaken voor deze ontwikkeling is het feit dat, zowel voor nuttige toepassing als voor storten, in Nederland stringente eisen worden gesteld aan de uitloging van anionen (zowel halogenen (Br, Cl, F) als oxy-anionen (SO₄, MoO₄, enz.)). Dit betekent aan de ene kant dat immobilisatietechnologieën, die in het buitenland zijn ontwikkeld en daar met succes worden toegepast, in Nederland niet aan de gestelde eisen (kunnen) voldoen. Aan de andere kant biedt de ontwikkeling van immobilisatietechnieken, specifiek voor de Nederlandse markt, weinig perspectief omdat de Nederlandse markt relatief klein is en geavanceerde (en daardoor duurere) technologieën voor de buitenlandse markt “te” geavanceerd en “te” duur, en dus niet exporteerbaar zijn.

Afvalstoffen met een relatief hoog percentage organische stof worden meer en meer ingezet als secundaire brandstof in thermische productieprocessen (cementindustrie, steenwolproductie, baksteenindustrie enz.).

Naast de hierboven genoemde markttrends is uit de gevoerde gesprekken een aantal “niet-technische” belemmeringen naar voren gekomen, die de ontwikkeling en implementatie van immobilisatietechnieken in de weg staan. Een aantal hiervan is ook al eerder naar voren gekomen (met name in de hoofdstukken 2 en 4). Enkele belemmeringen, die zijn genoemd, zijn:

- Het feit dat de verschillende Provincies een verschillend beleid voeren ten aanzien van immobilisatie en de toepassing van immobilisaten.
- Het feit dat, zolang het Bouwstoffenbesluit niet van kracht is, het niet is toegestaan om een geïmmobiliseerde gevaarlijke afvalstof nuttig toe te passen, ook

al voldoet het immobilisaat aan de in de IPO-interimregeling gestelde (uitloog)eisen.

- Het feit dat er nog steeds belemmeringen zijn om (gevaarlijke) afvalstoffen van de ene provincie naar de andere te vervoeren.
- Het feit dat het Bouwstoffenbesluit de immobilisatie van organische verontreinigingen niet positief waardeert (de beoordeling vindt plaats op basis van totaal-samenstelling in plaats van op uitloging).
- Het feit dat in Nederland strengere eisen worden gesteld dan in de rest van Europa.

7. Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

1. Binnen de Nederlandse industrie is er veel aandacht voor immobilisatie. Verscheidene bedrijven zijn actief op het gebied van het aanbieden van bindmiddelen, advisering en onderzoek. Enkele bedrijven zijn ook daadwerkelijk bezig met het opzetten van een verwerkingsinstallatie voor het immobiliseren van afvalstoffen, zoals VBM en PROVAG.
2. Tijdens het T2000 programma is voor een aantal afvalstoffen aangetoond dat koude immobilisatie een immobiliserend effect heeft. Het betreft de afvalstoffen AVI-rookgasreinigingsresidu (filterkoek), zuurteer, grondreinigingsresidu, gecreosoteerd hout en twee afvalstoffen die vrijkomen bij productie van fosfor en fosforzuur (cottrellstof en calcinaat).
AVI-RGRR, cottrellstof en calcinaat voldoen na immobilisatie aan de eisen, die de Grenswaardennotitie stelt voor stortcategorie C3. Zuurteer en grondreinigingsresidu voldoen na immobilisatie aan de eisen voor stortcategorie C4, evenals aan de categorie-2-uitlooeisen van het Bouwstoffenbesluit (echter niet aan de eisen die het Bouwstoffenbesluit stelt aan organische componenten t.a.v. samenstelling). Dit laatste (m.b.t. de eisen van het Bouwstoffenbesluit) geldt ook voor gecreosoteerd hout.
3. Thermische immobilisatie van straalgritresidu en van een mengsel van baggerspecie en industriële slibben geeft hoogwaardige producten die milieuhygiënisch voldoen aan de categorie-2-eisen van het Bouwstoffenbesluit en (civiel)technisch aan relevante toepassingseisen.
4. Belangrijke probleemcomponenten, in het licht van de regelgeving (Bouwstoffenbesluit en Stortbesluit/grenswaardennotitie), voor koude immobilisatie zijn de anionen Cl, Br en de oxy-anionen als SO₄ en Mo (MoO₄). Deze componenten worden niet voldoende chemisch gebonden door de bindmiddelen.
5. Door toevoeging van kleine hoeveelheden actief kool aan de immobilisaten wordt de uitloging van organische verontreinigingen sterk gereduceerd. Organische componenten kunnen dus wel degelijk worden geïmmobiliseerd. Echter, doordat in het Bouwstoffenbesluit een samenstellingseis geldt voor organische verontreinigingen (in plaats van uitlooeisen), is het niet mogelijk om afvalstromen die rijk zijn aan organische verontreinigingen (zoals zuurteer en grondreinigingsresidu) door middel van koude immobilisatie op te werken tot een nuttig toepasbare bouwstof.

6. De aanwezigheid van sulfaten geeft problemen bij de sterkte ontwikkeling van immobilisaten wanneer gebruik wordt gemaakt van cement (op basis van portlandklinker) als bindmiddel. Door gebruik te maken van aluminiumcement treedt dit probleem in veel mindere mate op.
7. De kosten voor thermische immobilisatie - met name van slibachtige materialen - zijn hoog in vergelijking tot koude immobilisatie.

7.2 Aanbevelingen

1. Stimuleren/meer aandacht voor projecten die gericht zijn op de verwijdering en immobilisatie van de probleemcomponenten, zoals de anionen Br en Cl en ook oxy-anionen als MoO_4 . Hierbij kan gedacht worden aan voorbehandelingstechnieken (zoals wassen) die in combinatie met immobilisatie kunnen worden uitgevoerd. Dit is echter wel locatie-afhankelijk, in verband met de benodigde vergunning voor het lozen van zout water.
2. De ontwikkeling van normen in het Bouwstoffenbesluit ten behoeve van de beoordeling van organische componenten op basis van uitloging (in plaats van op basis van samenstelling) zou versneld moeten worden.
3. Uit de conclusies 3 en 7 volgt dat de resultaten voor thermische immobilisatie door middel van smelten bijzonder goed zijn, maar dat de kosten erg hoog zijn. Sinteren is een thermische techniek die minder energie-intensief is dan smelten en daardoor ook goedkoper. Onderzoek in deze richting verdient aanbeveling. Ditzelfde geldt voor hydrothermale technieken, waarbij een deel van de temperatuurverhoging wordt gecompenseerd door een drukverhoging.
4. In een aantal projecten met betrekking tot koude immobilisatie is gebleken dat er in afvalstoffen componenten aanwezig zijn, die een negatieve invloed hebben op de sterkte-ontwikkeling. Dit heeft tot gevolg dat het veelal moeilijk is om door middel van koude immobilisatie hoogwaardige producten te maken. Hierover is nog relatief weinig kennis aanwezig. Het zou daarom goed zijn om meer fundamenteel onderzoek te doen op dit gebied. Het is nodig nader te bezien in welk kader dergelijk onderzoek zou kunnen worden geëntameerd.
5. De economische haalbaarheid van immobilisatieprocessen is van doorslaggevende betekenis voor de feitelijke realisatie van een installatie. Daarom wordt aanbevolen om de uitvoering van een economische evaluatie als harde randvoorwaarde op te nemen in het T-2000 programma.
6. Voor afvalstoffen met een hoog gehalte aan organische stof ($> 20\%$ m/m) liggen thermische immobilisatieprocessen meer voor de hand dan koude. Aanbevolen wordt om voor deze afvalstoffen de komende jaren alleen de ontwikke-

ling van thermische processen te stimuleren in T-2000 kader (zie het overzicht van afvalstoffen in bijlage 2).

7. Voor meerdere afvalstoffen (o.a. straalgritresidu en AVI-rookgasreinigingsresidu in de vorm van filterkoek) zijn, zowel in T-2000 kader als daarbuiten, met succes immobilisatieprocessen ontwikkeld. Aanbevolen wordt om voor deze afvalstoffen het programma alleen open te stellen voor demonstratieprojecten (zie het overzicht van afvalstoffen in bijlage 2).
8. Aanbevolen wordt om de volgende afvalstoffen op te nemen in de lijst van prioritaire afvalstoffen voor T-2000 Immobilisatie: hydroxideslib uit de galvanische industrie, slib van het wassen van puingranulaten of zeefzand en RKG-slib.
9. De wet- en regelgeving met betrekking tot immobilisatie in Nederland is divers en niet altijd even duidelijk. Daarbij komt dat niet alle provincies een zelfde beleid voeren inzake vergunningverlening. Dit staat met name de opstart van demonstratieprojecten in de weg. Aanbevolen wordt om de betreffende regelgeving te vereenvoudigen en de verschillende beleidsaspecten, evenals het beleid in de verschillende provincies, beter op elkaar af te stemmen.

8. Literatuur

1. Programma T2000-1997 (brochure), NOVEM/VROM, 1997
2. Projectenoverzicht T2000 juli 1996 , VROM/NOVEM, 1996
3. Onderzoek geïmmobiliseerd fluorescentiepoeder en pigmentslib (T2000-project 93.21.0251), IWACO, AVR Chemie C.V., 1994
4. Immobilisatie zuurteer volgens het ATT-procédé (T2000-project 93.21.0245), IWACO, Gemeentewerken Rotterdam, Vermeer Milieutechniek BV, 1996
5. Koude immobilisatie van straalgrit residu op basis van het Multifix proces (T2000 project 93.21.0249), BRP, Pelt en Hooykaas, 1995
6. M.M.C. Alkemade, J.I.A. Koene, Immobilisatie van rookgasreinigingsresidu en vliegassen met behulp van zwavel (T2000 project 93.21.0242), TNO-ME 94-427, 1995
7. Haalbaarheid immobilisatietechnologieën voor AVI-rookgasreinigingsresiduen (T2000 project 93.21.0246), VVAV, 1995
8. De toepassing van commerciële cementen ten behoeve van immobilisatie van residuen van de verbranding van gevaarlijk afval (T2000-project 94.21.0552), AVR Chemie, ENCI, Intron, KEMA, 1996
9. Immobilisatie van niet-reinigbare grond ten behoeve van toepassing als funderingsmateriaal (T2000 project 94.21.0541), Gemeentewerken Rotterdam, 1996
10. Immobilisatie van droge rookgasreinigingsresidu en filterkoek afkomstig van de verbranding van chemisch afval met behulp van calciumaluminaatcementen (T2000 project), Intron, IWACO, Lafarge aluminates, 1996
11. Het gebruik van actieve kool bij koude immobilisatie van niet-reinigbare residuen (T2000 project 94.21.0550), NORIT N.V., 1996
12. Immobilisatie van straalgrit en verwerking tot vers, hoogwaardig straalgrit (T2000 project 94.21.0548), Eurogrit, 1995
13. Immobilisatie van AVI-vliegas en chemie-vliegas met behulp van siliicaat/cementsystemen (T2000 project), Crosfield, Intron, 1996

14. Neutralisatie en immobilisatie van zuurteer met behulp van olivijn (T2000 project 94.21.0549), Geochem Research BV, Pelt en Hooykaas BV, Provincie Overijssel, 1996
15. H. van Brakel, J.L.J. Vissers, Onderzoek naar het immobiliseren van Cottrellstof en Calcinaat (T2000 project 94.21.0543), KEMA KET/R&B 94-4683, 1995
16. Immobilisatie van verontreinigingen in hoogwaardige producten (T2000 project 354300/0810), CSO, 1997
17. *Posw*, Deel 11, Thermische verwerking van baggerspecie, een evaluatie van kansrijke technieken, POSW Fase II (1992 - 1996), september 1996
18. *Posw*, Deel 4, Vervaardiging van kunstbasalt uit verontreinigde baggerspecie, Samenvattende rapportage, POSW Fase II (1992 - 1996), mei 1995
19. *Posw*, Deel 19 Immobilisatie-effect Domofix-procédé op uitlooggedrag baggerspecie, Tauw Infra Consult BV, POSW Fase I (1989 - 1990), juni 1990
20. *Posw*, Deel 20, Inventariserend onderzoek naar de 'State of the Art' van immobiliseren CSO, POSW, fase I, december 1990
21. Ecogrind, algemeen, brochure van Ecogrind b.v., 1997.
22. Ministerie van VROM / Interprovinciaal Overleg, Meerjarenplan gevaarlijke afvalstoffen II, juni 1997
23. P.H.M. Bruggeling, Marktpotentie van hydrometallurgie voor de verwerking van metaalhoudende afvalstromen, TNO-MEP R97/008 (intern rapport), 1997
24. a: Ministerie van VROM, Grenswaardennotitie storten gevaarlijk afval, mei 1993
b: Ministerie van VROM, Brief van 15 februari 1996 aan Provincies met betrekking tot de actualisatie van de Grenswaardennotitie.
25. Bouwstoffenbesluit bodem en oppervlaktewaterenbescherming, Staatsblad 1995, 567, uitgegeven 30 november 1995.
26. E. Mulder, Pre-treatment of MSWI fly ash for useful application, Waste Management, Vol. 16, Nos 1-3, pp. 181 - 184, 1996
27. L. Feenstra en E. Mulder, Afval met een stortverbod, TNO-MEP - R98/133, Apeldoorn, maart 1998

28. E. Mulder, Stabilisatie van zeefzand ten behoeve van nuttige toepassing, lezing tijdens het Drieluik Techniekendag, onderdeel Immobilisatie, Apeldoorn, september 1997
29. Gemeentewerken Rotterdam, Immobilisatie van niet-reinigbare grond ten behoeve van toepassing als funderingsmateriaal, Rotterdam, oktober 1996

9. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

NOVEM
Postbus 8242
3503 RE Utrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. E. Mulder	projectleider
Ir. P.H.M. Bruggeling	wetenschappelijk medewerker
Drs. R.W. Lanting	wetenschappelijk medewerker (TNO Bouw)
Ing. R.K. Zijlstra	research medewerker

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

januari 1997 - april 1998

Ondertekening:



Ir. E. Mulder
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. J. de Koning
afdelingshoofd

Bijlage 1 Prioriteitsvolgorde (1997) van te immobiliseren afvalstoffen

PRIORITEIT:	VASTE MATERIALEN:
A	Anorganische verontreinigingen Straalgrit-residuen Vliegashoudend afval Asbesthoudend afval
B	Slak verbranding chemisch afval Zuiveringsslib-as AVI-vliegashoudend afval
A	Anorganische en organische verontreinigingen Niet-reinigbare grond
B	Ovenpuin aluminiumbereiding
C	Afgewerkte bleekafval
	SLIBBEN:
A	Anorganische verontreinigingen Rookgasreinigingsresidu verbranding chemisch afval
B	Fosforzuurgips Pigmentslibben Rookgasreinigingsresidu AVI's
C	Residu boorspoeling en boorgruis Zuiveringsslib synthetische vezel- en garende industrie Arseensulfide-houdend afval
A	Anorganische en organische verontreinigingen Grond- en zeefzandreinigingsresidu Baggerspecie klasse IV Communaal zuiveringsslib
B	Baggerspecie klasse III
C	Organische verontreinigingen Hoogovengasstof fijne fractie

In het verleden waren ook reststoffen als fluorescentiepoeder en zuurteer opgenomen in deze lijst

Bijlage 2 Voorstel voor lijst van prioritaire afvalstoffen voor T-2000, vanaf 1998

Vaste stoffen

Anorganische verontreinigingen

- A Straalgrit-residuen²⁾
 Asbesthoudend afval¹⁾
- B Slak verbranding gevaarlijk afval
 Zuiveringsslib-as
 AVI-vliegas²⁾
- C Vliegas verbranding gevaarlijk afval

Anorganische en organische verontreinigingen

- A geen
- B Ovenpuin aluminiumbereiding
- C Afgewerkte bleekarde¹⁾
 Niet-reinigbare grond²⁾

Slibben

Anorganische verontreinigingen

- A geen
- B Rookgasreinigingsresidu verbranding gevaarlijk afval
- C Pigmentslibben
 Rookgasreinigingsresidu AVI's (filterkoek)²⁾
 Residu boorspoeling en boorgruis
 Zuiveringsslib synthetische vezel- en garenindustrie
 Hydroxydeslib uit de galvano-industrie

Anorganische en organische verontreinigingen

- A Grond- en zeefzandreinigingsresidu¹⁾
 Slib van het wassen van puingranulaten
 Baggerspecie klasse IV
- B RKG-slib
 Communaal zuiveringsslib en industrieel zuiveringsslib met een hoog organisch-stof-gehalte¹⁾
 Baggerspecie, klasse III
- C geen

- 1) Deze afvalstromen zouden alleen in aanmerking moeten komen voor thermische immobilisatie (voor zover het organisch-stof-gehalte hoger is dan 20% m/m).
- 2) Deze afvalstromen zouden alleen in aanmerking moeten komen voor demonstratieprojecten (dus niet meer voor onderzoek- en ontwikkelingsprojecten).

Bijlage 3 Samenstellings- en immissiewaarden uit het Bouwstoffenbesluit

BIJLAGE 2, behorende bij de artikelen 1, eerste lid, onder j, k en l, 7, 9 en 22 van het Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming

Samenstellings- en immissiewaarden voor bouwstoffen, niet zijnde schone grond

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	saamenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	saamenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus (mg/kg droge stof)
ANORGANISCHE STOFFEN				
1. Metalen				
antimoon (Sb)	[7440-36-0]	39	-	-
arseen (As)	[7440-38-2]	435	-	55
barium (Ba)	[7440-39-3]	6300	-	625
cadmium (Cd)	[7440-43-9]	12	-	12
chrom (Cr)	[7440-47-3]	1500	-	380
cobalt (Co)	[7440-48-2]	300	-	240
koper (Cu)	[7440-50-8]	540	-	190
kwik (Hg)	[7439-97-6]	4,5	-	10
lood (Pb)	[7439-92-1]	1275	-	530
molybdeen (Mo)	[7439-98-7]	150	-	200
nikkel (Ni)	[7440-02-0]	525	-	210
seleen (Se)	[7782-49-2]	15	-	-
tin (Sn)	[7440-31-5]	300	-	-
vanadium (V)	[7440-62-2]	2400	-	-
zink (Zn)	[7440-66-5]	2100	-	720

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ² per 100 jaar)	samenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus (mg/kg droge stof)
2. Overige anorganische stoffen				
bromide	n.v.t.	300 ¹	-	-
chloride	n.v.t.	30000 ²	-	-
cyanide (vrij)	n.v.t.	15	-	20
cyanide (complex) (pH $\geq$ 5) ³	n.v.t.	75	-	50
cyanide (complex) (pH<5) ³	n.v.t.	75	-	650
fluoride	n.v.t.	14000 ⁴	-	-
thiocyanaten (som)	n.v.t.	-	-	20
sulfaat	n.v.t.	45000 ⁵	-	-

¹ Bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l, geldt voor bromide, in afwijking van de tabel, geen immissiewaarde.

² De in de tabel aangegeven immissiewaarde voor chloride is uitgedrukt in mg/m² per 1 jaar.
Voor chloride geldt in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde:

- a. een immissiewaarde van 87000 mg/m² per 1 jaar bij het gebruiken op of in de bodem van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast;
- b. een immissiewaarde van 174000 mg/m² per 1 jaar bij het gebruiken in oppervlaktewater van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast, en
- c. geen immissiewaarde bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5000 mg/l.

³ Zuurgraad: pH (0,01 M CaCl₂). Voor de bepaling pH groter dan of gelijk aan 5 en pH kleiner dan 5 geldt het 90-percentage van de gemeten waarden.

⁴ Bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloridegehalte van meer dan 5000 mg/l geldt voor fluoride, in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde, een immissiewaarde van 56000 mg/m² per 100 jaar.

⁵ De in de tabel aangegeven immissiewaarde voor sulfaat is uitgedrukt in mg/m² per 1 jaar.
Voor sulfaat geldt in afwijking van de in de tabel aangegeven immissiewaarde:

- a. een immissiewaarde van 100000 mg/m² per 1 jaar bij het gebruiken op of in de bodem van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast;
- b. een immissiewaarde van 124000 mg/m² per 1 jaar bij het gebruiken in oppervlaktewater van een niet-vormgegeven bouwstof die als categorie 1-bouwstof wordt toegepast, en
- c. een immissiewaarde van 180000 mg/m² per 1 jaar bij het gebruiken van een bouwstof op plaatsen waar een direct contact is of mogelijk is met brak oppervlaktewater of zeewater met van nature een chloridegehalte van meer dan 5000 mg/l.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	samenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	samenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus ⁺ (mg/kg droge stof)
ORGANISCHE STOFFEN				
3. Aromatische stoffen				
benzeen	[71-43-2]	-	1,25	1
ethylbenzeen	[100-41-4]	-	1,25	1,25
tolueen	[108-88-3]	-	1,25	1,25
xylenen (som) ⁶	[95-47-6], [108-38-3], [106-42-3]	-	1,25	1,25
styreen (Vinylbenzeen)	[100-42-5]	-	-	100
fenol	[108-95-2]	-	1,25	1,25
cresolen (som) ⁷	[108-39-4], [95-48-7], [106-44-5]	-	-	5
o-dihydroxybenzeen (Catechol)	[120-80-9]	-	-	20
m-dihydroxybenzeen (Resorcinol)	[108-46-3]	-	-	10
p-dihydroxybenzeen (Hydrochinon)	[123-31-9]	-	-	10

⁶ Onder Xylenen (som) wordt verstaan: som van m-Xyleen, p-Xyleen en o-Xyleen.

⁷ Onder Cresolen (som) wordt verstaan: som van m-Cresol, p-Cresol en o-Cresol.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	saamenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	saamenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus* (mg/kg droge stof)
4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)				
naftaleen	[91-20-3]	-	5 ⁸	5
fenantreen	[85-01-8]	-	20 ⁸	20
antraceen	[120-12-7]	-	10 ⁸	10
fluoranteen	[206-44-0]	-	35 ⁸	35
chryseen	[56-55-3]	-	10 ⁸	10
benzo(a)antraceen	[218-01-9]	-	50 ⁸	40
benzo(a)pyreen	[207-08-9]	-	10 ⁸	10
benzo(k)fluoranteen	[50-32-8]	-	50 ⁸	40
indeno (1,2,3cd) pyreen	[191-42-2]	-	50 ⁸	40
benzo(ghi)peryleen	[193-39-5]	-	50 ⁸	40
PAK's totaal (som 10) ⁹	[91-20-3], [85-01-8], [120-12-7], [206-44-0], [56-55-3], [218-01-9], [207-08-9], [50-32-8], [191-42-2], [193-39-5]	-	75 ⁸	40
5. Gechloreerde koolwaterstoffen				
a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen				
monochlooretheen (Vinylchloride)	[75-01-4]	-	-	0,1
dichloormethaan	[75-09-2]	-	-	4
1,2-dichloorethaan	[107-06-2]	-	-	4
trichloormethaan	[67-66-3]	-	-	3
trichlooretheen (Tri)	[79-01-6]	-	-	4
tetrachloormethaan (Tetra)	[56-23-5]	-	-	1
tetrachlooretheen (Per)	[127-18-4]	-	-	4
chloornaftaleen (som α, β)	[90-13-1], [91-58-7]	-	-	10

⁸ Voor bouw- en sloofafval en daarvan gemaakte produkten (waaronder betongranulaat, menggranulaat, brekerzand en zeefzand) geldt in afwijking van de tabel:

- a. geen saamenstellingswaarde voor individuele PAK's, en
- b. een saamenstellingswaarde voor de PAK's totaal (10 PAK's) van 50 mg/kg.

Deze afwijking van de tabel is niet van toepassing op het in voetnoot 19 omschreven asfaltgranulaat.

⁹ Onder PAK (som van 10) wordt verstaan: de som van antraceen, benzo(a)antraceen, benzo(k)fluoranteen, benzo(a)pyreen, chryseen, fenantreen, fluoranteen, indeno (1,2,3-cd) pyreen, naftaleen, benzo(ghi)peryleen.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	saamenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	saamenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus* (mg/kg droge stof)
b. chloorbenzenen				
chloorbenzenen (som) ¹⁰	[108-90-7], [95-50-1], [541-73-1], [106-46-7], [87-61-6], [120-82-1], [108-70-3], [634-66-2], [634-90-2], [95-94-3], 608-93-5], [188-74-1]	-	-	5
c. chloorfenolen				
chloorfenolen (som) ¹¹	[95-57-8], [108-43-0], [106-48-9], [576-24-9], [120-83-2], [583-78-8], [87-65-0], [95-77-2], [591-35-5], [15950-66-0], [933-78-8], [933-75-5], [95-95-4], [88-06-2], [609-19-8], [4901-51-3], [935-95-5], [58-90-2], [87-86-5]	-	-	6
pentachloorfenol	[87-86-5]	-	-	5
d. polychloor-bifenylen (PCB's)				
PCB's (som 7) ¹²	[7012-37-5], [35693-99-3], [37680-37-2], [35065-28-2], [35065-27-1], [35065-29-3], [31308-00-6]	-	0,5	0,5
e. overige gechloreerde-koolwaterstoffen				
EOCl (totaal)	n.v.t.	-	3 mg Cl/kg	3 mg Cl/kg

¹⁰ Onder chloorbenzenen (som) wordt verstaan: de som van alle isomeren van alle chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta- en hexachloorbenzeen).

¹¹ Onder chloorfenolen (som) wordt verstaan: de som van alle isomeren van chloorfenolen (mono-, di-, tri-, tetra-, en pentachloorfenol).

¹² Onder PCB's (som 7) wordt verstaan: de som van PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	saamenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	saamenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus (mg/kg droge stof)
6. Bestrijdingsmiddelen				
a. organochloor bestrijdingsmiddelen				
DDT/DDE/DDD ¹³	[72-54-9], [53-19-0], [784-02-6], [72-54-8], [3424-82-6], [50-29-3]	-	-	0,5
drins (som) ¹⁴	[390-00-2], [60-57-1], [72-20-8]	-	-	0,5
HCH-verbindingen ¹⁵	[319-84-6], [319-85-7], [58-89-9], [319-86-8]	-	-	0,5
organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) ¹⁶	n.v.t.	-	0,5	0,5
b. overige bestrijdingsmiddelen				
atrazine	[1912-24-9]	-	-	0,5
carbaryl	[63-25-2]	-	-	0,5
carbofuran	[1563-66-2]	-	-	0,5
maneb	[1247-38-2]	-	-	0,5
niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) ¹⁷	n.v.t.	-	0,5	0,5

¹³ Onder DDT/DDD/DDE wordt verstaan: de som van DDT, DDD en DDE.

¹⁴ Onder drins wordt verstaan: de som van aldrin, dieldrin en endrin.

¹⁵ Onder HCH-verbindingen wordt verstaan: de som van α -HCH, β -HCH, γ -HCH en δ -HCH.

¹⁶ Onder organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) wordt verstaan: de som van alle chloor bevattende bestrijdingsmiddelen.

¹⁷ Onder niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som) wordt verstaan: de som van alle bestrijdingsmiddelen met uitzondering van de chloorhoudende bestrijdingsmiddelen.

Stof	CAS-nummer	immissie- waarden (mg/m ³ per 100 jaar)	saamenstellings- waarden voor an- dere bouwstoffen dan grond (mg/kg droge stof)	saamenstellings- waarden voor grond uitgaande van 25% lutum en 10% hu- mus [*] (mg/kg droge stof)
7. Overige stoffen				
cyclohexanon	[108-94-1]	-	-	270
ftalaten (som)	n.v.t.	-	-	60
minerale olie ¹⁸	n.v.t.	-	500 ¹⁹	500
pyridine	[110-86-1]	-	-	1
tetrahydrofuran	[109-99-9]	-	-	0,4
tetrahydrothiofeen	[110-01-0]	-	-	90

Verklaring van de afkortingen en tekens:
Zie bijlage 1.

¹⁸ Minerale olie heeft betrekking op de som van de (al dan niet) vertakte alkanen. Indien er enigerlei vorm van minerale olie verontreiniging wordt aangetoond in grond, dan dient naast het minerale olie-gehalte ook het gehalte aan aromatische en/of polycyclische aromatische koolwaterstoffen bepaald te worden.

¹⁹ Voor de hierna genoemde bouwstoffen geldt, in afwijking van de tabel, voor minerale olie geen saamenstellingswaarde:

- Asfalt of asfaltbeton, inclusief mogelijke oppervlakbehandelingen, tussenlagen en deklagen, zijnde een bouwstof die bestaat uit een bindmiddel op basis van bitumen, steenachtig materiaal, zand en vulstof en die als zodanig regulier in de wegen- en waterbouw danwel voor constructies van al dan niet vloeistofdichte vloeren wordt gebruikt.
- Gestabiliseerd asfaltgranulaat, zijnde een bouwstof die bestaat uit zand, cement en/of bitumenemulsie, water en tenminste 70% (m/m) asfaltgranulaat, die als zodanig regulier in de wegen- of waterbouw wordt gebruikt en waarbij het gehalte aan asfaltbeton in het asfaltgranulaat tenminste 40% bedraagt.
- Asfaltgranulaat, zijnde een bouwstof die als zodanig regulier in funderingen in de wegenbouw wordt gebruikt en die bestaat uit tenminste 80% gebroken of gefreesd asfalt of asfaltbeton.
- Gemeneraliseerde bitumen dakbedekkingsmaterialen zoals die regulier in de burger- en utiliteitsbouw worden gebruikt.