

DI : 401985

TNO-rapport / TNO report



Nederlandse Organisatie
voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek / Netherlands
Organisation for Applied
Scientific Research

Z9344



RWS bibliotheek

locatie Utrecht

Postbus 20.000

3502 LA Utrecht



Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

www.mep.tno.nl

T 055 549 34 93

F 055 549 32 01

info@mep.tno.nl

TNO-rapport

R 2002/069

2002

Koude immobilisatie van baggerspecie

- Marktverkenning -

Datum	februari 2002
Auteurs	L. Feenstra (TNO-MEP) E. Mulder (TNO-MEP) J. Joziase (TNO-MEP) L.H.A.M. van Ruiten (Van Ruiten Adviesbureau B.V.)
Projectnummer	32785
Trefwoorden	baggerspecie koude immobilisatie afzetmogelijkheden marktverkenning economische verkenning
Bestemd voor	AKWA/DWW

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, 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 onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2002 TNO

Samenvatting

Koude immobilisatie is, naast zandscheiden, ontwateren/rijpen en landfarmen, een eenvoudige verwerkingstechniek voor verontreinigde baggerspecie. Bij koude immobilisatie worden de verontreinigingen in de baggerspecie zodanig vastgelegd dat het immobilisatieproduct het milieu niet vervuult. Met koude immobilisatie kan baggerspecie worden verwerkt tot een bruikbaar product, waardoor blijvende opslag van verontreinigde baggerspecie in depots achterwege kan blijven. Om duidelijkheid te krijgen over het marktperspectief van koude immobilisatie ten opzichte van storten en andere verwerkingstechnieken is een marktverkenning uitgevoerd. Deze marktverkenning is in opdracht van AKWA/DWW uitgevoerd door TNO-MEP, in samenwerking met Van Ruiten Adviesbureau B.V.

Om het marktperspectief van koude immobilisatie inzichtelijk te maken, is achtereenvolgens aandacht besteed aan:

- het aanbod van geschikte baggerspecie voor koude immobilisatie;
- geschikte toepassingen voor de koude immobilisatieproducten;
- de afzetvolumes en afzetprijzen van immobilisatieproducten;
- de kosten van koude immobilisatie, in relatie tot die van storten en andere verwerkingstechnieken.

Van het in het Tien Jaren Scenario (TJS) berekende aanbod van niet-verspreidbare zoete baggerspecie (in totaal 133 miljoen m³ in-situ specie in 10 jaar) is 60,2 miljoen m³ (45%) te verwerken met koude immobilisatie¹. Van deze 60,2 miljoen m³ is 56,4 miljoen m³ baggerspecie ook te verwerken met andere eenvoudige verwerkingstechnieken zoals zandscheiden, ontwateren/rijpen en landfarmen. De resterende hoeveelheid van 3,8 miljoen m³ sterk verontreinigde baggerspecie is alleen te verwerken met koude immobilisatie. Voor deze hoeveelheid klasse 3 en 4 baggerspecie is koude immobilisatie feitelijk het enige alternatief voor opslag in depots. Toepassing van koude immobilisatie voor deze stroom betekent dat het niet in blijvende depots hoeft te worden gestort.

Van het totale aanbod aan niet-verspreidbare zoete specie kan 72,8 miljoen m³ niet met koude immobilisatie verwerkt. Dit betreft voornamelijk kleiige en venige baggerspecie (resp. 50 en 20%). De beperkingen voor de toepassing van koude immobilisatie betreffen niet zo zeer technologische beperkingen, maar komen voort uit de eisen van het Bouwstoffenbesluit. In veel gevallen kan de baggerspecie weliswaar worden geïmmobiliseerd, maar mag het niet worden toegepast als bouwstof, vanwege een te hoog oliegehalte (voor het product geldt volgens het Bouwstoffenbesluit een samenstellingseis voor minerale olie van 500 mg/kg).

¹ Vanwege de geringe hoeveelheid niet-verspreidbare zoute specie en omdat zoute specie vanwege het hoge chloride-gehalte minder geschikt is voor verwerking met koude immobilisatie, is in deze marktverkenning verder geen aandacht besteed aan het koud immobiliseren of anderszins verwerken van zoute specie.

Uit een inventarisatie van de toepassingsmogelijkheden van cementgebonden immobilisatieproducten worden de volgende drie toepassingsopties het meest kansrijk geacht:

1. Fundering/stabilisatielaag in wegenbouw;
2. Ophoging en aanvulling (wegenbouw, industrie-/bedrijfsterreinen);
3. Cluster van de volgende vijf toepassingsopties:
 - Terpen (bescherming tegen hoog water)
 - Onderafdichting baggerdepots
 - Afdekkingen en afdichtingen (cappen) van stortplaatsen en industrieterreinen
 - Kwaliteitsverbetering/functionele toepassing te storten materiaal
 - Verbeteren kwaliteit secundaire grondstoffen.

Voor de geselecteerde toepassingen worden drie verschillende typen immobilisatieproducten onderscheiden, namelijk een granulair product, een monolithisch product en een licht gebonden stabilisatie.

Een economische verkenning voor de afzetmogelijkheden van de immobilisatieproducten levert het volgende beeld op:

Toepassing	Afzetpotentieel	Opbrengst product
Fundering/stabilisatielaag wegenbouw	> 1 mln ton/j	€ 4,50 – 9,00 /ton; afh. van aanbod en kwaliteit
Ophoging en aanvulling	> 1 mln ton/j	€ 2,25 – 4,50 /ton; afh. van aanbod en kwaliteit
Cluster overige toepassingen	~0,1 mln ton/j	€ 0 /ton

Uitgevoerde kostenramingen leveren het volgende kostenplaatje voor koude immobilisatie op:

Kosten van koude immobilisatie (proceskosten minus opbrengst product)

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type bag-gerspecie	Kosten (proceskosten minus opbrengst product)	
			€/ m ³ in-situ	€/tds specie
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	29	25
		Matig zandig	35	42
		Kleiig	25	46
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	28	24
		Matig zandig	35	41
		Kleiig	27	51
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	25	22
		Matig zandig	23	27
		Kleiig	20	37

Uit de kostenramingen blijkt dat de kosten van koude immobilisatie hoger zijn dan die van ontwateren/rijpen en zandscheiding en redelijk overeen komen met die van landfarmen. Voor kleiige specie zijn de kosten van koude immobilisatie lager dan die van landfarmen. Baggerspecie met te veel kleine slibdeeltjes (kleiige specie en een deel van de matig zandige species) kan niet worden geïmmobiliseerd zonder gebruik te maken van een grove toeslagstof. Door gebruik te maken van een grove toeslagstof met een negatieve waarde (bv. rioolzand of sorteersand) kunnen de kosten van koude immobilisatie worden beperkt.

Koude immobilisatie van baggerspecie gaat gepaard met kosten en opbrengsten. Kosten in de vorm van proceskosten gemoeid met de voorbereiding, kosten van bindmiddelen, mengen, etc. en opbrengsten, zoals de opbrengst van het immobilisaat, vermeden verwerkingskosten van de grove toeslagstof, vermeden stortkosten en vermeden Wbm-heffing. Als de opbrengsten per ton immobilisaat hoger zijn dan de proceskosten, is er sprake van een batig saldo. Bij een batig saldo kan de verwerker het immobilisaatproduct, verkregen uit baggerspecie, tegen een markt-conforme prijs op de markt zetten.

Saldo van kosten en opbrengsten voor de drie verschillende immobilisatieproducten (in €/ton product)

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type baggerspecie	Saldo (opbrengsten minus kosten *) (€ per ton immobilisaat)		
			Waarde toeslagstof (€/ton)		
			0	12,50	25
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	4	4	4
		Matig zandig	-17	-17	-17
		kleiig	-8	-4	-1
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	6	6	6
		Matig zandig	-17	-17	-17
		kleiig	-10	-6	-3
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig		7	
		Matig zandig		-8	
		kleiig		-6	

*) Opbrengsten zijn: opbrengst product + vermeden verwerkingskosten van grove toeslagstof + vermeden stortkosten + vermeden Wbm-heffing

Mede als gevolg van de 1^e fase Wbm-heffing, zijn de kosten van koude immobilisatie van zandige specie lager dan van storten. Koude immobilisatie van matig zandige en kleiige specie is duurder dan storten. De verwachting is dat als de 2^e fase WBM van kracht wordt (tussen 2004 en 2006), ook het immobiliseren van matig zandige en kleiige specie financieel aantrekkelijker wordt dan het storten ervan.

Voorafgaand aan koude immobilisatie moet de baggerspecie worden ontwaterd en gerijpt. Koude immobilisatie kan dan ook worden beschouwd als een extra verwerkingsmogelijkheid voor gerijpte specie met als belangrijk voordeel, dat verschillende immobilisatieproducten kunnen worden gemaakt, waarvan de eigenschappen instelbaar zijn. De afzet van deze producten in civiele werken is veelal gemakkelijker te realiseren dan de afzet van gerijpte (kleiige) baggerspecie. Ook de mogelijkheid om baggerspecie gezamenlijk met andere afvalstoffen te verwerken kan als een voordeel worden gezien. Een belangrijk voordeel van koude immobilisatie ten opzichte van zandscheiden is dat de volledige specie nuttig wordt toegepast. Bij zandscheiding wordt alleen het zand nuttig toegepast en wordt de slibfractie alsnog gestort.

Op dit moment wordt koude immobilisatie van baggerspecie nog niet op grote schaal toegepast in de praktijk. Er zijn dan ook weinig praktijkgegevens voorhanden. Dit leidt tot terughoudendheid bij probleembezitters en potentiële afnemers van immobilisaten. Om het draagvlak te vergroten, maar ook om meer informatie over zowel civiele, milieutechnische en financiële aspecten van immobilisatie te krijgen, is momenteel een aantal demonstratieprojecten in uitvoering dan wel in voorbereiding. Voor het van de grond krijgen van demonstratieprojecten van koude immobilisatie kan de Stimuleringsregeling Verwerking Baggerspecie (Impuls SVB), die waarschijnlijk medio 2002 in werking treedt, een belangrijke financiële rugsteun zijn.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1. Inleiding	8
2. Wat is koude immobilisatie.....	9
3. Aanbod van geschikte baggerspecie	10
3.1 Inleiding.....	10
3.2 Totale aanbod van baggerspecie	10
3.3 Niet-verspreidbare zoute specie.....	11
3.4 Niet-verspreidbare zoete specie	11
3.5 Verwerkingsmogelijkheden van de niet-verspreidbare zoete baggerspecie	12
4. Toepassingsmogelijkheden voor immobilisatieproducten	15
4.1 Inleiding.....	15
4.2 Geselecteerde toepassingsopties	15
5. Proceskosten van koude immobilisatie	18
5.1 Uitgangspunten	18
5.2 Resultaten berekeningen proceskosten	21
6. Economische verkenning van de afzetmogelijkheden van koude immobilisatieproducten.....	22
6.1 Bandbreedte prijsniveau van de beoogde producten	22
6.1.1 Historisch perspectief.....	22
6.1.2 Opbouw kosten.....	24
6.1.3 Indicatie prijsvorming	25
6.2 Afzetpotentieel.....	27
7. Evaluatie van het marktperspectief van koude immobilisatie van baggerspecie.....	31
7.1 Inleiding.....	31
7.2 Kosten van koude immobilisatie (proceskosten minus opbrengst product)	31
7.3 Vergelijking kosten koude immobilisatie met die van andere verwerkingstechnieken.....	32
7.4 Kosten en opbrengsten per ton immobilisaat.....	33
7.5 Marktperspectief koude immobilisatie	34
7.5.1 Alleen te verwerken met koude immobilisatie	35
7.5.2 Te verwerken met koude immobilisatie en andere eenvoudige verwerkingstechnieken.....	37

8.	Conclusies en aanbevelingen	40
9.	Afkortingen en begrippen	44
10.	Literatuur.....	45
11.	Verantwoording	46
Bijlagen		
I	Uitgangspunten voor het berekenen van het aanbod	
II	Inventarisatie van mogelijke toepassingsopties voor geïmmobiliseerde baggerspecies in de utiliteitsbouw en in de grond-, weg- en waterbouwsector	
III	Invoer steenachtige funderingsmaterialen	
IV	Uitgangspunten kostenberekeningen	

1. Inleiding

In het rapport “Verwerking van baggerspecie” [1] dat gebruikt is als basisdocument bij de besluitvorming in het kader van het project Impuls B2 (van Baggerspecie naar Bouwstof) wordt koude immobilisatie genoemd als één van de mogelijke verwerkingstechnieken. Tussen de diverse (markt)partijen bestaat discussie over de afzet(mogelijkheden en hoeveelheid) van het immobilisatieproduct, de hoeveelheden en kwaliteitseisen van voor koude immobilisatie in aanmerking komende baggerspecies (type specie, gehalte verontreinigingen, etc.) en de impact van koude immobilisatie op de in de toekomst benodigde stortcapaciteit voor verontreinigde baggerspecie.

Om meer duidelijkheid te krijgen over de afzetmogelijkheden van immobilisatieproducten uit baggerspecie en hiermee samenhangend, over de hoeveelheid baggerspecie die door middel van koude immobilisatie kan worden verwerkt, heeft AKWA/DWW TNO-MEP gevraagd om, in samenwerking met Van Ruiten Adviesbureau B.V., een marktverkenning naar koude immobilisatie van baggerspecie uit te voeren.

De marktverkenning omvat de volgende onderdelen:

- een inventarisatie van het aanbod van geschikte baggerspecies voor koude immobilisatie;
- een inventarisatie en selectie van geschikte toepassingsopties voor koude immobilisatieproducten;
- een inschatting van de kosten van koude immobilisatie;
- een economische verkenning van de geselecteerde toepassingsopties;
- het marktperspectief van koude immobilisatie van baggerspecie.

In dit rapport worden de resultaten van de marktverkenning gepresenteerd. De hierboven genoemde 5 onderdelen worden achtereenvolgens besproken in de hoofdstukken 3 tot en met 7. In hoofdstuk 2 wordt echter eerst een korte introductie gegeven op koude immobilisatie. Het rapport wordt afgesloten met conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 8).

2. Wat is koude immobilisatie

Immobilisatie is de naam voor een cluster van technieken voor de bewerking en verwerking van rest- en afvalstoffen waarbij de afvalstof niet wordt gereinigd, maar waarbij de verontreinigingen zodanig worden vastgelegd dat het immobilisatieproduct het milieu niet vervuult. Er is onderscheid te maken in twee belangrijke soorten immobilisatie, namelijk koude technieken en thermische technieken. Bij thermische technieken worden door verhitting de organische stof en de organische verontreinigingen verbrand. De zware metalen en de andere anorganische verbindingen worden vastgelegd in het product, dat ontstaat door sinteren of smelten. Bij koude immobilisatie wordt de afvalstof of een combinatie van afvalstoffen gebonden met hydraulische bindmiddelen (en eventueel additieven), waardoor de verontreinigende stoffen in het uitgeharde materiaal worden vastgelegd.

In deze marktverkenning beperken we ons tot koude immobilisatie van baggerspecie middels hydraulische bindmiddelen, op basis van cement. De immobiliserende werking is in deze processen deels gebaseerd op fysische insluiting van de verontreinigende stoffen in de cementmatrix en deels op een chemische vastlegging. Vastlegging van bepaalde verontreinigende stoffen kan worden bevorderd door gebruik te maken van specifieke additieven.

Koude immobilisatie is met name geschikt voor zandrijke en matig zandige baggerspecies. Species met een hoog gehalte aan klei (fijne deeltjes) en species met een hoog gehalte aan organische stof (venige species) kunnen alleen verwerkt worden in combinatie met een of meer grove, zandachtige toeslagstoffen.

De immobilisatieproducten moeten voldoen aan de milieuhygiënische eisen die gesteld worden in het Bouwstoffenbesluit. Dit houdt in dat voor de toepassing van het immobilisatieproduct in civiele werken voor de zware metalen en andere anorganische verbindingen een bepaalde immissie in de bodem niet mag worden overschreden, en dat voor de organische stoffen het immobilisatieproduct moet voldoen aan bepaalde samenstellingseisen. Daarnaast dienen immobilisatieproducten uiteraard te voldoen aan de (civiel)technische eisen die de toepassing aan het product stelt. Deze liggen vast in RAW-bepalingen en andere technische regelgeving of moeten op basis van functionele eisen als maatwerk worden bepaald.

Koude immobilisatie is een relatief eenvoudige proces; de technologie vergt geen hoge investeringen. Daarnaast kan met de technologie in één procesgang een eindproduct worden vervaardigd, waarbij geen reststoffen overblijven die alsnog moeten worden gestort. De nuttige toepassing van het immobilisatieproduct betekent een besparing op de inzet van primaire grondstoffen zoals zand, grond en grind.

3. Aanbod van geschikte baggerspecie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het aanbod van baggerspecie dat met koude immobilisatie kan worden verwerkt. Hierbij is gebruik gemaakt van de resultaten van de inventarisatie van de verwachte hoeveelheden baggerspecie tot 2011. Deze inventarisatie is uitgevoerd door regionale werkgroepen bestaande uit van vertegenwoordigers van de provincie, Rijkswaterstaat, waterschappen en gemeenten in het kader van het TienJarenScenario (TJS) [1]. Voor het bepalen van de verwerkingsmogelijkheden van baggerspecie is gebruik gemaakt van het rekenmodel "Prospect" [2, 3]. Dit model is speciaal ontwikkeld voor het 10-jarensenario en borduurt voort op BABS, Beslismodel Aanpak BaggerSpecie [4, 5]. Met Prospect kan op basis van gegevens over de textuur van de baggerspecie, het zandgehalte, het organisch stofgehalte, de kwaliteit van de baggerspecie, worden bepaald welke verwerkingsopties kunnen worden toegepast. Koude immobilisatie vormt hierbij één van de verwerkingsopties. Een deel van de baggerspecie die met koude immobilisatie kan worden verwerkt, kan ook met andere eenvoudige verwerkingstechnieken zoals ontwatering/rijping, landfarming en zandscheiding worden verwerkt. Daarom is ook het aanbod aan baggerspecie bepaald dat met deze eenvoudige technieken kan worden verwerkt.

3.2 Totale aanbod van baggerspecie

In tabel 3.1 is een overzicht gegeven van het totale aanbod aan zoete en zoute specie die de eerstkomende 10 jaar gebaggerd zou moeten worden en van de verdeling in verspreidbare en niet-verspreidbare specie. Niet-verspreidbare specie betreft klasse 0, 1 en 2 specie die om fysieke redenen niet kan worden verspreid en klasse 3 en 4 specie die op basis van chemische criteria niet verspreidbaar is.

Tabel 3.1 Aanbod van zoete en zoute specie in miljoen m³.

Categorie	Verspreidbaar	Niet-verspreidbaar	Totaal
zoet	57	133	190
zout	192	18	210
Totaal	249	151	400

Uit tabel 3.1 blijkt dat het totale aanbod van zoute en zoete species de eerstkomende 10 jaar 400 miljoen m³ omvat, waarvan ongeveer de helft zoete specie betreft en de helft zoute specie. Van de 400 miljoen m³ is 249 miljoen m³ baggerspecie verspreidbaar en 151 miljoen m³ niet-verspreidbaar. Deze laatste hoeveelheid moet worden gestort of verwerkt.

De zoute specie is relatief schoon. 90% kan dan ook direct worden verspreid (terugstorten in zee). 10% van de zoute specie (18 miljoen m³) is zodanig verontreinigd dat dit moet worden verwerkt dan wel gestort. Van de totale hoeveelheid zoete specie van 190 miljoen m³ is 57 miljoen m³ (30%) verspreidbaar. 133 miljoen m³ zoete specie moet worden gestort of worden verwerkt.

Met betrekking tot de totale hoeveelheid te verwachten baggerspecie tot 2011 moeten wel enige kanttekeningen worden gemaakt. Eén van de voorlopige conclusies van het basisdocument TJS is dat door het ontbreken van financiële middelen en bestemmingen momenteel nog onvoldoende wordt gebaggerd. Ook werd geconcludeerd dat de oorspronkelijke ambitie om de totale achterstand in onderhoud en sanering in een tijdsperiode van tien jaar te willen aanpakken, onhaalbaar lijkt. Dit doordat de beschikbare budgetten schromelijk tekort schieten en wegens logistieke beperkingen. De conclusie van RWS is dan ook dat het onvermijdelijk lijkt, dat de geïnventariseerde baggerwerken over een langere tijdsperiode dan 10 jaar, bijvoorbeeld 40 jaar, worden uitgevoerd.

3.3 Niet-verspreidbare zoute specie

Zoute specie is vanwege het hoge chloride-gehalte minder geschikt voor verwerking met koude immobilisatie, zowel om civieltechnische redenen (uitharding en druksterkte) als vanwege de uitloging van chloride. Onderzoek van TNO-MEP heeft evenwel aangetoond dat bij chloridegehalten tot 1% een goede kwaliteit immobilisatieproduct is te verkrijgen, dat bovendien voldoet aan de uitloogeisen [6]. Het zoutgehalte van de specie is echter geen parameter die is ingevoerd in de databases. Vanwege het ontbreken van gegevens over het zoutgehalte van de specie en de relatief geringe hoeveelheid niet-verspreidbare zoute specie, wordt in deze marktverkenning verder geen aandacht besteed aan het koud immobiliseren van zoute specie.

3.4 Niet-verspreidbare zoete specie

In tabel 3.2 is de hoeveelheid niet-verspreidbare zoete specie ingedeeld naar textuur en in tabel 3.3 naar verontreinigingsklasse. In bijlage I is tevens per type specie een indeling naar verontreinigingsklasse gegeven.

Tabel 3.2 *Indeling van niet-verspreidbare zoete specie naar textuur.*

Textuur	Totale aanbod in TJS (in miljoen m³ in tien jaar)
Zandig	13,6
Matig zandig	39,6
Kleiig	64,4
Venig	15,3
Totaal	133

Tabel 3.3 *Indeling van niet-verspreidbare zoete specie naar verontreinigingsklasse.*

Klasse	Totale aanbod in TJS (in miljoen m³ in tien jaar)
Klasse 0	5,8
Klasse 1	9,7
Klasse 2	43,2
Klasse 3	28,0
Klasse 4 organisch	15,5
Klasse 4 metaal	2,6
Klasse 4 cocktail	28,0
Klasse 4Totaal	46,1
Totaal	133

Uit tabel 3.2 blijkt dat van de 133 miljoen m³ niet-verspreidbare zoete specie ca. 50% kleiige specie betreft en ca. 40% matig zandig tot zandrijke specie. De rest (ca. 10%) betreft venige specie. Tabel 3.3 laat zien dat van de 133 miljoen m³ ca. 60 miljoen m³ (40%) schoon tot licht verontreinigde specie betreft (klasse 0, 1 en 2) en ca. 74 miljoen m³ matig tot sterk verontreinigde specie (klasse 3 en 4). Van de sterk verontreinigde specie bevat ca. 60% een cocktail aan verontreinigingen (metalen + organische verontreinigingen).

3.5 Verwerkingsmogelijkheden van de niet-verspreidbare zoete baggerspecie

Voor het totale aanbod van 133 miljoen m³ niet-verspreidbare zoete specie is met behulp van het rekenmodel Prospect doorerekend welke hoeveelheid verwerkt kan worden met koude immobilisatie. Omdat een deel van de baggerspecie die met koude immobilisatie kan worden verwerkt, ook verwerkt kan worden met ontwateren/rijpen, landfarmen en zandscheiden, is het aanbod gesplitst in twee categorieën, namelijk een categorie die zowel met koude immobilisatie als met andere eenvoudige verwerkingstechnieken verwerkt kan worden en een categorie die alleen met

koude immobilisatie verwerkt kan worden. De resultaten van de rekenexercitie zijn opgenomen in de tabellen I.1 t/m I.3 van bijlage I. In tabel 3.4 zijn de resultaten samengevat. In bijlage I wordt tevens ingegaan op de bij de berekeningen gehanteerde uitgangspunten en criteria. De gehanteerde uitgangspunten en criteria zijn afkomstig uit Prospect. De gehanteerde uitgangspunten voor de met koude immobilisatie te verwerken baggerspecie zijn:

- alleen zoete specie, zie par. 3.3;
- venige specie is op basis van hoog gehalte aan organische stof (> 30%) niet verwerkbaar met koude immobilisatie;
- product moet voldoen aan de samenstellingswaarden uit het huidige Bouwstoffenbesluit voor vormgegeven producten. Dit betekent dat:
 - PAK-norm wordt verhoogd van 40 naar 75 mg/kg;
 - olie-norm is 500 mg/kg;
 - rekening wordt gehouden met verdunning door de toeslag van cement en eventuele additieven;
 - geen toetsing plaatsvindt voor zware metalen (uitloognormen).

Tabel 3.4 Resultaten verwerkingsmogelijkheden niet-verspreidbare zoete specie.

Type specie	Hoeveelheid baggerspecie op basis van aanbod van TJS					
	Eenvoudige verwerkingstechnieken (immobilisatie of overige)		Kan <i>alleen</i> met koude immobilisatie worden verwerkt		Kan in totaal met koude immobilisatie worden verwerkt	
	10 ⁶ m ³	10 ⁶ ton ds	10 ⁶ m ³	10 ⁶ ton ds	10 ⁶ m ³	10 ⁶ ton ds
Zandig	11	12,9	0,5	0,5	11,5	13,4
Matig zandig	20,4	17,2	2,4	2,1	22,8	19,3
Kleilig	25,0	13,3	0,9	0,5	25,9	13,8
Venig	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	56,4	43,4	3,8	3,1	60,2	46,5

Uit tabel 3.4 blijkt dat van het totale aanbod van 133 miljoen m³ niet-verspreidbare zoete specie 60,2 miljoen m³ (45%) kan worden verwerkt met koude immobilisatie. Van deze 60,2 miljoen m³ kan 56,4 miljoen m³ ook verwerkt worden met andere eenvoudige technieken; 3,8 miljoen m³ (3,1 miljoen ton ds) kan alleen met koude immobilisatie worden verwerkt. Van de 3,8 miljoen m³ baggerspecie, die alleen met koude immobilisatie kan worden verwerkt is 2,9 miljoen m³ (76%) zandig of matig zandig en 0,9 miljoen m³ kleilig (24%). Qua verontreiniging betreft dit voornamelijk klasse 3/4 baggerspecie met een verontreiniging van metalen, of een cocktail van zware metalen en/of olie. Van ca. 50% van deze baggerspecie is het rijk de beheerder en van 37% de waterschappen. Venige specie is op basis van de in Prospect gehanteerde criteria niet verwerkbaar met koude immobilisatie. In veel gevallen kan baggerspecie niet worden geïmmobiliseerd vanwege een te hoog oliegehalte (de samenstellingsnorm voor minerale olie ligt in het Bouwstoffenbesluit op 500 mg/kg).

De resterende specie, omvang 72,8 miljoen m³, kan niet met bovenstaande technieken worden verwerkt. Het betreft voornamelijk kleiige en venige baggerspecie. Deze specie moet worden gestort, dan wel worden verwerkt met overige technieken (bv. thermische immobilisatie). Een optie zou kunnen zijn een thermische voorbehandeling, gevolgd door koude immobilisatie. Deze combinatie is met name geschikt voor venige baggerspecie die is verontreinigd met organische stoffen.

4. Toepassingsmogelijkheden voor immobilisatieproducten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de toepassingsmogelijkheden voor cementgebonden immobilisatieproducten. Door TNO is een inventarisatie gemaakt van mogelijke toepassingen van cementgebonden immobilisatieproducten. Vervolgens is in samenspraak met AKWA en van Ruiten Adviesbureau een selectie gemaakt van de meest kansrijk geachte toepassingen. Voor deze kansrijke toepassingen van immobilisatieproducten is door Van Ruiten Adviesbureau een economische verkenning van de afzetmogelijkheden uitgevoerd (zie hst. 6). In paragraaf 4.2 wordt een overzicht gegeven van de geselecteerde toepassingsopties van de immobilisatieproducten (zgn. shortlist). In bijlage II wordt een overzicht gegeven van alle geïnventariseerde toepassingsmogelijkheden (longlist), wordt een toelichting op de toepassingsopties gegeven en wordt ingegaan op de afwegingen die een rol hebben gespeeld bij de selectie of afwijzing van de toepassingsopties voor de shortlist.

4.2 Geselecteerde toepassingsopties

In tabel 4.1 wordt een overzicht gegeven van de meest interessant geachte toepassingen voor cementgebonden immobilisatieproducten. Het betreft hierbij twee afzonderlijke toepassingsopties en een cluster van vijf toepassingen met een kleine afzetmarkt. Deze drie toepassingsopties zijn geselecteerd uit een 13-tal geïnventariseerde toepassingsopties. Belangrijkste criteria bij de keuze zijn geweest het potentieel marktvolume en de inschatting of het immobilisatieproduct aan specifieke civieltechnische eigenschappen en aan milieuhygiënische eigenschappen zal voldoen.

Tabel 4.1 Geselecteerde toepassingsopties voor de economische verkenning (shortlist).

Nr.	Toepassingsoptie	Type immobilisatieproduct *)	Nr. longlist bijlage II
I	Fundering/stabilisatielaag in wegenbouw	g, m	1
II	Ophoging en aanvulling (wegenbouw, industrie-/bedrijfsterreinen)	g, m, a	2
III	Cluster van de volgende toepassingsopties		
	– Terpen (bescherming tegen hoog water)	a, m	9
	– Onderafdichting baggerdepots	a, m	10
	– Afdekkingen en afdichtingen (cappen) van stortplaatsen en industrieterreinen	a, m	11
	– Kwaliteitsverbetering/functionele toepassing te storten materiaal	g, m	12
	– Verbeteren kwaliteit secundaire grondstoffen	g, m	13

*) Type immobilisatieproduct:

g = in de vorm van granulair materiaal, m = als monoliet en a = licht gebonden stabilisatie

Voor de geselecteerde toepassingen worden **drie verschillende typen immobilisatieproducten** onderscheiden, namelijk een granulair product, een monolithisch product en een licht gebonden stabilisatie.

Granulair materiaal

Granulair materiaal, vergelijkbaar met menggranulaat, kan worden gemaakt door een monoliet te breken of door het aardvochtig materiaal te persen of te pelletteren tot korrels ("eierkolen"). Het voordeel van granulaten ten opzichte van een monolithische laag is dat deze flexibeler zijn af te zetten. Immers granulaat kan gemakkelijker worden opgeslagen. Voor de productie van granulair materiaal is echter een extra bewerkingsstap nodig. Verder kan worden opgemerkt dat voor granulaat hogere druksterkte eisen gelden dan voor een monolithische laag. Dit betekent dat bij de productie van een granulair product in verhouding meer cement nodig zal zijn. Met name vanwege de hogere eisen die aan een granulair product gesteld worden, ligt het voor de hand dat in de praktijk bij de afweging tussen een granulair of monolithisch product veelal voor een monolithische laag zal worden gekozen.

Monoliet

Het gaat hierbij om de toepassing als monoliet; een monolithische funderingslaag, een uitgeharde compacte laag. Deze constructieplaat heeft een grote stabiliteit en een goed draagvermogen. Bij monolithische toepassingen moet het immobilisatieproduct na immobilisatie binnen enkele uren worden aangebracht in het werk en worden verdicht en afgewerkt. Een nadeel van de toepassing als monoliet is dat scheurvorming kan optreden, door krimp en/of zetting van de ondergrond. Door de monoliet te kerven kan ongewenste scheurvorming worden beperkt/voorkomen.

Onderzoek en pilot- en demonstratieproeven van koude immobilisatie hebben zich tot op heden met name gericht op het vervaardigen van een monolithisch product.

Uit de onderzoeksresultaten blijkt dat een product is te realiseren dat zowel voldoet aan de civieltechnische als aan de milieuhygiënische eisen voor een categorie-1 bouw materiaal.

Licht gebonden stabilisatie

De (civiele en ook de milieuhygiënische) kwaliteit van korrelvormige materialen is te verbeteren door een beperkte hoeveelheid cement of additief toe te voegen. In Duitsland is met een dergelijk concept ervaring opgedaan (o.a. zgn. ton-aarde concept [7]). Hier werd overigens geen cement maar een speciale kleisoort (kaolinet) in combinatie met kalk gebruikt. De licht gebonden stabilisatie kan worden toegepast bij (constructieve) ophogingen en aanvullingen, maar ook als afdeklaag. In de meeste van deze toepassingen is het van belang dat het materiaal geen of slechts heel weinig water doorlaat. Daarom lijkt de 'licht gebonden stabilisatie' met name geschikt te zijn voor gerijpte kleiachtige specie. De vraag is of het licht gebonden materiaal in het kader van het Bouwstoffenbesluit een vormgegeven of niet vormgegeven toepassing is of dat het als grond beschouwd moet worden.

Bij het stabiliseren van verontreinigde klei is tot op heden nog weinig ervaring opgedaan met het gebruik van cement. Kalk en tonaarde zijn meer gebruikte stabilisatiemiddelen. Een eerste oriënterende proef van DWW met cementdosering van enkele procenten liet zien dat er een kans is dat het bewerkte materiaal te hard wordt en dat er bij zettingen scheuren optreden.

5. Proceskosten van koude immobilisatie

Onder de proceskosten van koude immobilisatie, wordt verstaan de kosten van het vervaardigingsproces, exclusief de eventuele opbrengsten van het product. De proceskosten omvatten de kosten gemoeid met de voorbereiding van de baggerspecie (ontwateren en rijpen), de kosten van het bindmiddel en de verwerkingskosten (transport, tussenopslag, mengen, etc.).

5.1 Uitgangspunten

De voor de kostenberekeningen gehanteerde uitgangspunten staan vermeld in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Gehanteerde uitgangspunten voor de kostenberekeningen.

Kosten toeslagstoffen		Monolithisch product	Licht gebonden stabilisatie
- grove toeslagstof		- 25, -12,50, 0 €/ton	-
- bindmiddelen		90,76 €/ ton	90,76 €/ ton
Kosten voorbereiding (ontwatering en rijping) [8]			
		(intensief)	(extensief)
Zandig	(2,27 €/m ³ in-situ)	1,94 €/tds specie	1,94 €/tds specie
Matig zandig	(9,08 €/m ³ in-situ)	10,71 €/tds specie	5,36 €/tds specie
Kleiig	(9,08 €/m ³ in-situ)	16,81 €/tds specie	8,40 €/tds specie
Hoeveelheid grove toeslagstof			
Zandig		0 kg/tds specie	0 kg/tds specie
Matig zandig		35 kg/tds specie	0 kg/tds specie
Kleiig		600 kg/tds specie	0 kg/tds specie
Hoeveelheid bindmiddel (cement)			
Toepassingsoptie			
I Fundering/stabilisatie:			
- zandig		150 kg/tds specie	n.v.t.
- matig zandig		200 kg/tds specie+ toeslagstof	n.v.t.
- kleiig		200 kg/tds specie+ toeslagstof	n.v.t.
II Ophoging/aanvulling:			
- zandig		100 kg/tds specie	50 kg/tds specie
- matig zandig		150 kg/tds specie+ toeslagstof	50 kg/tds specie
- kleiig		150 kg/tds specie+ toeslagstof	50 kg/tds specie
III Cluster:			
- zandig		100 kg/tds specie	50 kg/tds specie
- matig zandig		150 kg/tds specie+ toeslagstof	50 kg/tds specie
- kleiig		150 kg/tds specie+ toeslagstof	50 kg/tds specie
Verwerkingskosten			
- transportkosten		2,27 €/ton immobilisaat	2,27 €/ton immobilisaat
- wegen en tussenopslag		2,27 €/ton immobilisaat	2,27 €/ton immobilisaat
- mengen/vervaardigen		3,40 €/ton immobilisaat	3,40 €/ton immobilisaat
- receptuurontwikkeling en kwaliteitsbewaking		0,91 €/ton immobilisaat	0,45 €/ton immobilisaat
- totaal		8,85 €/ton immobilisaat	8,39 €/ton immobilisaat
Toeslagfactor (onvoorzien)		1.25	1.25

Toelichting van de uitgangspunten:

Immobilisatieproducten

Bij de kostenramingen wordt onderscheid gemaakt tussen een monolithisch product en een licht gebonden stabilisatie. De verwerkingskosten voor een granulair product worden niet apart berekend. Omdat de verwerkingskosten van een granulair product niet veel zullen afwijken van die van een monolithisch product, zal op basis van de geraamde proceskosten van een monolithische product een schatting worden gemaakt van de proceskosten voor een granulair product.

Grove toeslagstof

Bij immobilisatie van matig zandige en kleiige specie, wordt bij de productie van een monolithische laag gebruik gemaakt van een grove toeslagstof met een dosering van resp. 35 en 600 kg/ tds specie; na toevoegen van de grove toeslagstof is het zandgehalte in beide gevallen 48,8% (bij zandige specie is het zandgehalte 78%). Als grove toeslagstof kan gebruik worden gemaakt van “schoon zand” of van bv. rioolzand of sorteerzand afkomstig uit bouw- en sloopafval (BSA). Door gebruik te maken van rioolzand of sorteerzand kan worden bespaard op de kosten gemoeid met het verwerken of storten van deze zanden. Deze kosten liggen rond de € 20 -30 per ton. Van beide zanden zijn grote hoeveelheden beschikbaar (rioolzand ca. 100.000 ton/j en sorteerzand >> 100.000 ton/j). Op basis hiervan is als economische waarde van de toeslagstof gekozen voor drie verschillende bedragen, nl. 0, 12,50 en 25 euro per ton.

Bij de productie van een licht gebonden stabilisatie is er van uit gegaan dat geen grove toeslagstof wordt gebruikt.

Vorbewerking

De vorbewerking bestaat uit een combinatie van ontwateren en rijpen. Bij de productie van een monolithisch product wordt uitgegaan van een intensieve ontwatering/rijping en bij de productie van een licht gebonden stabilisatie van een extensieve ontwatering/rijping. Voor matig zandige en kleiige specie worden de kosten van het extensieve proces geschat op 50% van die van het intensieve proces. Omdat voor zandige specie de ontwatering in alle gevallen extensief kan zijn, zijn de kosten daar in beide gevallen gelijk.

Verwerkingskosten

De immobilisatie van een monolithisch product gebeurt via een “mix-in-plant” proces, in een zgn. MOB (mobiele menginstallatie). Het mengen van het ingangsmateriaal vindt plaats op of nabij de plaats van toepassing van het immobilisaat (het civiele werk). De geschatte proceskosten zijn gebaseerd op de productie van ten minste 10.000 ton immobilisaat (ca. 1.000 ton per werkdag). Bij zo’n dagproductie zijn twee mengers van elk 2 m³ inhoud vereist, die elk 50-60 ton immobilisaat per uur afleveren. De vorbewerking van de baggerspecie vindt plaats in de directe nabijheid plaats van het depot of de baggerlocatie.

In tegenstelling tot een monolithisch product, zijn tot op heden niet of nauwelijks onderzoeks- of praktijkervaringen beschikbaar met betrekking tot de productie van een licht gebonden stabilisatie, gebaseerd op cement. Daarom zijn voor het bindmiddelgebruik, het type verwerking en de verwerkingskosten een aantal generieke aannames gedaan. Deze zijn:

Bindmiddeldosering: 5% voor alle drie de specie typen
Type verwerking: op locatie c.q. in-situ of in-plant
Verwerkingskosten: gelijk aan die van monolithisch product

Transportkosten

Voor transport (aanvoer van baggerspecie naar verwerkingsdepot, aanvoer van gerijpte specie naar MOB) wordt rekening gehouden met een totale afstand van maximaal 25 km. De logistieke kosten voor een afstand van maximaal 25 km bedragen 2,27 euro per ton.

Eisen aan het immobilisatieproduct

De via immobilisatie verkregen producten moeten voldoen aan de milieuhygiënische eisen conform het Bouwstoffenbesluit. Het immobilisaat is bijvoorbeeld inzetbaar als gestabiliseerde laag voor een wegfundering. Dit betekent dat het immobilisaat moet voldoen aan civieltechnische eisen die vergelijkbaar zijn met eisen voor o.a. asfaltgranulaatcement en zandcement (Standaard RAW Bepalingen 1995). Die eisen hebben betrekking op zowel de druksterkte, samendrukbaarheid (c.q. verdichtingsgraad) als deeltjesgrootte en samenstelling. Tevens dient te worden voldaan aan specifieke duurzaamheidseisen conform CUR rapport 183. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat het immobilisaatproduct aan al deze eisen kan voldoen.

Ook voor de toepassing als ophoogmateriaal gelden specifieke civiele eisen. Afhankelijk van de toepassing worden een aantal functionele eisen aan het product gesteld (o.a. schuifsterkte en vervorming (stijfheidmodules)). Voor de licht gebonden stabilisatie geldt, dat nog geen onderzoeksresultaten voorhanden zijn, die aantonen of en onder welke condities kan worden voldaan aan de gestelde producteisen. Tevens doet de vraag zich voor of dit materiaal in het kader van het Bouwstoffenbesluit een vormgegeven of niet vormgegeven toepassing is, of dat het als grond beschouwd moet worden.

Toeslagfactor

Er is rekening gehouden met een post onvoorzien van 25%.

Onzekerheidsmarge

De onzekerheidsmarge van de kostenramingen bedraagt $\pm 20\%$.

5.2 Resultaten berekeningen proceskosten

Een overzicht van de totale proceskosten staat in tabel 5. 2. Meer gedetailleerde resultaten zijn opgenomen in bijlage IV.

Tabel 5.2 *Proceskosten koude immobilisatie (excl. opbrengst van immobilisatieproduct).*

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type bagger-specie	Proceskosten (excl. opbrengst immobilisatieproduct)	
			€/ m ³ in-situ	€/tds specie
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	40	34
		Matig zandig	44	52
		Kleiig	34	64
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	33	28
		Matig zandig	39	46
		Kleiig	32	59
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	25	22
		Matig zandig	23	27
		Kleiig	20	37

Uit tabel 5.2 blijkt dat de totale proceskosten van koude immobilisatie, bij de productie van een monolithische laag met als toepassing fundering, variëren van € 34 per ton ds specie (€ 40 per m³ in-situ) voor een zandige specie tot € 64 per ton ds specie (€ 34 per m³ in-situ) voor een kleiige specie. Hierbij is de waarde van de toeslagstof gesteld op € 0 per ton. Bij een negatieve waarde van de toeslagstof van resp. € 12,50 en € 25 per ton bedragen de proceskosten voor een kleiige specie resp. € 54 en € 45 per tds specie (resp. € 29 en € 24 per m³ in-situ).

Voor een monolithische laag met als toepassing ophoging/aanvulling variëren de proceskosten van € 28 tot € 59 per tds specie (€ 32 tot € 39 per m³ in-situ specie) en bij de productie van een licht gebonden stabilisatie bedragen de verwerkingskosten voor een zandige specie € 22 per tds (€ 25 per m³ in-situ) en € 37 per tds voor een kleiige specie (€ 20 per m³ in-situ).

De proceskosten voor een granulair immobilisatieproduct zijn, tengevolge van een hoger cementgehalte en extra kosten voor het opbreken (na verharding) en voor opslagruimte, naar schatting circa 20% hoger dan de proceskosten voor een monolithisch product.

Zoals reeds eerder opgemerkt, is in bovenstaande proceskosten nog geen rekening is gehouden met een mogelijke opbrengst van het immobilisatieproduct. In hst. 7 worden de proceskosten vergeleken met de opbrengsten van de immobilisatieproducten en worden de totale kosten gemoeid met koude immobilisatie (proceskosten minus opbrengst product) vergeleken met die van andere verwerkingstechnieken en met de vermeden stortkosten.

6. Economische verkenning van de afzetmogelijkheden van koude immobilisatieproducten

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de afzetmogelijkheden van koude immobilisatieproducten. De specifieke materiaaleigenschappen en de milieuhygiënische eigenschappen van koude immobilisatieproducten bepalen de afzetmogelijkheden. De omvang van de vraag en het prijsniveau van concurrerende materialen bepalen de afzetpotentie van zowel granulaten als monolietconstructies. Kernpunten van de economische verkenning zijn het afschatten van potentiële afnamecapaciteiten, de marktacceptatie en haalbare afzetprijzen voor de geselecteerde toepassingen.

6.1 Bandbreedte prijsniveau van de beoogde producten

Voor de drie geselecteerde toepassingsopties wordt een ruwe indicatie gegeven van het prijsniveau. Gelet op het feit dat in de tijd het prijsniveau grote verschillen en een grote spreiding vertoont, volgt onderstaand eerst een historisch perspectief en een korte toelichting op de opbouw van de kosten.

6.1.1 Historisch perspectief

Fundering / stabilisatielaag in de wegenbouw

Het streven in de bouwnijverheid is altijd geweest zoveel mogelijk gebruik te maken van lokaal voorkomende materialen. Echter door hogere verkeersbelasting, voortschrijdend inzicht in civieltechnische kwaliteit en milieuhygiënische risico's zijn de kwaliteitseisen aan wegen de afgelopen decennia sterk toegenomen en hierdoor is het materiaalgebruik veranderd.

Met uitzondering van Silex in Zuid-Limburg komen steenachtige materialen die geschikt zijn voor wegfundering niet van nature voor in Nederland. Rondgrind heeft een te geringe haakweerstand en is daarom minder geschikt. In het verleden, voor 1960, waren de volgende wegverhardingsconstructies gangbaar:

- Aanleggen van een aardebaan van ophoogzand (soms met een apart zandbed met een dikke asfaltlaag. Hiervoor werd gebruik gemaakt van veel en goedkoop ophoogzand (enkele guldens per ton).
- Gebruik van secundaire steenachtige materialen. Plaatselijk vrijkomende materialen werden veelal om niet of tegen een geringe vergoeding toegepast. Naast slakken/sintels van kolenverbranding zijn ook resten van asbestproductie, zinkproductie en ongebroken puin lokaal toegepast. Verreweg de belangrijkste en ook hoogwaardigste grondstoffen waren staalslakken, fosforslakken en hoogovenslakken. Naast Nederlandse hoogovenslakken zijn veel slakken geïmporteerd m.n. uit Duitsland, België en Frankrijk. Het prijsniveau was relatief hoog (oplopend tot € 7 - € 11 per ton).

- Voor gebieden met slappe bodems werden naast schuimslakken lichtgewicht lava en flugzand gebruikt. Deze materialen waren iets duurder dan gewone HO-slakken.
- Om grotere stabiliteit te krijgen zijn zandcementstabilisaties en teerzandstabilisaties toegepast.

In de jaren zeventig en tachtig heeft zich een belangrijke omwenteling voorgedaan. In toenemende mate werd bouw- en sloopafval gebroken tot een gecertificeerd funderingsmateriaal. Mede door het baanbrekend werk van de provincie Zuid-Holland en het groeiende aanbod werd het gebruik van menggranulaat en betongranulaat common practice. Deze ontwikkeling werd versterkt toen aangetoond werd dat door het gebruik van een dikke steenfundering de asfaltlaag aanzienlijk dunner kon. We zien het gebruik van steenfunderingen m.n. BSA (Bouw- en Sloop Afval) stijgen van ca. 5 mln ton in 1970 naar ca. 20 mln ton in 2000. Het gebruik van asfalt is mede hierdoor gedaald van 15 mln ton in topjaar 1970 naar 7 à 8 mln ton per jaar in de periode 1980 - 2000.

De sterke groei van het aanbod BSA en de hogere eisen aan wegfunderingen en hogere milieuraanvoorwaarden had ook consequenties voor het gebruik van andere wegfunderingsmaterialen: een zeer sterke achteruitgang van het gebruik van zandcementstabilisaties, het geheel wegvallen van het gebruik van teerstabilisaties en het wegvallen van het gebruik van minder hoogwaardige secundaire grondstoffen. De afzet van Hoogovenslakken (HO-slakken) is ook gedaald, maar dit omdat het aanbod minder werd omdat HO-slakken werden gebruikt voor de Hoogovencementproductie. Het prijsniveau was, zij het met een grote bandbreedte, redelijk stabiel, gemiddeld € 7 à € 11 per ton in het werk. De invoercijfers van CBS van Macadam (*granietkiesel, steengruis*) en HO-slakken geven het volgende beeld: rond 1985 € 6 per ton, rond 1995 ca. € 4,5 per ton en rond 2000 ca. € 6 per ton (ongecorrigeerde prijzen; zie ook bijlage III).

Ophoging en aanvulling

Voor 1960 zijn op grote schaal allerlei ongedefinieerde materialen gebruikt om zowel industrieterreinen als woningbouwterreinen op te hogen. Zowel legaal, oogluikend als illegaal zijn ongebroken bouw- en sloopafval, industriële restproducten, chemisch afval en wel en niet verontreinigde baggerspecie gebruikt voor het “bouwrijp” maken. Dit ongebreidelde gebruik heeft geleid tot maatschappelijke bewustwording dat eisen gesteld en nageleefd moesten worden. De Lekkerkerk-affaire was het startsein voor grote bodemsaneringsoperaties, aanscherpen van bodembeleid en grote maatschappelijke weerstanden zelfs tegen het gebruik van gereinigde grond en schone baggerspecie. Deze psychologische weerstand was een soort antithese. Alle grond moest multifunctioneel toepasbaar zijn. De afgelopen decennia is er sprake van een synthese. Mede door het Bouwstoffenbesluit is een normkader ontwikkeld en in het kader van actief bodembeheer wordt gezocht naar pragmatische oplossingen. Er is een markt ontstaan voor schone grond, categorie 1- en categorie 2-grond. In geluidswallen en andere bijzondere constructies onder al

dan niet gecontroleerde omstandigheden wordt gereinigde of lichtverontreinigde grond hergebruikt.

6.1.2 Opbouw kosten

De prijzen van wegfunderingsmaterialen worden meestal uitgedrukt in guldens/Euro per ton in het werk. Aangezien de dichtheid van de diverse materialen sterk kan verschillen heeft dit wel gevolgen voor de m³ prijs. De volgende kostenposten maken onderdeel uit van de prijsvorming (Prijzen per m³ afkomstig uit de Nota Ophoogzand DWW/07, 1999 [9]).

- Delving/winningskosten

Kosten van afgraven en eventuele heffingen (zoals domeinvergoeding, leges, aankoop gronden). Dit geldt voor primaire grondstoffen bijv. ophoogzand en lava. Domeinvergoeding kan oplopen tot € 0,80 per ton en winkosten van € 0,60 tot € 1,60 per ton.

- Transportkosten/logistieke kosten

Betreft zowel bulktransport m.n. per schip als transport per as naar het werk. Als extra tussenopslag nodig is werkt dit kostenverhogend. Voor ophoogzand kan de aanwezigheid van een pijplijn een belangrijke kostenbesparing zijn. Transport per schip is € 0,90 tot € 1,80 per 40 km per m³. Kosten voor 10 km per as zijn hoger € 1,13 – 2,26 per m³.

- Vraag- en aanbodsituatie

Vooraf voor secundaire materialen geldt dat indien het aanbod groter is dan de vraag de prijzen snel onder druk komen te staan.

M.n. de aanbieders van deze secundaire grondstoffen kunnen hier hinder van ondervinden vooral als ze onvoldoende opslagcapaciteit hebben en er van af moeten. In tijden van een grotere vraag dan aanbod gaan prijzen snel omhoog.

- Kwaliteit

Zowel de civieltechnische als de milieuhygiënische kwaliteit is bepalend. Lichte materialen en materialen met hoge haakweerstand of hydraulische eigenschappen zijn meestal iets duurder. Alle materialen moeten echter aan minimale civieltechnische eisen voldoen. Als de milieuhygiënische kwaliteit speciale extra voorzieningen vereist, bijv. isolerende maatregelen of bepaalde laagdikte of aantal centimeters boven grondwater, dan zal dit een drukkend effect hebben. Voor grond is een belangrijk onderscheid, of deze wel of niet constructief kan worden toegepast. Als zeezand/grind ontzilt moet worden, werkt dit kostenverhogend. Afhankelijk van het ontziltingsniveau is dit enkele dubbeltjes tot enkele guldens.

- Toepassingsgemak

Het gemak waarmee materialen kunnen worden toegepast is mede bepalend voor de prijsvorming. Als bijv. eisen gesteld worden aan het weer (niet te nat, te warm, te veel wind) of extra maatregelen nodig zijn zoals besproeien, in één keer opbrengen, maatregelen om scheurvorming te voorkomen, dan werkt dit drukkend op de prijs.

- Ervaring

De bouwnijverheid is een traditionele markt met veel geledingen (opdrachtgever, bestekschrijver, uitvoerder). Nieuwe materialen moeten door alle partijen geaccepteerd worden. Dit vergt tijd, maar men moet soms ook een “marktaandeel kopen”.

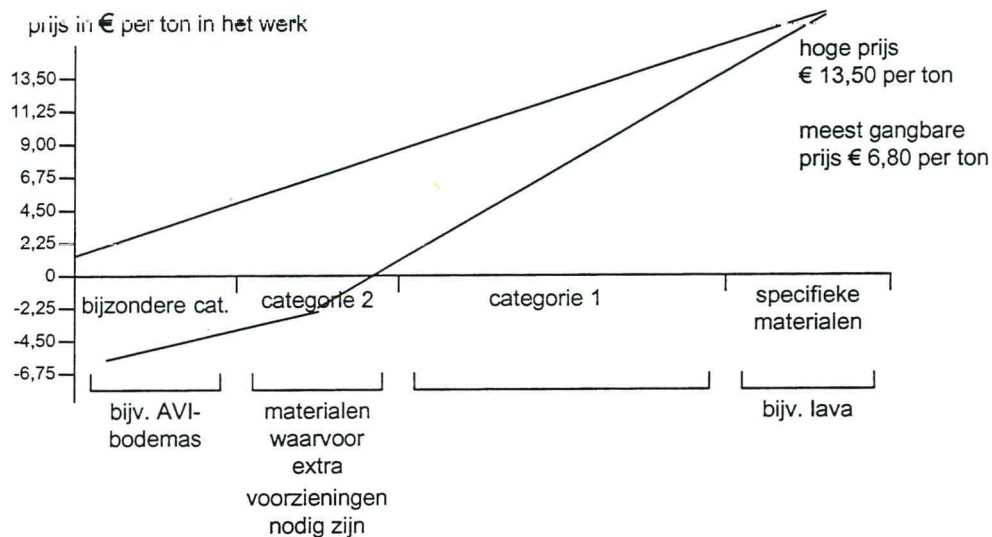
- Voorkeurpositie

Sommige onderdelen van de overheid voeren een pro-actief beleid om bepaalde secundaire grondstoffen te stimuleren. Ook in het kader van duurzaam bouwen hebben sommige materialen een preferente positie, hetgeen invloed heeft op de prijsvorming.

6.1.3 Indicatie prijsvorming

Fundering/stabilisatielaag in wegenbouw

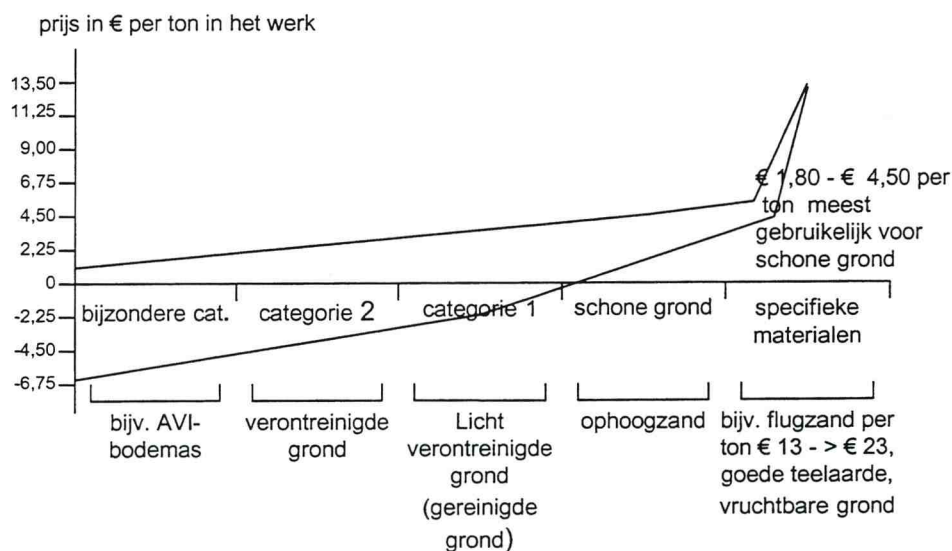
Gelet op bovenstaande elementen in de prijsvorming zal het duidelijk zijn dat funderingsmaterialen niet één prijs hebben, maar dat er in de tijd en regionaal grote verschillen zijn. Voor zandcementstabilisaties is geen prijs per ton bekend, omdat het veelal een onderdeel is van een pakket van maatregelen (wel of geen zand opbrengen, mixed in place of mixed in plant, nabehandelingen, extra afdekkingen). Om deze redenen kan alleen een indicatie gegeven worden van de prijs per ton van verschillende steenachtige funderingen. Deze vertoont een sterke spreiding m.n. voor de zwaardere verontreinigde materialen. Soms is er, afhankelijk van specifieke omstandigheden, zelfs sprake van negatieve prijsvorming.



Figuur 6.1 Indicatie prijsvorming funderingsmateriaal.

Op dit moment is € 6,80 per ton een gangbare prijs voor funderingsmaterialen. In tijden van schaarste gaat de prijs enkele guldens omhoog. Voor specifieke materialen gelden specifieke prijzen zoals lava € 13,50 per ton (materiaal is ook lichter), menggranulaat is iets goedkoper nl. € 6,00 per ton, betongranulaat en hydraulische mengsels iets duurder (€ 8 - € 9 per ton)

Ophoging en aanvulling



Figuur 6.2 Indicatie prijsvorming ophoog/aanvulmateriaal.

Op dit moment is € 1,80 - € 4,50 per ton een gangbare prijs voor ophoog- en aanvulmateriaal (Nota Ophoogzand II 1999/07 noemt € 2,23 - € 6,80 per m³) In tijden van schaarste als grote afstanden per as afgelegd moeten worden kan de prijs aanzienlijk hoger zijn.

De marktsituatie is heel bepalend. Zo kan gereinigde grond of lichtverontreinigde grond soms € 2,00 per ton opleveren en dezelfde kwaliteit grond soms € 2,00 kosten om het af te zetten. Constructieve grond heeft een hogere opbrengstprijis dan niet-constructieve grond voor bijv. geluidswallen. Logistieke kosten zijn een dominante factor. Er is een tendens dat meer ophoogzand van ver komt, bijvoorbeeld uit de Noordzee. Grover zand voor industriële toepassing (bijv. beton, asfalt) is duurder: € 5,40 - € 9,00 per ton. Het prijsverschil tussen ophoogzand en industriezand zal waarschijnlijk kleiner worden.

Prijsvorming overige toepassingsopties

De afgelopen jaren heeft zich een markt ontwikkeld voor onderafdichtingen van baggerdepots, cappen van stortplaatsen en verontreinigde industrieterreinen en kwaliteitsverbetering van te storten materialen. In de lijn van de huidige ontwikkelingen zullen in de toekomst wellicht andere secundaire grondstoffen opgewaardeerd worden door deze samen met baggerspecieproducten en additieven op te werken, zodat ze voldoen aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit. Wellicht zullen er ook grote terpen gebouwd gaan worden voor bijv. industrieterreinen in polders die ooit risico lopen om onder te lopen.

Een kenmerk van al deze toepassingen is het feit dat de beschikbaarheid van secundaire grondstoffen mede een drijfveer is voor de realisatie. Opbrengstprijzen verschillen per project afhankelijk van nut, noodzaak en specifieke omstandigheid. Soms is er sprake van een geringe opbrengstprijis, soms worden ze om niet geleverd en soms is er sprake van negatieve prijsvorming.

Deze markt is weinig transparant omdat de bezitter van secundaire grondstoffen soms tevens belanghebbende is bij realisatie van deze toepassingsopties. De economische drijfveer komt van de besparing van stortkosten of verlaging van reinigings- of opwerkingskosten.

6.2 Afzetpotentieel

Fundering-/stabilisatiemarkt

De huidige funderingsmarkt in Nederland is ca. 20 mln ton per jaar. Hierbij moet opgemerkt worden dat er historisch sprake is van een sterke stijging, namelijk

- ca. 5 mln ton in 1970;
- ca. 10 mln ton rond 1990;
- ca. 12 mln ton in 1995;
- ca. 20 mln in 2000.

De sterke stijging wordt ook verklaard door het grotere aanbod van goed beton- en menggranulaat. Het toegenomen aanbod creëert mede door de positieve opstelling

van enkele opdrachtgevers zelf een vraag. Bovendien is er de laatste jaren veel geld bij gemeenten (Vinex-locatie, nieuwe bedrijfsterreinen) en zorgen m.n. veel grote infrastructurele werken (HSL, Betuwelijn) voor een piekvraag.

Medio 2001 was er zelfs sprake van een tekort aan funderingsmateriaal. De toekomstverwachting is onzeker. Het hangt af van grote GWW-projecten en nieuwbouwplannen voor bedrijfsterreinen en woningbouw. De verwachting van Rijkswaterstaat is dat deze vraag over enkele jaren zal gaan dalen.

Opgemerkt moet worden dat de laatste jaren bij reconstructiewerkzaamheden veel zandbedconstructies vervangen zijn door steenfunderingen met een dunner asfaltaag, of de aardebaan is minder hoog gemaakt. Bij toekomstige wegreconstructies is er reeds een steenfundering aanwezig, zodat de vraag naar nieuw funderingsmateriaal zal afnemen.

Uit CBS-gegevens (zie bijlage III) blijkt dat de invoer van Macadam en HO-slakken fluctueert: 1,6 mln ton in 1985, 0,8 mln ton in 1997 en 1,4 mln ton in 2000. Indien het immobilisatieproduct de kwaliteit van HO-slakken zou evenaren, lijkt een afzet van 1 mln ton mogelijk, zonder grote marktverstoring van andere Nederlandse secundaire grondstoffen. Opgemerkt moet worden dat het aanbod van buitenlandse HO-slakken afneemt omdat het aantrekkelijker is om er, in het land van herkomst, cement van te maken.

Het aanbod aan immobilisatieproducten boven de 1 mln ton zal wel invloed hebben op andere Nederlandse secundaire reststoffen. In eerste instantie zijn twee effecten te verwachten: een lagere opbrengstprijis en een geleidelijke verschuiving naar de ophoogmarkt. (Steenfunderingen worden iets dikker om ophoogzand te besparen.)

Samenvatting afzetpotentie en indicatie opbrengstprijzen per ton wegfunderingen koude mobilisatie baggerspecieproducten

Aanbod	Kwaliteit* minder dan die van menggranulaat	Kwaliteit vergelijkbaar met die van menggranulaat	Kwaliteit beter dan die van menggranulaat
< 0,5 mln ton	€ 4,50	€ 5,90	€ 8,20
1 mln ton	€ 4,10	€ 5,40	€ 7,30
1,5 mln ton	€ 4,10	€ 5,00	€ 6,40
> 2 mln ton	€ 3,60	€ 4,50	€ 5,40

* Wel categorie 1 bouwstof.

In principe zou meer dan 2 mln ton, mits de kwaliteit vergelijkbaar is met die van menggranulaat, afgezet kunnen worden. De opbrengstprijzen zakken dan verder naar de prijs van ophoogzand. Deze prijzen zijn, afhankelijk van lokale omstandigheden, verschillend.

Over de opbrengstprijis van monolietconstructies zijn geen referentieprijzen beschikbaar. De proefprojecten moeten de dikte van de funderingslaag uitwijzen die kan worden bespaard en zicht geven op extra kosten.

Indien funderingsmaterialen niet aan de categorie 1 eisen van het Bouwstoffenbesluit voldoen, is de afzetmoeilijker te realiseren. Het kan dan bijv. als ophoog-/aanvulmateriaal worden gebruikt onder geïsoleerde omstandigheden (voorzien van boven/onderafdichtingen en minimaal een halve meter boven het grondwater).

Ophoging en aanvulling

Deze markt is in principe heel groot. De Nota Ophoogzand II uit 1999 [9] gaat uit van de volgende jaarlijkse vraag.

Periode	In mln m ³ per jaar		
	basisbehoefte	totale vraag*	totaal bekend regionaal aanbod
1999 - 2002	2,6	56	28
2003 - 2006	2,5	50	33
2007 - 2010	2,5	37	25

* Totale vraag is vaste basisbehoefte verhoogd met reeds bekende grote projecten.

De totale gemiddelde vraag is omgerekend in tonnen ca. 70 mln ton per jaar. Een groot gedeelte kan worden voorzien door het reeds bekende aanbod, o.a. uit reeds verleende concessies, rivierverbetering, verbeteren vaarwegen en secundaire ontgrondingen. (ophoogzand komt vrij bij bijv. het winnen van industriezand) Toch is er een tekort voorzien van jaarlijks gemiddeld 30 mln ton. Dit zal waarschijnlijk worden opgevuld door zeezand, een beperkt deel uit het IJsselmeergebied en gedeeltelijk door secundaire grondstoffen. Uit het DWW-rapport "Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen" [10] blijkt dat jaarlijks ca. 12 mln ton secundaire zandachtige materialen worden aangeboden en vrijwel volledig worden afgezet.

Het afzetpotentieel koude immobilisatieproducten uit baggerspecie lijkt, mits voldaan kan worden aan civieltechnische en milieuhygiënische eisen, vooralsnog dus niet gelimiteerd.

Samenvatting afzetpotentie en indicatie opbrengstprognose per ton koude immobilisatie baggerspecieproducten.

Aanbod	Kwaliteit minder dan die van ophoogzand	Kwaliteit gelijk aan die van ophoogzand
< 0,5 mln ton	- € 2,25 tot + € 2,25	€ 1,80 - € 4,50
1 mln ton	- € 2,25 tot + € 2,25	€ 1,80 - € 4,50
1,5 mln ton	- € 2,25 tot + € 2,25	€ 1,80 - € 4,50
> 2 mln ton	- € 2,25 tot + € 2,25	€ 1,80 - € 4,50

Overige toepassing

De afzetpotentie van overige toepassing is zowel wat volume als prijsniveau betreft niet nader te specificeren, wel zijn enkele opmerkingen te maken.

- *(Industriële) terpen*
Betreft een nieuwe nog te ontwikkelen markt. Het volumepotentieel is zeer groot, mits prijzen laag of negatief zijn. Initiatiefnemers voor mogelijke terpen zijn soms ook probleembezitter (ontdoeners baggerspecie). Besparing op minder opwerkingskosten en stortkosten kan economische drijfveer zijn. Om immobilisatieproducten grootschalig te kunnen toepassen zullen nieuwe ontwerpen van dijken en terpen waarschijnlijk nodig zijn.
- *Onderafdicthting baggerdepots*
Adhoc markt, beperkt van omvang, lage tarieven; wel is er een rechtstreekse koppeling met de probleembezitter/ontdoener van baggerspecie.
- *Afdekkingen en afdichtingen (o.a. cappen)*
Incidentele markten en in de toekomst beperkt. Soms zijn positieve opbrengstprijzen te realiseren m.n. als de kwaliteit goed is. Als een immobilisatieproduct gemaakt kan worden met vergelijkbare eigenschappen als bentoniet (m.n. slechte doorlaatbaarheid) zijn zeer hoge prijzen te realiseren. Echter deze markt voor bentoniet is maar van beperkte omvang nl. circa 50.000 ton per jaar tegen een prijs van circa € 90 per ton.
- *Kwaliteitsverbetering andere secundaire stoffen*
Met ingang van 2003 vervalt de buitengewone categorie van het Bouwstoffenbesluit. Het grootste deel van de circa 1 mln ton AVI-bodemas voldoet niet aan de categorie 2 eisen en een nog groter deel niet aan de categorie 1 eisen. Indien door de combinatie met baggerspecie en het toevoegen van een beperkte hoeveelheid cement/additieven wel voldaan kan worden aan deze eisen, kan bespaard worden op kosten voor de opwerking van AVI-bodemas.
- *Kwaliteitsverbetering te storten materialen.*
Deze markt is wat volume betreft beperkt en waarschijnlijk is er sprake van (hoge) negatieve inzetprijzen. Momenteel worden in de praktijk immobilisaten gebruikt om de kwaliteit van de storten materialen te verbeteren en om de totale stortkosten te verminderen.

7. Evaluatie van het marktperspectief van koude immobilisatie van baggerspecie

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan het marktperspectief van koude immobilisatie van baggerspecie. Allereerst wordt in paragraaf 7.2 ingegaan op de kosten van koude immobilisatie van baggerspecie (proceskosten minus opbrengst product). Vervolgens worden in paragraaf 7.3 de kosten van koude immobilisatie vergeleken met die van andere verwerkingstechnieken en die van storten. In paragraaf 7.4 wordt aandacht besteed aan de kosten en opbrengsten gemoeid met de productie van de verschillende immobilisatieproducten. Hierbij wordt rekening gehouden met enerzijds de proceskosten van het immobilisaat en anderzijds met de opbrengsten in de vorm van de afzetprijs van het immobilisatieproduct, de vermeden stortkosten en de vermeden belasting voor het storten van zandige specie (Wbm-heffing). Afrondend wordt in paragraaf 7.5 op basis van de in de marktverkenning verkregen informatie nader ingegaan op het perspectief van koude immobilisatie als mogelijke verwerkingstechniek voor baggerspecie.

7.2 Kosten van koude immobilisatie (proceskosten minus opbrengst product)

In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de proceskosten van koude immobilisatie (tabel 5.2) minus de opbrengsten van de producten voor de drie verschillende beschouwde immobilisatieproducten. Voor detailinformatie wordt verwezen naar bijlage IV. Voor de opbrengst van het immobilisatieproduct worden conform de bevindingen van de economische verkenning (hst. 6) de volgende bedragen gehanteerd ¹:

- | | |
|---|---------------------|
| – monolithische wegfundering: | € 6,80 /ton product |
| – monolithische ophoging/aanvulling | € 3,40/ton product |
| – licht gebonden stabilisatie voor ophoging of cluster: | € 0 /ton product |

¹ Hierbij wordt verondersteld dat de kwaliteit van de monolithische wegfundering en ophoging/aanvulling functioneel vergelijkbaar is met die van resp. menggranulaat en van ophoogzand.

Tabel 7.1 Kosten van koude immobilisatie (proceskosten minus opbrengst product).

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type bagger-specie	Kosten	
			€/ m ³ in-situ	€/tds specie
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	29	25
		Matig zandig	35	42
		Kleiig	25	46
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	28	24
		Matig zandig	35	41
		Kleiig	27	51
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	25	22
		Matig zandig	23	27
		Kleiig	20	37

Uit tabel 7.1. blijkt dat de kosten van koude immobilisatie, bij de productie van een monolithische laag met als toepassing wegfundering, variëren van € 25 per ton ds voor een zandige specie tot € 46 per tds voor een kleiige specie. Hierbij is de waarde van de grove toeslagstof gesteld op € 0 per ton. Bij een negatieve waarde van de toeslagstof van resp. € 12,50 en € 25 per ton bedragen de immobilisatiekosten voor een kleiige specie resp. € 37 en € 27 per tds.

Voor een monolithische laag met als toepassing ophoging/aanvulling variëren de kosten van € 24 per tds voor een zandige specie tot € 51 per tds voor kleiige specie en bij de productie van een licht gebonden stabilisatie bedragen de kosten per tds € 22 voor een zandige specie € 37 voor een kleiige specie.

7.3 Vergelijking kosten koude immobilisatie met die van andere verwerkingstechnieken

In tabel 7.2 worden de kosten van koude immobilisatie vergeleken met die van storten en die van andere verwerkingstechnieken.

Tabel 7.2 Kosten van verschillende verwerkingstechnieken.

Verwerking	Zandig		Matig zandig		Kleiig	
	€/ m ³ insitu	€/ton ds	€/ m ³ insitu	€/ton ds	€/ m ³ insitu	€/ton ds
Storten (excl. Wbm-heffing) [1]	18	15	13	15	9	15
Ontwateren/rijpen [8]	2	2	9	11	9	17
Zandscheiden incl. storten residu [1]	15	12	15	17	n.v.t.	n.v.t.
Landfarmen [1]	23	20	23	27	22	42
Koude immobilisatie:						
- wegfundering	29	25	35	42	25	46
- licht gebonden stabilisatie	25	22	23	27	29	37

Uit tabel 7.2 blijkt dat de kosten gemoeid met koude immobilisatie van baggerspecie ca. een factor 2 hoger zijn dan die van storten en zandscheiden en redelijk overeenkomen met die van landfarmen. Wel moet hierbij onderscheid gemaakt worden in het type immobilisatieproduct. Voor een licht gebonden stabilisatie zijn de kosten duidelijk lager dan voor een monolithische laag met als toepassing wegfundering. Voor kleiige specie geldt bovendien, dat bij toepassing van een afvalstof als grove toeslagstof, de kosten van koude immobilisatie beperkt kunnen worden. In tabel 7.2 is de waarde van de grove toeslagstof op € 0/ton gesteld.

7.4 Kosten en opbrengsten per ton immobilisaat

Koude immobilisatie van baggerspecie gaat gepaard met kosten, proceskosten van het immobilisaat (voorbewerking, kosten bindmiddelen, mengen, etc.), en opbrengsten, o.a. de opbrengst van het immobilisaat. Als de opbrengsten per ton immobilisaat hoger zijn dan de proceskosten, is er sprake van een batig saldo. Bij een batig saldo kan de verwerker het immobilisaatproduct, verkregen uit baggerspecie, tegen een marktconforme prijs op de markt zetten.

In tabel 7.3 wordt voor de drie verschillende immobilisatieproducten het saldo van de kosten en opbrengsten gegeven. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- A. Proceskosten koude immobilisatie, conform tabel 5.2;
- B. Opbrengst van het immobilisatieproduct, conform par. 7.2;
- C. Vermeden stortkosten: € 13,60/ m³;
- D. 1^e fase Wbm-heffing zandige specie € 13/ton;
- E. Waarde grove toeslagstof resp. € 0, 12,50 en 25 per ton.

Tabel 7.3 Saldo van kosten en opbrengsten voor de drie verschillende immobilisatieproducten (in €/ton product).

Immobilisatieproduct	Beoogde toepassing	Type baggerspecie	Saldo (B+C+D+E)-A (€ per ton immobilisaat)		
			Waarde toeslagstof (€/ton)		
			0	12,50	25
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	4	4	4
		Matig zandig	-17	-17	-17
		Kleiig	-8	-4	-1
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	6	6	6
		Matig zandig	-17	-17	-17
		Kleiig	-10	-6	-3
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig		7	
		Matig zandig		-8	
		Kleiig		-6	

Uit tabel 7.3 blijkt dat er alleen bij de immobilisatie van zandige specie sprake is van een batig saldo. Dit is onder meer een gevolg van de 1^e fase WBM, die alleen geldt voor zandige specie. Koude immobilisatie van zandige specie is dus goedkoper dan storten. Het batig saldo varieert van € 4 per ton bij een monolithisch product als wegfundering tot € 7 per ton ingeval van een licht gebonden stabilisatie. Overigens zal een verwerking middels andere eenvoudige verwerkingstechnieken zoals zandscheiding, ontwateren/rijpen en landfarming ingeval van zandige specie ook goedkoper zijn dan storten (zie par. 7.3).

Bij de verwerking van matig zandige en kleiige specie is er sprake van een negatief saldo. Voor een monolithisch immobilisatieproduct (met als toepassing wegfundering) is bedragen de meerkosten ingeval van kleiige specie € 8 per ton product en voor matig zandige specie € 17 per ton. De meerkosten kunnen worden beperkt worden door gebruik te maken van een afvalstof als grove toeslagstof. Hierdoor kan worden bespaard op de verwerkings- of stortkosten van deze afvalstof. Als toeslagstof kan worden gedacht aan rioolzand, maar ook aan bv. BSA-zand. De kosten gemoeid met de verwerking of het storten van deze zanden liggen rond de € 20-30 per ton.

Voor de productie van een licht gebonden stabilisatie bedragen de meerkosten € 6 per ton voor kleiige specie en € 8 per ton voor matig zandige specie.

Opgemerkt moet worden dat het kabinet een 2^e fase WBM in het vooruitzicht heeft gesteld. Op een nader te bepalen tijdstip tussen 1 januari 2004 en 1 januari 2006 zullen de reinigbaarheidscriteria worden uitgebreid. Bij die uitbreiding zal mogelijk ook baggerspecie reinigbaar worden verklaart, als deze met andere eenvoudige verwerkingstechnieken zoals koude immobilisatie kan worden omgezet in een product dat voldoet aan de kwaliteitseisen die het Bouwstoffenbesluit. Afhankelijk van de uiteindelijke criteria en de grootte van de heffing (in € per ton) zal na invoering van de 2^e fase WBM ook het koud immobiliseren van niet zandige baggerspecie financieel aantrekkelijker worden dan het storten ervan.

7.5 Marktperspectief koude immobilisatie

In deze marktverkenning is in verschillende hoofdstukken aandacht besteed aan de volgende aandachtspunten:

- welke hoeveelheden baggerspecie komen beschikbaar en welk deel hiervan is verwerkbaar met koude immobilisatie;
- wat zijn de kosten van koude immobilisatie en hoe verhouden deze kosten zich ten opzichte van die van storten en andere eenvoudige verwerkingstechnieken;
- welke geschikte immobilisatieproducten zijn te onderscheiden, welke hoeveelheden van deze immobilisatieproducten zijn er in de markt af te zetten en wat zijn gangbare marktprijzen.

In deze paragraaf worden vraag en aanbod met elkaar vergeleken met als doel om de markt(on)mogelijkheden van koude immobilisatie van baggerspecie te toetsen. In par. 7.5.1 wordt dit gedaan voor baggerspecie die alleen met koude immobilisatie kan worden verwerkt en niet met andere eenvoudige verwerkingstechnieken en in par. 7.5.2 voor baggerspecie die ook met andere eenvoudige verwerkingstechnieken kunnen worden verwerkt.

7.5.1 Alleen te verwerken met koude immobilisatie

Van het in het TJS berekende aanbod van niet-verspreidbare zoete baggerspecie van 133 miljoen m³ in-situ specie is 60,2 miljoen m³ te verwerken met koude immobilisatie. Van de 60,2 miljoen m³ is 56,4 miljoen m³ ook te verwerken met andere eenvoudige verwerkingstechnieken zoals zandscheiden en landfarmen (zie par. 7.5.2). Een hoeveelheid van 3,8 miljoen m³ in-situ (3,1 miljoen tds) is alleen te verwerken met koude immobilisatie. Voor deze hoeveelheid is koude immobilisatie een alternatief voor opslag in depot. Toepassing van koude immobilisatie voor deze stroom betekent dat op een depotvolume van 3,8 miljoen m³ kan worden uitgespaard.

Bij uitvoering van het TJS zal op jaarbasis maximaal ca. 380.000 m³ baggerspecie beschikbaar komen voor een verwerking tot een immobilisatieproduct. Het immobilisaat kan worden toegepast als wegfunderingsmateriaal. Gezien de jaarlijkse vraag aan wegfunderingsmateriaal (ca. 20 mln. ton) zal de afzet hiervan qua hoeveelheid geen problemen behoeven te geven. Omdat er sprake is van een verdringingsmarkt zal er een scherpe concurrentie zijn tussen de immobilisaten enerzijds en gangbare primaire en secundaire grondstoffen anderzijds. Immobilisaten moeten derhalve aan alle eisen voldoen en marktconform worden afgezet. Omdat baggerspecie-cement-stabilisaties niet gangbaar zijn, zijn geen specifieke eisen bekend. Wel kan worden verwezen naar de Standaard RAW-Bepalingen 1995, Wijziging November 1998, waar voor andere gebonden materialen eisen zijn genoemd. De eisen hebben over het algemeen betrekking op druksterkte, deeltjesgrootte en samenstelling, samendrukbaarheid c.q. verdichtingsgraad en duurzaamheid c.q. bestendigheid. Naast deze eisen, zijn er vooral ten aanzien van de duurzaamheid extra eisen aan immobilisaten gesteld. In het CUR-rapport 183 "Handleiding voor de beoordeling van immobilisaten" is een aanzet gegeven voor eisen aan immobilisaten. Deze eisen zijn nog niet vastgelegd in de RAW-systematiek. Behalve aan civiele eisen zal het immobilisaat ook aan de eisen van het BSB moeten voldoen.

Omdat het om (sterk) verontreinigde baggerspecie gaat, is aangenomen dat alleen een monolithisch immobilisatieproduct met als toepassing wegfundering (type I) zal voldoen aan de uitloog- (en samenstelling)eisen van het Bouwstoffenbesluit. De toepassingsopties II (ophoging/aanvulling) en III (Cluster) worden buiten beschouwing gelaten.

In tabel 7.4 wordt een overzicht van het marktpotentieel van koude immobilisatie gegeven.

Tabel 7.4 Overzicht marktpotentieel van koude immobilisatie.

Type specie	Aanbod zoete niet- verspreid-bare specie (in miljoen in 10 jaar)		Immobilisatie product	Toepassing	Afzet- potentieel	Saldo (zie par. 7.4) (€/ton product)
	mln. m ³ in-situ	mln. tds				
Zandig	0,5	0,5	Monoliet	Wegfundering	> 1 mln.ton/j	4
Matig zandig	2,4	2,1	Monoliet	Wegfundering	> 1 mln.ton/j	-17
Kleiig	0,9	0,5	Monoliet	Wegfundering	> 1 mln.ton/j	-8 tot -1
Totaal	3,8	3,1				

In paragraaf 7.4 is al opgemerkt dat tengevolge van de 1^e fase WBM de koude immobilisatie van zandige specie (0,5 miljoen m³) gepaard gaat met een batig saldo. Voor het storten van matig zandige specie (zandgehalte < 60% en hoeveelheid van 2,4 miljoen m³) geldt nog geen Wbm-heffing. Mede hierdoor zijn de kosten van koude immobilisatie hoger dan die van storten. De meerkosten bedragen € 17 per ton product. Dat geldt ook voor de immobilisatie van kleiige specie (0,9 miljoen m³). Hier bedragen de meerkosten € 8 per ton product. De meerkosten van koude immobilisatie van kleiige en matig zandige specie kunnen beperkt worden tot minder dan € 5 gulden per ton product, door als grove toeslagstof gebruik te maken van een afvalstof.

De verwachting is dat als de 2^e fase WBM van kracht wordt (tussen 2004 en 2006), ook het immobiliseren van matig zandige en kleiige specie financieel aantrekkelijker wordt dan het storten ervan.

Bij de kostenberekeningen is er van uit gegaan dat de (voorbewerkte) baggerspecie en ook het verkregen immobilisatieproduct niet over lange afstanden wordt getransporteerd. Vanwege de relatief geringe opbrengsten is het economisch niet rendabel om het product over grote afstanden te transporteren. Hierdoor zouden de transportkosten onevenredig hoog worden. Dit betekent echter wel dat vraag en aanbod op elkaar afgestemd moeten worden. De uitvoering van baggerwerken kan echter niet altijd gecombineerd worden met het realiseren van andere civiele werken. Een oplossing hiervoor zou kunnen zijn dat regionale faciliteiten worden gerealiseerd voor de verwerking en (tijdelijke) opslag van baggerspecie.

Op dit moment wordt koude immobilisatie van baggerspecie nog niet op grote schaal toegepast in de praktijk. Er zijn dan ook weinig praktijkgegevens voorhanden. Dit leidt tot terughoudendheid bij probleembezitters en potentiële afnemers van immobilisaten. Om het draagvlak te vergroten, maar ook om meer informatie over zowel civiele, milieutechnische en financiële aspecten van immobilisatie te

krijgen, zijn momenteel een aantal demonstratieprojecten in uitvoering dan wel in voorbereiding.

Voor het van de grond krijgen van demonstratieprojecten van koude immobilisatie kan de Stimuleringsregeling Verwerking Baggerspecie (Impuls SVB) een belangrijke financiële ruggeleuning zijn. Doelstelling van deze regeling is het stimuleren van marktontwikkelingen voor het verwerken van baggerspecie tot bouwstof. De bijdrage is uitsluitend bestemd voor het verwerken én afzetten op de markt van (wettelijk) niet-verspreidbare baggerspecie. De regeling sluit aan de op de Wbm-heffing, dat wil zeggen dat de stimuleringsregeling alleen geldt voor niet-reinigbare (lees niet-zandige specie). De regeling zal waarschijnlijk medio 2002 van kracht worden. Voor de verwerking van klasse 3 specie tot een cat. 1 bouw materiaal zal de bijdrage in de orde grootte zijn van € 4-10 per tds specie en voor klasse 4 specie € 23 per tds specie.

7.5.2 Te verwerken met koude immobilisatie en andere eenvoudige verwerkingstechnieken

Bij het realiseren van alle baggerplannen in 10 jaar zal op jaarbasis maximaal ca. 6 miljoen m³ in-situ baggerspecie (4,5 miljoen ton ds) beschikbaar komen voor een verwerking met eenvoudige verwerkingstechnieken, inclusief koude immobilisatie. De producten die hierbij ontstaan (zand, klei, grond en immobilisaten) kunnen gezien de omvang van de markt van primaire en secundaire grondstoffen (funderingen, ophogingen, etc.) waarschijnlijk zonder veel problemen worden afgezet. Ook voor deze baggerspecies geldt dat er sprake zal zijn van een aanbodgedreven markt.

Wat betreft koude immobilisatie worden drie verschillende immobilisatieproducten onderscheiden, twee monolithische producten voor de toepassing als wegfundering en ophoging/aanvulling en een licht gebonden stabilisatie als ophoogmateriaal. Voor de eisen die aan deze producten worden gesteld wordt verwezen naar par. 7.5.1. Voor de licht gebonden stabilisatie, waarbij cement als bindmiddel wordt gebruikt, moet aanvullend worden opgemerkt dat nog nauwelijks ervaring met dit product is opgedaan. Er zijn tot op heden slechts enkele onderzoeksgegevens bekend en nog geen praktijkgegevens. Onduidelijk is nog onder welke condities aan de gestelde civieltechnische en milieu-eisen kan worden voldaan.

In tabel 7.5 wordt een overzicht gegeven van het marktpotentieel van koude immobilisatie en andere eenvoudige verwerkingstechnieken.

Tabel 7.5 Overzicht marktpotentieel van koude immobilisatie en andere eenvoudige verwerkingstechnieken.

Type specie	Aanbod zoete niet-verspreidbare specie in 10 jaar)		Verwerkings- mogelijkheden	Product	Toepassing	Afzet- potentieel	Saldo 1) (€/ton)
	Mln. m ³ in-situ	Mln. tds					
Zandig	11	12,9	Zandscheiden	Zand	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	16
			Ontwateren/rijpen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	27
			Landfarmen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	9
			Koude immobilisatie	Monoliet	Wegfundering Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	4 6
				Licht gebonden stabili- satie	Ophoging/aanvulling Clustertoepassingen	> 1 mln ton/j ~0,1 mln ton/j?	7
Matig zandig	20,4	17,2	Zandscheiden	zand	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-2
			Ontwateren/rijpen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	5
			Landfarmen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-11
			Koude immobilisatie	Monoliet	Wegfundering Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-17 -17
				Licht gebonden stabili- satie	Ophoging/aanvulling Clustertoepassingen	> 1 mln ton/j ~0,1 mln ton/j?	-8
Kleiig	25	13,3	Ontwateren/rijpen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-0,50
			Landfarmen	Grond	Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-25
			Koude immobilisatie	Monoliet	Wegfundering Ophoging/aanvulling	> 1 mln ton/j	-1 tot -8 -3 tot -10
				Licht gebonden stabili- satie	Ophoging/aanvulling Clustertoepassingen	> 1 mln ton/j ~0,1 mln ton/j?	-6
Totaal	56,4	43,4					

1) Saldo = opbrengsten (opbrengst product + vermeden stortkosten + vermeden Wbm-heffing + waarde grove toeslagstof) minus verwerkingskosten.

Ook voor deze specie geldt dat ten gevolge van de Wbm-heffing de verwerking van zandige specie (11 miljoen m³ in-situ) goedkoper is dan storten. De kosten gemoeid met koude immobilisatie zijn hoger dan die van zandscheiden en ontwateren/rijpen en komen redelijk overeen met die van landfarmen, met uitzondering van kleiige specie. Voor kleiige specie zijn de kosten van koude immobilisatie lager dan die van landfarmen.

Een belangrijk nadeel van zandscheiden is dat niet alle baggerspecie nuttig wordt toegepast. Er resteert bij zandige specie een residu van 10-30% en ca. 40% bij matig zandige specie. Dit in tegenstelling tot koude immobilisatie, ontwateren/rijpen en landfarmen, waar de volledige specie nuttig wordt toegepast. Bij de kostenberekening van zandscheiden is aangenomen dat het residu wordt gestort, tegen stortkosten van € 15 per ton ds [1]. Indien ook het residu wordt verwerkt, zijn de totale kosten van zandscheiding aanzienlijk hoger.

Koude immobilisatie is een aantrekkelijke verwerkingstechniek voor kleiige specie (aanbod 25 miljoen m³), mede omdat zandscheiden voor kleiige specie geen optie is en gerijpte kleiige specie momenteel moeilijk afzetbaar is. Koude immobilisatie

kan als een extra bewerkingstap voor gerijpte kleiige baggerspecie worden gezien, met als belangrijk voordeel, dat verschillende immobilisatieproducten kunnen worden gemaakt, waarvan de eigenschappen instelbaar zijn. De afzet van deze producten in civiele werken is veelal gemakkelijker te realiseren dan de afzet van gerijpte kleiige baggerspecie. Ook de mogelijkheid om baggerspecie gezamenlijk met andere afvalstoffen te verwerken kan als een voordeel worden gezien. Immobilisatie tot een licht gebonden stabilisatie lijkt het aantrekkelijkst, maar ook de immobilisatie tot een wegfunderingsmateriaal in combinatie met een grove toeslagstof is mogelijk. Voor een licht gebonden stabilisatie moeten onderzoek en praktijkproeven nog aantonen of dit een reële optie is voor de praktijk.

Samenvattend kan worden gesteld dat voor zandige en matig zandige species koude immobilisatie uit kosten oogpunt minder aantrekkelijk is dan de andere verwerkingstechnieken. Mede qua kosten maar ook vanwege de goede afzetmogelijkheden van het immobilisaat, is koude immobilisatie voor (gerijpte) kleiige specie wel een interessante optie.

8. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- Van de in het Tien Jaren Scenario berekende aanbod van niet-verspreidbare zoete baggerspecie (in totaal 133 miljoen m³ in-situ specie in 10 jaar) is 60,2 miljoen m³ (45%) te verwerken met koude immobilisatie. Van deze 60,2 miljoen m³ is 56,4 miljoen m³ baggerspecie ook te verwerken met andere eenvoudige verwerkingstechnieken, zoals zandscheiden, ontwateren/rijpen en landfarmen. De resterende hoeveelheid van 3,8 miljoen m³ sterk verontreinigde baggerspecie is alleen te verwerken met koude immobilisatie.
- De beperkingen voor de toepassing van koude immobilisatie betreffen niet zo zeer technologische beperkingen, maar komen voort uit de eisen van het Bouwstoffenbesluit. In veel gevallen kan de baggerspecie weliswaar worden geïmmobiliseerd, maar mag het niet worden toegepast als bouwstof, vanwege een te hoog oliegehalte (voor het immobilisatieproduct geldt volgens het Bouwstoffenbesluit een samenstellingseis voor minerale olie van 500 mg/kg).
- Voor de hoeveelheid van 3,8 miljoen m³ sterk verontreinigde klasse 3 en 4 baggerspecie is koude immobilisatie feitelijk het enige alternatief voor opslag in depots. Toepassing van koude immobilisatie voor deze stroom betekent dat een depotvolume van 3,8 miljoen m³ kan worden uitgespaard.
- Uit een inventarisatie van de toepassingsmogelijkheden van cementgebonden immobilisatieproducten worden de volgende toepassingsopties het meest kansrijk geacht:
 - Fundering/stabilisatielaag in wegenbouw;
 - Ophoging en aanvulling (wegenbouw, industrie-/bedrijfsterreinen);
 - Cluster van de volgende toepassingsopties:
 - Terpen (bescherming tegen hoog water)
 - Onderafdichting baggerdepots
 - Afdekkingen en afdichtingen (cappen) van stortplaatsen en industrieterreinen
 - Kwaliteitsverbetering/functionele toepassing te storten materiaal
 - Verbeteren kwaliteit secundaire grondstoffen
- Voor de geselecteerde toepassingen worden drie verschillende typen immobilisatieproducten onderscheiden, namelijk een granulair product, een monolithisch product en een licht gebonden stabilisatie.
- Een economische verkenning van de afzetmogelijkheden van de immobilisatieproducten levert het volgende beeld op:

Toepassing	Afzet-potentieel	Opbrengst product
Fundering/stabilisatielaag wegenbouw	> 1 mln ton/j	€ 4,50 – 9,00 /ton; afh. van aanbod en kwaliteit
Ophoging en aanvulling	> 1 mln ton/j	€ 2,25 – 4,50 /ton; afh. van aanbod en kwaliteit
Cluster overige toepassingen	~0,1 mln ton/j	€ 0 /ton

- Kostenberekeningen leverden de volgende kostenramingen voor koude immobilisatie op:

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type bagger-specie	Kosten (proceskosten minus opbrengst product)	
			€/ m ³ in-situ	€/tds specie
Monolithisch	Fundering/ stabilisatie (I)	Zandig	29	25
		Matig zandig	35	42
		Kleiig	25	46
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	28	24
		Matig zandig	35	41
		Kleiig	27	51
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	25	22
		Matig zandig	23	27
		Kleiig	20	37

- Uit de kostenramingen blijkt dat de kosten van koude immobilisatie hoger zijn dan die van ontwateren/rijpen en zandscheiding en redelijk overeen komen met die van landfarmen. Voor kleiige specie zijn de kosten van koude immobilisatie lager dan die van landfarmen.
- Voor de koude immobilisatie van kleiige specie is een grove toeslagstof vereist. Door gebruik te maken van een grove toeslagstof met een negatieve waarde (bv. rioolzand of sorteerzand) kunnen de kosten van koude immobilisatie worden beperkt.
- Uit een vergelijking van de kosten en opbrengsten per ton immobilisaat blijkt dat ten gevolge van de 1^e fase Wbm-heffing, koude immobilisatie van zandige specie goedkoper is dan storten. Koude immobilisatie van matig zandige en kleiige specie is duurder dan storten. De verwachting is dat als de 2^e fase Wbm van kracht wordt (tussen 2004 en 2006), ook het immobiliseren van matig zandige en kleiige specie financieel aantrekkelijker wordt dan het storten ervan.

Saldo van kosten en opbrengsten voor de drie verschillende immobilisatieproducten (in €/ton product).

Immobilisatie-product	Beoogde toepassing	Type baggerspecie	Saldo (opbrengsten minus kosten) *) (€/ton immobilisaat)		
			Waarde toeslagstof (€/ton)		
			0	12,50	25
Monolithisch	Funderings/stabilisatie (I)	Zandig	4	4	4
		Matig zandig	-17	-17	-17
		Kleiig	-8	-4	-1
Monolithisch	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig	6	6	6
		Matig zandig	-17	-17	-17
		Kleiig	-10	-6	-3
Licht gebonden stabilisatie	Ophoging/aanvulling (II) of Cluster (III)	Zandig		7	
		Matig zandig		-8	
		Kleiig		-6	

*) Opbrengsten zijn: opbrengst product + vermeden verwerkingskosten van grove toeslagstof + vermeden storkosten + vermeden Wbm-heffing

- Koude immobilisatie kan als een extra bewerkingstap voor gerijpte (kleiige) baggerspecie worden gezien, met als belangrijk voordeel, dat verschillende immobilisatieproducten kunnen worden gemaakt, waarvan de eigenschappen instelbaar zijn. De afzet van deze producten in civiele werken is veelal gemakkelijker te realiseren dan de afzet van gerijpte (kleiige) baggerspecie. Ook de mogelijkheid om baggerspecie gezamenlijk met andere afvalstoffen te verwerken kan als een voordeel worden beschouwd.
- Koude immobilisatie is een aantrekkelijke verwerkingstechniek voor kleiige specie, mede omdat zandscheiden voor kleiige specie geen optie is en gerijpte kleiige specie momenteel moeilijk afzetbaar is. Immobilisatie tot een licht gebonden stabilisatie lijkt het aantrekkelijkst, maar ook de immobilisatie tot een wegfunderingsmateriaal in combinatie met een grove toeslagstof is mogelijk.

Aanbevelingen

- Deze marktverkenning betreft een eerste globale verkenning van het marktperspectief van koude immobilisatie ten opzichte van storten en andere verwerkingstechnieken. De marktverkenning geeft inzicht in het aanbod van geschikte baggerspecies voor koude immobilisatie, geschikte toepassingen voor de immobilisatieproducten, afzetvolumes en afzetprijzen van immobilisatieproducten en in de kosten van koude immobilisatie. Op basis van de bevindingen van deze marktverkenning is het niet mogelijk om een uitspraak te doen over de vraag of koude immobilisatie in de praktijk wel of niet op grote schaal zal worden toegepast. Hiervoor is de uitvoering van een meer gedetailleerde en specifieke marktstudie noodzakelijk. Punten die nog nadere aandacht verdienen zijn; geschikte toepassingen voor immobilisaten (in het bijzonder enkele nieuwe, gesignaleerde marktsegmenten (cluster van toepassingen)), de relatie af-

zetvolume, afzetprijs en kwaliteit van het immobilisatieproduct en de invloed van enkele belangrijke factoren op de kostprijs (gevoeligheidsanalyse).

- Om het draagvlak van koude immobilisatie te vergroten, maar ook om meer informatie over zowel civiele, milieutechnische en financiële aspecten van koude immobilisatie te krijgen, wordt aanbevolen een aantal demonstratieprojecten uit te voeren. Voor het van de grond krijgen van demonstratieprojecten van koude immobilisatie kan de Stimuleringsregeling Verwerking Baggerspecie (Impuls SVB), die waarschijnlijk medio 2002 in werking treedt, een belangrijke financiële ruggesteun zijn.
- Daarnaast is het wenselijk om onderzoek en praktijkproeven uit te voeren gericht op de haalbaarheid van een licht gebonden stabilisatie als immobilisatiemethode voor matig verontreinigde kleiige specie.
- Het is gewenst om meer kennis en inzicht te verwerven op het gebied van de immobilisatie en uitloging van organische componenten uit (geïmmobiliseerde) baggerspecie, teneinde meer duidelijkheid te krijgen over de haalbare en gewenste veranderingen in de huidige regelgeving (uitloogeis versus samenstellingseis).

9. Afkortingen en begrippen

AKWA	Advies- en Kenniscentrum Waterbodems
AVI	Afvalverbrandingsinstallatie
BSA	Bouw- en Sloopafval
DWW	Dienst Weg- en waterbouwkunde van Rijkswaterstaat
In situ	letterlijk: op z'n plek; in situ m ³ : het volume van de (te verwijderen) waterbodem, zoals op een bepaalde plaats aanwezig; door baggeren of ontgraven vindt menging met water plaats en neemt het volume toe
Impuls SVB	Stimuleringsregeling Verwerking Baggerspecie
TJS	Tienjarensценario Waterbodems; scenario voor de aanpak voor de problematiek van vervuilde waterbodems in Nederland, opgesteld door het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten
Wbm-heffing	Wet belasting op milieugrondslag

10. Literatuur

- [1] Verwerking van baggerspecie, basisdocument voor besluitvorming, AKWA rapportnummer 00.006, 2000
- [2] Functionele specificatie (Model Tien Jaren Scenario Waterbodems)
H. Bekkering, J. Joziasse, P.L. Karssemeijer (CSO)
TNO-rapport R 2001/076, februari 2001
- [3] Handleiding Prospect
J. Joziasse, H. Bekkering, P.L. Karssemeijer (CSO)
TNO-rapport R 2001/287, juli 2001
- [4] 'BABS' Beslismodel Aanpak BaggerSpecie, eindrapport fase 1:
Basisstructuur, J. Joziasse, TNO-rapport R 2000/112, maart 2000
- [5] 'BABS' Beslismodel Aanpak BaggerSpecie, eindrapport fase 2A
J. Joziasse, P. Karssemeijer (CSO), E. van Dam (CSO)
TNO-rapport R 2000/421, november 2000
- [6] Prinduceb II-2-Bindmiddelen voor de immobilisatie van reststoffen;
Eindrapport fase 2: Laboratoriumonderzoek, J.P. Brouwer, e.a., TNO-
rapport R 2000/356, oktober 2000
- [7] Gestabiliseerde baggerspecie voor toepassing in grondconstructies, Publicatie
P-DWW-2000-044, oktober 2000
- [8] Kostenopbouw verwerkingsprijs voor rijping baggerspecie, met indicatie
besparing ruimtebeslag in relatie tot intensieve bewerking, W-DWW-2001-
034, juni 2001
- [9] Nota Ophoogzand II DWW/07, 1999
- [10] Registratie productie en afzet secundaire grondstoffen, DWW-rapport

11. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

DWW/AKWA

Namen en functies van de projectmedewerkers:

L. Feenstra, TNO-MEP

E. Mulder, TNO-MEP

J. Joziasse, TNO-MEP

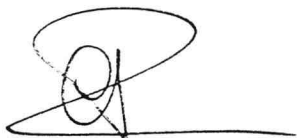
Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

Van Ruiten Adviesbureau (Hst. 6)

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

augustus 2001 - februari 2002

Ondertekening:



L. Feenstra
projectleider

Goedgekeurd door:



A.E. Jansen
afdelingshoofd

Bijlage I Uitgangspunten voor het berekenen van het aanbod

Uitgangspunten

Uitgangspunten bij het verzamelen van informatie over het potentiële aanbod van baggerspecie voor koude immobilisatie zijn:

- schatting aanbod op basis van data TienJarenScenario (komende 10 jaar);
- alleen de niet-verspreidbare specie;
- specie uit alle regio's en van alle beheerders;
- zoete specie; zoute specie kan civiel-technisch en/of milieuhygiënisch een probleem geven en is derhalve niet in de berekeningen meegenomen;
- venige specie op basis van hoog gehalte aan organische stof niet verwerkbaar met koude immobilisatie en met eenvoudige verwerkingstechnieken;
- uitgangspunten en gehanteerde criteria (reinigingspercentages) voor eenvoudige verwerkingstechnieken zoals gehanteerd in Prospect;
- product moet voldoen aan de samenstellingswaarden uit het huidige Bouwstoffenbesluit voor vormgegeven producten. Dit betekent dat:
 - geen toetsing plaatsvindt voor zware metalen;
 - PAK-norm verhoogd van 40 naar 75 mg/kg;
 - olie-norm = 500 mg/kg;
 - geen bodemtypecorrectie (omrekening naar standaard bodem);
 - rekening wordt gehouden met verdunning door bijmengen van cement en andere toeslagstoffen;
- Er vindt geen toetsing plaats aan de uitloognormen van het Bouwstoffenbesluit.

De resultaten van de berekeningen staan vermeld in tabel I.1 en I.2. In tabel I.3 is de herkomst van de verwerkbare specie gegeven.

Tabel I.1 Resultaten verwerkingsmogelijkheden niet-verspreidbare zoete specie, in miljoen m³.

Textuur	Klasse	Verontr.	In miljoen m ³			
			Eenvoudig+ koude immo	Koude immo	Overig	Totaal
zandig	0		0,6	0,0	0,0	0,6
	1		0,2	0,0	0,0	0,2
	2		4,4	0,0	0,0	4,4
	3		2,9	0,0	0,3	3,2
	4	org	0,0	0,0	0,2	0,0
	4	met	1,0	0,3	0,0	1,5
	4	cocktail	1,9	0,1	1,7	3,7
	totaal		11,0	0,5	2,2	13,6
matig zandig	0		1,6	0,0	0,0	1,6
	1		5,0	0,0	0,0	5,0
	2		8,6	0,0	3,5	12,0
	3		4,1	0,8	5,3	10,2
	4	org	0,1	0,0	1,0	1,1
	4	met	0,3	0,4	0,0	0,8
	4	cocktail	0,6 *	1,2	7,1	8,9
	totaal		20,4	2,4	16,8	39,6
kleiig	0		2,5	0,0	0,0	2,5
	1		1,1	0,0	0,0	1,1
	2		16,2	0,0	2,9	19,2
	3		4,2	0,0	9,1	13,3
	4	org	0,1	0,1	14,3	14,4
	4	met	0,0	0,2	0,0	0,2
	4	cocktail	0,9 *	0,6	12,2	13,7
	totaal		25,0	0,9	38,5	64,4
venig	0		0,0	0,0	1,1	1,1
	1		0,0	0,0	3,4	3,4
	2		0,0	0,0	7,6	7,6
	3		0,0	0,0	1,3	1,3
	4	org	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	met	0,0	0,0	0,1	0,1
	4	cocktail	0,0	0,0	1,7	1,7
	totaal		0,0	0,0	15,3	15,3
Totaal			56,4	3,8	72,7	132,9

* Deze specie klasse 4 met een cocktail aan verontreinigingen komt volgens het model in aanmerking voor rijpen/landfarmen. Dit is mogelijk een onjuiste uitkomst. Oorzaak hiervan is dat in Prospect de mogelijke verwerking wordt bepaald met behulp van het klasse-oordeel per stofgroep (stofgroepen zijn olie, PAK, metalen, OCB's en PCB's). In de TJS-database is het maximale klasse-oordeel van deze stofgroepen < 4, zodat rijpen/landfarmen wel mogelijk is. Het resultaat is dus te wijten aan een inconsequentie in de invoerdatabase.

Tabel I.2 Resultaten verwerkingsmogelijkheden niet-verspreidbare zoete specie, in miljoen tds.

Textuur	Klasse	Verontr.	In miljoen tds			
			Eenvoudig + koude immo	Koude immo	Overig	Totaal
zandig	0		0,7	0,0	0,0	0,7
	1		0,3	0,0	0,0	0,3
	2		5,1	0,0	0,0	5,1
	3		3,4	0,0	0,3	3,7
	4	org	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	met	1,2	0,4	0,2	1,7
	4	cocktail	2,2	0,1	2,0	4,3
Totaal zandig			12,9	0,5	2,5	16,0
matig zandig	0		1,4	0,0	0,0	1,4
	1		4,3	0,0	0,0	4,3
	2		7,3	0,0	2,9	10,2
	3		3,5	0,7	4,5	8,6
	4	org	0,1	0,0	0,8	0,9
	4	met	0,3	0,3	0,0	0,6
	4	cocktail	0,5	1,0	6,0	7,5
Totaal matig zandig			17,2	2,1	14,2	33,5
kleig	0		1,3	0,0	0,0	1,3
	1		0,6	0,0	0,0	0,6
	2		8,6	0,0	1,6	10,2
	3		2,2	0,0	4,8	7,1
	4	org	0,0	0,1	7,6	7,7
	4	met	0,0	0,1	0,0	0,1
	4	cocktail	0,5	0,3	6,5	7,3
Totaal kleig			13,3	0,5	20,5	34,2
venig	0		0,0	0,0	0,5	0,5
	1		0,0	0,0	1,5	1,5
	2		0,0	0,0	3,3	3,3
	3		0,0	0,0	0,5	0,5
	4	org	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	met	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	cocktail	0,0	0,0	0,7	0,7
Totaal venig			0,0	0,0	6,6	6,6
Totaal			43,4	3,1	43,8	90,3

Hoeveelheden zijn omgerekend met de volgende dichtheden (tds/m³)

zandig :	1,170
matig zandig:	0,846
kleiig :	0,532
venig :	0,430

Bron: TNO/CSO, 2000: Beslismodel Aanpak BaggerSpecie (BABS), eindrapport fase 1 : Basisstructuur

In de database van het TJS is circa 133 miljoen m³ zoete specie opgenomen. Hier-
van kan 56,4 miljoen m³ worden verwerkt met eenvoudige verwerkingstechnieken,
waarbij scheiden wordt toegepast op zandige specie en rijpen/landfarmen op matig
zandige en kleiige specie. Deze specie zou ook verwerkt kunnen worden met koude
immobilisatie. De totale hoeveelheid specie die niet met rijpen/landfarmen of zand-
scheiden kan worden verwerkt, maar wel met koude immobilisatie bedraagt 3,8
miljoen m³ (3,1 miljoen ton ds). Het betreft voornamelijk klasse 3 en 4 specie met
een verontreiniging van metalen, of een cocktail van zware metalen of olie.

Van de zandige specie kan een deel niet worden verwerkt met zandscheiden. Dit is
meestal te wijten aan hoge oliegehaltes. Van matig zandige en kleiige specie is de
klasse 0 en 1 specie geschikt voor rijpen/landfarmen. Van de klasse 2 en 3 specie
kan een deel niet met rijpen/landfarmen worden verwerkt, meestal vanwege te hoge
gehaltes aan minerale olie.

In veel gevallen kan baggerspecie niet koud worden geïmmobiliseerd vanwege een
te hoog oliegehalte (olienorm van 500 mg/kg).

Tabel I.3 *Herkomst van de verwerkbare specie in miljoen m³.**a. Eenvoudige verwerkingstechnieken 1)*

Textuur	Klasse	Verontreiniging	Beheerder					
			gemeente	overig	provincie	rijk	waterschap	Eindtotaal
Kleiig	klasse 0		0,4	0,0	0,4	1,1	0,7	2,5
	klasse 1		0,1	0,1	0,0	0,0	1,0	1,1
	klasse 2		1,1	4,8	2,1	5,2	3,0	16,2
	klasse 3		0,3	0,6	0,5	1,5	1,4	4,2
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	klasse 4	Cocktail	0,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9
	totaal kleiig		2,3	5,4	3,0	7,8	6,5	25,0
matig zandig	klasse 0		0,0	0,0	1,2	0,1	0,3	1,6
	klasse 1		0,1	3,8	0,2	0,3	0,6	5,0
	klasse 2		0,4	0,4	2,2	0,7	4,8	8,6
	klasse 3		0,2	0,9	0,6	1,0	1,5	4,1
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
	klasse 4	Cocktail	0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,6
totaal matig zandig		0,9	5,1	4,4	2,2	7,9	20,4	
zandig	klasse 0		0,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,6
	klasse 1		0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2
	klasse 2		1,4	0,0	0,4	1,5	1,1	4,4
	klasse 3		0,3	0,0	0,3	1,7	0,6	2,9
	klasse 4	PAK en/of Olie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	1,0
	klasse 4	Cocktail	0,5	0,0	0,1	0,9	0,4	1,9
totaal zandig		2,2	0,0	0,8	5,2	2,8	11,0	
Eindtotaal			5,4	10,5	8,2	15,2	17,1	56,4

1) Eenvoudige verwerkingstechnieken zijn ontwateren/rijpen, zandscheiden, landfarnen en koude immobilisatie.

b. Koude immobilisatie

Textuur	Klasse	Verontreiniging	Beheerder					Eindtotaal
			gemeente	overig	provincie	rijk	waterschap	
kleiig	klasse 2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Organisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
	klasse 4	Cocktail)	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,6
Totaal kleiig			0,2	0,2	0,0	0,3	0,2	0,9
matig zandig	klasse 3		0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,8
	klasse 4	Organisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Zware metalen	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4
	klasse 4	Cocktail	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	1,2
Totaal matig zandig			0,1	0,1	0,0	1,3	1,0	2,4
Zandig	klasse 0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3
	klasse 4	Cocktail	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Totaal zandig			0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,5
Eindtotaal			0,3	0,3	0,0	1,9	1,4	3,8

c. Overig (storten)

Textuur	klasse	Verontreiniging	Beheerder				
			gemeente	overig	provincie	rijk	waterschap Eindtotaal
kleiig	klasse 2		0,5	0,0	0,1	0,0	2,4
	klasse 3		0,3	0,0	0,0	3,2	5,6
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,0	14,2	0,1
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Cocktail	0,4	0,3	0,0	9,6	2,0
totaal kleiig			1,1	0,3	0,1	27,0	10,1
venig	klasse 0		0,0	0,9	0,0	0,0	0,2
	klasse 1		0,0	0,6	0,0	0,0	2,8
	klasse 2		0,5	2,7	0,5	0,0	3,9
	klasse 3		0,4	0,5	0,1	0,1	0,2
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	klasse 4	Cocktail	0,0	0,6	0,0	0,1	1,0
Totaal venig			0,9	5,3	0,6	0,3	8,2
matig zandig	klasse 2		0,1	0,0	0,1	1,8	1,4
	klasse 3		0,1	0,1	0,0	4,4	0,7
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,1	0,8	0,1
	klasse 4	Zware metalen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	klasse 4	Cocktail	0,1	0,0	0,1	5,2	1,7
Totaal matig zandig			0,3	0,1	0,3	12,2	3,9
zandig	klasse 3		0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
	klasse 4	organisch	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
	klasse 4	Cocktail	0,0	0,0	0,0	0,9	0,8
Totaal Zandig			0,0	0,0	0,0	1,1	1,0
Eindtotaal			2,3	5,6	1,1	40,6	23,2

Bijlage II Inventarisatie van mogelijke toepassingsopties voor geïmmobiliseerde baggerspecie in de utiliteitsbouw en in de grond-, weg- en waterbouwsector

Door TNO is een inventarisatie gemaakt van mogelijke toepassingen van cementgebonden immobilisatieproducten. De resultaten van deze inventarisatie staan vermeld in tabel II.1. In tabel II.1 is per toepassing een inschatting gemaakt van de omvang van het marktvolume, zijn eventueel cruciale eisen vermeld die aan het immobilisatieproduct worden gesteld en is aangegeven welke bouwstof in de huidige situatie voor deze toepassing wordt gebruikt.

Tabel II.1 Inventarisatie van toepassingsopties voor immobilisatieproducten.

Nr.	Toepassing/Bouwstof	Type immobilisatieproduct *)	Markt-volume **)	Cruciale eisen	Huidige bouwstof
1	Fundering/stabilisatielaag in wegebouw (en railbouw)	g, m	+	Verbrijzelingssterkte	Zandcementstabilisatie metallurgische slakken en menggranulaat
2	Ophoging, aanvulling (wegbouw, industrie -/bedrijfs-terreinen)	g, m, a	+		(Ophoog)Zand, Grond, Klei, AVI-bodemas
3	Stortsteen (40/160 mm) in waterbouw	g	0	Druksterkte	Staalslakken, Mijnssteen
4	Dijkbekledingsblokken in waterbouw	m	-/0	Druksterkte	Basalt
5	Toeslagstof in beton	g	0/+	Druksterkte, krimpgedrag	Grind, betongranulaat
6	Toeslagstof funderingen van schraal beton (onder betonverhardingen)	g	0/+	Druksterkte, krimpgedrag	Grind, menggranulaat
7	Betonwaren voor afscheidingen, verhardingen, etc. voor in tuin	m	-	Visuele aspecten	Hout, betonwaren
8	Dijkbouw, diepwanden, waterkeringen	m, a	0/+	Scheurvorming	Klei
9	Terpen (bescherming tegen hoogwater)	m, a	-/0		Klei
10	Onderafdichting van baggerverwerkingsdepots	m, a	-/0	Niet water doorlatendheid	HDTE-folie, beton
11	Afdekkingen en afdichtingen (cappen) van stortplaatsen en industrieterreinen	a	-/0	Flexibel	Zand-Bentoniet
12	Kwaliteitsverbetering/functionele toepassing te storten materiaal	g, m	0	Druksterkte (beperkt)	?
13	Verbeteren kwaliteit secundaire grondstoffen die zonder bewerking niet voldoen aan het Bouwstoffenbesluit	g, m	0		?

*) Immobilisatieproduct in de vorm van granulair materiaal (g), als monoliet (m) of als licht gebonden stabilisatie (a).

**) + = > 1 Mton/jaar 0 = ~100.000 ton/jaar - = < 10.000 ton/jaar

Uitgaande van deze inventarisatie (longlist) is in samenspraak met AKWA en van Ruiten Adviesbureau een nadere selectie gemaakt van de meest belangrijk geachte toepassingen (shortlist). De toepassingen van de shortlist dienen als basis voor de economische verkenning van de afzetmogelijkheden van immobilisatieproducten. Onderstaand wordt in het kort ingegaan op de afwegingen die een rol hebben gespeeld bij deze nadere selectie.

De toepassingsopties 1 en 2 zijn toepassingen in de wegenbouw en ophogingen. Voor deze beide toepassingen geldt dat er een relatief grote potentiële afzetmarkt voorhanden is. Bovendien wordt in deze sector al op grote schaal gebruikt gemaakt van secundaire materialen zoals BSA granulaat en verontreinigde en gereinigde grond. Beide opties zijn geselecteerd voor de shortlist.

Overigens is soms het onderscheid tussen ophoging en fundering moeilijk te maken. Voor de toepassing als ophoging kan behalve een granulair product of een monolithische laag ook worden gedacht aan een licht gebonden stabilisatie van gerijpte specie met cement (vgl. ton-aarde concept). Bij deze toepassing kan volstaan worden met een beperkte hoeveelheid cement (zie ook toepassingsoptie nr. 9 t/m 13). Deze toepassing is met name interessant voor gerijpte kleiige specie, omdat met name gerijpte kleiige specie moeilijk afzetbaar is.

Toepassingsoptie nr. 3, toepassing als stortsteen in de waterbouw, is vanwege het gering geachte afzetvolume en de hoge eisen die aan het granulair product worden gesteld, niet geselecteerd voor de shortlist.

De nr. 4 t/m 7 betreffen toepassingen in beton(waren). Behalve dat geen grote volumes kunnen worden afgezet, worden deze opties ook vanwege de specifieke functionele eisen die worden gesteld (o.a. druksterkte, krimpgedrag) momenteel als niet relevant beschouwd. Deze toepassingen zijn niet opgenomen in de shortlist.

De toepassing van een licht gebonden stabilisatie en/of een cementgebonden immobilisatieproduct bij dijktenbouw, diepwanden en waterkeringen (8) is ondanks het feit dat het een interessante afzetmarkt is (immers gebruik van gebiedseigen specie), niet geselecteerd vanwege de strenge constructieve eisen die aan deze toepassingen worden gesteld (scheurvorming kritisch).

Voor de toepassingsopties 9 t/m 13 geldt dat het marktvolume gering is. Desondanks lijken het interessante toepassingen. Omdat bovendien voor deze vijf toepassingen geldt dat een vergelijkbaar product benodigd is, zijn deze vijf toepassingsopties geclusterd geselecteerd voor de shortlist.

Toepassingsoptie nr. 9; gebruik van gestabiliseerde gerijpte baggerspecie bij bescherming tegen hoogwater lijkt een aantrekkelijke toekomstige optie (mede met het oog op de problemen van klimaat verandering). Gedacht wordt hierbij aan het realiseren van terpen voor grootschalige industriële complexen. Voor deze toepassing kan ook worden gedacht aan een licht gebonden stabilisatie van kleiige gerijp-

te specie met relatief weinig cement (zie ook nr. 2). Bovendien biedt deze toepassing een mogelijkheid om gebiedseigen specie te verwerken.

Het gebruik van immobilisatieproducten als onderafdichting van een verwerking-depot voor baggerspecie (nr. 10) is ook een mogelijkheid om gebiedseigen specie te verwerken. De eisen die aan de onderafdichting worden gesteld (CUR rapport 196; ontwerpbodembeschermende voorzieningen; hst 13, Minerale afdichtingen) kunnen mogelijk een knelpunt zijn.

Voor het afdekken van bv. oude stortplaatsen of verontreinigde industrieterreinen (zgn. cappen) kan in plaats van klei of bentoniet ook geïmmobiliseerde baggerspecie worden gebruikt (nr. 11). Ook voor deze toepassingen is vanwege specifieke eisen waarschijnlijk een lagere cementdosering benodigd dan te doen gebruikelijk bij immobilisatieproducten voor funderingen. Een mogelijke toepassingsoptie is ook het gebruik van cementgebonden baggerspecie als kwaliteitsverbetering van te storten materialen. (nr. 12). De kwaliteitsverbetering betreft het fysisch en chemisch binden van de verontreinigingen. Ook kan gedacht worden aan het fysisch verbeteren van de storteigenschappen door het immobilisatieproduct te gebruiken als tussen- of deklaag. Bij toepassingsoptie nr. 13 wordt baggerspecie samen met cement en eventuele additieven gemengd met andere secundaire grondstoffen tot een product met betere civieltechnische eigenschappen en dat voldoet aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit. De kwaliteit van de twee secundaire grondstoffen samen is beter dan de kwaliteit van de afzonderlijke secundaire grondstoffen. Zo is er ervaring om baggerspecie samen met zand van rioolslib op te werken. Wellicht kunnen andere secundaire grondstoffen gebruikt worden bijvoorbeeld AVI-bodemas.

Bijlage III Invoer steenachtige funderingsmaterialen

- Traditioneel werden er in Nederland veel hoogovenslakken ingevoerd voor de wegenbouw. Het CBS neemt dit op in de categorie Macadam en hoogovenslakken. De in- en uitvoercijfers leveren het volgende beeld op:

Tabel Ontwikkelingen in de in- en uitvoer van Macadam en HO-slakken (sinds 1999 ook inclusief een deel van het kleisteen, grint en steenslag) (bron CBS).

Jaar	INVOER			UITVOER		
	in 1000 ton	in f 1.000	prijs/ton	in 1000 ton	in f 1.000	prijs/ton
1985*	1.645	21.769	f 13	1	18	f 8
1987	1.485	19.416	f 13	10	104	f 10
1988	1.349	18.890	f 14	-	-	-
1989	1.462	18.499	f 13	-	-	-
1990	1.271	16.422	f 13	9	270	f 30
1991	755	9.094	f 12	41	548	f 13
1992	875	10.962	f 12	281	3.115	f 11
1993**	1.058	12.070	f 11	191	1.730	f 9
1994**	1.079	9.938	f 9	319	5.170	f 16
1995**	643	7.728	f 12	445	4.210	f 9
1996**	1.661	15.043	f 9	200	2.029	f 10
1997**	1.847	17.986	f 9,70	315	5.474	f 17
1998**	1.423	14.504	f 10,20	359	8.695	f 24
1999***	1.741	20.281	f 11,65	193	3.750	f 19
2000	1.352	19.279	f 14,25	116	2.291	f 20

* Inclusief beperkte hoeveelheid teermacadam.

** De cijfers zijn door andere meetprocedures en het wegvallen van kleine posten niet volledig vergelijkbaar met voorgaande jaren.

*** In 1999 is de omschrijving van CBS nr. 25.17.2000 veranderd, o.a. met steenslag voor beton, verharding (spoor)wegen. Van de 1,7 mln ton is ruim 1,5 mln ton afkomstig uit Engeland. Het vermoeden bestaat dat (een deel van) het Schotse graniet is aangemeld onder dit statistieknummer.

Bijlage IV Uitgangspunten kostenberekeningen

Uitgangspunten kostenberekeningen koude immobilisatie

Kosten toeslagstoffen

	min.	midd.	max.	
grove toeslagstof	- 25	-12,50	0	€/ton toeslagstof

bindmiddelen	90.76	€/ton cement
--------------	-------	--------------

Kosten voorbereiding (ontwatering en rijping)

			Monolithische laag Intensief	Licht gebonden stabilisatie Extensief	
zandig	2.27	€/m ³ in -situ	1.94	1.94	€/tds bagger
matig zandig	9.08	€/m ³ in -situ	10.71	5.36	€/tds bagger
kleiig	9.08	€/m ³ in -situ	16.81	8.40	€/tds bagger

Watergehalte baggerspecie (ingangsmateriaal)

Hoeveelheid bindmiddelen (cement)

Toepassingsoptie	Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie		Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie	
I Fundering/stabilisatie						
zandig	15	-	%	150.0	-	kg/tds bagger + toeslagstof
matig zandig	20	-	%	200.0	-	kg/tds bagger + toeslagstof
kleiig	45	-	%	200.0	-	kg/tds bagger + toeslagstof
II Ophoging/aanvulling						
zandig	15	20	%	100.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof
matig zandig	20	25	%	150.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof
kleiig	45	50	%	150.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof
III Cluster						
zandig	15	20	%	100.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof
matig zandig	20	25	%	150.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof
kleiig	45	50	%	150.0	50.0	kg/tds bagger + toeslagstof

Toepassingsoptie	Water/cementfactor			Watergehalte product tijdens verwerking		
	Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie		Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie	
I Fundering/stabilisatie						
zandig	1	-	kg water/kg cement	13.0	-	%
matig zandig	0.965	-	kg water/kg cement	16.2	-	%
kleiig	0.900	-	kg water/kg cement	25.0	-	%
II Ophoging/aanvulling						
zandig	1.5	4	kg water/kg cement	13.6	19.0	%
matig zandig	1.287	5	kg water/kg cement	16.9	23.8	%
kleiig	1.200	10	kg water/kg cement	25.7	47.6	%
III Cluster						
zandig	1.5	4	kg water/kg cement	13.6	19.0	%
matig zandig	1.287	5	kg water/kg cement	16.9	23.8	%
kleiig	1.200	10	kg water/kg cement	25.7	47.6	%

Verwerkingskosten (monolithisch product, of fijnkorrelig materiaal)

	Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie	
Transportkosten (aan- en afvoer)	2.27	2.27	€/ton immobilisaat
Receptuurontw. en kwal.bewaking	0.91	0.45	€/ton immobilisaat
Weeg- en tussenopslagkosten	2.27	2.27	€/ton immobilisaat
Mengkosten/vervaardiging immobilisaat	3.40	3.40	€/ton immobilisaat
Totaal verwerkingskosten Ktot =	8.85	8.39	€/ton immobilisaat

Eigenschappen baggerspecie in-situ	Droge-stofgehalte		Dichtheid		Watergehalte
zandig	1.17	tds/m ³ in-situ	1.72	ton/m ³ in-situ	32.0%
matig zandig	0.85	tds/m ³ in-situ	1.51	ton/m ³ in-situ	44.0%
kleiig	0.54	tds/m ³ in-situ	1.32	ton/m ³ in-situ	59.0%

Zandgehalte (% m/m d.s. > 63 µm)

	Oorspr.		Na toevoegen grove toeslagstof	
zandig	78	%	78.0	%
matig zandig	47	%	48.8	%
kleiig	18	%	48.8	%

Toeslagfactor

(onvoorzien, winst, alg. kosten e.d.)

$$F_t = 1.25$$

Stortkosten13.61 €/m³**Uitleveringsfactor**1 m³/m³ in-situ

	Wbm-heffing		Stortkosten	
zandig	13.00	€/ton	30.74	€/tds bagger
matig zandig	0.00	€/ton	16.07	€/tds bagger
kleiig	0.00	€/ton	25.21	€/tds bagger

Opbrengst Immobilisatieproduct

Toepassingsoptie	Monolithische laag	Licht gebonden stabilisatie	
I Fundering/stabilisatie	6.81	-	€/ton product
II Ophoging/aanvulling	3.40	0	€/ton product
III Cluster	3.40	0	€/ton product

Omrekeningsfactor NLG/Euro

2.20371

Kosten van koude immobilisatie afhankelijk van het product

Kostprijs grove toeslagstof C D E F G a a1 b d d1 c e e1 f g h
 -25.00 €/ton

Immobilisatieproduct	Type baggerspecie	Hoeveelheid grove toe- slagstof (kg/tds bagger)	Kosten grove toe- slagstof (€/tds bagger)	Kosten bindmiddelen bagger (€/tds bagger)	Kosten voorbewerking (€/tds bagger)	Kosten Immobilisatie- proces (€/tds bagger)	Totaal verwerking (€/tds bagger)	Totaal verwerking (€/m³ in-situ)	Totaal verwerking (€/ton product)	Opbrengst product (€/tds bagger)	Opbrengst product (€/m³ in-situ)	Opbrengst product (€/ton product)	Totaal kosten (€/tds bagger)	Totaal kosten (€/m³ in-situ)	Totaal kosten (€/ton product)	Vermeden stortkosten (€/ton product)	Netto kosten (€/ton product)
I Fundering/stabilisatie monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 13.61	€ 1.94	€ 11.70	€ 34.07	€ 39.89	€ 25.76	€ 9.00	€ 10.54	€ 6.81	€ 25.06	€ 29.35	€ 18.95	€ 23.25	-€ 4.29
	matig zandig	35	-€ 0.88	€ 17.54	€ 10.71	€ 13.11	€ 50.61	€ 42.87	€ 34.15	€ 10.09	€ 8.54	€ 6.81	€ 40.53	€ 34.33	€ 27.35	€ 10.85	€ 16.50
	kleilig	600	-€ 15.00	€ 11.34	€ 16.81	€ 22.65	€ 44.75	€ 24.17	€ 17.48	€ 17.43	€ 9.41	€ 6.81	€ 27.33	€ 14.76	€ 10.68	€ 9.85	€ 0.83
II Ophoging/aanvulling monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14	-€ 5.67
	matig zandig	35	-€ 0.88	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 44.58	€ 37.76	€ 31.13	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 39.71	€ 33.63	€ 27.73	€ 11.22	€ 16.50
	kleilig	600	-€ 15.00	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 40.29	€ 21.76	€ 16.27	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 31.86	€ 17.20	€ 12.86	€ 10.18	€ 2.69
II Ophoging/aanvulling licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70	-€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66	€ 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58	€ 5.99
III Cluster monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14	-€ 5.67
	matig zandig	35	-€ 0.88	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 44.58	€ 37.76	€ 31.13	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 39.71	€ 33.63	€ 27.73	€ 11.22	€ 16.50
	kleilig	600	-€ 15.00	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 40.29	€ 21.76	€ 16.27	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 31.86	€ 17.20	€ 12.86	€ 10.18	€ 2.69
III Cluster licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70	-€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66	€ 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58	€ 5.99

Kostprijs grove toeslagstof -12.50 €/ton

Immobilisatieproduct	Type baggerspecie	Hoeveelheid grove toeslagstof (kg/tds bagger)	Kosten grove bindmiddelen (€/tds bagger)	Kosten bindmiddelen voorbewerking (€/tds bagger)	Kosten Immobilisatie-proces (€/tds bagger)	Totaal verwerking (€/tds bagger)	Totaal verwerking (€/m³ in-situ)	Totaal verwerking (€/ton product)	Opbrengst product (€/tds bagger)	Opbrengst product (€/m³ in-situ)	Opbrengst product (€/ton product)	Totaal kosten (€/tds bagger)	Totaal kosten (€/m³ in-situ)	Totaal kosten (€/ton product)	Vermeden stortkosten (€/ton product)	Netto kosten (€/ton product)
I Fundering/stabilisatie																
monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 13.61	€ 1.94	€ 11.70	€ 34.07	€ 39.89	€ 25.76	€ 9.00	€ 10.54	€ 6.81	€ 25.06	€ 29.35	€ 18.95	€ 23.25 -€ 4.29
	matig zandig	35	-€ 0.44	€ 17.54	€ 10.71	€ 13.11	€ 51.16	€ 43.33	€ 34.52	€ 10.09	€ 8.54	€ 6.81	€ 41.07	€ 34.79	€ 27.71	€ 10.85 € 16.87
	kleilig	600	-€ 7.50	€ 11.34	€ 16.81	€ 22.65	€ 54.13	€ 29.23	€ 21.14	€ 17.43	€ 9.41	€ 6.81	€ 36.70	€ 19.82	€ 14.34	€ 9.85 € 4.49
II Ophoging/aanvulling																
monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14 -€ 5.67
	matig zandig	35	-€ 0.44	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 45.13	€ 38.22	€ 31.51	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 40.25	€ 34.09	€ 28.11	€ 11.22 € 16.89
	kleilig	600	-€ 7.50	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 49.67	€ 26.82	€ 20.05	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 41.24	€ 22.27	€ 16.65	€ 10.18 € 6.47
II Ophoging/aanvulling																
licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70 -€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66 € 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58 € 5.99
III Cluster																
monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14 -€ 5.67
	matig zandig	35	-€ 0.44	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 45.13	€ 38.22	€ 31.51	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 40.25	€ 34.09	€ 28.11	€ 11.22 € 16.89
	kleilig	600	-€ 7.50	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 49.67	€ 26.82	€ 20.05	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 41.24	€ 22.27	€ 16.65	€ 10.18 € 6.47
III Cluster																
licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70 -€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66 € 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58 € 5.99

Kostprijs grove toeslagstof 0.00 €/ton

Immobilisatieproduct	Type baggerspecie	Hoeveelheid grove toeslag-stof (kg/lds bagger)	Kosten grove bindmiddelen (€/lds bagger)	Kosten voorbewerking (€/lds bagger)	Kosten Immobilisatie-proces (€/lds bagger)	Totaal verwerking (€/lds bagger)	Totaal verwerking (€/m³ in-situ)	Totaal verwerking (€/ton product)	Opbrengst product (€/lds bagger)	Opbrengst product (€/m³ in-situ)	Opbrengst product (€/ton product)	Totaal kosten (€/lds bagger)	Totaal kosten (€/m³ in-situ)	Totaal kosten (€/ton product)	Vermeden stortkosten (€/ton product)	Netto kosten (€/ton product)
I Fundering/stabilisatie monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 13.61	€ 1.94	€ 11.70	€ 34.07	€ 39.89	€ 25.76	€ 9.00	€ 10.54	€ 6.81	€ 25.06	€ 29.35	€ 18.95	€ 23.25 -€ 4.29
	matig zandig	35	€ 0.00	€ 17.54	€ 10.71	€ 13.11	€ 51.71	€ 43.80	€ 34.89	€ 10.09	€ 8.54	€ 6.81	€ 41.62	€ 35.25	€ 28.08	€ 10.85 € 17.24
	kleilig	600	€ 0.00	€ 11.34	€ 16.81	€ 22.65	€ 63.50	€ 34.29	€ 24.81	€ 17.43	€ 9.41	€ 6.81	€ 46.08	€ 24.88	€ 18.00	€ 9.85 € 8.15
II Ophoging/aanvulling monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14 -€ 5.67
	matig zandig	35	€ 0.00	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 45.67	€ 38.69	€ 31.90	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 40.80	€ 34.56	€ 28.49	€ 11.22 € 17.27
	kleilig	600	€ 0.00	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 59.04	€ 31.88	€ 23.84	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 50.61	€ 27.33	€ 20.43	€ 10.18 € 10.26
II Ophoging/aanvulling licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70 -€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66 € 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58 € 5.99
III Cluster monolithisch product	zandig	0	€ 0.00	€ 9.08	€ 1.94	€ 11.27	€ 27.85	€ 32.62	€ 21.87	€ 4.33	€ 5.08	€ 3.40	€ 23.52	€ 27.54	€ 18.47	€ 24.14 -€ 5.67
	matig zandig	35	€ 0.00	€ 13.15	€ 10.71	€ 12.67	€ 45.67	€ 38.69	€ 31.90	€ 4.87	€ 4.13	€ 3.40	€ 40.80	€ 34.56	€ 28.49	€ 11.22 € 17.27
	kleilig	600	€ 0.00	€ 8.51	€ 16.81	€ 21.92	€ 59.04	€ 31.88	€ 23.84	€ 8.43	€ 4.55	€ 3.40	€ 50.61	€ 27.33	€ 20.43	€ 10.18 € 10.26
III Cluster licht gebonden stabilisatie	zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 1.94	€ 10.89	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 21.71	€ 25.42	€ 16.73	€ 23.70 -€ 6.97
	matig zandig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 5.36	€ 11.57	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 26.83	€ 22.73	€ 19.47	€ 11.66 € 7.81
	kleilig	0	€ 0.00	€ 4.54	€ 8.40	€ 16.83	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 0.00	€ 0.00	€ 0.00	€ 37.21	€ 20.09	€ 18.56	€ 12.58 € 5.99

