

**"Vuile bagger als nuttig product",
vooronderzoek en uitvoering
praktijkproef**

definitief

Verantwoording

Titel	"Vuile bagger als nuttig product", vooronderzoek en uitvoering praktijkproef
Opdrachtgever	SKB
Projectleider	ing. R. Rozenveld
Auteur(s)	Projectgroep SKB
Projectnummer	3813428
Aantal pagina's	33 (exclusief bijlagen)
Handtekening	

Datum 1 november 2002

Colofon

Tauw bv
Regio Noord
Eemland 5 a
Postbus 722
9400 AS Assen
Telefoon (0592) 39 13 00
Fax (0592) 39 13 25

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of anderszins zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van de opdrachtgever of Tauw bv.

Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw bv een hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- . NEN-EN-ISO 9001;
- . VCA**-certificering voor veilig werken bij meet- en inspectieactiviteiten en bodemsaneringen, ook in risicogebieden railinfra;
- . STERLAB-accreditatie (L005 en L272) voor de laboratoriumanalyses zoals aangegeven op de lijst van verrichtingen bij deze accreditaties.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Ontwikkeling van definitieve receptuur.....	5
2.1	Karakterisatie van baggerspecie en rioolzand	5
2.2	Civieltechnisch onderzoek	7
2.3	Milieuhygiënisch onderzoek	12
2.4	Advies receptuurontwikkeling voor de praktijkproef.....	17
3	Aanlevering en voorbehandeling grondstoffen.....	18
3.1	Uitvoering baggerwerkzaamheden en aanlevering rioolzand.....	18
3.2	Voorbehandeling baggerspecie en rioolzand.....	18
4	Immobilisatieproces en oplevering proefvak.....	21
4.1	(Korte) beschrijving immobilisatieproces	21
4.2	Samenstelling bouwstof.....	22
4.3	Aanleg proefvak.....	23
5	Resultaten opleveringsonderzoek	26
5.1	Uitkomsten civieltechnisch opleveringsonderzoek	26
5.2	Uitkomsten milieutechnisch opleveringsonderzoek	28
6	Monitoring praktijkproef.....	29
6.1	Nulsituatie praktijkproef.....	29
6.2	Uitvoering en resultaten eerste monitoringsronde.....	31
7	Referentielijst	33

Bijlagen

1. Kopie gedoogbeschikking praktijkproef
2. Analyseresultaten uitgangsmateriaal (rioolzand en baggerspecie)
3. Resultaten beschikbaarheidspoeven
4. Analyseresultaten rijping (monitoring)
5. Resultaten opleveringsonderzoek (druksterkte)
6. Resultaten opleveringsonderzoek (nucleaire metingen)
7. Resultaten partijkeuring ophoog/cunetzand
8. Lokale ligging monsterpunten 1^e monitoringsronde
9. Overzicht analyseresultaten 1^e monitoringsronde

1 Inleiding

Door een consortium van partijen bestaande uit de provincie Groningen en de gemeente Groningen (afnemer en ontdoener), het waterschap Hunze en Aa's (ontdoener), TNO-MEP (adviseur), ENCI (adviseur), Perfix (aannemer) en Tauw (penvoerder) wordt op dit moment gewerkt aan de uitvoering van een praktijkproef waarbij geïmmobiliseerde baggerspecie (afkomstig uit de stadsgrachten van Groningen) worden toegepast als fundatiemateriaal. Met de uitvoering van deze praktijkproef worden voor de eerste maal op praktijkschaal de milieuhygiënische en civieltechnische eigenschappen van een (geïmmobiliseerd) product bestaande uit baggerspecie en rioolzand beoordeeld. Tevens worden, met het uitvoeren van de proef, voor het eerst de mogelijkheden van koude immobilisatie van bagger buiten een inrichting gedemonstreerd. De duur van de praktijkproef bedraagt circa vijf jaar.

Binnen de onderhavige rapportage (deelresultaat 2+3) wordt inzicht gegeven in de stappen die zijn gezet tijdens de daadwerkelijke uitvoering van de praktijkproef. Hierbij wordt onder meer aandacht geschonken aan:

- de uitvoering van de baggerwerkzaamheden;
- de voorbehandeling van de baggerspecie;
- het daadwerkelijke immobilisatieproces;
- de milieu- en civieltechnische maatregelen tijdens de aanleg van het proefvak;
- de uitvoering van het opleveringsonderzoek;
- de uitkomsten van het nulonderzoek en de eerste monitoringsronde.

In de voorgaande rapportage (civiel- en milieutechnisch vooronderzoek; deelresultaat 1) is, vanwege het nog niet afgerond zijn van het vooronderzoek, géén receptuuradvies opgenomen. Dit advies is derhalve in deze rapportage weergegeven. Aangezien bij aanvang van de praktijkproef werd verwacht dat de minerale olie- en PAK-gehalten in het immobilisaat boven de samenstellingswaarden van het Bouwstoffenbesluit zouden liggen en er formeel géén sprake is van een inrichting (Wet milieubeheer), is bij de uitvoering van de praktijkproef (in overleg met het Ministerie van VROM) gebruik gemaakt van een gedoogbeschikking binnen het Bouwstoffenbesluit. Een kopie van deze beschikking is in bijlage 1 opgenomen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van onderhavige rapportage worden de uitvoering en de uitkomsten van het vooronderzoek (receptuurontwikkeling) beschreven. Hierna wordt in hoofdstuk 3 een beschrijving gegeven van de stappen die zijn genomen tijdens de voorbehandeling van de grondstoffen voor de bouwstof (baggerspecie en rioolzand). In hoofdstuk 4 wordt de daadwerkelijke aanleg van het proefvak beschreven (inclusief de daadwerkelijke samenstelling van het immobilisaat). De uitkomsten van het opleveringsonderzoek (civiel- en milieutechnisch) zijn weergegeven in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 worden tenslotte de eerste uitkomsten van de monitoring van het proefvak beschreven.

2 Ontwikkeling van definitieve receptuur

2.1 Karakterisatie van baggerspecie en rioolzand

Monsterneming

De uitgangsmaterialen (baggerspecie en rioolzand) zijn door Perfix op een representatieve manier bemonsterd (meerdere steekmonsters). Het rioolzand is bemonsterd in week 42 (2001) vanuit de opslag van de gemeente Groningen. De baggerspecie is bemonsterd in week 48 (2001) vanuit het ontwaterings- en rijpingsdepot op "de Stainkoeln". Van de baggerspecie zijn vier monsters van elk 40 kg genomen (dus in totaal 160 kg); van het rioolzand 2 monsters van elk 40 kg (dus in totaal 80 kg). Elk monster van 40 kg is samengesteld uit 4 grepen van ongeveer gelijke grootte (± 10 kg). De grepen zijn genomen op willekeurig verspreide plaatsen in de monsterpartijen, dus ook van binnen in de hopen. In mei 2002 is ten behoeve van de proeven opnieuw een monster baggerspecie verzameld. De aldus genomen vier monsters van beide materialen zijn samengevoegd tot één mengmonster baggerspecie en één mengmonster rioolzand.

Versnelde rijping van de baggerspecie

Uitgangspunt is dat de baggerspecie ten tijde van de aanleg van het werk volledig gerijpt zal zijn. Omdat op het moment van monsterneming de specie nog maar kort in het depot aanwezig was en nog niet was gerijpt, is de baggerspecie versneld gerijpt in een droogstoof bij 25 °C. Deze lage temperatuur is gekozen om vervluchtigen van organische bestanddelen zoveel mogelijk te voorkomen. Het materiaal is enkele malen omgezet. De mate van rijping is gevolgd door periodiek het droge-stof-gehalte en het gloeiverlies te meten.

In tabel 2.1 zijn de resultaten weergegeven van de bepaling van het gehalte droge stof (% DS) en gloeiverlies bij 550 °C (% Glv, NEN 5754) van de baggerspecie tijdens het rijpen, met in de laatste kolom de resultaten voor het rioolzand. Het betreft gemiddelden van duplo bepalingen, uitgaande van 60 tot 70 gram nat materiaal per enkelvoudige bepaling.

Tabel 2.1 Verloop droge stofgehalten en gloeiverlies baggerspecie tijdens versnelde rijping.

	dag 0	Dag 1	dag 3	dag 5	dag 7	dag 10	dag 21	Rioolzand
% DS	43,8	45,1	48,8	49,3	51,6	54,0	63,9	90,2
% Glv	11,2	9,6	8,8	10,7	9,8	11,1	9,9	2,2

Uit tabel 2.1 blijkt dat in een periode van 21 dagen het droge stofgehalte van de specie is toegenomen van 43,8% naar 63,9%. Het gloeiverlies van de verse specie bedraagt 11,2% en neemt in 21 dagen hoegenaamd niet af. Na deze 21 dagen was de specie nog niet volledig gerijpt. Sommige kluiten waren van binnen nog zwart gekleurd (anaërobe plekken). Het droge stofgehalte van het rioolzand bedraagt 90,2% en het gloeiverlies 2,2%. Na 21 dagen rijping van de baggerspecie zijn monsters van de specie en van het rioolzand genomen (mengmonster bestaande uit 10 steekmonsters van elke 100 g) voor de karakterisering en voor de eerste immobilisatieproeven.

Karakterisering uitgangsmateriaal

De resultaten van ds-gehalte, gloeiverlies, korrelverdeling en chemische analyses staan vermeld in de onderstaande tabel (tabel 2.2). De analyserapporten zijn opgenomen in bijlage 2.

Tabel 2.2 Analyseresultaten baggerspecie en rioolzand.

Beschrijving:	Baggerspecie	Rioolzand
Droge stof	56,5	90,6
Organische stof	8,2	--/--
Gloeiverlies ¹	9,9	1,8
KORRELVERDELING²		
< 2.000 µm	100	95
< 1.000 µm	98,8	91
< 500 µm	96,2	80
< 250 µm	91,7	55
< 125 µm	81,8	22
< 63 µm	73,9	7,6
< 50 µm	--/--	6,5
< 45 µm	65,4	--/--
< 32 µm	--/--	1,5
< 16 µm	53,2	1,2
< 2 µm	31,1	< 1
ANORGANISCHE STOFFEN		
Zwavel totaal	5.300	
Sulfaat (SO ₄)	16.000 ³	3.700
Chloride	130	30
METALEN		
Arseen (As)	15	4,5
Cadmium (Cd)	0,75	0,6
Chroom (Cr)	44	15
Koper (Cu)	60	120
Kwik (Hg)	1,4	2,3
Lood (Pb)	240	170
Nikkel (Ni)	26	11
zink (Zn)	350	460
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN		
PAK (som 10) #	91	19
OVERIGE STOFFEN		
minerale olie (C10-C40)	2.600	150
EOX	0,83	0,52

Uit tabel 2.2 blijkt dat het ds-gehalte van het baggerspeciemonster 56,5% bedraagt en het gloeiverlies 9,9%. Het gloeiverlies van het rioolzand bedraagt 1,8%. De resultaten van de twee korrelgroottebepalingen laten zien dat de baggerspecie veel fijne deeltjes bevat. Volgens een natte zeefbepaling van het volledige materiaal is 75 % (m/m) van de droge stof massa van de baggerspecie kleiner dan 63 µm. Uit de korrelverdeling van de minerale delen blijkt dat ook 75% van de minerale delen kleiner is dan 63 µm.

¹ Vuistregel: % organische stof = 0,9 x gloeiverlies bij 600 °C

² Korrelverdeling bepaald volgens NEN-5753 na destructie, waarbij organische stof wordt verwijderd met peroxide en kalk wordt verwijderd met zoutzuur. Na destructie resteert 75,8 % (m/m) ds. In het analyse-certificaat (bijlage 2) is de korrelgrootteverdeling uitgedrukt t.o.v. de droge stof.

³ Sulfaatgehalte is niet analytisch bepaald maar berekend uit het totale zwavelgehalte.

De gemeten gehalten aan zware metalen en PAK en minerale olie komen overeen met de analyseresultaten van de diverse uitgevoerde waterbodem- en saneringsonderzoeken. De gehalten aan zware metalen in de baggerspecie zijn vergelijkbaar met die van het rioolzand. Door de bank genomen zijn deze gehalten, zeker voor koude immobilisatie, laag te noemen. De baggerspecie bevat 2.600 mg/kg ds aan minerale olie, ten opzichte van 150 mg/kg ds in het rioolzand. Ook het totaal PAK-gehalte van de baggerspecie is hoger dan dat van het rioolzand (resp. 91 en 19 mg/kg ds).

2.2 Civieltechnisch onderzoek

In het civieltechnische onderzoek zijn verschillende recepturen beproefd en is een duurzaamheidsonderzoek (vorst-dooi proeven) uitgevoerd op proefstukken, die met de receptuur zijn vervaardigd die ook is toegepast bij de praktijkproef.

Druksterkteproeven

Met de op het laboratorium gerijpte baggerspecie (ds-gehalte gemiddeld ca. 70%, met een spreiding van 65-85%) en met rioolzand (ds-gehalte 91%), zijn proctorcilinders vervaardigd, die na 7 dagen en in een aantal gevallen na 28 dagen uitharden, op druksterkte zijn beproefd. De proctorcilinders zijn vervaardigd door Weber Immobilisatie en de druksterkteproeven zijn uitgevoerd door Omegam Wegenbouwlaboratorium, Amsterdam. In totaal zijn in zes series van 36 verschillende proefstukken vervaardigd. Onderzoeksvariabelen hierbij waren:

- ds-gehalte van de specie/het mengsel;
- cementtype (totaal 4 verschillende typen);
- cementdosering;
- gebruik van additieven (totaal drie verschillende typen);
- mengverhouding baggerspecie:rioolzand.

Daarnaast is ook het effect van kalk onderzocht, als middel om oplosbaar fosfaat vast te leggen. Oplosbaar fosfaat werkt remmend op de cementverharding. Ook is aandacht besteed aan de storende invloed van organische componenten op de cementverharding.

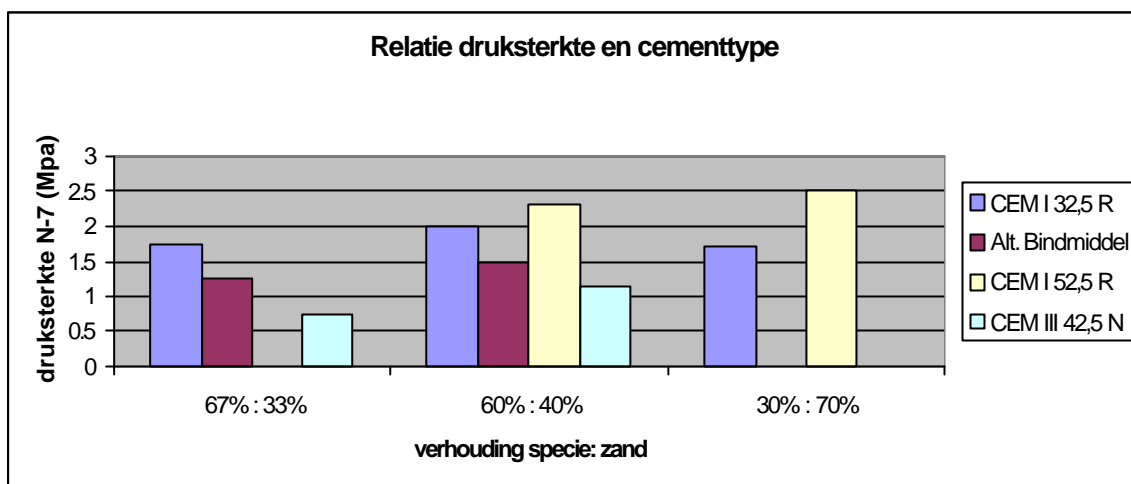
Voorafgaand aan de druksterkteproeven zijn enkele eisen geformuleerd ten aanzien van het ds-gehalte en de korrelopbouw van het te immobiliseren mengsel en ten aanzien van de druksterkte van een proctorcilinder op het laboratorium. Wat het mengsel betreft, zijn de volgende eisen gesteld:

- minimaal 10% van de deeltjes dient groter te zijn dan 1 mm;
- ongeveer 60 à 70% van de deeltjes (m/m) dient groter te zijn dan 63 µm;
- het droge stofgehalte van het mengsel dient minimaal 75% te zijn.

De minimumeis voor de druksterkte is 2,5 MPa na 28 dagen. Deze minimumeis is vastgesteld door het onafhankelijke wegenbouwkundig adviesbureau KOAC-WMD te Groningen.

Cementtype

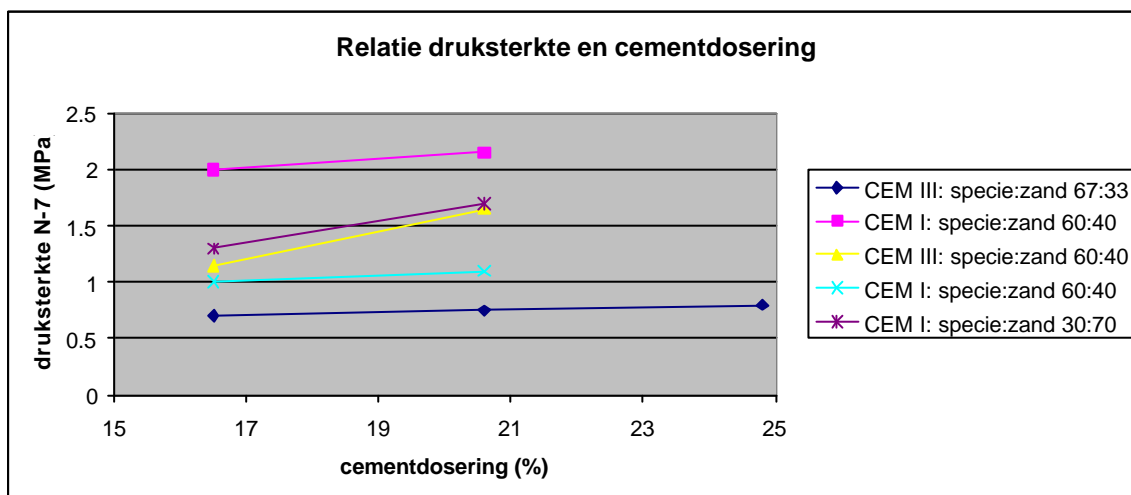
In figuur 2.1 op de volgende pagina zijn de druksterktes vermeld van proefstukken verkregen met verschillende cementtypes. Als cementtype is gebruik gemaakt van CEM III (hoogoven-cement), CEM I type 32,5 R en 52,5 R (beide Portlandcement) en van een alternatief bindmiddel. Portlandcement type 52,5 R is relatief fijn (spec. oppervlak 510 m²/kg t.o.v. 265 m²/kg voor CEM I 32,5 R) en heeft een hoge aanvangssterkte. Het alternatief bindmiddel is een sulfaatarm bindmiddel. Gebruik hiervan zal leiden tot een lagere sulfaatuitloging. Uit figuur 2.1 blijkt dat met CEM I type 52,5 R de hoogste druksterktes worden bereikt en met CEM III (hoogoven-cement) de laagste druksterktes. De sterktes met het alt. bindmiddel (sulfaat-arm) zitten in tussen de druksterkte die wordt bereikt met CEM I 32,5 R en CEM III 42,5 N.



Figuur 2.1 Relatie druksterkte en cementtype.

Cementdosering

In figuur 2.2 is voor verschillende series proeven met zowel portland- (CEM I) als hoogoven- cement (CEM III) en voor verschillende verhoudingen baggerspecie: zand de cementdosering uitgezet tegen de 7-daagse druksterkte.



Figuur 2.2 Relatie druksterkte en cementdosering.

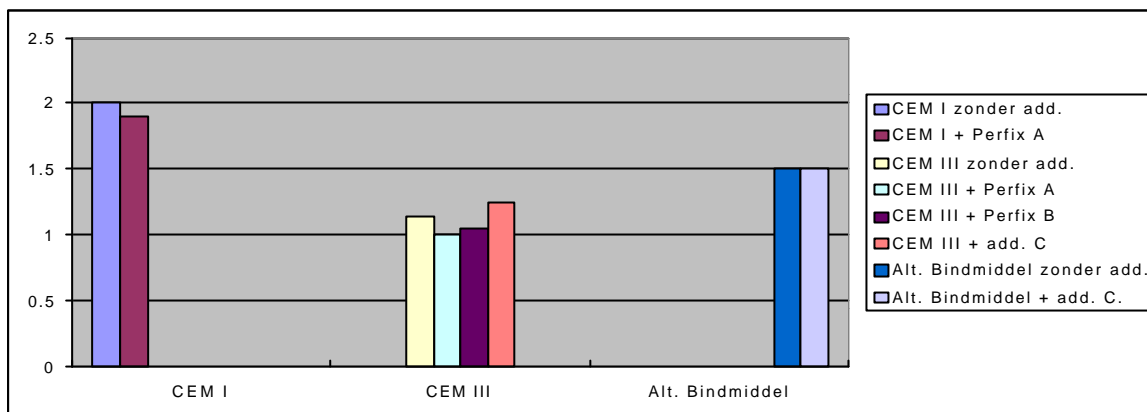
Uit figuur 2.2 blijkt dat, zoals mag worden verwacht, een hogere cementdosering tot een hogere druksterkte leidt. Wel valt op dat bij de meeste proeven de toename van de druksterkte relatief gering is. Dit wijst er op dat het te immobiliseren mengsel van baggerspecie en rioolzand mogelijk componenten bevat die storend werken op de cementverharding.

Gebruik van additieven

In het vooronderzoek zijn drie verschillende additieven onderzocht, namelijk:

- additief A; gericht op versnelling van het verhardingsproces en de binding van water;
- additief B; gericht op versnelling van het verhardingsproces en op verlaging van de sulfaatuitloging;
- additief C; gericht op vastlegging van organische verontreinigingen (PAK en minerale olie).

In figuur 2.3 is voor drie ementtypen het effect van het gebruik van additieven op de druksterkte weergegeven.



Figuur 2.3 Effecten van het gebruik van additieven.

Uit figuur 2.3 blijkt dat de additieven Perfix A en B en additief C niet leiden tot duidelijk hogere druksterktes van de proefstukken. In een aantal gevallen is er zelfs sprake van een afname van de druksterkte. Uit deze bevindingen kan worden opgemaakt dat uit civieltechnisch oogpunt er geen reden is om gebruik te maken van een additief.

Mengverhouding baggerspecie en rioolzand

Op basis van de korrelverdeling van de baggerspecie is geconcludeerd dat voor het immobiliseren van baggerspecie een grovere toeslagstof benodigd is. Hiervoor is rioolzand gekozen. Uit de korrelverdeling van rioolzand blijkt dat het rioolzand relatief fijn zand betreft. Het aandeel < 250 μm is relatief groot (55 m-%).

In het basisprojectplan is uitgegaan van een verhouding baggerspecie:zand van 2:1. De eerste proefstukken (proctorcilinders) zijn dan ook vervaardigd met een verhouding baggerspecie:zand van 2:1 (67% baggerspecie). Omdat met deze verhouding baggerspecie:zand de bereikte druksterktes relatief laag waren (14-daagse sterkte van < 2 MPa), is besloten meer zand toe te voegen (verhouding 1,5:1; 60 m-% baggerspecie). Met deze mengverhouding zijn diverse proeven uitgevoerd met verschillende cementsoorten (CEM I, CEM III, alt. bindmiddel), verschillende cementdoseringen (15-20%) en additieven. Ook de proeven bij deze mengverhouding lieten zien dat de druksterktes van de proefstukken nog onvoldoende hoog waren (< 2 MPa). Als minimum eis gold een ontwerpsterkte van 2,5 MPa na 28 dagen.

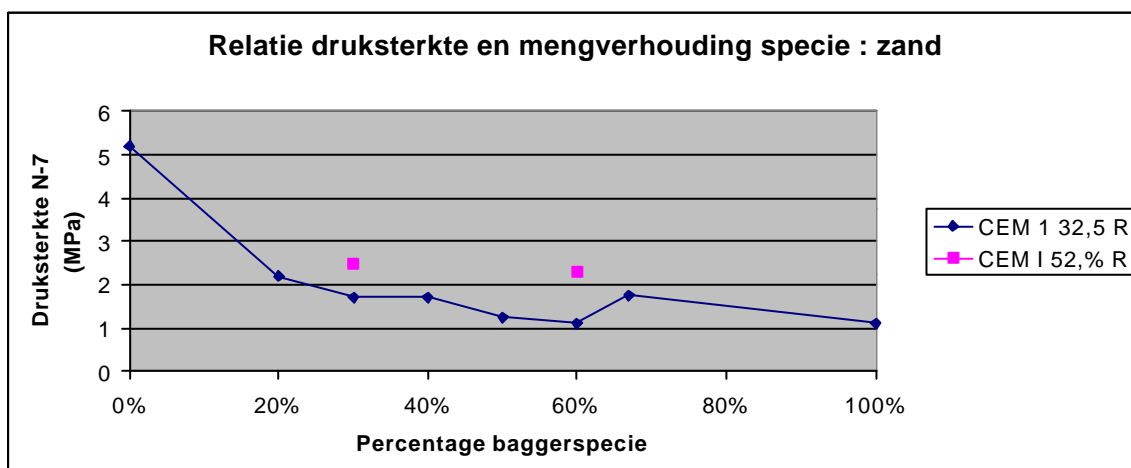
Omdat de lage druksterktes mede een gevolg zijn van het relatieve grote aandeel van fijne deeltjes, zijn vervolgens proeven uitgevoerd met een verhouding baggerspecie:zand van 1:1 (50% baggerspecie). Bij deze mengverhouding werd voldaan aan de in het basisprojectplan opgenomen eis met betrekking tot de korrelopbouw (minimaal 60 m-% van het mengsel dient een korrelgrootte > 63 μm te hebben). Omdat ook bij een mengverhouding van 1:1 de gemeten 7-daagse druksterktes nog beneden de 2 MPa lagen, is besloten om ook enkele proefstukken te vervaardigen met een overmaat aan rioolzand. Ook zijn enkele proefstukken vervaardigd met alleen baggerspecie en alleen rioolzand.

De resultaten van deze laatste serie proeven staan vermeld in de onderstaande tabel (tabel 2.3).

Tabel 2.3 Resultaten 7-daagse druksterktes van proctorcilinders van baggerspecie, rioolzand en met een overmaat aan rioolzand.

Verhouding specie : zand	Cementtype	Cementgehalte (%; op droog)	Druksterkte (MPa)	
			na 7 dagen	na 28 dagen
rioolzand	CEM I 32,5	20,0	5,2	--/--
standaardzand	CEM I 32,5	19,8	9,8	--/--
baggerspecie	CEM I 32,5	19,7	1,1	--/--
40 : 60	CEM I 32,5	19,6	1,7	2,4
30 : 70	CEM I 32,5	18,7	1,7	2,2
30 : 70	CEM I 32,5	15,5	1,3	1,6
20 : 80	CEM I 32,5	18,8	2,2	2,4
30 : 70	CEM I 52,5 R	18,7	2,5	3,5

Uit tabel 2.2 blijkt dat een proefstuk met alleen rioolzand een 7-daagse druksterkte heeft van 5,2 MPa. Ter vergelijking is ook een proefstuk vervaardigd van schoon "standaardzand". Dit proefstuk had een 7-daagse sterkte van 9,8 MPa. De ten opzichte van standaardzand lagere druksterkte met rioolzand is grotendeels een gevolg van de andere korrelopbouw. Rioolzand bevat relatief meer fijne delen (fractie < 125 µm). Een proefstuk vervaardigd van alleen baggerspecie had, zoals werd verwacht een lage druksterkte, namelijk 1,1 MPa. Met een baggerspeciedosering van 40, 30 en 20% werd bij gebruik van cementtype CEM I 32,5 R in een dosering van ca. 20% cement, een druksterkte gerealiseerd die lager was dan de eis van 2,5 MPa. Een druksterkte van 2,5 MPa, werd alleen gerealiseerd bij gebruik van portlandcement type 52,5 R. Dit is een cementtype met ten opzichte van CEM I 32,5 R fijnere deeltjes en een groter spec. oppervlak. Met dit type cement werd met 30% baggerspecie een 7-daagse sterkte gerealiseerd van 2,5 MPa en een 28-daagse sterkte van 3,5 MPa.



Figuur 2.4 Relatie druksterkte en percentage baggerspecie in mengsel.

In figuur 2.4 is voor een aantal proeven de relatie tussen de 7-daagse druksterkte en het percentage baggerspecie gegeven. Bij deze proeven bedroeg het cementgehalte ca. 18-19% (droog). Uit figuur 3.4 blijkt dat bij gebruik van CEM I 32,5 R de 7-daagse druksterkte van een cilinder, vanaf een baggerspeciepercentage van 20-30% daalt tot beneden de 2MPa. Alleen bij gebruik van portlandcement type 52,5 R wordt bij een baggerspeciepercentage van ca. 30%, een voldoende hoge druksterkte gerealiseerd.

Deze resultaten wijzen erop dat de baggerspecie waarschijnlijk storende componenten bevat die de cementverharding nadelig beïnvloeden. Bij een gehalte van 30 m-% baggerspecie en 70 m-% rioolzand is de korrelopbouw van het mengsel als volgt: $d_{10} = \text{ca.} 15 \mu\text{m}$; $d_{50} = 180 \mu\text{m}$ en $d_{90} = 700 \mu\text{m}$.

Aanwezigheid van storende componenten in de baggerspecie

Bij alle uitgevoerde druksterkteproeven blijkt dat de 28-daagse druksterkte relatief gering is en dat deze ook nauwelijks hoger is dan de sterkte na 7 dagen. Dit wijst op de aanwezigheid van storende componenten in het mengsel van rioolzand en baggerspecie, die de "normale" sterkte-ontwikkeling verhinderen. Mogelijke storende componenten zijn oplosbaar fosfaat, organische stof en organische verontreinigingen zoals minerale olie. Het feit dat ook van mengsels met een laag gehalte baggerspecie de druksterkte relatief laag is, wijst op de aanwezigheid van storende componenten in de specie. Dit wordt bevestigd door een druksterkteproef met 100% rioolzand. Een cilinder met 100% rioolzand heeft een 7-daagse druksterkte van 5,2 MPa.

Uit analysegegevens van het waterschap Hunze en Aa's blijkt dat de specie enkele grammen per kg fosfaat bevat⁴. Een remedie om oplosbaar fosfaat te binden is het toevoegen van kalk. De kalk reageert met het oplosbare fosfaat tot een neerslag van calciumfosfaat. Uit enkele proeven blijkt dat het toevoegen van kalk geen positief effect heeft op de druksterkte. Dit wijst er op dat de lage druksterkte niet wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van oplosbaar fosfaat.

Er zijn ook enkele experimenten uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van additief C, dat organische componenten zoals PAK en minerale olie bindt, waardoor de storende werking van deze componenten geheel of gedeeltelijk teniet wordt gedaan. Uit resultaten van deze experimenten blijkt dat de druksterkte van de cilinders waarbij gebruik is gemaakt van dit additief C, niet significant hoger is dan van vergelijkbare cilinders zonder gebruik van additief C. Als we veronderstellen dat de gebruikte dosering van het additief C (1% op cement) voldoende is geweest om de organische componenten PAK en minerale olie te binden, wordt de slechte cementbinding niet veroorzaakt door de aanwezigheid van organische componenten.

Hoewel het organische stofgehalte van de baggerspecie niet erg hoog is (ca. 10% bij aanvang van de rijping en ca. 5% na een rijpingsperiode van 6 maanden) is de organische stof mogelijk wel mede verantwoordelijk voor de slechte cementbinding. Hoewel hierover nog weinig bekend is, wordt verondersteld dat naast de hoeveelheid organische stof ook de samenstelling van organische stof van invloed is op de cementbinding. Organische stof kan functioneel worden onderverdeeld in fulvozuren, humuszuren en humine. Deze drie categorieën van organische stof onderscheiden zich in een aantal belangrijke eigenschappen. Zo nemen de oplosbaarheid en het vermogen om metalen te binden af in de volgorde fulvozuur -> humuszuur -> humine, en neemt het vermogen om slecht oplosbare organische verontreinigingen (zoals PAK en minerale olie) te binden toe in deze volgorde. Verder zijn met betrekking tot de oplosbaarheid van organische stof vooral de pH- en de calcium- (en aluminium-) concentratie van het water van belang.

Om meer duidelijkheid te verkrijgen over de aanwezigheid van storende (organische) componenten is RAW proef 23.2 uitgevoerd. Deze proef doet een uitspraak over de aanwezigheid van storende organische componenten. Hiertoe wordt volgens een bepaalde procedure een mortelpapje gemaakt met een 10% cementdosering. Na circa 1 uur dient de pH te worden gemeten. In het geval de pH lager is dan 12,1 is er sprake van een storende invloed van organische componenten op de cementverharding. De proef is uitgevoerd met

⁴ Actualisatie onderzoek Reitdiep/Balkgat (dossiernummer S0613-01-001), DHV, Groningen, 6 september 2002.

baggerspecie en rioolzand, zowel met gegloeide als ongegloeide monsters (met en zonder organische stof). De resultaten staan vermeld in tabel 2.3.

Tabel 2.4 Resultaten RAW-proef 23.2 (bepaling storende organische verbindingen).

Materiaal	DS-gehalte (%)	Gloeiverlies (%)	pH*
Baggerspecie**	76,1	4,5	11,78
Baggerspecie (gegloeid)	100	0	12,18
Rioolzand	90,3	2,16	12,20
Rioolzand (gegloeid)	100	0	12,38

* pH eis > 12,1

** baggerspecie is voorafgaande aan de proef gedroogd

Uit de bovenstaande tabel volgt dat de baggerspecie van de stadsgrachten van Groningen schadelijke organische bestanddelen bevat. Immers de pH van de mortel met ongegloeide baggerspecie is lager dan 12,1, terwijl die van een mortel met gegloeide baggerspecie hoger is dan 12,1. Het rioolzand bevat geen storende organische bestanddelen.

Om te achterhalen in welke mate de aanwezigheid van storende organische bestanddelen van invloed is op de druksterkte van een proefstuk, zijn aanvullend twee proefcilinders vervaardigd en op druksterkte beproefd, waarvan één met baggerspecie zonder organische stof. De organische stof is vooraf door middel van uitgloeien verwijderd. De resultaten van deze twee proeven staan vermeld in tabel 2.5.

Tabel 2.5 Resultaten druksterkteproeven met gegloeide en ongegloeide baggerspecie

Baggerspecie	Mengverhouding specie : zand ¹	Cementtype en dosering	Druksterkte na 7 dagen (MPa)
ongegloeid	1 : 1	CEM I 52,5 R (15%)	1,6
gegloeid	1 : 1	CEM I 52,5 R (15%)	6,5

Uit tabel 2.5 blijkt dat de aanwezigheid van organische bestanddelen (organische stof en organische verbindingen zoals PAK en minerale olie) in de baggerspecie van grote invloed is op de druksterkte van een proefstuk. Immers zonder organische bestanddelen wordt een 7-daagse druksterkte bereikt van 6,5 MPa en met organische stof een sterkte van 1,6 MPa.

2.3 Milieuhygiënisch onderzoek

Naast de civieltechnische eisen worden ook milieuhygiënische eisen aan het immobilisaat gesteld. Zo moet het immobilisaat aan de uitlooeisen van het Bouwstoffenbesluit voldoen. In het vooronderzoek zijn beschikbaarheidsproeven uitgevoerd voor zowel baggerspecie en rioolzand en zijn twee (verkorte) diffusieproeven uitgevoerd met twee vervaardigde proefstukken (proctorcilinders).

Beschikbaarheidsproeven

Van zowel de baggerspecie als van het rioolzand is voor relevante componenten de beschikbaarheid voor uitloging bepaald middels uitvoering van een beschikbaarheidsproef. In tabel 2.6 zijn de resultaten vermeld. Met de beschikbaarheidsproef (NEN-7341) wordt de maximaal voor uitloging beschikbare fractie van een component bepaald. De beschikbaarheid is een tijdsafhankelijke uitloging en is onder andere nodig voor het berekenen van bepaalde grootheden in de diffusieproef. Daarnaast kan de beschikbaarheidsproef ook worden gebruikt om een immissie af te schatten uit de kolom- of diffusieproef.

Tabel 2.6 Resultaten beschikbaarheidsproeven (beschikbaarheid in mg/kg d.s.).

Beschrijving	baggerspecie	rioolzand
METALEN		
arseen (As)	1,6	0,65
barium (Ba)	25	28
cadmium (Cd)	0,081	0,36
chromium (Cr)	0 – 0,2	0 – 0,2
koper (Cu)	0,5	5,5
kwik (Hg)	0 – 0,003	0 – 0,003
lood (Pb)	1,1	7,0
nikkel (Ni)	2,8	4,1
zink (Zn)	160	330
ANORGANISCHE STOFFEN		
Chloride	300	200
Sulfaat	4.100	3.700

Uit tabel 2.6 blijkt dat de beschikbaarheid voor uitloging, uitgedrukt in mg/kg ds, voor alle componenten met uitzondering van chloride en sulfaat, veel lager is dan de samenstellingscijfers (tabel 2.2). Maar een deel van de totaal aanwezige hoeveelheid van een bepaalde component is beschikbaar voor uitloging. De beschikbaarheid voor uitloging (in mg/kg ds) van chloride is zowel in het rioolzand als in de baggerspecie hoger dan de geanalyseerde gehalten.

Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat verschillende ontsluitingsmethoden zijn toegepast. Bij de beschikbaarheidsproef wordt een veel hogere L/S-verhouding (~100) toegepast dan bij de chemische analyse. Een onnauwkeurigheid van de analyse van het eluaat wordt met een factor 100 vermenigvuldigd. Anderzijds kan de vraag worden gesteld of de ontsluitingsmethode van de analysemethode voldoende nauwkeurig is geweest. Overigens zijn de chloridegehalten erg laag. Alle aanwezige sulfaat in het rioolzand is beschikbaar voor uitloging. De baggerspecie is nog niet volledig gerijpt, wat betekent dat een gedeelte van de totale zwavel nog aanwezig is in gereduceerde vorm (sulfiden). Na volledige rijping zal de beschikbaarheid van sulfaat hoger zijn, mogelijk zelfs gelijk aan de samenstellingswaarde van 16.000 mg/kg ds.

De resultaten van de beschikbaarheidsproeven zijn gebruikt om een **maximale** immissie uit de kolomproef en diffusieproef te kunnen afschatten. Op basis van een vergelijking van de afgeschatte immissie met de maximaal toelaatbare immissie (mti) kan worden bepaald welke elementen nader onderzocht moeten worden in de betreffende uitloogproef. In tabel 2.7 zijn de afgeschatte immissies weergegeven.

Tabel 2.7 Afgeschatte **maximale** immissies (mg/m^2) diffusieproef ($h = 0,3 \text{ m}$) op basis van de resultaten van de beschikbaarheidsproef en maximaal toelaatbare immissie (mg/m^2).

Beschrijving	Baggerspecie	rioolzand	Mti
METALEN			
arseen (As)	750*	303	435
barium (Ba)	11.730*	13.050	6.300
cadmium (Cd)	37,5*	167,7*	12
chromium (Cr)	93,9	93	1.500
koper (Cu)	234,6	2.562*	540
kwik (Hg)	1,4	1,4	4,5
lood (Pb)	516	3.270*	1.275
nikkel (Ni)	1.314*	1.908*	525
zink (Zn)	75.000*	153.600*	2.100
ANORGANISCHE STOFFEN			
Chloride	140.700*	93.000*	30.000
Sulfaat	1.923.000*	1.722.000*	45.000

* maximale immissie > mti

Uit de tabel op de voorgaande pagina volgt dat van de volgende componenten de geschatte maximale immissie hoger is dan de mti: Cl, SO₄, Cu, Ni, Pb, Zn, Ba, As en Cd. Deze elementen kunnen kritisch zijn bij de uitvoering van de diffusieproeven. Bij de uitvoering van de diffusieproeven worden de eluaten naast olie en PAK dan ook op deze kritische componenten geanalyseerd.

Diffusieproeven

Bij de diffusieproef wordt een intact proefstuk in een bak geplaatst, welke wordt gevuld met een bepaalde hoeveelheid vooraf met salpeterzuur aangezuurd demiwater ($\text{pH}=4$). Het water wordt op gezette tijden verversed en bemonsterd. De resulterende watermonsters van elke fractie worden op de te onderzoeken componenten geanalyseerd. Uit de resultaten van de analyses kan het uitlooggedrag als functie van de tijd worden bepaald. Het uiteindelijke resultaat van de proef is een rekenkundige emissie na 64 dagen (E64) voor iedere geanalyseerde component. Dit is de hoeveelheid van een component welke in 64 dagen uitlooft per m^2 buitenoppervlak van het proefstuk, waarbij dus een correctie op de meetwaarde is toegepast. Deze rekenkundige emissie wordt gebruikt om de uitlooging van de betreffende component in de praktijk voor een categorie-1 bouwstof (immissie, $I_{\text{cat } 1}$) te berekenen in mg per m^2 buitenoppervlak in het werk, via in het Bouwstoffenbesluit voorgeschreven formules.

In het vooronderzoek zijn twee diffusieproeven uitgevoerd volgens de NEN-7345, echter met een aangepast tijdschema. Om tijd te besparen is een verkort verversingsschema toegepast. De proeven zijn gestopt na 16 dagen in plaats van na de voorgeschreven 64 dagen; dit betekent dat er slechts 6 van de 8 eluaatmonsters zijn genomen (de monsters na 36 en 64 dagen ontbreken immers). De gemeten emissies na 16 dagen zijn daarbij geëxtrapoleerd naar 64 dagen. Deze geëxtrapoleerde emissies zijn vervolgens gebruikt om de immissies te berekenen volgens de normale methoden. Er zijn twee diffusieproeven uitgevoerd met de onderstaande twee proefstukken.

Tabel 2.8 Proefstukken ten behoeve van diffusieproeven.

Experiment	Verhouding specie - zand	Cementtype en gehalte (droog)	DS-gehalte mengsel (%)	Druksterkte (Mpa) na 7 dagen	na 28 dagen
A	1,5 : 1	CEM I (17,2%)	79,4	2,0	2,3
B	1,5 : 1	CEM I (20,3%)	81,6	2,15	2,2

Strikt genomen voldeed de druksterkte van de proefstukken niet aan de ontwerp-eis van 2,5 MPa na 28 dagen. In een later stadium van het vooronderzoek is door gebruikmaking van CEM I 52,5 R en een overmaat aan rioolzand alsnog voldaan aan de druksterkte-eis (zie tabel 3.1 laatste rij). Er is zoals gezegd gebruik gemaakt van portlandcement CEM I 32,5 R in een dosering van 17,2 en 20,3 %. Er is geen gebruik gemaakt van een additief C.

De eluaten zijn geanalyseerd op de componenten welke kritisch kunnen zijn. In ieder geval zijn de componenten meegenomen die als kritisch zijn bestempeld bij de beschikbaarheidsproeven. Daarnaast zijn de eluaten ook geanalyseerd op PAK en minerale olie. Voor zowel PAK als minerale olie is door TNO een maximaal toelaatbare immissiewaarde afgeleid (resp. 15 en 750 mg/m²), via de gangbare rekenregels uit het Bouwstoffenbesluit.

De resultaten van de twee verkorte diffusieproeven staan vermeld op de volgende pagina (tabellen 2.9 en 2.10). Naast een rekenkundige emissie (E64) in mg/m² is een berekende immissie in mg/m² gegeven en de maximale toelaatbare immissie (mti) van het Bouwstoffenbesluit.

Tabel 2.9 Resultaten diffusieproef (proefstuk A).

Beschrijving	E64 (mg/m ²)	Immissie (mg/m ²)	mti (mg/m ²)
METALEN			
arseen (As)	4,1	43	435
barium (Ba)	<10	< 105	6.300
cadmium (Cd)	0,14	1,5	12
koper (Cu)	42	440	540
kwik (Hg)	0,051	0,54	4,5
lood (Pb)	0,85 – 5,1	8,9 – 54	1.275
nikkel (Ni)	5,1 – 7,6	54 – 80	525
zink (Zn)	1,7 – 2,4	18 – 25	2.100
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN			
PAK-10	1,8	19	15
ANORGANISCHE STOFFEN			
Chloride	4.100	6.890	30.000
Sulfaat	25.000	42.000	45.000
OVERIGE STOFFEN			
Minerale olie	< 51	< 540	750

* maximale immissie > mti

Tabel 2.10 Resultaten diffusieproef (proefstuk B).

Beschrijving	E64 (mg/m ²)	Imissie (mg/m ²)	mti (mg/m ²)
METALEN			
arseen (As)	1,8	19	435
barium (Ba)	24	250	6.300
cadmium (Cd)	< 0,07	< 0,74	12
koper (Cu)	28	290	540
kwik (Hg)	0,056	0,59	4,5
lood (Pb)	< 5,2	< 54,6	1.275
nikkel (Ni)	9,8 - 11	103 - 116	525
zink (Zn)	< 2,1	< 22	2.100
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN			
PAK-10	1,7	17,9	15
ANORGANISCHE STOFFEN			
Chloride	3.500	5.880	30.000
Sulfaat	15.000	25.200	45.000
OVERIGE STOFFEN			
Minerale olie	< 52	< 550	750

* maximale immissie > mti

Op basis van de bovenstaande resultaten van de diffusieproeven zijn de onderstaande opmerkingen te maken:

- **Sulfaat:** de sulfaatimmissie is bij proefstuk A 1 net onder de mti (42000 t.o.v. 45000 mg/m²) en bij proefstuk B duidelijk lager (25200). Op basis van de sulfaatuitloging verdient het de voorkeur om bij het proefproject gebruik te maken van een cementgehalte van ca. 15-16% (in plaats van 13%).
- **Minerale olie:** bij de twee experimenten is geen olie in de eluaten aangetoond (detectiegrens 50 µg/l). De berekende maximale immissie is bij beide experimenten lager dan de mti (540 t.o.v. 750 mg/m²). Bij beide proefstukken is geen gebruik gemaakt van additief C. Met additief C kunnen organische verontreinigingen zoals minerale olie en PAK worden gebonden. Omdat de immissie al voldoet aan de mti, behoeft bij het proefproject voor de vastlegging van minerale olie, geen gebruik te worden gemaakt van additief C.
- **PAK's:** bij beide experimenten is de PAK-immissie hoger dan de afgeleide mti (resp. 19 en 17,9 mg/m² t.o.v. een mti van 15 mg/m²). Omdat het immobilisaat zeer waarschijnlijk zal voldoen aan de samenstellingseis van het Bouwstoffenbesluit (75 mg/kg ds), behoeft bij het proefproject voor de vastlegging van PAK's, in principe geen gebruik te worden gemaakt van additief C (PAK-gehalte baggerspecie en rioolzand resp. 91 en 19 mg/kg ds).
- **Overige componenten:** de uitloging van de overige componenten voldoet ruimschoots aan de immissie-eisen van het Bouwstoffenbesluit.

Op basis van de resultaten van de verkorte diffusieproeven kan worden geconcludeerd dat het er naar uit ziet dat er geen additief behoeft te gebruiken, maar wel een iets verhoogd cementgehalte (ca. 20%).

2.4 Advies receptuurontwikkeling voor de praktijkproef

Het uitgangspunt van de projectgroep was om in het werk een gemiddelde 28-daagse sterkte van 2,0 tot 2,5 MPa te realiseren met een minimumwaarde van 1,5 MPa voor individuele proefstukken c.q. boringen. Vanwege diverse oorzaken kan de in het werk gerealiseerde sterkte iets lager zijn dan de bij het vooronderzoek behaalde waarden; een veiligheidsmarge van tenminste 10% is gewenst. Op basis van het vooronderzoek (druksterkteproeven en uitloogonderzoek) wordt geadviseerd om voor de praktijkproef de volgende receptuur aan te houden:

Mengverhouding baggerspecie: rioolzand : 30% gerijpte baggerspecie en 70% rioolzand
 Cementtype : CEM I 52,5 R
 Cementdosering : 17 % (nat)/20 % (droog)
 Additieven : geen

De uitleveringsberekening van tabel 2.11 laat zien wat er bij de bovenstaande receptuur aan kilogrammen in één m³ bouwstof (immobilisaat) zit.

Tabel 2.11 Uitleveringsberekening (samenstelling 1 m³ immobilisaat).

	massa (nat) in kg	% droge stof	massa (droog) in kg	water (kg)	volume (liters)
Baggerspecie	487	80	390	97	229
Rioolzand	1.137	90	1.023	114	409
Cement	276	100	276	0	88
Water		0	211	0	211
Lucht					63
Totaal	1.900	88,9	1.689	211	1.000

Uit de bovenstaande tabel (2.11) volgt dat 1 m³ immobilisaat 390 kg/ds baggerspecie bevat. In een in-situ of gebaggerde m³ baggerspecie zit circa 540 kg aan droge stof. Met andere woorden, in iedere m³ immobilisaat is een hoeveel droge stof baggerspecie verwerkt, die afkomstig is uit circa 0,7 m³ in-situ baggerspecie.

3 Aanlevering en voorbehandeling grondstoffen

3.1 Uitvoering baggerwerkzaamheden en aanlevering rioolzand

Uitvoering baggerwerkzaamheden

De uitvoering van de baggerwerkzaamheden ter plaatse van het Reitdiep/Balkgat hebben plaatsgevonden in het najaar van 2001. De uitvoering van deze werkzaamheden was in handen van "De Vries en van der Wiel B.V." te Schagen. Voordat is overgegaan tot de uitvoering van de baggerwerkzaamheden is de milieuhygiënische kwaliteit van de baggerspecie door zowel IWACO als DHV onderzocht. Voor een beschrijving van de milieuhygiënische kwaliteit wordt verwezen naar de onderstaande rapportages:

- Onderzoek waterbodems stadswateren Groningen (projectnummer 25915), IWACO, Groningen, 16 januari 2001;
- Actualisatie onderzoek Reitdiep/Balkgat (dossiernummer S0613-01-001), DHV, Groningen, 6 september 2001;
- Waterbodemsanering Groningen fase 1: Reitdiep/Balkgat (dossiernummer S0612-06-001), DHV, Groningen, 9 juli 2001.

Een karakterisatie van het uitgangsmateriaal (de baggerspecie) is opgenomen in paragraaf 2.1 van deze rapportage. De vrijkomende baggerspecie is, gedurende de uitvoering van de baggerwerkzaamheden, per as afgevoerd naar de stort- en verwerkingslocatie "de Stainkoeln" te Groningen. Hier heeft de verdere behandeling van de specie plaatsgevonden.

Inzameling rioolzand

Bij de uitvoering van de praktijkproef is, conform het oorspronkelijke basisprojectplan, gebruik gemaakt van een tweede afvalstof. Als tweede afvalstof is gekozen voor rioolzand afkomstig vanuit de gemeentelijke riolering van Groningen. Het rioolzand is vanuit de gemeentewerf per as vervoerd naar de verwerkingslocatie "de Stainkoeln". Voordat het rioolzand is toegepast is de milieuhygiënische kwaliteit van het materiaal vastgesteld door het uitvoeren van een indicatieve partijkeuring. De uitkomsten van deze indicatieve partijkeuring zijn weergegeven in het vooronderzoek (paragraaf 2.1).

3.2 Voorbehandeling baggerspecie en rioolzand

Voorbehandeling baggerspecie

De klasse-4 baggerspecie vanuit het Balkgat is gestort ter plaatse van de "Stainkoeln". Voor de stort en verwerking van baggerspecie is een aparte losplaats op de stortlocatie aanwezig. Hier is de specie vervolgens (nat) gestort. Gedurende de eerste natte (winter)maanden is de baggerspecie onder natuurlijke omstandigheden ontwaterd. Van een echte rijping was, gezien de koude omstandigheden, géén sprake. Rond de lente en zomer van 2002 is, met het intensief omzetten met behulp van een hydraulische graafmachine, de ontwatering en rijping van de baggerspecie versneld.

De uitvoering van de versnelde rijping was noodzakelijk gezien de doorlooptijd van de praktijkproef. In een werkelijke praktijksituatie zou moeten worden gekozen voor een langere rijpingstijd (1 à 2 jaar). De voortgang van de rijping van de specie is gedurende de periode mei/juni 2002 gemonitord door Tauw. De uitkomsten van deze monitoring zijn in tabel (tabel 3.1) weergegeven. Voor een volledig overzicht van de analyseresultaten wordt verwezen naar bijlage 4 van deze rapportage.

Tabel 3.1 Analyseresultaten baggerspecie gedurende rijping (mg/kg d.s.) en interpretatie.

Datum monsterneming	03-05-02	30-05-02	10-07-02	24-07-02
Beschrijving	Gerijpte baggerspecie	Gerijpte baggerspecie	Baggerspecie (rand depot)	Gerijpte specie na zeving
Lutum (%)	18 (24-07-02)	18 (24-07-02)	18 (24-07-02)	18
Humus (%)	7,1 (24-07-02)	7,1 (24-07-02)	4,9	7,1
KLASSIEKE ANALYSES				
Droge stof (Ds)	64,0	66,0	86,0	72,5
METALEN				
Arseen (As)				7
Cadmium (Cd)				1,5
Chroom (Cr)				28
Koper (Cu)			22	50
Kwik (Hg)				1,0
Lood (Pb)			110	100
Nikkel (Ni)				16
Zink (Zn)			250	220
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
PAK (som 10) #		78	26	32
OVERIGE STOFFEN				
Minerale olie (C10-C40)	1.900	1.700	950	1.400
EOX			0,46	0,5

Tijdens de rijping van de baggerspecie zijn de gemeten gehalten aan minerale olie en PAK afgenomen en is het gehalte aan droge stof toegenomen. De afname in de gemeten gehalten aan (organische) verontreinigingen is naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door natuurlijke afbraakprocessen. Doordat tijdens de rijping water uit de baggerspecie verdwijnt, neemt het gehalte aan droge stof in de tijd toe. Zoals uit de beschrijving in de bovenstaande tabel blijkt is de specie gezeefd. Door het zeven zijn onzuiverheden in de vorm van bakstenen, fietsen, afval e.d. verwijderd (figuur 3.1).



Figuur 3.1 Depot gezeefde baggerspecie (rechts) en uitgezeefd materiaal (linksachter)

Het zeven heeft eveneens een positieve invloed op de rijping van de baggerspecie (extra omzetten). Gezien het kleiige karakter van de baggerspecie was gedurende het omzetten en zeven van de specie sprake van kluitvorming. Tijdens het zeven zijn (samen met de onzuiverheden) de grootste kluiten uit de baggerspecie verwijderd. De baggerspecie bleek echter (ook na zeving) nog uit kluiten te bestaan (zie figuur 3.2). Om deze kluiten te verwijderen is de specie tweemaal omgezet met een ALU-bak.



Figuur 3.2 ALU-bak voor het verkrumelen van de kluiten baggerspecie.

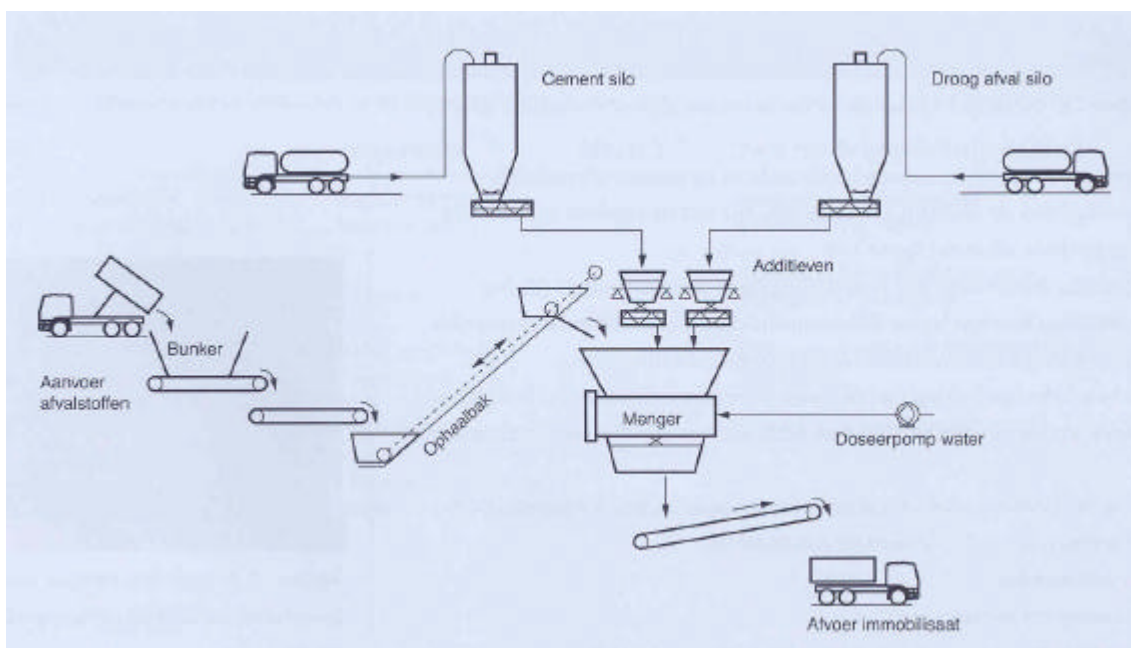
Voorbehandeling rioolzand

De voorbehandeling van het rioolzand beperkt zich tot het, middels het zeven van het rioolzand, verwijderen van puin en/of grove delen. Het puin en de grove delen zijn, evenals bij de baggerspecie, apart gestort ter plaatse van "de Stainkoeln".

4 Immobilisatieproces en oplevering proefvak

4.1 (Korte) beschrijving immobilisatieproces⁵

Koude immobilisatie is een verwerkingsmethode waarbij de fysische en/of chemische eigenschappen van het mengsel van ontwaterde baggerspecie en het rioolzand zodanig worden gewijzigd, dat verspreiding van verontreinigende stoffen door uitloging, erosie of verstuiving op een verantwoorde wijze wordt verminderd. In de onderstaande figuur (figuur 4.1) is het immobilisatieproces kort weergegeven.



Figuur 4.1 Schematische weergave immobilisatieproces (CIM).

Door het mengen van de ontwaterde baggerspecie, het rioolzand en cement (bindende stof) worden verontreinigingen in het uitgeharde materiaal chemisch en fysisch vastgelegd. Binnen het huidige proefproject is gebruik gemaakt van anorganische bindmiddelen (cement). Bij cementgebonden immobilisatie dragen de volgende mechanismen bij tot het vastleggen van de verontreinigingen:

- het chemische mechanisme. Hierbij worden metalen vastgelegd in de vorm van slecht oplosbare verbindingen;
- het fysisch-chemische mechanisme, waarbij adsorptie aan de gelstructuur van calcium-siliciumhydraten ontstaat;
- het fysisch mechanisme waarbij stoffen binnen het capillaire poriënsysteem van het immobilisaat worden opgesloten.

⁵ Bij de beschrijving van het immobilisatieproces is gebruik gemaakt van de publicatie "Koude immobilisatie van baggerspecie (stand van zaken)", Advies- en Kenniscentrum Waterbodems, Delft, 2002.

Het immobilisatieproces is voorafgegaan door een (voor)bewerking van de baggerspecie en het rioolzand. Deze voorbewerking is beschreven in hoofdstuk 3 van deze rapportage. Na de voorbewerking wordt het immobilisatie-product in een menginstallatie samengesteld. Een beschrijving van deze werkzaamheden is opgenomen in paragraaf 4.2.

4.2 Samenstelling bouwstof

De daadwerkelijke samenstelling van het immobilisaat heeft plaatsgevonden op 20, 21 en 22 augustus 2002 ter plaatse van afvalverwerkingsinrichting "de Stainkoeln" te Groningen. De productie van het immobilisaat is verzorgd door Perfix v.o.f. met een Posche dwangmenger. Ten behoeve van een betere verwerking van de baggerspecie in de menginstallatie heeft een voormenging plaatsgevonden, waarbij met behulp van een ALU-bak, gelijke delen ingedroogde baggerspecie en rioolzand met elkaar zijn gemengd. Hierdoor is een rul mengsel verkregen dat zich goed laat vermengen met het overige rioolzand en het cement.

De voorgemengde baggerspecie is met behulp van een wiellader in een doseerbunker van de menginstallatie gebracht. In een tweede doseerbunker is alleen rioolzand gebracht. Middels weegcellen in de doseerbunker is aan de voorgemengde baggerspecie zodanig rioolzand toegevoegd, dat voldaan werd aan de vooraf omschreven receptuur. Het hieruit verkregen mengsel is middels een transportband in de dwangmenger ingebracht, waar de voorgeschreven dosering cement (17%) is toegevoegd. Uitgaande van de bovenstaande verhoudingen wordt aangenomen dat het immobilisaat circa 475 mg/kg ds aan minerale olie en circa 30 – 40 mg/kg ds aan PAK-10 bevat.

Middels een transportband uit de menginstallatie, is het immobilisaat geladen in gereed staande (gesloten) vrachtwagens welke het materiaal direct hebben vervoerd naar het proefvak op de Eemspoort II. Verwerking van het immobilisaat heeft uitsluitend op productie plaatsgevonden. Mede gezien het cementgehalte en de fijnheid van de cementsoort en de relatief hoge dagtemperatuur gedurende de aanleg van het proefvak (meer dan 20 °C), was er sprake van een relatief snelle uitharding van het product, waardoor de verwerkingstijd beperkt blijft tot een periode van ten hoogste 1,5 uur na productie.



Gedurende het mengproces zijn de toegepaste hoeveelheden rioolzand, baggerspecie en cement continu gemeten, teneinde het volgen van de voorgeschreven receptuur te kunnen waarborgen. Gedurende het mengproces zijn (dagelijks) monsters genomen van het immobilisaat. Hierbij was het (gezien het karakter van de bouwstof) niet mogelijk om gedurende de gehele dag diverse deelmonsters te nemen (materiaal hard uit door de toevoeging van cement). De monsterneming heeft hierdoor een éénmalig karakter. Ten behoeve van een eerste visuele beoordeling van de mengkwaliteit zijn tijdens de uitvoering van het mengproces monsters genomen welke zijn nagemengd. De monsters van het immobilisaat zijn, ten behoeve van het opleveronderzoek, verwerkt in 21 cilinders. Voor een volledige beschrijving van het opleveronderzoek wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

4.3 Aanleg proefvak

De aanleg van het proefvak heeft in twee fasen plaatsgevonden. De eerste fase van de aanleg bestond aan het verwijderen van de oorspronkelijke kleilaag, het aanbrengen en egaliseren van het zandcunet onder het immobilisaat en de realisatie van het monitoringssysteem. De uitvoering van de werkzaamheden gedurende de eerste fase van de aanleg was in handen van de besteksaannemer Eemspoort II. De aanleg van het zandcunet en het monitoringssysteem heeft plaatsgevonden conform het (oorspronkelijke) ontwerp zoals dit is opgenomen in het bestek en de rapportage van het civiel- en milieutechnisch vooronderzoek. Na de aanleg van het zandcunet en het monitoringssysteem is het wegvak overgedragen aan het consortium.

Het aanbrengen van de fundatielaag van immobilisaat is door het consortium in eigen beheer uitgevoerd en verzorgd door Perfix. Het aanbrengen van het immobilisaat heeft plaatsgevonden in twee lagen (onderlaag van 250 mm en bovenlaag van 150 mm). Hierbij is op de eerste twee uitvoeringsdagen de onderlaag van het immobilisaat aangebracht. Het immobilisaat is per gesloten vrachtwagen vervoerd van de Stainkoeln naar het proefvak aan de Eemspoort II.



Figuur 4.1 Aanvoer van immobilisaat ter plaatse van proefvak.

Hierna is het materiaal met behulp van een grader vervolgens verder geëgaliseerd en in het voorgeschreven profiel gebracht (figuur 4.4). Na egalisatie is het immobilisaat met een bandenwals (deels trillend) verdicht. Rond de binnen het werk aanwezige putten en kolken is het immobilisaat met behulp van een trilplaat verdicht. Teneinde extra scheurvorming door verdamping en eventuele uitspoeling van verontreinigingen bij regenval voor uitharding van het materiaal te voorkomen, is het aangebrachte immobilisaat afgesproeid met een silicaat.



Figuur 4.2 Egalisatie van de onderlaag van het immobilisaat m.b.v grader.

Om de verdichting van het immobilisaat in het veld te bepalen zijn nucleaire metingen verricht. De uitkomsten van deze metingen zijn opgenomen in het opleveronderzoek (paragraaf 5.1). Daarnaast zijn van het verwerkte materiaal monsters genomen waarvan de vochtgehalten zijn bepaald.

Om scheurvorming tijdens het uitharden (krimpvorming) van het immobilisaat te voorkomen is de onderlaag (na het verdichten) gekerfd (figuur 4.5). Hierbij zijn zowel in de lengte- als breedterichting kerven gemaakt. Bij het kerven is een maximale afstand tussen de kerven aangehouden van circa 3,5 x 3,5 meter. Na het kerven van de onderlaag is de bovenlaag van het immobilisaat aangebracht (egalisatie en verdichten). In eerste instantie zijn tijdens het aanbrengen van het immobilisaat in de bovenlaag geen kerven aangebracht.

In de bovenlaag van het immobilisaat is onder invloed van het kerven van de onderlaag een gecontroleerde scheurvorming opgetreden, waarbij de kerven in de onderlaag zich hebben doorgezet naar de bovenlaag.

Teneinde echter een verdere (ongecontroleerde) scheurvorming te voorkomen, zijn met behulp van een diamantzaag na een periode van circa 8 weken (alsnog) kerven in de toplaag van het immobilisaat aangebracht.



Figuur 4.5 Kerven onderlaag van het immobilisatie-product.

Nadat de toplaag van het immobilisaat is voorzien van kerven en het opleveringsonderzoek is afgerond, is het wegvak overgedragen aan de directievoerder. De verdere afwerking van het proefvak met asfalt is uitgevoerd door de besteksaannemer Eemspoort II. Voor het aanbrengen van het asfalt zijn géén speciale voorzieningen noodzakelijk/voorzien.

Veiligheid- en gezondheid

Om de veiligheids- en gezondheidsrisico's tijdens het aanbrengen van het immobilisaat in kaart te brengen is door Tauw een Veiligheids- en Gezondheidsplan (V&G-plan) opgesteld. Aangezien het immobilisaat uit verontreinigd materiaal (PAK, minerale olie en zware metalen) bestaat is nadrukkelijk rekening gehouden met de blootstellingsrisico's van deze stoffen. Bij de beoordeling is gebruik gemaakt van de methode zoals beschreven in de rapportage "Hulp-middelen voor de beoordeling van arbeidshygiëne bij toepassing van vaste, secundaire grondstoffen in de wegenbouw". Op basis van een berekende blootstellingsindex van 0,07 kan het immobilisaat als normale grondstof worden toegepast (standaard maatregelen). De voorgeschreven V&G-maatregelen zijn aan de hand van een checklist⁶ op 20 augustus 2002 door Perfix gecontroleerd.

⁶ Checklist VGM-inspectie (werknummer 520408), gecontroleerd door E v/d Wiel, Van der Wiel Infra&Milieu BV, Drachten, 20-08-2002

5 Resultaten opleveringsonderzoek

5.1 Uitkomsten civieltechnisch opleveringsonderzoek

Laboratoriumproeven

Het civieltechnisch opleveringsonderzoek is uitgevoerd door het onafhankelijke wegenbouw-kundig laboratorium van Dura Vermeer Infrastructuur B.V. te Leek. Bij de uitvoering van het opleveringsonderzoek is uitgegaan van proef 22.1 uit de standaard RAW bepalingen 2000. Bij de proeven is gebruik gemaakt van het monstermateriaal dat (gedurende drie dagen) is genomen tijdens het samenstellen van het immobilisaat ter plaatse van de Stainkoeln. De monsters zijn genomen ter plaatse van de mobiele menginstallatie. Daarnaast zijn van een aantal boorkernen vanuit de fundering door het KOAC-WMD metingen uitgevoerd met behulp van de CSI-betontester.

De uitkomsten van de laboratoriumproeven zijn in tabel 5.1 weergegeven. Uit deze tabel blijkt dat op drie productiedagen wordt voldaan aan de eis dat de 28-daagse druksterkte gemiddeld tenminste 2,5 MPa moet bedragen. Hierbij wordt opgemerkt dat alleen bij experiment 16 een druksterkte beneden de 2,5 MPa is gemeten. De gemiddelde 28-daagse druksterkte van productiedag 22-08-02 bedraagt echter 2,9 MPa, waardoor alsnog is voldaan aan de minimale eisen. Voor een overzicht van de druksterkteproeven wordt verwezen naar bijlage 5.

Tabel 5.1 Resultaten 7- en 28 daagse druksterkteproeven (zonder namenging).

Experiment	Productiedag	Volumieke massa (kg/m ³)		Druksterkte (Mpa)	
		nat	droog	na 7 dagen	na 28 dagen
1	20-08-02	2.007	1.760	2,4	--/--
2	20-08-02	2.008	1.761	--/--	4,6
3	20-08-02	2.013	1.786	--/--	5,0
8	21-08-02	2.051	1.815	--/--	5,8
9	21-08-02	2.053	1.800	--/--	7,3
10	21-08-02	2.042	1.807	--/--	7,6
15	22-08-02	2.039	1.722	--/--	1,9
16	22-08-02	2.028	1.711	--/--	2,3
17	22-08-02	2.022	1.708	--/--	3,5

De verschillen tussen de drie productiedagen zijn groot. Aangezien gedurende de productiedag slechts éénmalig een monster is genomen is het niet mogelijk een goed beeld te verkrijgen van de spreiding gedurende de productiedag. Het is niet uitgesloten dat de verschillen zich ook voordoen binnen één productiedag. In het laboratorium heeft, voorafgaand aan de uitvoering van negen druksterktebepalingen, namenging plaatsgevonden. De uitkomsten van deze proeven zijn weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Resultaten 7- en 28 daagse druksterkteproeven (met namenging).

Experiment	Productiedag	Volumieke massa (kg/m ³)		Druksterkte (Mpa)	
		na 7 dagen	na 28 dagen	na 7 dagen	na 28 dagen
5	20-08-02	2.110	1.850	6,9	--/--
6	20-08-02	2.091	1.834	--/--	9,1
7	20-08-02	2.090	1.833	--/--	9,5
12	21-08-02	2.128	1.882	7,8	--/--
13	21-08-02	2.113	1.870	--/--	12,2
14	21-08-02	2.076	1.838	--/--	11,2
19	22-08-02	2.028	1.714	1,6	--/--
20	22-08-02	2.021	1.707	--/--	3,3
21	22-08-02	2.016	1.703	--/--	3,7

De druksterkte van de nagemengde cilinders ligt hoger dan de niet nagemengde cilinders. De grote verschillen tussen de druksterktes zonder en met namenging wijzen erop dat de menging in de praktijk niet optimaal is geweest.

Wellicht was met een intensievere menging (mengtijd, stand mengbladen, doseersnelheid) een homogener product verkregen, waardoor met een lager cementgehalte zou kunnen worden volstaan. De tijdens het vooronderzoek in het laboratorium beproefde mengsels vertoonden volgens de RAW-bepalingen een goede mengkwaliteit.

De boorkernen die zijn gebruikt bij de metingen van het KOAC-WMD (CSI-betontester) zijn conform de RAW-standaard bewaard en beproefd bij een ouderdom van 41 dagen. De boorkern van de bovenlaag van het immobilisaat had een vol. massa van 2.017 kg/m^3 en een Edyn van 14.210 Mpa. De onderlaag van het immobilisaat had een vol. massa van 1.191 kg/m^3 en een Edyn van 5.370 Mpa. Deze Edyn-waarden zijn aanzienlijk hoger dan de 3.000 Mpa die voor het oorspronkelijke wegebouwkundige ontwerp zijn aangehouden. Dit wordt onder meer veroorzaakt door het feit dat het cementgehalte binnen dit project wordt "opgelegd" door de milieuhygiënische eisen in plaats van de civieltechnische (wgebouwkundige) eisen.

Nucleaire metingen

Gedurende drie dagen (20 t/m 22 augustus 2002) is tijdens het aanbrengen van het immobilisatieproduct de verdichtingsgraad bepaald door het uitvoeren van nucleaire metingen. Bij de beoordeling van de uitkomsten van deze metingen is uitgegaan van een minimale verdichtingsgraad van 95%. Daarnaast dient de gemiddelde verdichtingsgraad (per productiedag) op 100% te liggen. De resultaten van de metingen zijn in de onderstaande tabellen opgenomen.

Tabel 5.3 Dichtheid fundering d.m.v. nucleaire methode (d.d. 20-08-02).

Nr.	Plaats (km)	Diepte (cm)	Dichtheid droog (kg/m^3)	Vochtpercentage (%)	Maximale dichtheid (kg/m^3)	Verdichtingsgraad (%)
1	ca. 25m v.a. Olgerweg	20	1.758	15,0	1.763	99,6
	2 meter rechts	10	1.786	14,7		101,3
2	ca. 80m v.a. Olgerweg	20	1.761	15,4		99,9
	7 meter rechts	10	1.814	13,9		102,8
3	ca. 100m v.a. Olgerweg	20	1.721	15,2		97,6
	3 meter rechts	10	1.811	13,3		102,7
4	ca. 120m v.a. Olgerweg	20	1.768	12,9		100,3
	5 meter rechts	10	1.774	13,5		100,6
5	ca. 150m v.a. Olgerweg	20	1.744	16,4		98,8
	7,5 meter rechts	10	1.767	16,3		100,2
6	ca. 170m v.a. Olgerweg	20	1.760	15,9		99,8
	2,5 meter rechts	10	1.736	15,3		98,5
7	ca. 180m v.a. Olgerweg	20	1.708	15,2		98,8
	9 meter rechts	10	1.742	15,8		98,8
8	ca. 185m v.a. Olgerweg	20	1.698	19,7		96,4
	1,5 meter rechts	10	1.714	17,6		97,2

Tabel 5.4 Dichtheid fundering d.m.v. nucleaire methode (d.d. 21-08-02).

Nr.	Plaats (km)	Diepte (cm)	Dichtheid droog (kg/m^3)	Vochtpercentage (%)	Maximale dichtheid (kg/m^3)	Verdichtingsgraad (%)
1	ca. 5m v.a. las	20	1.753	16,4	1.806	97,1
	3 meter rechts	10	1.786	16,1		99,4
2	ca. 20m v.a. las	20	1.808	16,2		100,1
	9 meter rechts	10	1.823	15,6		100,9
3	ca. 25m v.a. las	20	1.723	17,7		96,4
	2 meter rechts	10	1.738	16,7		96,3
4	ca. 40m v.a. las	20	1.784	15,8		98,8
	8,5 meter rechts	10	1.826	14,2		101,1
5	ca. 45m v.a. las	20	1.811	13,9		100,3
	8,5 meter rechts	10	1.832	15,3		101,4

Tabel 5.5 Dichtheid fundering d.m.v. nucleaire methode (d.d. 22-08-02).

Nr.	Plaats (km)	Diepte (cm)	Dichtheid droog (kg/m ³)	Vochtpercentage (%)	Maximale dichtheid (kg/m ³)	Verdichtingsgraad (%)
1	ca. 100m voor einde	20	1.785	14,2	1.712	104,3
	7,5 meter rechts	10	1.782	14,0		104,7
2	ca. 80m voor einde	20	1.726	18,2		100,9
	1 meter rechts	10	1.708	10,7		99,6
3	ca. 20m voor einde	20	1.771	14,2		103,4
	4 meter rechts	10	1.814	13,2		106,0
4	ca. 10m v.a. las, 8 m rechts	10	1.788	14,4		103,3
5	ca. 25m v.a. las, 1 m rechts	10	1.833	15,5		107,1
6	ca. 30m v.a. las, 4 m rechts	10	1.751	16,9		102,3
7	ca. 35m v.a. las, 7 m rechts	10	1.813	16,9		105,9
8	ca. 40m v.a. las, 3 m rechts	10	1.769	17,3		103,3
9	ca. 45m v.a. las, 0,5 m rechts	10	1.784	16,7		103,0
10	ca. 50m v.a. las, 1,5 m rechts	10	1.794	15,6		104,8
11	ca. 55m v.a. las, 8 m rechts	10	1.761	17,4		104,0

Op basis van de bovenstaande nucleaire metingen wordt duidelijk dat op alle productiedagen wordt voldaan aan de gestelde minimale verdichtingseis van 95%. Op 21 en 22 augustus 2002 is bij het aanbrengen van het immobilisaat niet voldaan aan de gestelde eis met betrekking tot de gemiddelde verdichtingsgraad (eis = 100%). Op deze productiedagen is een gemiddelde verdichtingsgraad van respectievelijk 98 en 99% gerealiseerd. Voor een volledig overzicht van de bovenstaande metingen wordt verwezen naar bijlage 6.

5.2 Uitkomsten milieutechnisch opleveringsonderzoek

De milieuhygiënische kwaliteit van het immobilisaat wordt onderzocht door het uitvoeren van een tweetal diffusieproeven. Voor de uitvoering van deze proeven zijn ter plaatse van het proefvak, door de milieumeetdienst van Tauw, na 28 dagen vier boringen in het immobilisatieproduct geplaatst. De boorkernen van het immobilisaat zijn aangeleverd aan TNO. Gezien de looptijd van een standaarddiffusieproef (64 dagen), is het niet mogelijk in deze rapportage een beschrijving te geven van de uitkomsten van dit onderzoek. De uitkomsten worden eind december 2002 opgenomen in de eindrapportage van het SKB-project.

6 Monitoring praktijkproef

6.1 Nulsituatie praktijkproef

Voorafgaande aan de uitvoering van de praktijkproef is, conform het monitoringsplan, vanuit verschillende bronnen de milieuhygiënische nulsituatie beschreven. De kwaliteit van de vaste (klei)bodem en het grondwater is in kaart gebracht door het uitvoeren van een bodemonderzoek. Dit onderzoek is, in verband met het bouwrijp maken van het bedrijventerrein Eemspoort II, uitgevoerd door WMR Milieutechniek te Rinsumageest. De milieuhygiënische kwaliteit van het ophoogzand (zandcunet) is in kaart gebracht door het uitvoeren van een partijkeuring conform het Bouwstoffenbesluit. De belangrijkste conclusies uit de voorgaande onderzoeken zijn hieronder kort weergegeven.

Kwaliteit vaste kleibodem (nulsituatie)

De milieuhygiënische kwaliteit van de vaste kleibodem is in opdracht van de milieudienst van de gemeente Groningen, voorafgaande aan de uitvoering van de praktijkproef, door WMR Milieutechniek te Rinsumageest onderzocht⁷. Bij het verkennend bodemonderzoek is géén gebruik gemaakt van de NEN-5740, waardoor het onderzoek een indicatief karakter heeft. Daarnaast valt het proefvak (deels) buiten de grenzen van het bodemonderzoek. Hierdoor is het vaststellen van de uiteindelijke nulsituatie van de kleibodem slechts beperkt mogelijk.

Om toch enig inzicht te krijgen in de milieuhygiënische kwaliteit van de vaste kleibodem, zijn de bekende onderzoeksresultaten (grond en grondwater) uit het verkennend bodemonderzoek in de onderstaande tabellen weergegeven.

Tabel 6.1 Analyseresultaten grond (in mg/kg d.s.) en interpretatie.

Boringen	14 + 95 + 97	17 + 110 + 111	20 + 125 + 126	24 + 139 + 142
Diepte (m – mv)	0 – 1,5	0 – 1,5	0 – 1,5	0 – 1,5
Lutum (%)	35	29	32	30
Humus (%)	8,3	5,8	7,3	9,2
	Wbb	Wbb	Wbb	Wbb
METALEN				
arseen (As)	8,8	- 22	- 10	- 7,7
cadmium (Cd)	0,3	- 0,3	- 0,2	- 0,3
chromium (Cr)	36	- 29	- 44	- 43
koper (Cu)	9	- 7	- 8	- 8
kwik (Hg)	<0,04	- <0,04	- 0,05	- 0,05
lood (Pb)	13	- 13	- 16	- 18
nikkel (Ni)	17	- 11	- 17	- 21
zink (Zn)	46	- 31	- 43	- 56
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
PAK (som 10) #	<0,08	- <0,08	- <0,08	- <0,08
ANORGANISCHE STOFFEN				
Cyaniden (totaal)	1	- < 1	- < 1	- <1
OVERIGE STOFFEN				
minerale olie (C10-C40)	< 50	- < 50	- < 50	- <50
EOX	1,9	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,6

⁷ Verkennend bodemonderzoek Euvelgunnerweg Groningen, WMR Milieutechniek (dossiernummer 39289/DvdM), Rinsumageest, 2000.

Tabel 6.2 Analyseresultaten grondwater (µg/l) en interpretatie.

Peilbuisnummer	14		17		20		24	
Filterdiepte (m-mv)	Onbekend		Onbekend		Onbekend		Onbekend	
		Wbb		Wbb		Wbb		Wbb
METALEN								
arseen (As)	< 3	-	30	+	< 3	-	< 3	-
cadmium (Cd)	1,1	+	0,7	+	0,3	-	< 0,1	-
chrom (Cr)	1,9	+	12	+	3,2	+	1,1	+
koper (Cu)	3	-	17	+	3	-	< 1	-
kwik (Hg)	0,12	+	0,30	+++	0,05	+	0,08	+
kwik (Hg) (her)			0,15	+				
lood (Pb)	1	-	7	-	< 1	-	< 1	-
nikkel (Ni)	77	+++	27	+	20	+	< 1	-
zink (Zn)	770	++	66	+	200	+	48	-
AROMATISCHE VERBINDINGEN								
benzeen	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-
tolueen	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-
ethylbenzeen	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-
xylenen (som)	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-
Naftaleen	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-	< 0,2	-
GECHLOOREERDE KOOLWATERSTOFFEN								
trichloormethaan	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
tetra(chloormethaan)	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
1,2-dichloorethaan	< 0,5	-	< 0,5	-	< 0,5	-	< 0,5	-
1,1,1-trichloorethaan	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
1,1,2-trichloorethaan	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
tri(chlooretheen)	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
tetrachl.etheen (per)	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
OVERIGE STOFFEN								
minerale olie (C10-C40)	< 50	-	< 50	-	< 50	-	< 50	-
fenol-index	7,8	+	8,5	+	8,5	+	10,5	+
EOX	< 1		< 1		< 1		16	
pH (-)	6,6		6,9		6,7		6,9	
EC (µS/cm)	930		610		870		620	

Tijdens de uitvoering van het verkennend bodemonderzoek zijn in de grond uitsluitend enkele licht verhoogde gehalten aan EOX gemeten. Met betrekking tot de kritische parameters tijdens de uitvoering van de praktijkproef (zware metalen, PAK en minerale olie) kan worden opgemerkt dat hiervan géén verhoogde gehalten in de grond zijn gemeten. Aangezien tijdens de uitvoering van het verkennend bodemonderzoek zowel de boven- als de ondergrond in één mengmonster zijn samengevoegd, dient er rekening mee te worden gehouden dat het bodemonderzoek voor de bovengrond (mogelijk) een te positief beeld geeft van de milieuhygiënische kwaliteit.

In het grondwater ter plaatse van de onderzoekslocatie is, bij toetsing aan de streef- en interventiewaarden uit de Wet bodembescherming, een sterk verhoogde concentratie aan nikkel en een matig verhoogde concentratie aan zink gemeten. Daarnaast zijn licht verhoogde concentraties aan zware metalen (met uitzondering van lood) en een verhoogde fenol-index gemeten. Van een verhoogde concentratie aan minerale olie (kritische parameter) is géén sprake. De exacte grondwaterstroming en -diepte is, door het ontbreken van de filterdiepte, op basis van het huidige beschikbare bodemonderzoek niet vast te stellen.

Kwaliteit ophoogzand (nulsituatie)

Bij de uitvoering van de praktijkproef is gebruik gemaakt van cunetzand van Web B.V. te Harkstede. De milieuhygiënische kwaliteit van het ophoogzand is bepaald door het uitvoeren van een partijkeuring conform het Bouwstoffenbesluit (gebruikersprotocol schone grond en bouwstoffen). Deze partijkeuring is uitgevoerd door het wegenbouwkundig adviesbureau KOAC-WMD te Groningen. De uitkomsten van deze partijkeuring zijn opgenomen in de onderstaande tabel (tabel 6.3). In bijlage 7 is een exemplaar van de oorspronkelijke rapportage opgenomen.

Tabel 6.3 Analyseresultaten ophoogzand (mg/kg d.s.) en interpretatie.

Beschrijving	ophoogzand (mm 1)	ophoogzand (mm2)		
Boringen	50	50		
Diepte (m- imm)	depot	depot		
Lutum (%)	2,9	3,0		
Humus (%)	0,31	<0,2		
		Bsb	Bsb	
METALEN				
arsen (As)	1,4	-	1,1	-
cadmium (Cd)	< 0,2	-	< 0,2	-
chrom (Cr)	5,3	-	< 5,0	-
koper (Cu)	< 2,0	-	< 2,0	-
kwik (Hg)	< 0,03	-	< 0,03	-
lood (Pb)	< 5,0	-	< 5,0	-
nikkel (Ni)	< 3,0	-	< 3,0	-
zink (Zn)	7,9	-	7,1	-
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
PAK (som 10) #	< 0,1	-	< 0,1	-
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN				
EOX *	0,1	-	< 0,1	-
OVERIGE STOFFEN				
minerale olie (C10-C40)	< 10	-	< 10	-

*: fungeert als "trigger" voor organohalogeenvverbindingen;
#: de individuele PAK's zijn niet toetsbaar conform de Wbb.

Indien de analyseresultaten worden getoetst aan de samenstellingswaarden schone grond uit het Bouwstoffenbesluit blijkt dat het zand voldoet aan de eisen voor schone grond. De schone grond kan zonder melding worden toegepast binnen een werk.

6.2 Uitvoering en resultaten eerste monitoringsronde

Conform het monitoringsplan heeft op 25 september 2002 de eerste monitoringsronde naar de milieuhygiënische kwaliteit van de zandige ophooglaag plaatsgevonden. De uitvoering van de monitoringsronde heeft plaatsgevonden door de milieumeetdienst van Tauw. Tijdens de uitvoering van het monitoringsonderzoek zijn in het immobilisaat een zestal kernboringen geplaatst. Vier van de vrijkomende boorkernen zijn, ten behoeve van het milieuhygiënische opleverings-onderzoek, aangeleverd aan TNO (paragraaf 5.2). De ligging van deze boringen is weergegeven op een kaart in bijlage 8.

De kernboringen zijn met behulp van een edelmanboor doorgezet tot de oorspronkelijke bodem. Hierbij is het zandcunet bemonsterd in trajecten van maximaal 0,1 meter. Tijdens de eerste fase van de monitoring is het traject direct onder het immobilisaat (0 – 0,1 meter) geanalyseerd op het standaard NEN-pakket. De uitkomsten van deze chemische analyses zijn weergegeven in de tabellen 6.4 en 6.5 (volgende pagina). Voor een overzicht van de analyseresultaten wordt verwezen naar bijlage 9.

Tabel 6.4 Analyseresultaten ophoogzand onder immobilisaat (mg/kg d.s.) en interpretatie.

Beschrijving	ophoogzand	ophoogzand	ophoogzand	ophoogzand
Boringen	1+2+3	1+2+3	1+2+3	1+2+3
Diepte (m- imm)	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Lutum (%)	2,3	1,4	< 1	< 1
Humus (%)	<1	< 1	< 1	< 1
	Bsb	Bsb	Bsb	Bsb
METALEN				
Arseen (As)	< 5	-	< 5	-
Cadmium (Cd)	3,5	½	0,2	-
Chroom (Cr)	6,0	-	4,0	-
Koper (Cu)	10	-	3,0	-
Kwik (Hg)	2,5	½	0,4	½
Lood (Pb)	10	-	4,0	-
Nikkel (Ni)	3,5	-	2,0	-
zink (Zn)	19	-	8,0	-
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
PAK (som 10) #	0,35	-	0,01	-
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN				
EOX *	< 0,1	-	< 0,1	-
OVERIGE STOFFEN				
minerale olie (C10-C40)	36	1	< 10	-

*: fungeert als "trigger" voor organohalogeenvverbindingen.

Tabel 6.4 Analyseresultaten ophoogzand onder immobilisaat (mg/kg d.s.) en interpretatie.

Beschrijving	ophoogzand	ophoogzand	ophoogzand	ophoogzand
Boringen	4+5+6	4+5+6	4+5+6	4+5+6
Diepte (m- imm)	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Lutum (%)	2,7	2,4	2,0	2,0
Humus (%)	< 1	< 1	< 1	< 1
	Bsb	Bsb	Bsb	Bsb
METALEN				
arseen (As)	< 5	-	< 5	-
cadmium (Cd)	2,0	½	0,3	-
chrom (Cr)	5,0	-	4,0	-
koper (Cu)	5,0	-	1,5	-
kwik (Hg)	< 0,1	-	< 0,1	-
lood (Pb)	6,0	-	1,5	-
nikkel (Ni)	3,0	-	2,0	-
zink (Zn)	15	-	6,0	-
POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOOLWATERSTOFFEN				
PAK (som 10) #	0,20	-	n.a.	-
GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN				
EOX *	< 0,1	-	< 0,1	-
OVERIGE STOFFEN				
minerale olie (C10-C40)	< 10	-	< 10	-

*: fungeert als "trigger" voor organohalogeenvverbindingen.

Op basis van de eerste uitkomsten van de monitoringsronde van 25 september 2002 kan worden geconcludeerd dat voor enkele zware metalen en voor minerale olie (lokaal) gehalten boven de samenstellingswaarde voor schone grond zijn gemeten. De eerste uitkomsten zijn op dit moment niet te verklaren op basis van de uitkomsten van het vooronderzoek. De gemeten gehalten aan cadmium en kwik in het zandcunet zijn hoger dan oorspronkelijk gemeten in het rioolzand en de baggerspecie (tabel 2.2). Daarnaast is het, op basis van de uitkomsten van het vooronderzoek, niet aannemelijk dat uitloging van deze parameters vanuit het immobilisaat plaatsvindt. Om de mogelijkheden voor een uitloging vanuit het immobilisaat definitief uit te sluiten, voert TNO op dit moment een tweetal diffusieproeven uit (afrondering eind 2002).

7 Referentielijst

- Actualisatie onderzoek Reitdiep/Balkgat (dossiernummer S0613-01-001), DHV, Groningen, 6 september 2001;
- Basisdocument Tienjarensscenario waterbodems "Bagger in Beeld", AKWA rapportnummer 01.014, Advies- en Kenniscentrum waterbodems, Utrecht, 2001;
- Bouwstoffen door immobilisatie (Kennis - Projecten – Informatie), CUR-rapport 2002-5, Centrum voor Immobilisatie, Gouda, 2002;
- Koude immobilisatie van baggerspecie "Stand van zaken", Rapport DWW-2002-058, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Utrecht, 2002;
- Immobilisatie 1 "Immobilisatietechnieken", Centrum voor Immobilisatie e.a., Gouda, 2000;
- Immobilisatie 2 "Beoordeling van immobilisaten", Centrum voor Immobilisatie e.a., Gouda, 2000;
- Immobilisatie 3 "Kwaliteitsverklaringen", Centrum voor Immobilisatie e.a., Gouda, 2000;
- Immobilisatie 4 "Centrum voor Immobilisatie", Centrum voor Immobilisatie e.a., Gouda, 2000;
- Inpakken in cementsteen, Betoniek 11/24, ENCI, Den Bosch, 2000;
- Land + Water, vakblad voor civiel- en milieutechnici, oktober 2002, artikel "Groningen verwerkt baggerspecie tot wegfundering in proefvak, 2002;
- Onderzoek waterbodems stadswateren Groningen (projectnummer 25915), IWACO, Groningen, 16 januari 2001;
- Stevige Keurige Bouwstof, Vuile bagger als nuttig product (basisprojectplan), rapportnummer R007-3813428RRZ-D01-N-A, Tauw, Assen, 2001;
- Stevige Keurige Bouwstof, Vuile bagger als nuttig product (civiel- en milieutechnisch vooronderzoek), rapportnummer R008-3813428RRZ-D01-N-G, Assen, 2002;
- Indicatief bodemonderzoek Euvelgunnerweg Groningen, dossiernummer 35086/DvdM, WMR Milieutechniek, Rinsumageest, 1995;
- Veiligheids- en gezondheidsplan ontwerpfase voor het aanbrengen van koude immobilisaat op de Eemspoort II, Groningen (definitief), rapportnummer R009-3813428NII-D01-N-A, Tauw, Deventer, 2002;
- Verkennd bodemonderzoek Euvelgunnerweg Groningen, dossiernummer 39289/DvdM, WMR Milieutechniek, Rinsumageest, 2000.
- Waterbodemsanering Groningen fase 1: Reitdiep/Balkgat (dossiernummer S0612-06-001), DHV, Groningen, 9 juli 2001.

Bijlage 1

Kopie gedoogbeschikking praktijkproef

Bijlage 2

Analyseresultaten uitgangsmateriaal (rioolzand en baggerspecie)

Bijlage 3

Resultaten beschikbaarheidspoeven

Bijlage 4

Analyseresultaten rijping (monitoring)

Bijlage 5

Resultaten opleveringsonderzoek (druksterkte)

Bijlage 6

Resultaten opleveringsonderzoek (nucleaire metingen)

Bijlage 7

Resultaten partijkeuring ophoog/cunetzand

Bijlage 8

Lokale ligging monsterpunten 1^e monitoringsronde

Bijlage 9

Overzicht analyseresultaten 1^e monitoringsronde