

**Uitvoeringsrapport Praktijkproef
Versterkt Sediment
Hoedekenskerke**

D.A. den Hamer

1202972-010

Titel

Uitvoeringsrapport Praktijkproef Versterkt Sediment Hoedekenskerke

Project	Kenmerk	Pagina's
1202972-010	1202972-010-GEO-0001	53

Trefwoorden

Versterkt sediment, Hoedekenskerke, grondverbetering

Samenvatting

In de eerste week van november 2011 is in de haven van Hoedekenskerke de praktijkproef Versterkt Sediment uitgevoerd door de partijen Boskalis (uitvoerder), Tauw Deventer (opzichter), Faber (specialist in schuimbeton) en Deltares (regie en advies), in opdracht van het Rijkswaterstaat Waterdienst. Doelstelling van de praktijkproef was enerzijds het aantonen dat versterkt sediment uitvoeringstechnisch kan worden aangebracht. Anderzijds was de doelstelling de vervormingen in de laag versterkt sediment te bepalen.

Er is een laag versterkt sediment aangebracht in de haven van Hoedekenskerke van circa 1 meter dikte en een totaal volume van 140 m³. De laag is aangebracht in drie vakken onder de volgende condities: eenmaal in den droge, eenmaal in den natte, en een vak in twee lagen met een getij ertussen. Voorafgaand aan het daadwerkelijk aanbrengen van de laag is het recept zoals ontwikkeld in het laboratorium geoptimaliseerd tijdens een kleine proef uitgevoerd op de kade. Het receptuur zoals toegepast in Vak 3 is weergegeven in onderstaande tabel.

	Sediment (verdund)	CEM III/C	waterglas	CEM III/C	waterglas	Geltijd	Dichtheid
locatie	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	%gew (eindproduct)	% vol slurry	[sec]	[kg/m ³ eindproduct]
Deelvak 3-3	1006	251	76	18,8%	6,0%	>60	1333

Alle vakken waren overloopbaar 24 uur na aanleg. Een sterkte van meer dan 1 MPa is bereikt na 5 dagen, ondanks de variatie in aanlegmethoden. De geteste variaties waren in één of twee lagen aangebracht, in den natte of in den droge.

Aan de hand van de praktijkproef zoals uitgevoerd in Hoedekenskerke is te concluderen dat versterkt sediment uitvoeringstechnisch kan worden aangebracht als grondverbetering. Hiertoe is het eerste deel van de doelstelling van de praktijkproef behaald. Het tweede deel van de doelstelling, met betrekking tot zettingen van de laag, zal beantwoord worden in de rapportage Monitoring op te leveren medio 2012.

Medio 2012 volgt het eigenlijke dijkverbeteringwerk. Het is aanbevolen om in de laag versterkt sediment nog minimaal een kern per vak te steken en de druksterkte te laten bepalen door middel van een vrije prismaproef. Tevens wordt geadviseerd om twee kernen te nemen uit de monsteremmers zoals beproefd tijdens de Test op Kade en hiervan tevens de druksterkte te bepalen. Hiertoe kan de invloed van het waterglasgehalte op de druksterkte van het uitgehard versterkt sediment worden bepaald.

Titel
Uitvoeringsrapport Praktijkproef Versterkt
Sediment Hoedekenskerke

Project 1202972-010 **Kenmerk** 1202972-010-GEO-0001 **Pagina's** 53

Referenties

- [1] Janssen-Roelofs, K. (2009). *Onderzoek versterkte baggerspecie in het kader van het steenzettingsonderzoek* (Laboratorium onderzoek). Delft: Deltares.
- [2] Van de Velde, H., & Vastenburg, E. W. (2011). *Plan van Aanpak*. Delft: Deltares.
- [3] Appelo, C. A. J., D.F. (2011). *Praktijkproef versterkt sediment Haven Hoedekenskerke* (werkplan). Goes: Zeeuwse Stromen.
- [4] Hamer, d. D. A., & Vastenburg, E. W. (2011). *Programma van Eisen praktijkproef versterkt sediment Hoedekenskerke*.
- [5] Bondt, d. J. P., & Jansen, D. (2011). *Dagboek uitvoering praktijkproef Hoedekenskerke* (Dagboek). Deventer: Tauw.
- [6] Lefeber, C. (2011). *Waterbodemonderzoek Praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke* (Rapportage waterbodemonderzoek). Deventer: Tauw.
- [7] Bloemendaal, J. A., & Buijs, S. (2011). *Technische beschrijving praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke*. Deventer: Tauw.
- [8] Hamer, d. D. A. (2011). *Receptuuronderzoek Versterkt Sediment Hoedekenskerke* (Laboratoriumonderzoek rapport). Delft: Deltares.
- [9] Rijkswaterstaat. *live.getij.nl*. 2012 [cited 2012 31-10-2012].
- [10] Ridder, W.S.d., *Resultaten uitloogonderzoek Proef Versterkt Sediment Deltares*. 2012, BK Bodem: Dordrecht. p. 8.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	nov. 2011	Dianne den Hamer		Erik Vastenburg		Erik Vastenburg	
02	april. 2012	Dianne den Hamer		Hans van de Velde		Leo Voogt	
				Erik Vastenburg			

Status
definitief

Inhoud

1	Introductie	1
2	Mobilisatiefase	3
2.1	Aanpassen materieel Faber	3
2.2	Aanvoer materieel	5
2.3	Opbouw menginstallatie voor verpompen sediment	6
2.3.1	Werkmethode 1	6
2.3.2	Werkmethode 2	8
2.4	Plaatsen peilbuizen	9
2.4.1	Bemonsteren peilbuizen	10
3	Uitvoeringsfase	11
3.1	Ontgraven cunet en vakken	11
3.1.1	Ontgraven van de vakken	12
3.1.2	Sequentie aanleg vakken	13
3.1.3	Werkwijze per vak	13
3.2	Inleggen zettingsmeetslangen en plaatsen zakbaken	14
3.3	Bemonsteren versterkt sediment	15
3.4	Test op kade	15
3.5	Werkwijze aanleg vakken	17
3.6	Vak 1: Aanleg in twee gangen in den droge	18
3.6.1	Uitvoeringsperiode	18
3.6.2	Schematisch overzicht Vak 1	19
3.6.3	Uitvoering	20
3.6.4	Receptuur en sterkte-ontwikkeling	22
3.6.5	Volume balans	24
3.7	Vak 2: Aanleg in één gang in den natte	24
3.7.1	Uitvoering	25
3.7.2	Receptuur en sterkteontwikkeling	28
3.7.3	Volumebalans	29
3.8	Vak 3: Aanleg in één gang in den droge	29
3.8.1	Uitvoeringsperiode	29
3.8.2	Schematisch overzicht Vak 3	30
3.8.3	Uitvoering	31
3.8.4	Receptuur en sterkteontwikkeling	32
3.8.5	Volume balans	34
4	Monitoring	35
4.1	Sterkteontwikkeling	35
4.2	Watermonsters en pH	35
5	Leerpunten, Conclusies en Aanbevelingen	37
5.1	Leerpunten	37
5.2	Conclusies	37
5.3	Aanbevelingen	38

Bijlage(n)

A	Details pompen	A-1
B	Boorprofielen pijlbuizen	B-1
C	Locatie peilbuizen en zettingsmeetslangen	C-1
D	Bemonsteringmethode peilbuizen	D-1
E	Meetresultaten peilbuizen	E-1
F	Conclusie Milieuhygiënische Toetsing	F-1
G	Milieuhygiënische Toetsing Receptuuronderzoek	G-1
H	Milieuhygiënische Toetsing Praktijkproef	H-1

1 Introductie

In 2011 heeft Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst in de vorm van het Projectbureau Zeeweringen (PBZ), de voorbereidingen getroffen voor het uitvoeren van een praktijkproef met versterkt sediment. De opdracht is te plaatsen binnen het kader van steenzettingsonderzoek dat uitgevoerd wordt door Rijkswaterstaat en de aanbevelingen zoals vermeld in het voorbereidende onderzoek uitgevoerd door Deltares [1].

Eén van de aanbevelingen was vervolgonderzoek te verrichten in een praktijkproef met inbreng van marktpartijen om de haalbaarheid van de uitvoering te bepalen. PBZ heeft hiertoe een praktijkproef ter plaatse van de haven van Hoedekenskerke geselecteerd in de gemeente Borssele.

In de haven van Hoedekenskerke moet in 2012 - voor de bestaande damwand – een glooiing over de lengte van circa 50 meter worden aangebracht. Uit vooronderzoek van PBZ blijkt dat de toplagen van de ondergrond weinig draagkracht bezitten. Reden waarom PBZ een grondstabilisatie onder de glooiing voorstaat. De grondstabilisatie is uitgevoerd met versterkt sediment.

De doelstelling van de praktijkproef was enerzijds het aantonen dat versterkt sediment uitvoeringstechnisch kan worden aangebracht. Anderzijds was de doelstelling de vervormingen in de laag versterkt sediment te bepalen. Voorliggende rapportage is onderdeel van het Plan van Aanpak zoals opgesteld door Deltares in opdracht van RWS [2].

Uitvoerder van de praktijkproef was Boskalis. Boskalis heeft als combinant binnen de Zeeuwse Stroom (DZS) plaatselijke bekendheid en voert een groot aantal dijkverbeteringwerken uit in Zeeland. De opdrachtgever van Boskalis was Tauw. Tauw was dan ook als opzichter aanwezig op de locatie. Deltares had een adviserende rol, het aanmaken en plaatsen van versterkt sediment.

Als voorbereiding op de praktijkproef is een werkplan opgesteld door Boskalis in opdracht van Tauw [3], en een Programma van Eisen, opgesteld door Deltares [4]. Voorliggende rapportage geeft een overzicht van de uitgevoerde activiteiten zoals omschreven in het Programma van Eisen (PvE) en zoals omschreven in het werkplan. Het dagboek zoals opgesteld door Tauw sluit aan bij voorliggende rapportage (product 5A, [5]).

Ter plaatse van de praktijkproef is voorafgaand aan de uitvoer van de proef een waterbodemonderzoek uitgevoerd door Tauw [6]. Daarnaast is door Tauw een verkennend onderzoek uitgevoerd naar benodigde vergunningen met betrekking tot in de grond gevormde constructies [7]. Deltares heeft ter voorbereiding van de praktijkproef een receptuuronderzoek uitgevoerd [8].

De praktijkproef is uitgevoerd in week 43 tot en met week 45 van het jaar 2011. In de eerste uitvoeringsweek, week 43, zijn de voorbereidende werkzaamheden verricht, waaronder mobilisatie, testen van menginstallaties en inrichten van het werkterrein. Deze voorbereidingen worden hierna benoemd als de mobilisatiefase. De daadwerkelijke proef is uitgevoerd in week 44, hierna benoemd als de uitvoeringsfase. In die periode is het sediment afgegraven en verdund tot een verpompbare slurry. De receptuur zoals ontwikkeld in het laboratorium is allereerst getoetst op de kade in een mengbak, in de zogenaamde 'Test op

Kade'. Vervolgens is het verpompbare sediment vermengd tot versterkt sediment en aangebracht in het ontgraven cunet.

Tijdens week 45 is de praktijkproef afgerond. In deze week is het in depot gezette sediment (afkomstig van de toplaag) teruggebracht en is het werkterrein opgeruimd en schoongemaakt. De monitoringsfase is direct ingegaan na de uitvoeringsfase en loopt door tot april 2012. De monitoringsresultaten zullen na afronden van deze fase in een apart document worden gerapporteerd.

Tijdens de praktijkproef zijn verse mengsels versterkt sediment bemonsterd. Een milieuhygiënische toetsing aan het besluit bodemkwaliteit is uitgevoerd. In het voorbereidende receptuuronderzoek is tevens een milieuhygiënische toetsing van een vers mengsel versterkt sediment aan het Besluit "Bodem kwaliteit" uitgevoerd. De resultaten van de milieuhygiënische toetsingen, uitgevoerd op mengsels uit het laboratorium van Deltares en op mengsels bemonsterd tijdens de praktijkproef, zijn apart gerapporteerd in Bijlage G en H.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport is de mobilisatie fase omschreven. De uitvoeringsfase komt aan bod in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft een korte beschrijving van de monitoringsfase. De conclusies en aanbevelingen zijn terug te vinden in hoofdstuk 5.

2 Mobilisatiefase

De mobilisatiefase bestond in hoofdlijnen uit het aanpassen van de menginstallatie van Faber (2.1), aanvoer materieel (2.2), opbouw menginstallatie (2.3), plaatsen en bemonsteren van de peilbuizen (2.4).

2.1 Aanpassen materieel Faber

Het inmengen van waterglas vond plaats via het mengsysteem van Faber. Hiervoor is een menginstallatie gebruikt, ontwikkeld voor de aanleg van schuimbeton. De installatie bestaat grofweg uit twee onderdelen. Het eerste onderdeel is de vrachtwagen waarin het (in dit geval) sediment wordt gemengd met het bindmiddel (in dit geval CEM III/C). Hiertoe wordt een tank van 6 m³ gevuld met gehomogeniseerd en verpompbaar sediment. De menginstallatie beschikt over twee tanks zodat bij een continue toevoer van verpompbaar sediment, continu versterkt sediment kan worden aangemaakt en aangebracht. Zie Figuur 2.1A voor een illustratie van het eerste onderdeel van de menginstallatie.

Voor het aanmaken van versterkt sediment wordt het gewicht van het sediment in de tank geregistreerd en de hoeveelheid toe te voegen binder berekend. De binder wordt toegevoegd en de 'mix' wordt gemengd tot een homogene slurry. De slurry wordt vervolgens door een buis verpomp met een instelbaar debiet. Deze buis was verbonden aan een giek welke gestuurd kon worden in horizontale en verticale richting. De giek en de hieraan verbonden buis is het tweede onderdeel van de menginstallatie van Faber. Zie Figuur 2.1C, D en E voor een illustratie van het tweede onderdeel van de menginstallatie.

In de laatste meter van de buis was een statische menger geplaatst (Figuur 2.1E). Direct voor deze menger vond de toediening van het waterglas plaats, eveneens met een instelbaar debiet. Deze buis is 1 meter lang en heeft een intern volume van 18 liter. De statische menger zorgt voor efficiënte inmenging van het waterglas binnen enkele seconden, afhankelijk van de ingestelde debieten (slurry en waterglas).

De efficiëntie van deze statische menger is vooraf getest door Faber. Faber heeft hiervoor een gekleurde vloeistof gebruikt met een viscositeit gelijk aan waterglas. Op basis van deze test is geconcludeerd dat het waterglas goed mengbaar is met de slurry. Uit de voorbereidende test van Faber volgde dat bij een pompdebiet van 10 m³/uur slurry, een waterglas dosering van minimaal 20 liter tot maximaal 1820 liter per uur kan worden ingesteld.

Als voorbereiding op de praktijkproef is er eveneens afstemming geweest tussen Boskalis en Faber over het te gebruiken pompsysteem, koppelingen en het toepassen van een zeef in verband met de eventuele aanwezigheid van stenen in het te ontgraven sediment. Er is uiteindelijk geen zeef geplaatst.



A: Mengwagen en giek van Faber, en hydraulische kraan van Boskalis.



B: De twee mengbakken, de pomp en de mengwagen van Faber



C: Giek



D: Uitstroom van versterkt sediment. Gele slang is toevoer van waterglas, in het stuk na de toevoer van waterglas bevindt zich de statische menger.



E: De statische menger

Figuur 2.1 Materieel Faber en Materieel Boskalis

2.2 Aanvoer materieel

In week 43 is een deel van het werkterrein ingericht. Details met betrekking tot inrichting van het terrein staan beschreven in het dagboek van Tauw [5]. Voor het bewerken van het slib tot een homogeen verpompbaar mengsel zijn twee werkwijzen toegepast. Beide werkwijzen worden in het kort beschreven in paragraaf 2.3. Voor het ontgraven en het bewerken van het sediment was het volgende materieel aanwezig op locatie:

- Keet met stromend water en elektriciteit als locatie voor de analyses;
- Hydraulische kraan (Boskalis);
- 1 lage mengbak met een inhoud van ca. 10 m³, als mengbak voor de 'Test op Kade'.

Voor het mengen en aanbrengen van het versterkte sediment was het volgende materieel aanwezig op locatie:

- Menginstallatie (Faber) bestaande uit mengtank 1 en mengtank 2;
- Giekwagen met hieraan verbonden de buis inclusief statische menger en waterglas injectiepunt (Faber);
- Pomp voor het toedienen van waterglas (geen verhoogde temperatuur), Faber;
- Instelbaar debiet waterglas pomp;
- Instelbaar debiet slurry pomp.

Inzet materieel werkmethode 1:

- Vloeistofdichte bak 28 m³ (APS);
- Staafmixer (Delta);
- Slibpomp (Delta);
- Staafmixer (Delta).

Inzet materieel werkmethode 2:

- 1 vloeistofdichte container 28 m³ (APS) + losse mixer (Delta);
- 1 vloeistofdichte container 28 m³ + ingebouwde mixer (Delta);
- 2 stuks verdringingspompen (Delta);
- Aggregaat (Delta).

Laboratoriumfaciliteiten op locatie waren:

- Mudd balans maatbekers en weegschaal voor het bepalen van volumiek gewicht van ontgraven en verpompbaar sediment;
- Weegschaal en magnetron, voor het bepalen van het droge-stofgehalte van het sediment;
- Eijkelkamp pH en elektrische conductiviteit (EC) meter (incl. temperatuur meting en correctie, gekalibreerd voor gebruik) voor monitoring van pH-waarden in grondwater-monsters;
- IKA roermotor met propeller roerblad, voor aanmaken van proefsamples;
- Pocket penetrometer, voor bepalen van indicatieve druksterkte in de tijd;
- monster emmers met deksel;
- stopwatch.

2.3 Opbouw menginstallatie voor verpompen sediment

Op 25 oktober 2011 is Boskalis van start gegaan met het opbouwen van de menginstallatie. Op 26 oktober 2011 zijn de eerste testen uitgevoerd met het homogeniseren en verpompen van het sediment. Het sediment in de haven van Hoedekenskerke is relatief vet en heeft een relatief laag droge-stofgehalte (1.57 kg/dm^3).

2.3.1 Werkmethode 1

De eerste werkmethode is toegepast in week 43. Details met betrekking tot de pompen zijn toegevoegd in bijlage A. De stappen uitgevoerd tijdens werkmethode één waren:

1. Indrukken van sediment

Tijdens het mengproces is de graafbak van de kraan gebruikt om het sediment in den natte uit elkaar te drukken. Zie Figuur 2.2 ter illustratie.



Figuur 2.2 *Bewerking sediment in den natte*

- #### 2. Het slib wordt ontgraven en gedoseerd aangebracht in een vloeistofdichte bak
- Vervolgens is het sediment in kleine beetjes toegevoegd aan de mengbak. Zie Figuur 2.3 ter illustratie.



Figuur 2.3 *Overbrengen van sediment in vloeistofdichtebak*

3. Middels een staafmixer wordt het slib in suspensie gebracht



Figuur 2.4 Het in suspensie brengen van het slib door middel van staafmixer.

4. Het in suspensie gebrachte slib wordt uit de vloeistofdichte bak gepompt. Door middel van een slibpomp



Figuur 2.5 Slibpomp geplaatst in vloeistofdichtebak

Evaluatie

Tijdens de eerste testdag is vastgesteld dat de aanwezige apparatuur niet toereikend was om het sediment te vermalen en in suspensie te brengen. De slibpomp (zoals afgebeeld in Figuur 2.4), had een te laag vermogen om het mengsel in de mengbak in beweging te brengen. Op 28 oktober 2011 is het gelukt een batch homogeen gemengd sediment aan te maken met een volumieke massa van $1.44 - 1.46 \text{ kg/dm}^3$. Hiertoe is naast de slibpomp een staafmixer in de vloeistofdichte bak geplaatst, en is het sediment met kleine beetjes tegelijk toegevoegd.

Aandachtpunten

1. De vereiste dichtheid slib is moeilijk te halen doordat de staafmixer plaatselijk mengt in de vloeistofdichte bak;
2. De slibpomp kan het slib moeilijk overpompen (te laag vermogen en raakt verstopt);
3. Moeilijk vereiste slibmengsel te krijgen.

2.3.2 Werkmethode 2

De tweede werkmethode is toegepast in week 44. Details met betrekking tot de pompen zijn toegevoegd in bijlage A. Gedurende het weekend zijn de pompen stilgezet. Op maandag 31 oktober bleek het sediment dermate te zijn bezonken, dat het niet meer mogelijk was om het gehele volume aan verdunde sediment (circa. 20 m³) in beweging te krijgen. Het was tevens onmogelijk om het materiaal te verpompen naar de volgende mengbak en naar de mengwagen van Faber. Hiertoe is de werkmethode aangepast. De stappen uitgevoerd tijdens werkmethode 2 waren:

1. Het ontgraven van het slib en gedoseerd aanbrengen in een vloeistofdichte bak;
2. Middels een staafmixer wordt de slib in suspensie gebracht;
3. De in suspensie gebrachte slib wordt overgepompt van de rode vloeistof container naar een naastgelegen blauwe vloeistofdichte bak (ingebouwde mixer) waar deze verder homogeen in suspensie wordt gebracht;
4. Uit deze bak wordt het slib overgepompt (middels verdringingspomp) naar een cement mixer. De verdringingspomp is afgebeeld in Øguur 2.6



Figuur 2.6 Verdringingspomp

Evaluatie

1. Met de aanpassingen van de werkwijze is het gelukt om een verpompbare slurry aan te maken. Echter een volumieke massa van circa 1.45 kg/dm³ werd niet meer bereikt. Zie Tabel 2.1 voor een overzicht van de bereikte volumieke massa's.

Aandachtpunten

2. De grote delen in het slib, zoals stenen en bonken klei, moeten eerst verwijderd worden alvorens deze in suspensie worden gebracht (door middel van een zeef);
3. De inzetten (materieel) moeten goed onderzocht worden in verband met de benodigde aggregaat.

		Volumiek gewicht*		
Datum	eenheid	batch	batch	batch
28-10-2011	kg/dm ³	1.44-1.46		
1-11-2011	kg/dm ³	1.29-1.25		
2-11-2011	kg/dm ³	1.17-1.16	1.22	1.26
3-11-2011	kg/dm ³	1.26	1.17	1.40

*Gebaseerd op 2 metingen. Bepaald door het gewicht van een 1 lr. maatbeker te bepalen en te corrigeren voor gewicht van lege maatbeker.

Tabel 2.1 Volumiek gewicht verdund en verpompbaar sediment

2.4 Plaatsen peilbuizen

Er zijn 2 keer 3 peilbuizen geplaatst in de directe omgeving van het cunet. De peilbuizen zijn geplaatst om de pH van het grondwater, gedurende de aanleg van versterkt sediment en na de aanleg van de laag versterkt sediment te kunnen monitoren.

De peilbuizen zijn geplaatst door ABO Milieuconsult op donderdag 27 oktober 2011. Peilbuizen met een grindomstorting en bentonietafsluiting zijn geplaatst, zie Figuur 2.7 A en B. De lengte van de filterbuis was in alle gevallen 1 meter. Op elke locatie is de filterbuis geplaatst op een diepte van NAP -1 tot -2 m en op een diepte van NAP -2 tot -3 m.

In bijlage B is het boorprofiel met de bijbehorende peilbuis weergegeven. In bijlage C is de exacte locatie van peilbuis P3 t/m P6 weergegeven. De exacte locatie van peilbuis P1 en P2 kon niet worden ingemeten in verband met de locatie en de waterstand op dat moment. Een foto van de locaties van de peilbuizen is toegevoegd als Figuur 2.7.

De locaties van de peilbuizen zijn na overleg met RWS aangepast ten opzichte van het Programma van Eisen (PvE) en het werkplan van DSZ [3]. De peilbuizen P1 en P2 konden vanwege het aanwezige talud en de basaltbeschoeiing niet op hoger gelegen delen worden geplaatst. Tevens is door verlenging van het vak (beschreven in paragraaf 3.1) de afstand tussen peilbuis en de laag versterkt sediment afgenomen. De afstand tussen de peilbuizen P3, P4, P5, P6, en de laag versterkt sediment is circa 2 meter aan de onderzijde van het cunet. Aan de bovenzijde van de laag versterkt sediment is de afstand daarbij dus minder dan 2 meter. Een illustratie van de peilbuizen en bemonstering van de peilbuizen is weergegeven in Figuur 2.7.

De peilbuizen zijn na plaatsing direct waterdicht afgesloten. Dit om indringing van zeewater vanaf bovenzijde van de peilbuis te voorkomen. In week 44 zijn de peilbuizen verlengd met 1 meter tot circa NAP +2.5 m. De bovenzijde van de peilbuis kwam hierdoor boven de hoogste waterstand uit. De dop is vervolgens verwijderd bij de start van de mobilisatiefase. Om de peilbuizen te verankeren en omvallen tegen te gaan zijn twee steigerpijpen naast elke peilbuis geplaatst. Hierbij is er zorg voor gedragen dat de steigerpijpen niet direct in de grindomstorting werden geplaatst.

2.4.1 Bemonsteren peilbuizen

Als referentie is voor de aanleg van de laag versterkt sediment het oppervlakte water en het grondwater, onttrokken uit de peilbuizen (P1 t/m P6), bemonsterd. De pH, EC en temperatuur is direct gemeten na bemonstering van de watermonsters. Een beschrijving van de bemonsteringmethode is gegeven in bijlage D.



A: Het plaatsen van peilbuis P3.



B: Het plaatsen van peilbuis P3.



C: Overzicht locaties van alle peilbuizen



D: Bemonstering van peilbuis, onttrekken van grondwater.

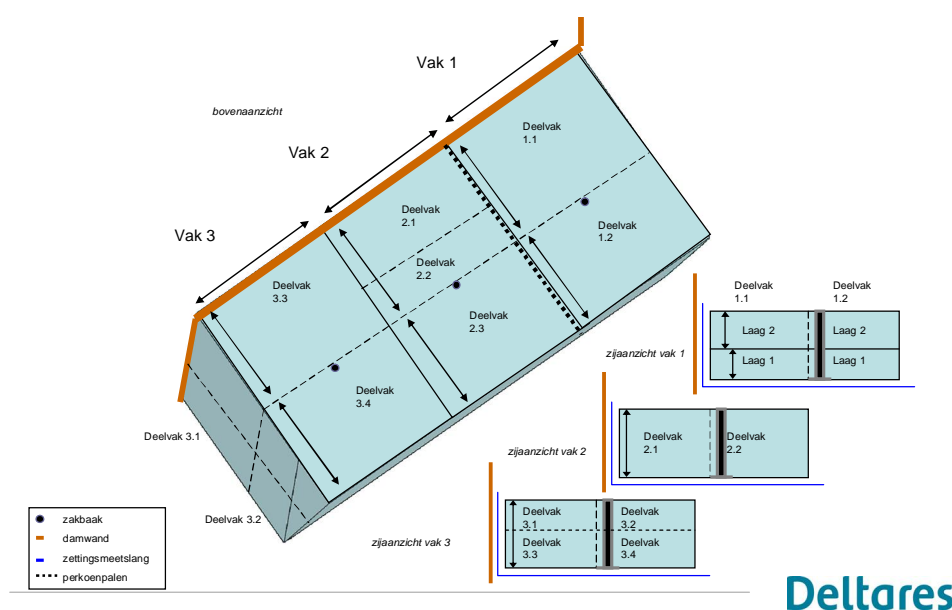
Figuur 2.7 Zetten en bemonsteren van de peilbuizen

3 Uitvoeringsfase

De uitvoeringsfase van de praktijkproef bestond uit het ontgraven van het sediment per vak, het leggen van de zettingsmeetslangen en zetten van de zakbaken, de zogenaamde 'Test op Kade' en het inbrengen van versterkt sediment per vak. Deze onderdelen worden in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Ontgraven cunet en vakken

Op maandag 31 oktober 2011 is het cunet, bestaande uit de vakken 1, 2 en 3, afgegraven tot en met NAP. Het vrijgekomen sediment is afgevoerd naar depot. De vakindeling, zoals werkelijk uitgevoerd, is weergegeven in Figuur 3.1 en Figuur 3.2.



Figuur 3.1 Vakindeling en maten



Figuur 3.2 Situering van het cunet

3.1.1 Ontgraven van de vakken

De afmeting van het cunet wijkt af van het PvE. De revisietekeningen in het werkplan [3] schrijft een afmeting voor van 8 x 30 meter. De vakindeling is gewijzigd in verband met het stortstenen talud aan de noordzijde van Vak 1. Het talud liep verder door dan aangegeven op de revisietekening. In overleg met de opdrachtgever en Boskalis is besloten de vakken te verkleinen en binnen een lengte van 16,5 meter te ontgraven. De breedte van elk vak is hierdoor circa 5.3 meter geworden. Daarnaast is de lengte van het totale vak verlengd van 8 meter naar 9 meter om het aan te brengen volume versterkt sediment te vergroten. De afmetingen van het totale vak kwam hierbij op 9 x 16 meter. Het totale volume van het vak was circa 143 m³. Zie Figuur 3.1 voor een illustratie van het cunet inclusief boven- en zijaanzicht van de vakken.

De drie vakken zijn in den droge ontgraven. Bij ontgraven in den droge van het vak, blijven de wanden van het cunet goed staan (zie Figuur 3.3 en Figuur 3.4). Er treedt vrijwel geen vloeïng op van het sediment. De vakken zijn één voor één ontgraven. De werkwijze was het sediment per vak te ontgraven tot NAP - 1m en per vak het aanbrengen van versterkt sediment tot NAP. Deze werkwijze was niet in overeenstemming met het PvE. Er is besloten om van het PvE af te wijken om twee redenen. Allereerst was er het risico dat de wanden bij hoogwater alsnog zouden instorten. Ten tweede, was het doel een goede afbakening per vak te behouden. Zodoende kon per vak een andere receptuur worden getoetst zonder verloop van het nog vloeiende versterkt sediment naar een aanliggend vak.

Er zijn perkoenpalen en houten platen geplaatst tussen Vak 1 en Vak 2 (Figuur 3.3). Het sediment was namelijk niet stijf genoeg om te functioneren als zijkant (randopsluiting) van een nog uithardend vak versterkt sediment. Vak 1 lag lager dan Vak 2 en bij afschuiven van het talud sediment zou het versterkte sediment vanuit Vak 2 naar Vak 1 uitlopen. Om ontgraven van Vak 1 mogelijk te maken tijdens uitharding van Vak 2, is de afscheiding geplaatst



Figuur 3.3 Inzetten van afscheiding Vak 1 en Vak 2

3.1.2 Sequentie aanleg vakken

De indeling van de vakken is gedurende de uitvoeringsfase aangepast en wijkt daarbij af van het PvE. Ter verduidelijking is een schematisch overzicht toegevoegd (Tabel 3.1).

Door problemen met het verpompen en verdunnen van het sediment op 31 oktober en 1 november is een achterstand opgelopen in de planning. Om de totale proef voor 4 november af te kunnen ronden is besloten af te wijken van het PvE. De aanleg van Vak 2 is als eerste uitgevoerd. De aanleg van dit vak kon worden uitgevoerd tijdens hoog water, en dus voor 12 uur. Op deze manier konden op één dag twee vakken worden aangelegd. Het aanpassen van de planning heeft niet geleid tot een afbreuk van het uiteindelijke resultaat van de praktijkproef.

Onder ideale omstandigheden is het mogelijk om een vak in één keer aan te leggen. Zoals vermeld in paragraaf 2.2, bestaat de menginstallatie van Faber uit twee mengtanks. Als tank 1 gebruikt wordt voor aanleg, dan zou tank 2 reeds aangemaakt worden, en vice versa. Hierdoor zou een continue mengproces kunnen worden bewerkstelligd. Echter, deze werkwijze was niet mogelijk door een onregelmatige toevoer van verdund sediment. De doorlooptijd voor het aanleggen van een vak is hierdoor verlengd van circa 1 à 2 uur naar maximaal 4 uur.

Dag/ Vak nummer	Maandag (31-10)	Dinsdag (1-11)	Woensdag (2-11)	Donderdag (3-11)
mengen sediment				
'Test op Kade'				
1 – laag 1				
1 – laag 2				
2 (in den natte)				
3 (in den droge)				

Tabel 3.1 Volgorde aanleg vakken in de tijd

3.1.3 Werkwijze per vak

De werkwijze zoals toegepast bij vak 1 en vak 3 is aangepast en wijkt daarbij af van het PvE. Ter verduidelijking is een schematisch overzicht toegevoegd (Tabel 3.2D). Het talud loopt af ter plaatse van Vak 1. Om die reden is in één keer Vak 3 aangelegd en Vak 1 in twee lagen. Om verwarring te voorkomen is de codering van de vakken aangehouden zoals vermeld op de tekening "Werkplan Boskalis". Deze codering is echter niet overgenomen door Tauw in het "Dagboek uitvoering praktijkproef Hoedekenskerke".

Vak nummer	Werkwijze	Locatie	Uitvoer datum
Vak 2	In den natte	Middelste vak	Woensdag (2-11)
Vak 1, laag 1	In den droge	Direct naast stortsteen talud; onderste laag	Woensdag (2-11)
Vak 3	In den droge	Vak naast betonnen plaat	Woensdag (2-11)
Vak 1, laag 2	in den droge	Direct naast stortsteen talud; bovenste laag	Donderdag (3-11)

Tabel 3.2 Werkwijze aanleg versterkt sediment per vak

3.2 Inleggen zettingsmeetslangen en plaatsen zakbaken

Op maandag 31 oktober zijn na het ontgraven tot NAP, de zettingsmeetslangen aangelegd. Hiertoe zijn er loodrecht op de kade drie gleuven gegraven tot NAP -1m. Met een hoekpunt van de kraanbak is vervolgens een kleine gleuf aangebracht op een diepte van NAP -1,3m.

Elke zettingsmeetslang is aangelegd in het midden van een vak, dus op een afstand van circa 2.65 meter vanaf de desbetreffende vakrand. Het begin van elke slang is verankerd aan de kade. De slang is vastgedrukt door het dwars opleggen en aandrukken van enkele perkoenpalen, zie Figuur 3.4B. Het ontgraven sediment is vervolgens teruggebracht in de ontgraven sleuf. Vak 1 en Vak 3 zijn vervolgens weer aangevuld tot NAP.

De ligging van de zettingsmeetslangen is niet in overeenstemming met het PvE. Het aanbrengen van de zettingsmeetslangen dwars op de kade was praktisch niet uitvoerbaar en zou de monitoring onnodig hebben bemoeilijkt.

De locatie in NAP-hoogten van de zettingsmeetslangen voor aanleg van de laag zijn weergegeven in Bijlage C. De eerste meting, op tijdstip nul, is uitgevoerd direct na aanbrengen van de eerste laag versterkt sediment voor elk vak.



A: Ontgraven tot 1.30 m –NAP.



B: Inleggen van zettingsmeetslang en verankering van slang door middel van indrukken perkoenpalen.

Figuur 3.4: Aanleg van zettingsmeetslangen

3.3 Bemonsteren versterkt sediment

Voor het bepalen van de geltijd en de sterkteontwikkeling van versterkt sediment, zijn er monsters in het werk genomen. Bij de start van elke proef, of bij aanpassen van de receptuur tijdens het werk, is allereerst de slurry-pomp aangezet. Enkele seconden hierna werd de waterglaspomp aangezet. Nadat zichtbaar de consistentie van het uitstromende versterkt sediment veranderde – overgang van sediment naar versterkt sediment – is er een monster genomen.

Het verse mengsel is bemonsterd door een emmer van 10 liter direct onder de spuitmond te houden. Dit was tijdstip t_0 . De emmer werd tot de helft gevuld. De geltijd is visueel bepaald door de emmer in beweging te brengen en zo de periode te bepalen waarin versterkt sediment nog vloeit en wanneer niet meer (vormvast). De periode tussen t_0 en het moment waarop visueel geen vloeit meer zichtbaar was is vastgesteld als de geltijd van het mengsel. De uitharding van de receptuur is bepaald met behulp penetrometingen (pocket) in de tijd.

De versterkt sediment monsters zijn niet gekoeld opgeslagen gedurende de proefperiode. De emmers zijn afgesloten opgeslagen in het werkhok. Hier was de temperatuur circa 15 á 16°C overdag en circa 10 á 11°C in de nacht.

3.4 Test op kade

Op maandag 31 oktober 2011, aan het einde van de werkdag, is een eerste start gemaakt met de zogenaamde 'Test op kade'. Deze test is afgerond op 1 november 2011, voor de start van aanleg Vak 2. Doel van de test was het toetsen van de receptuur, zoals ontwikkeld in het lab, onder praktijkcondities.

Tijdens de test is de geltijd en uitharding gedurende enkele uren na aanmaak van het mengsel bepaald. Figuur 3.6 toont de sterkteontwikkeling per recept in de tijd. De test is uitgevoerd in de lage 10 m³ mengbak, zie Figuur 3.5. Het volumieke gewicht van het verdunde sediment was tijdens de 'Test op kade' circa 1,4 kg/dm³.

Op maandag 31 oktober is de receptuur in overeenstemming met het labonderzoek aangemaakt. Om verdunning van het versterkt sediment tijdens aanbrengen onder water (in den natte) te voorkomen, dient de geltijd in de orde van seconden te zijn, niet minuten. Tijdens de test bleek dat de geltijd te lang was en de uitharding gedurende de eerste uren te traag verliep voor het aanbrengen van versterkt sediment onder water.

Op dinsdag 1 november 2011 is besloten een reeks recepturen aan te maken met afnemend gehalte aan waterglas. Het gehalte aan waterglas is hiertoe gevarieerd door het pompdebiet van waterglas in stappen af te laten nemen van 0.45 naar 0.15 m³ per uur, bij een constant pompdebiet van de slurry van 5 m³ per uur. De recepturen en de verkregen geltijden staan vermeld in Tabel 3.3.

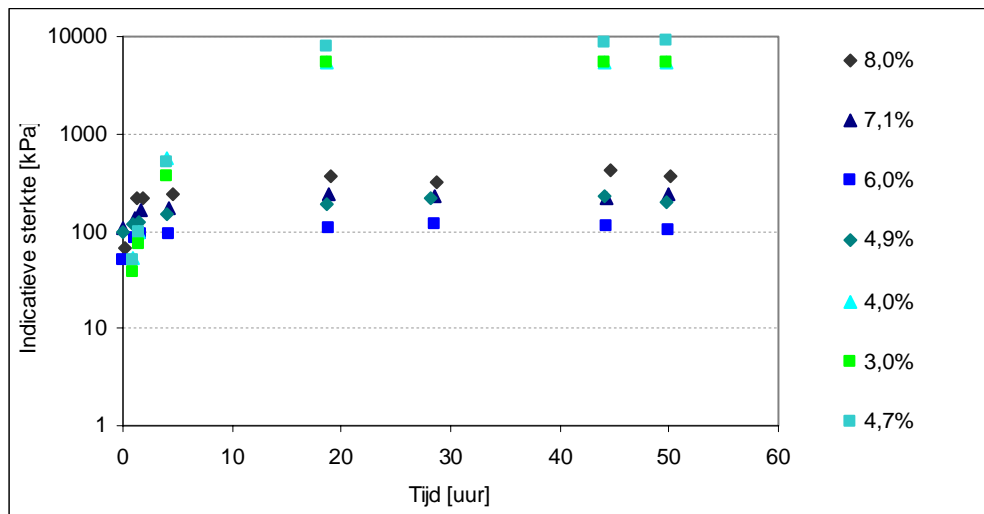
Bij interpretatie van de tabel dient er rekening mee gehouden te worden dat het percentage toegevoegd waterglas is uitgedrukt als volume fractie ten opzichte van de slurry. Er is hier gekozen voor volumieke percentages gezien de variatie in volumieke massa van het verdunde sediment.



Figuur 3.5 Test op Kade

	slurry / waterglas	sediment / CEM III/C	CEM III/C	waterglas	CEM III/C	waterglas	Geltijd	Dichtheid
Code	[m ³ /m ³]	[kg/kg]	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	%gew (eindproduct)	% vol slurry	[sec]	[kg/m ³]
1	12	4,48	240	100	17,1%	8,0%	120	1536
2	14	4,48	242	89	17,2%	7,1%	30	1538
3	17	4,48	244	76	17,3%	6,0%	3	1540
4	20	4,48	247	63	17,5%	4,9%	4	1542
5	25	4,48	249	51	17,6%	4,0%	60	1543
6	33	4,48	251	39	17,8%	3,0%	>60	1545
7	21	4,48	247	60	17,5%	4,7%	13	1542

Tabel 3.3 Test op Kade, recepturen en geltijden



Figuur 3.6 Uitharding versterkt sediment bij afnemend waterglasgehalte, bij een CEM III/C mengfactor van 4.48. Elke serie geeft het volumieke percentage aan waterglas weer in overeenstemming met de waterglaspercentages die berekend zijn ten opzichte van volume slurry

De sterkteontwikkeling gedurende de eerste 50 uur na aanmaak toont aan dat hogere waterglasgehalten, niet per definitie resulteren in een snellere sterkteontwikkeling van het versterkt sediment. Tot een waterglas percentage van 4.7% neemt de sterkteontwikkeling toe bij toename van het waterglas gehalte. Bij een percentage hoger dan 4.7% waterglas neemt de sterkteontwikkeling af na circa 5 minuten. Bij hogere waterglas percentages dan 4.7% worden lagere sterkten bereikt: 100-360 kPa versus > 1 MPa; binnen een periode van 50 uur.

De gemeten geltijd is in de orde van enkele seconden bij een waterglasconcentratie van 6.0% tot 4.7%. Dit is een ideale geltijd voor het storten van versterkt sediment onder het wateroppervlak. Het risico van verdunning door inmenging van water en dus lagere eindsterkten, wordt verkleind door korte geltijden aan te houden. De geltijd bij lagere en hogere waterglaspercentages dan deze range, wordt verlengd naar meer dan 1 minuut. Voor het aanbrengen van versterkt sediment op den droge zijn geltijden in de orde van 1 minuut voldoende.

Op basis van de 'Test op kade' is het recept met 4.7% waterglas geselecteerd voor de aanleg van Vak 2 in den natte. Het recept met 3.0% - 4.7% waterglas is geselecteerd voor de aanleg van Vak 1 en Vak 3. In het laboratoriumonderzoek is een waterglasgehalte van 39 kg op 1 ton sediment vastgesteld. Dit komt overeen met een waterglaspercentage van 4.0%, bij een sediment met volumiek gewicht van 1.46 kg /dm³. Op basis van de uitgevoerde testen kan gesteld worden dat praktijk en laboratoriumcondities goed met elkaar overeenkomen en de vertaalslag van laboratorium naar het veld goed te maken is.

3.5 Werkwijze aanleg vakken

Een overzicht van de uitgevoerde stappen voor het aanmaken van versterkt sediment van een vak versterkt sediment is gegeven in Tabel 3.4 . De hoeveelheid toe te voegen CEM III/C is berekend door het gewicht van het verdunde sediment in tank 1 (onderdeel van de menginstallatie van Faber) te delen door de factor 4.48. De uitkomst geeft het gewicht in kg toe te voegen CEM III/C aan tank 1. De factor 4.48 komt overeen met het vastgestelde receptuur (laboratoriumonderzoek en 'Test op Kade') van 223 kg CEM IIIC per kg sediment.

Handeling	Door	Specificatie
Sediment homogeniseren en verdunnen	Boskalis	19 - 25 m ³
Sediment pompen in Tank 1 Faber, bepalen van gewicht	Boskalis/ Faber	6 m ³
Sediment in Tank 1 mengen met berekende hoeveelheid CEM III/C.	Faber	factor 4.48
Te weinig sediment beschikbaar om Tank 2 Faber te vullen	Probleem pompen	n.v.t.
Debiet waterglas pomp	Faber	0.15-0.45 m ³ /uur
Debiet slurry pomp (sediment + CEM III/C)	Faber	20 m ³ /uur

Tabel 3.4 Overzicht werkwijze aanmaken versterkt sediment

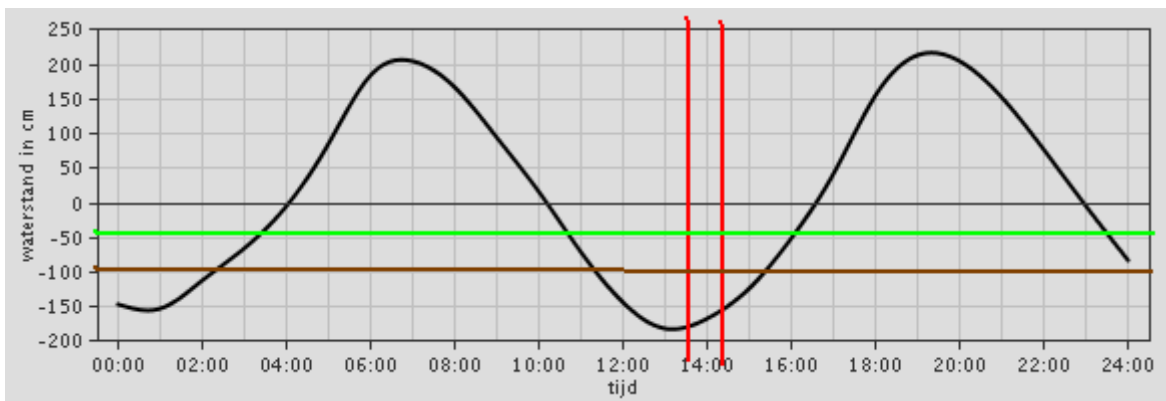
Zoals vermeld in paragraaf 3.1 is de werkwijze per vak aangepast ten opzichte van het PvE. Vak 2 is als eerste aangelegd in den natte. Vak 1 is vervolgens aangelegd in twee lagen in twee dagen en Vak 3 is als laatste aangelegd in één keer in den droge.

3.6 Vak 1: Aanleg in twee gangen in den droge

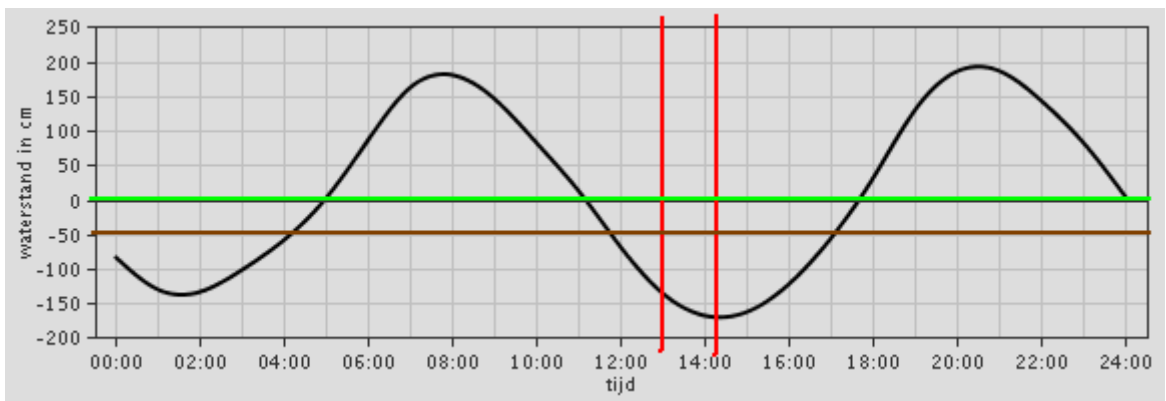
3.6.1 Uitvoeringsperiode

De eerste laag (0,5 m dik) van Vak 1 is aangelegd op 2 november 2011. De tweede laag (0,5 m dik) van Vak 1 is aangelegd op 3 november 2011. Vak 1 is ontgraven tussen 12:00 en 12:40 op 2 november. Om 13:00 is van start gegaan met de aanleg van de eerste laag van Vak 1. De laag was om 13:40 gereed. De tweede laag is aangebracht om 12:30 op 3 november en was gereed om 13:45. De weersomstandigheden op 2 november 2011 waren droog en circa 15 graden. De weersomstandigheden op 3 november 2011 waren droog en circa 16 graden.

De theoretische getijkromme gedurende de aanleg van de lagen in Vak 1 is weergegeven in Figuur 3.7 en Figuur 3.8. De getijkromme van Terneuzen is hiervoor als uitgangspunt gebruikt. Het getij was circa 30 minuten later in Hoedekenskerke dan in Terneuzen. Hiertoe is de werktijd aanduiding in het figuur gecorrigeerd. De tekening geeft dus waterhoogte (ten opzichte van NAP) aan tijdens het werk.



Figuur 3.7 Aanleg laag 1 van Vak 1 bij laag water (9)

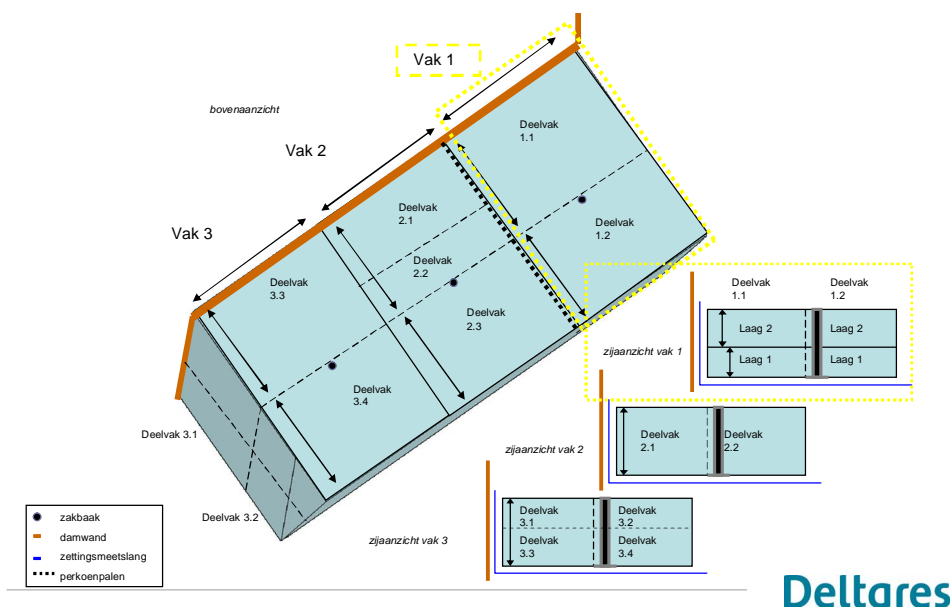


Figuur 3.8 Aanleg van laag 2 in Vak 1 bij laag water (9)

De rode lijnen in Figuur 3.7 en Figuur 3.8 geven de uitvoeringsperiode weer tijdens aanleg van de laag versterkt sediment. De bruine lijn geeft de diepte van het cunet weer voordat het versterkt sediment aangebracht werd. De groene lijn geeft de diepte van het cunet weer na aanleg van de laag versterkt sediment.

3.6.2 Schematisch overzicht Vak 1

Figuur 3.9 geeft een schematisch overzicht van Vak 1 en de deelvakken in Vak 1.



Figuur 3.9 Schematisch overzicht Vak 1 en de Deelvakken 1-1 en 1-2

Deltares

3.6.3 Uitvoering

Hieronder wordt stilgestaan bij de uitvoeringsaspecten. De uitvoeringsaspecten zijn beschreven voor de onderste laag (laag 1) en voor de toplaag (laag 2).

Ad 1 Het aanbrengen van laag 1

Bij laagwater op 3 november werd het zichtbaar dat er een sedimentlaagje aanwezig was van circa 10 tot 15 cm op laag 1. Dit sedimentlaagje en een deel van de laag versterkt sediment is verwijderend door met de kraanbak over het oppervlak van de laag te schrapen. Het laagje, circa 10 cm, was te verwijderen zonder de gehele laag versterkt sediment kapot te trekken. Na het verwijderen van het laagje is laag 1 goed overloopbaar. Hieruit valt af te leiden dat er sterkte is ontwikkeld in laag 1 over een periode van 12 uur bij hoog en laag water. De sterkteontwikkeling wordt in detail omschreven in paragraaf 3.6.4. In totaal is er circa 1 tot 2 m³ aan versterkt materiaal uit Vak 1 verwijderd.

Ad 2 Het aanbrengen van laag 2

De tweede laag is aangebracht op de eerste laag. Deze top laag (2^e laag) is aangelegd nadat er een getij over de eerste laag van Vak 1 is gegaan. Het volumieke gewicht van het verdunde sediment was voor de start van aanleg gedaald tot 1,17 kg/dm³. Voorafgaand aan de aanleg van laag 2 van Vak 1 is getracht het verdunde sediment te verzwaren door extra sediment toe te voegen. Een volumiek gewicht van 1,38 tot 1,40 kg/dm³ is uiteindelijk bereikt.

Tijdens de aanleg van laag 2 is gevarieerd in de methode van aanbrengen. Het versterkt sediment kan in het product zelf worden aangebracht of net boven het product worden aangebracht. 'In het product aanbrengen' verwijst naar het plaatsen van de spuitmond in de laag versterkt sediment. De spuitmond beweegt dan door de reeds aangebrachte laag versterkt sediment. De variant net boven het product aanbrengen, in huidig onderzoek de laag versterkt sediment, is weergegeven in Figuur 3.10

Voordeel van het in het product aanbrengen is de minimale ontmenging indien in den natte wordt gewerkt. Nadeel van in het product zelf aanbrengen is het continue 'openscheuren' van zojuist aangebracht versterkt sediment. De laag wordt hierdoor als het ware kapot getrokken door de spuitmond. Door net boven het product aan te brengen wordt een vlakke aaneengesloten laag verkregen. De werkwijze is geoptimaliseerd tijdens de aanleg van Vak 1 naar de aanleg van Vak 3.

Tijdens de aanleg van laag 2, is getest of het versterkt sediment ook op een helling kon worden aangebracht zonder weg te vloeien. Een illustratie hiervan is gegeven in Figuur 3.10 . Het bleek mogelijk te zijn om de helling van het cunet te bekleden met een laag versterkt sediment. De exacte helling van het cunet is onbekend. De vloeit van het versterkt sediment was echter te groot om laag over laag op te bouwen. Het aanbrengen van versterkt sediment op het talud was geen onderdeel van de doelstelling van de praktijkproef. De observaties tonen echter aan dat indien de mate van vloeit kan worden beperkt, bekleding van een talud met versterkt sediment mogelijk is. De mate van vloeit kan worden beperkt door aanpassen van het receptuur en verhogen van droge-stofgehalte sediment.



A: Afvloeiing van zeewater tijdens aanleg van laag 2 in Vak 1.



Figuur 3.10 Impressie aanbrengen Vak 1, laag 2

3.6.4 Receptuur en sterkte-ontwikkeling

Het volumieke gewicht van het verdunde sediment varieerde tijdens de aanleg van Vak 1 tussen de 1,2 tot 1,4 kg/dm³. Zie Tabel 3.5 voor een overzicht. In Vak 1 zijn er vier verschillende recepturen toegepast. De twee lagen zijn opgesplitst in twee deelvakken Het eerste deelvak, Deelvak 1, liep van de kade tot aan de zakbaak (Figuur 3.9D) Het tweede deelvak, Deelvak 2, liep van de zakbaak tot de rand van het cunet. De recepturen zoals aangebracht per Deelvak in Vak 1 staan vermeld in Tabel 3.5 Dichtheid en watergehalte gehomogeniseerd en verdund sediment

Het pompdebiet van de slurry (sediment + CEM III/C) was 20 m³/uur. Het pompdebiet van het waterglas was 18,4 of 16 m³/uur. Zie Figuur 3.11 voor het verloop van sterkte-ontwikkeling in de tijd.

	Deelvak	Batch in Tank	dichtheid ¹
	Codering	[-]	[ton/m ³]
Sediment oorspronkelijk		-	1.55
Vak 1, Deelvak 1, Laag 1	11-1	batch 1	1.26
Vak 1, Deelvak 2, Laag 1	11-2	batch 2	1.22
Vak 1, Deelvak 1, Laag 2	12-1	batch 1	1.38
Vak 1, Deelvak 2, Laag 2	12-2	batch 2	1.40

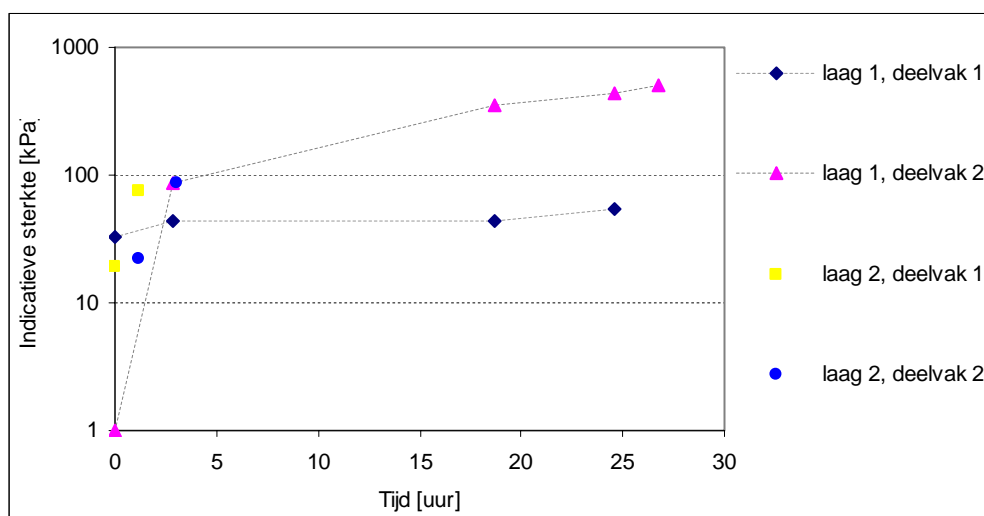
Tabel 3.5 Dichtheid en watergehalte gehomogeniseerd en verdund sediment

Codering	slurry / waterglas	sediment / CEM III/C	CEM III/C	waterglas	CEM III/C	waterglas	Geltijd	Dichtheid
Deelvak	[m ³ /m ³]	[kg/kg]	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	%gew (eindproduct)	% vol slurry	[sec]	[kg/m ³]
11-1	21	4,48	246	60	17,5%	4,7%	40	1406
11-2	25	4,48	240	51	17,6%	4,0%	> 60	1367
12-1	17	4,48	264	76	17,3%	6,0%	20	1521
12-2	21	4,48	270	60	17,5%	4,7%	20	1542

Deelvak: laag nummer - 1 = kade tot zakbaak

Deelvak: laag nummer - 2 = achter zakbaak tot rand cunet

Tabel 3.6 Receptuur Vak 1



Figuur 3.11 Verhardingscurven verse mengsels – Vak 1

1. Methode bepalen dichtheid: plastic cup met inhoud van 1 liter en gewicht van 20 gram, vullen met sediment tot aan rand. Gewicht bepalen op weegschaal (nauwkeurigheid van 0.1 gram).

Na circa 24 uur is er gelopen over laag 1, na afschrapen van het bovenste sedimentlaagje. De laag was goed uitgehard. Deelvak 11-2, achter de zakbaar leek minder goed uitgehard te zijn dan Deelvak 11-1 voor de zakbaak. Dit is bepaald aan de mate waarin men wegzakte in de aangebrachte laag. In Deelvak 11-2 was dit circa 10 cm, in Deelvak 11-1 was dit minder dan 1 cm.

Over de tweede laag is circa 2 uur na aanleg gelopen. Tijdens deze periode was er al voldoende sterkte ontwikkeld om de laag te belopen. De bovenste 5 centimeter, was echter minder goed uitgehard. Zie Figuur 3.10 voor een illustratie. Eveneens, was het stuk achter de zakbaak minder goed beloopbaar als aan de kade, Deelvak 12-1. De concentratie waterglas was hoger in Deelvak 12-1 dan in Deelvak 12-2, zie Tabel 3.6.

De genomen monsters direct aan de spuitmond geven een sterkte aan van minimaal 80 kPa na 24 uur, en een geltijd van 20 tot > 60 seconden. De geltijd van de twee recepturen gebruikt voor laag 1 zijn langer dan bepaald tijdens de 'Test op Kade'. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk het lagere droge-stofgehalte van het sediment (volumiek gewicht sediment tijdens aanleg Deelvak 1, laag 1 was 1.26 versus 1.40 kg/dm³ tijdens de 'Test op Kade').

3.6.5 Volume balans

De volume balans is als volgt:

- Totaal volume van het cunet was circa 33 m³;
- Totaal geschat volume van ingebracht versterkt sediment in laag 1 is 8 m³;
- Totaal geschat volume van ingebracht versterkt sediment in laag 2 is 23,5 m³.

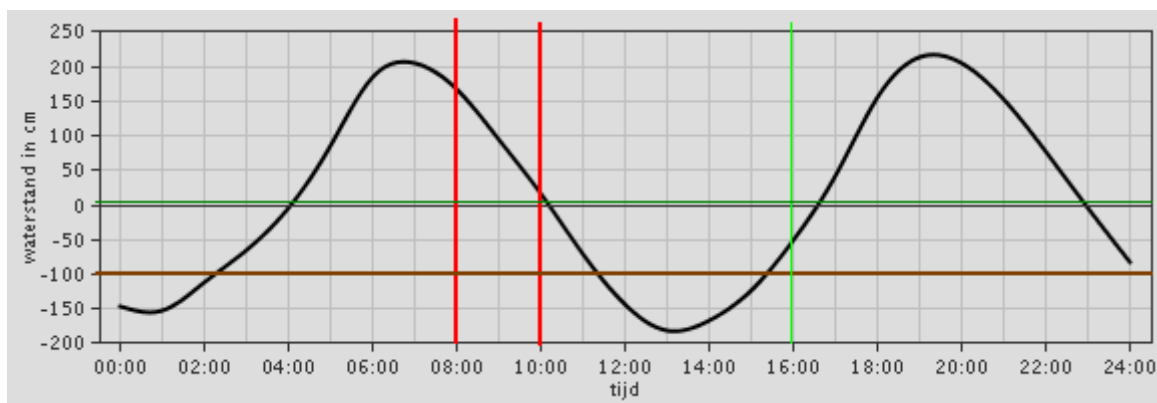
3.7 Vak 2: Aanleg in één gang in den natte

Uitvoeringsperiode

Vak 2 is ontgraven op 1 november 2011. Voor aanvang van het werk op 2 november 2011 is er één keer hoogwater overheen gegaan. De invloed van het getij op de bodem en zijanten van het cunet kon niet worden vastgesteld aangezien de aanleg van Vak 2 plaatsvond in den natte.

Op woensdag 2 november 2011 is Vak 2 in twee gangen onder water aangelegd. De eerste laag is ingebracht van 8:30 tot 9:45. De tweede laag is aangebracht van 11:15 tot circa 12:00. Vak 2 is in gangen aangebracht aangezien er problemen waren met toevoer van verpompbaar, verdund sediment. Zie voor een korte samenvatting van deze problemen paragraaf 2.3 en de notitie van Tauw (kernmerk: 4717605DFJ-V01). De weersomstandigheden waren droog en circa 15 graden.

De theoretische getijkromme gedurende de aanleg van lagen in Vak 2 is weergegeven in Figuur 3.12. De getijkromme van Terneuzen is hiervoor als uitgangspunt gebruikt. Het getij was circa 30 minuten later in Hoedekenskerke dan in Terneuzen. Hiervoor is de werktijd aanduiding in het figuur gecorrigeerd. De tekening geeft dus de theoretische waterhoogte (NAP hoogtes) aan tijdens het werk.

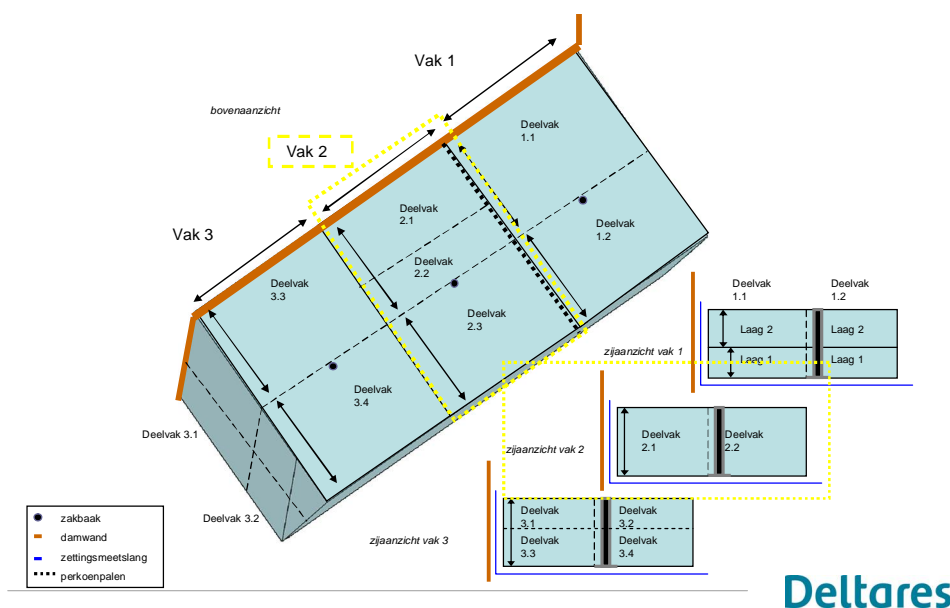


Figuur 3.12 Aanleg van Vak 2 bij laag water (9)

De rode lijn in Figuur 3.12 geeft het getij weer tijdens aanleg van de laag versterkt sediment. De bruine lijn geeft de diepte van het cunet weer voor de start van de aanleg. De donker-groene lijn geeft de diepte van het cunet weer na aanleg van de laag versterkt sediment. De lichtgroene lijn geeft aan wanneer er over het vak is gelopen.

Schematisch overzicht Vak 3

Figuur 3.13 geeft het schematisch overzicht van Vak 2 en de deelvakken in Vak 2.



Figuur 3.13 Schematisch overzicht Vak 2

3.7.1 Uitvoering

Ten aanzien van de uitvoering worden hieronder de volgende punten beschreven:

- 1 Conditie tijdens het terugstorten;
- 2 Visuele observaties tijdens terugstorten.

Ad 1 Conditie tijdens aanbrengen laag

Het waterniveau was circa 2,15 meter boven de onderzijde van het cunet bij aanvang van het inbrengen van het versterkt sediment. Zie Figuur 3.14 voor een impressie van de aanleg.

Tijdens het opstarten is de waterglaskraan onbedoeld opengezet voordat de sedimentpomp open was gezet. Gevolg hiervan was een kortstondige vrijloop van waterglas van circa 10 liter, direct in het oppervlaktewater ter plaatse van het cunet. Circa 10 minuten na het sluiten van de waterglaskraan is er een monster genomen van het oppervlaktewater. De pH bleek te zijn gestegen van 7.2 naar 8.

De methode van aanbrengen is gevarieerd tijdens het aanleggen van Vak 2. Om deze reden is Vak 2 ook opgedeeld in deelvakken. Een schematische weergave van Vak 2 en de indeling van Vak 2 is weergegeven in Figuur 3.13. De locatie van de deelvakken en bijbehorende werkwijze waren:

- Deelvak 2-1 - tegen damwand tot aan perkoenpaal nr. 13: de spuitmond werd op een hoogte van ca. 15 cm onder het wateroppervlak gehouden. Dit was gelijk aan circa 2 meter boven de te storten laag bij aanvang van het werk. De laag versterkt sediment onder water was tijdens aanleg niet zichtbaar;
- Deelvak 2-2 - van perkoenpaal nr. 13 tot aan zakbaak: versterkt sediment aangebracht in het product zelf. Dit betekende dat de spuitmond in de laag versterkt sediment is aangebracht (circa 15 cm) en zodoende inmenging met water wordt beperkt. Situatie onder water was deels zichtbaar tijdens aanleg;
- Deelvak 2-3 - vanaf zakbaak tot achterzijde cunet: versterkt sediment aangebracht net boven de reeds aangebrachte laag. De spuitmond was net onder water. Tijdens de aanleg van dit deelvak was het zeewater al zover gedaald dat de situatie onder water zichtbaar werd.

Ad 2 Visuele observaties tijdens aanbrengen laag

Voor het aanzetten van de sedimentpomp vermengde het waterglas zich kortstondig met het oppervlaktewater en waren er tijdelijk kleine witte wolken zichtbaar. De observaties tijdens het aanbrengen van de deelvakken staan hieronder beschreven:

- Deelvak 2-1: tijdens terugstorten van versterkt sediment in het water vormde er zich een relatief kleine troebele wolk. Binnen enkele minuten was deze wolk verdwenen. Dit is een indicatie voor 'kapotslaan' van vormvast product in kleine onderdelen doordat met kracht in het oppervlakte water werd gespoten. Het verdwijnen van de wolk binnen enkele minuten toont aan dat vlokken zijn gevormd die meteen bezinken;
- Deelvak 2-2: laag aanbrengen in het product zelf lijkt niet de juiste methode te zijn – de structuur die was gevormd wordt kapot gescheurd door de spuitmond. Optimale manier van aanbrengen is opspuiten bij circa 15 cm boven het product;
- Deelvak 2-3: aangebracht door spuitmond zo dicht mogelijk tegen het product aan te houden zonder de spuitmond daadwerkelijk in het product te plaatsen. Dit lijkt de optimale methode van aanbrengen te zijn in den natte. De hoogte van de spuitmond boven de laag was niet precies in te stellen of te bepalen. De afstand tussen spuitmond en laag is ingeschat op circa 5 a 10 cm.

Als onder water wordt gewerkt is het handig om een rooster uit te zetten en hoogtelijnen te spannen ter oriëntatie of gebruik te maken van GPS en bijvoorbeeld standopnemers voor positionering van de spuitmond. Nu was het moeilijk om de spuitmond in een rechte lijn te bewegen op een constante hoogte.

Het versterkt sediment treedt in verschillende 'vormen' uit de spuitmond. Dit kan een vormvaste 'worst' zijn of meer spetterende spray. De vorm waarin het versterkt sediment uit de spuitmond treedt, verhoudt zich sterk tot het volumieke gewicht van het verpompbare sediment.



A: Waterniveau vlak voor start van aanleg Vak 2.



B: Aanleg Vak 2, Deelvak 2-1, in den natte. Kleine wolk zichtbaar



C: Aanleg van Vak 2, Deelvak 2-3.



D: Overlopen van Vak 2 op 3-11-2011, circa 24 uur na aanleg. Zijkant van Vak 2 blijft staan bij ontgraven van Vak 3 (rechter hoek).

Figuur 3.14 Aanleg Vak 2 in den natte

3.7.2 Receptuur en sterkteontwikkeling

Het volumieke gewicht van het verdunde sediment varieerde tijdens de aanleg van Vak 2 tussen de 1,22 tot 1,24 kg/dm³. Zie voor een overzicht Tabel 3.7. In Vak 2 zijn twee verschillende recepturen gebruikt.

In Deelvak 2-1 is een waterglasgehalte van 4,9% toegepast. In Deelvak 2-2 en 2-3 is een waterglasgehalte van 4,7% toegepast. De recepturen zoals aangebracht per Deelvak zijn weergegeven in Tabel 3.8. Het pompdebiet van de slurry (sediment + CEM III/C) was 20 m³/uur. Er zijn twee monsters van het versterkt sediment genomen direct bij de spuitmond. Zie Figuur 3.15 voor het verloop van sterkteontwikkeling in de tijd.

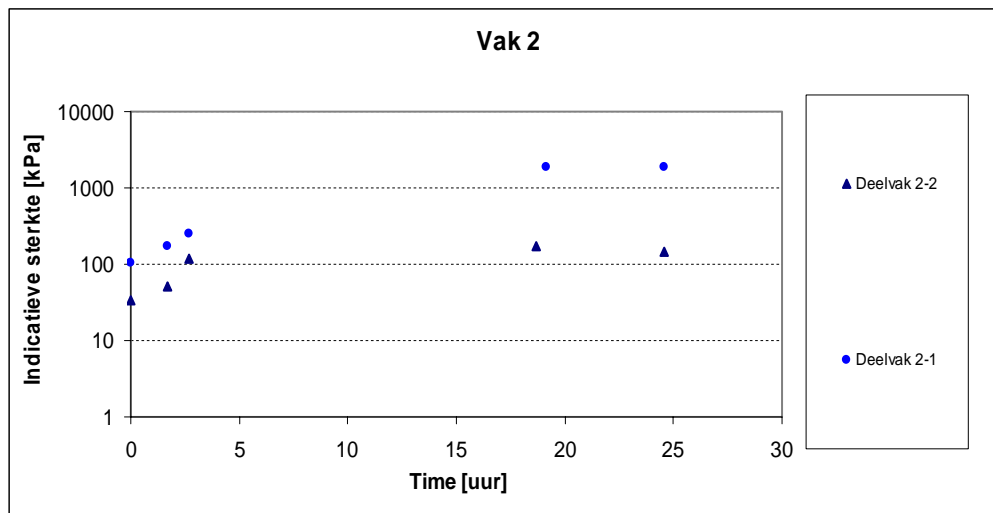
	dichtheid ²
	[ton/m ³]
Sediment oorspronkelijk	1.55
Sediment verdund Deelvak 2-1 en 2-2	1.221
Sediment verdund Deelvak 2-3	1.240

Tabel 3.7 Volumieke massa gemengd en verdund sediment

Deelvak	slurry / waterglas	sediment / CEM III/C	CEM III/C	waterglas	CEM III/C	waterglas	Geltijd	Dichtheid
Locatie	[m ³ /m ³]	[kg/kg]	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	%gew (eindproduct)	% vol slurry	[sec]	[kg/m ³]
2-1	20	4,48	238	63	17%	4,9%	20	1368
2-2	21	4,48	242	60	17%	4,7%	30	1387
2-3	21	4,48	242	60	17%	4,7%	30	1387

Tabel 3.8 Receptuur gebruikt in Vak 2

2. Methode bepalen dichtheid: plastic cup met inhoud van 1 liter en gewicht van 20 gram, vullen met sediment tot aan rand. Gewicht bepalen op weegschaal (nauwkeurigheid van 0.1 gram).



Figuur 3.15 Verhardingscurven verse mengsels – Vak 2

Op 2 november 2011 is er om circa 15:30 over de laag versterkt sediment gelopen. Dit was circa 4 uur na aanleg. De laag was op dit moment al draagkrachtig. Een toplaag van enkele centimeters dik was niet gebonden en was niet draagkrachtig. Waarschijnlijk is dit een laagje waarin het versterkt sediment was verdund met water, door opwerveling tijdens aanbrengen.

De genomen monsters gaven een gemiddelde sterkte van circa 200 kPa tot > 1 MPa na 25 uur uitharden. De sterkteontwikkeling in verhouding tot het percentage toegevoegd waterglas komt overeen met de resultaten van de 'Test op Kade'. De geltijd van de proefstukken varieerde tussen de 20 tot 30 seconden.

Op 3 november 2011 is om circa 10 uur in de ochtend de zijkant van Vak 2 (aan de zuidkant – scheiding met Vak 3) ontgraven. Aan deze zijde van Vak 2 stond geen afscherming. De zijkant van de laag zakte niet weg en was stevig genoeg om te blijven staan (zie Figuur 3.1).

3.7.3 Volumebalans

De volumebalans is als volgt:

- Totaal volume van het cunet was circa 44 m³;
- Totaal geschat volume van ingebracht versterkt sediment onder water is 28,6 m³.

Het verschil tussen het volume cunet ontgraven en ingebracht volume versterkt sediment kan niet worden verklaard gebaseerd op de meetgegevens. Er is een mogelijkheid dat de randen van Vak 2 deels zijn ingestort bij hoog water.

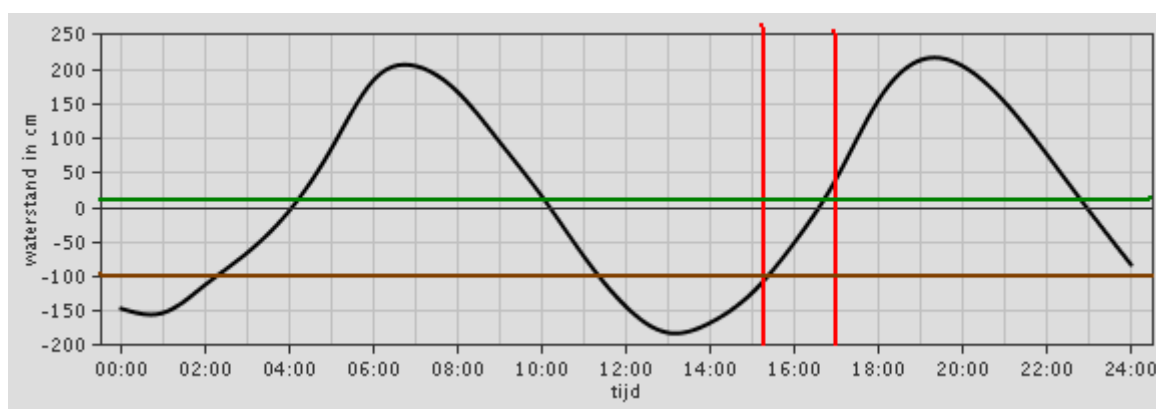
3.8 Vak 3: Aanleg in één gang in den droge

3.8.1 Uitvoeringsperiode

Vak 3 is ontgraven en aangelegd in den droge op woensdag 2 november 2011. Het inspuiten van versterkt sediment is uitgevoerd van 14:50 tot circa 16:30. Het vak is in 4 gangen aangelegd, aangezien er problemen waren met het verpompen van verdund sediment. De weersomstandigheden waren droog en circa 15 graden Celsius.

De theoretische getijkromme gedurende de aanleg van de lagen in Vak 3 is weergegeven in Figuur 3.16. De getijkromme van Terneuzen is hiervoor als uitgangspunt gebruikt. Het getij was circa 30 minuten later in Hoedekenskerke dan in Terneuzen. Hiertoe is de werktijd-aanduiding in de figuur gecorrigeerd. De tekening geeft dus waterhoogte (ten opzichte van NAP) aan tijdens het werk.

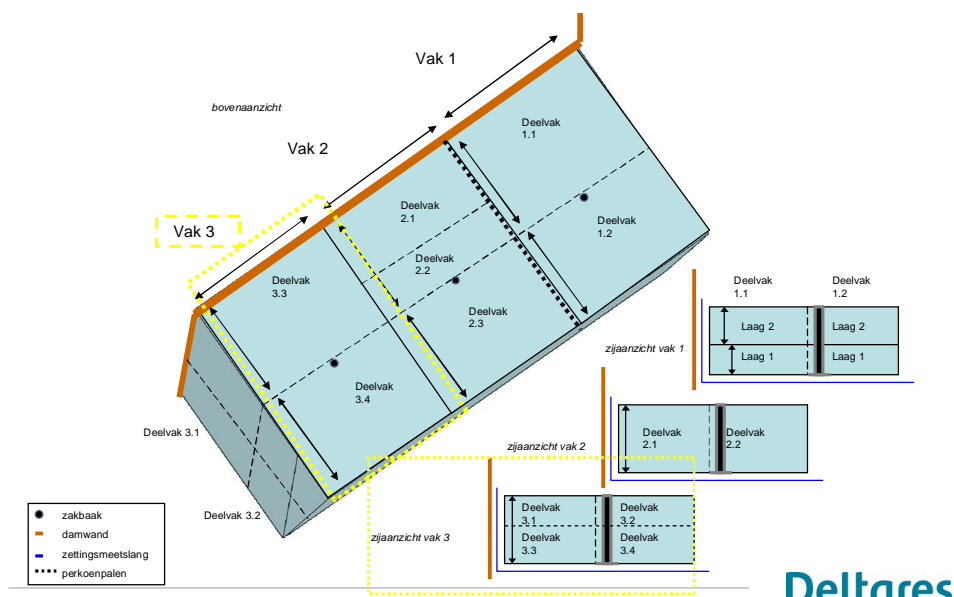
De rode lijnen in Figuur 3.16 geeft de uitvoeringsperiode weer tijdens aanleg van de laag versterkt sediment. De bruine lijn geeft de diepte van het cunet weer voordat het versterkt sediment aangebracht werd. De groene lijn geeft de diepte van het cunet weer na aanleg van de laag versterkt sediment.



Figuur 3.16 Getijde tijdens aanleg van Vak 3 (9)

3.8.2 Schematisch overzicht Vak 3

Figuur 3.17 geeft het schematisch overzicht van Vak 3 en de deelvakken in Vak 3.



Figuur 3.17 Schematisch overzicht Vak 3

3.8.3 Uitvoering

Ten aanzien van de uitvoering worden hieronder de volgende punten beschreven:

- 1 Condities tijdens aanleg;
- 2 Visuele observaties tijdens aanleg.

Ad 1 Condities tijdens aanleg

Het versterkt sediment is gestort in Vak 3 in den droge. Er stond vrijwel geen water meer in het cunet voor aanvang van de aanleg. Dit in tegenstelling tot aanleg van Vak 1, en vanzelfsprekend Vak 2. Door problemen met de pompen is het volumieke gewicht van het verdunde sediment verder gedaald tot circa $1,17 \text{ kg/dm}^3$. Zie Tabel 3.9 voor een overzicht. Om dit te compenseren is er voor gekozen om het gehalte aan binder, CEM III/C, iets te verhogen. Het vak is aangelegd in vier verschillende deelvakken, zie Figuur 3.17 voor een overzicht:

- Deelvak 3-1 – onderste laag; tegen damwand tot aan de zakbaak;
- Deelvak 3-2 – onderste laag; van zakbaak tot achterzijde van cunet;
- Deelvak 3-3 – bovenste laag; tegen damwand tot aan de zakbaak;
- Deelvak 3-4 – bovenste laag; van zakbaak tot achterzijde van cunet.

Ad 2 Visuele observaties tijdens aanleg

Het versterkt sediment verliet de spuitmond in de vorm van een spetterende spray. Hierdoor kon de laag in Vak 3 mooi vlak worden aangelegd en afgewerkt. De vorm waarin het versterkte materiaal de spuitmond verlaat is grotendeels afhankelijk van het watergehalte van het sediment. De toplaag van Vak 1 is aangelegd met een veel zwaarder sediment (1.40 kg/dm^3). Het materiaal verliet de spuitmond bij de aanleg van Vak 1 meer in de vorm van een worst. Zie Figuur 3.18 voor een illustratie van de aanleg van Vak 3.



A: Cunet Vak 3 en begin van onderste laag



B: Aanbrengen van toplaag in Vak 3.



C: De dag na aanleg van Vak 3 (3-november)



D: Overlopen van Vak 3 een dag na aanleg (3-november)

Figuur 3.18 Aanleg van Vak 3 in den droge

3.8.4 Receptuur en sterkteontwikkeling

Het volumieke gewicht van het verdunde sediment daalde tijdens de aanleg van Vak 3 van 1,26 naar 1,17 kg/ dm³. Zie voor een overzicht Tabel 3.9.

In Vak 3 zijn er vier verschillende recepturen toegepast. De recepturen zoals aangebracht per situatie zijn weergegeven in Tabel 3.10. Er is gevarieerd met het gehalte aan binder, CEM III/C, en met gehalte aan waterglas. Het pompdebiet van de slurry (sediment + CEM III/C) was 20 m³/uur. Het pompdebiet van het waterglas was 18 of 24 m³/uur. Zie Figuur 3.19 voor het verloop van sterkteontwikkeling in de tijd.

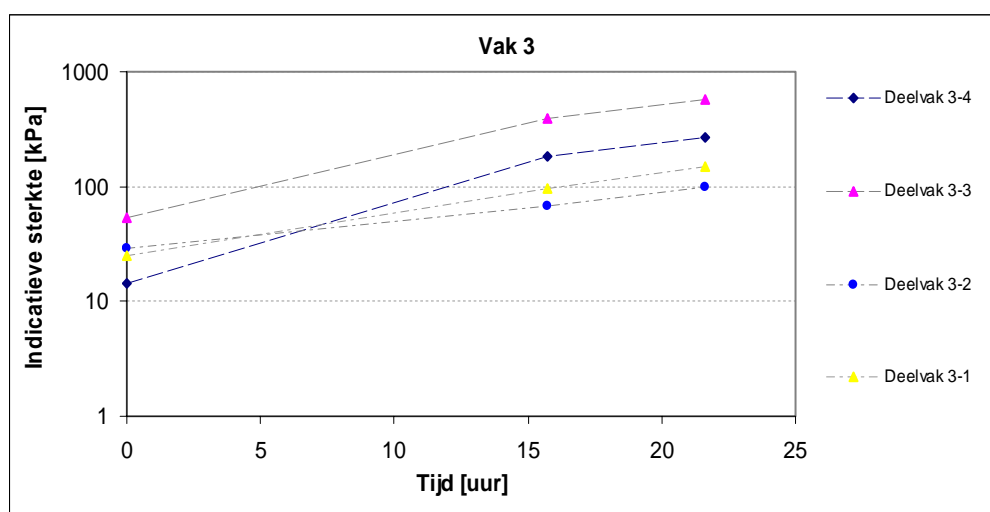
	dichtheid ³
	[ton/m ³]
Sediment oorspronkelijk	1,55
Sediment gebruik aanleg deelvak 3-1	1,26 → 1,17
Sediment gebruik aanleg deelvak 3-2	1,18
Sediment gebruik aanleg deelvak 3-3	1,17
Sediment gebruik aanleg deelvak 3-4	1,17

Tabel 3.9 Volumieke gewicht van verdund sediment

3. Methode bepalen dichtheid: plastic cup met inhoud van 1 liter en gewicht van 20 gram, vullen met sediment tot aan rand. Gewicht bepalen op weegschaal (nauwkeurigheid van 0.1 gram).

	slurry / waterglas	sediment / CEM III/C	CEM III/C	waterglas	CEM III/C	waterglas	Geltijd	Dichtheid
locatie	[m ³ /m ³]	[kg/kg]	[kg/m ³ eindproduct]	[kg/m ³ eindproduct]	%gew (eindproduct)	% vol slurry	[sec]	[kg/m ³]
Deelvak 3-1	21	4,48	246	60	17,5%	6,0%	40	1406
Deelvak 3-2	17	4,48	228	76	17,2%	4,7%	>60	1328
Deelvak 3-3	17	4,01	251	76	18,8%	6,0%	>60	1333
Deelvak 3-4	21	4,01	254	60	19,0%	4,7%	>60	1333

Tabel 3.10 Recepturen aangelegd in Vak 3



Figuur 3.19 Sterkte ontwikkeling van monsters genomen tijdens aanleg van Vak 3

Op 3 november 2011 is er rond 13:00 over de laag versterkt sediment gelopen ter plaatse van Vak 3. Dit was circa 20 uur na aanleg (Zie Figuur 3.18D). In deze periode is het vak dus tweemaal ondergelopen door het opkomende getij. Het stuk vanaf de kade tot aan de zakbaak (deelvak 3-1) was zeer hard. Bij overlopen was ook de bovenste 10 cm van de toplaag uitgehard. In het stuk vanaf de zakbaak tot aan het achterkant van het cunet (deelvak 3-4) was dit niet het geval en was de toplaag van 10 à 15 cm minder goed uitgehard. Dit is te zien aan de voetstappen op in Figuur 3.19D.

De genomen monsters gaven een gemiddelde sterkte van 100 tot circa 600 kPa na 25 uur uitharden. Het verschil in sterkteontwikkeling tussen Deelvak 3-3 en 3-4, zoals waargenomen in het vak zelf, wordt bevestigd door de resultaten in Figuur 3.19. Het sterkteverschil tussen de monsters 3-3 en 3-4, en 3-2 en 3-1 wordt veroorzaakt door het kleine verschil in binder-concentratie. Het gehalte aan waterglas lijkt van minder grote invloed te zijn.

De geltijd van de proefstukken varieerde tussen de 40 seconden tot meer dan 1 minuut. De relatief lange geltijd werd veroorzaakt door het lage volumieke gewicht van het verdunde sediment (zie Tabel 3.9).

3.8.5 Volume balans

De volume balans is als volgt:

- Totaal volume van het cunet was circa 45.5 m³;
- Totaal geschat volume van ingebracht versterkt sediment is 49 m³.

4 Monitoring

Voorafgaand en tijdens de aanleg van de vakken 1, 2 en 3 is de pH van het grondwater en het oppervlaktewater gemeten. De zettingen van de ondergrond tijdens aanleg en na aanleg van de vakken is eveneens gemeten. De pH-metingen tijdens de aanleg en 2 maanden na de aanleg van het vak versterkt sediment zijn opgenomen in deze rapportage. De zettingsmetingen en de pH metingen uitgevoerd (en nog uit te voeren) tot maart 2012 zullen gerapporteerd worden in een aparte monitoringsrapportage (oplevering medio 2012).

4.1 Sterkteontwikkeling

Na het weekend op maandag 7 november 2011 is getracht om een handsondering uit te voeren in alle vakken. De toplaag in elk vak was dermate uitgehard dat dit niet mogelijk was. Deze observatie geeft aan dat een sterkte meer dan 1 MPa is bereikt binnen een periode van 4 tot 5 dagen na aanleg van de vakken.

4.2 Watermonsters en pH

De details van de metingen zijn terug te vinden in Bijlage E. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de gemeten pH en EC in watermonsters genomen van peilbuis P1 t/m P6. De pH en EC van het zeewater waren respectievelijk 7,84 en 37 – 38 mS/cm. De pH van het oppervlakte water tijdens de aanleg van Vak 2 had een waarde van 8.2. De waarden zoals gemeten op 1 november 2011 gelden als de nulmeting. Op het tijdstip dat de watermonsters waren genomen was er nog geen versterkt sediment aangebracht in het cunet.

1-11-2011	Peilbuis	Diepte filter	Temp	pH	EC
Vak	No.	[m-mv]	°C	[-]	[mS/cm]
1	P1	200-300	17,2	7,55	35,8
1	P2	100-200	17,3	7,18	37,9
2	P3	200-300	18,2	7,02	38
2	P4	100-200	16,9	7,00	37,6
3	P5	200-300	16,7	7,11	36,5
3	P6	100-200	17	7,10	37,1
2-11-2011	Peilbuis	Diepte filter	Temp	pH	EC
Vak	No.	[m-mv]	°C	[-]	[-]
1	P1	200-300	16,2	7,37	34,3
1	P2	100-200	16,4	7,36	36,2
2	P3	200-300	16,5	7,08	38
2	P4	100-200	15,6	7,22	36,1
3	P5	200-300	16	7,17	36,7
3	P6	100-200	15,8	7,24	37,6

Tabel 4.1 Overzicht pH en EC waarden watermonsters

3-11-2011	Peilbuis	Diepte filter	Temp	pH	EC
Vak	No.	[m-mv]	°C	[-]	[-]
1	P1	200-300	15,4	7,16	33,1
1	P2	100-200	15,3	7,16	34,7
2	P3	200-300	15,3	6,87	37,7
2	P4	100-200	15,4	7,17	35,2
3	P5	200-300	15,4	7,04	36,5
3	P6	100-200	15,4	7,15	36,7

Tabel 4.2 Overzicht pH en EC waarden watermonsters

Er treedt geen significante toename op van de pH in het 'grondwater' gedurende de aanleg van de vakken versterkt sediment. Tijdens het aanleg van versterkt sediment in den natte (vak 2) is enkel een kortstondige verhoging gemeten van de pH-waarde van het oppervlaktewater. Dit is hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door het tijdelijk vrij uitstromen van waterglas tijdens het opstarten in het oppervlaktewater, voorafgaande aan het openzetten van de slurry pomp (zie paragraaf 3.7).

1-11-2011	Peilbuis	Diepte filter	Temp	pH
Vak	No.	[m-mv]	°C	[-]
Oppervlakte water (3 locaties)			n.b.	7,60
1	P1	200-300	n.b.	n.b.
1	P2	100-200	n.b.	n.b.
2	P3	200-300	9,6	6,87
2	P4	100-200	9,2	6,94
3	P5	200-300	9,1	7,23
3	P6	100-200	9,4	7,32

Tabel 4.3 pH- en EC-waarden van watermonsters na aanleg van laag versterkt sediment

De pH is tevens gemeten op 12 december 2011. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.3. Er treedt geen significante toename op van de pH in het 'grondwater' circa 5 weken na aanleg van de vakken versterkt sediment. Het was niet mogelijk om watermonsters te onttrekken aan peilbuis 1 en 2. Deze peilbuizen waren vanuit veiligheidsoogpunt ontoegankelijk ten tijde van het bezoek.

5 Leerpunten, Conclusies en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden kort enkele leerpunten omschreven en conclusies gegeven van de praktijkproef. Afsluitend worden er enkele aanbevelingen gedaan.

5.1 Leerpunten

Tijdens de praktijkproef zijn ervaringen opgedaan die van waarde kunnen zijn voor de aanleg van versterkt sediment onder praktijkcondities in de toekomst. Hierbij dient te worden vermeld dat deze leerpunten zijn gebaseerd op praktijkervaringen opgedaan onder de specifieke condities van Hoedekenskerke. De volgende leerpunten zijn getrokken uit de aanleg van de vakken:

- Het homogeniseren en verdunnen van het sediment om het vervolgens te kunnen verpompen bleek lastig te zijn. Het duurde even voordat de juiste configuratie van apparatuur en mengmethode gevonden was om een continue stroom van verdund sediment naar de mengwagen te krijgen. De gevonden werkmethode was het sediment eerst opdelen in kleine delen en in kleine delen toevoegen aan de mengbak. Daarnaast levert, met het gebruikte sediment ter plaatse van Hoedekenskerke, het langdurig stopzetten en laten bezinken van het verdunde sediment problemen op bij het opnieuw opstarten. Hier dient rekening mee te worden gehouden;
- Eerst sedimentpomp aanzetten en dan pas waterglaspomp aanzetten. Dit om onnodig verlies van waterglas tegen te gaan en onnodig inbrengen van ongebonden waterglas in het oppervlakte water te beperken;
- Methode van aanbrengen: de spuitmond net boven het product houden. Het versterkte sediment wordt kapot getrokken indien het wordt aangebracht in het product zelf. Ook in het geval dat het versterkt sediment onder water aangebracht wordt hoeft de spuitmond niet in het product gehouden te worden. De verdunning is minimaal, verharding treedt op en er is vrijwel geen vertroebeling geconstateerd.

5.2 Conclusies

De volgende conclusies kunnen getrokken worden naar aanleiding van de praktijkproef te Hoedekenskerke:

1. Een sterkte van meer dan 1 MPa is bereikt na 5 dagen, ondanks de variatie in aanlegmethode. De geteste variaties waren in één of twee lagen aangebracht, in den natte of in den droge;
2. De laag versterkt sediment is na minimaal 2 uur uitharden overloopbaar op een toplaag van 10 centimeter na. De laag versterkt sediment is na 24 uur goed overloopbaar;
3. Gezien de sterkteontwikkeling is de verwachting dat na een periode van 5 dagen materieel kan rijden over de grondverbetering;
4. Het recept zoals ontwikkeld in het laboratorium van Deltares komt goed overeen met het recept zoals toegepast in de praktijk;
5. In het gehalte aan waterglas is er een kritisch omslagpunt in sterkteontwikkeling waargenomen. Bij een toediening van waterglas boven dit gehalte (4,7% volume waterglas op volume slurry, onder huidige condities) neemt de sterkteontwikkeling gedurende de eerste uren af in plaats van toe. Dit omslagpunt is vastgesteld onder de geldende omstandigheden. In algemene zin dient bij uitvoer van een

- proef het omslagpunt bepaald te worden voor het daadwerkelijke werk kan beginnen;
6. Het systeem van waterglas en CEM III/C werkt goed voor het versterken van specifiek maritiem, zout sediment, zoals aanwezig ter plaatse van de jachthaven van Hoedekenskerke;
 7. Bij aanbrengen van versterkt sediment onder water, zoals beproefd tijdens de praktijkproef, treedt nagenoeg geen vertroebeling op van het omgevingswater. De vertroebeling die optreedt is kortstondig;
 8. Het mengen van sediment met CEM III/C en het daadwerkelijk aanbrengen van de laag versterkt sediment is relatief snel uit te voeren, op voorwaarde dat de toevoer aan verpompt sediment continu is. Bij een pompdebit van 20 à 21 m³/uur is een laag van 40 m³ dus binnen 2 uur aan te brengen.

Aan de hand van de praktijkproef zoals uitgevoerd in Hoedekenskerke is te concluderen dat versterkt sediment uitvoeringstechnisch kan worden aangebracht als grondverbetering. Hiertoe is het eerste deel van de doelstelling van de praktijkproef behaald.

5.3 Aanbevelingen

De volgende aanbeveling is geformuleerd op basis van de resultaten van de praktijkproef zoals uitgevoerd in de haven van Hoedekenskerke.

De sterkteontwikkeling van versterkt sediment onder praktijkomstandigheden op de langere termijn geeft een eerste indicatie van de levensduur van versterkt sediment toegepast als grondverbetering. Hiertoe wordt geadviseerd om tijdens het ontmantelen van de laag minimaal een kern per vak te steken en de druksterkte te laten bepalen door middel van een vrije prismaproef. De laag versterkt sediment zal naar alle waarschijnlijkheid in maart – april 2012 ontmanteld worden tijdens het eigenlijke dijkverbeteringswerk. Tevens wordt geadviseerd om twee kernen te nemen uit de monsteremmers zoals zijn beproefd tijdens de Test op Kade en hiervan tevens de druksterkte te bepalen. Hiertoe kan de invloed van het waterglasgehalte op de druksterkte van het uitgehard versterkt sediment worden bepaald.

A Details pompen

Verdringerpompen gehuurd via DELTA Impex

Ingezet zijn lobbenpompen met gehard stalen pomphuis en NBR rubber lobben. Deze pompen zijn zelfaanzuigend en geschikt voor het verpompen van afvalwater en slib. Type pomp VX186-130 voorzien van een elektromotorereductor met een uitgaand toerental van 390 toeren per minuut. Dit geeft een pompopbrengst van 80m³/h bij 50Hz. Met behulp van een frequentieregelaar kan het toerental en daardoor de opbrengst omlaag worden gebracht. Bij 20Hz is de opbrengst 20m³/h. Voor dit type pomp is deze opbrengst erg laag. Een voordeel is wel dat de doorlaat van de pomp relatief groot is en dat bij dit toerental de kans op cavitatie minder is.

Beperkingen van inzet van een lobbenpomp.

Vermijd grove delen zoals stenen, hout e.d. Deze voorwerpen veroorzaken een verhoogde slijtage aan de lobben en aan de pomphuischalen. Tijdens de test zijn stenen in de pomp terechtgekomen die flinke schade hebben veroorzaakt aan de lobben en het pomphuis. Enkele malen zijn de pompen geblokkeerd hierdoor hebben ook de aandrijvingen schade opgelopen.

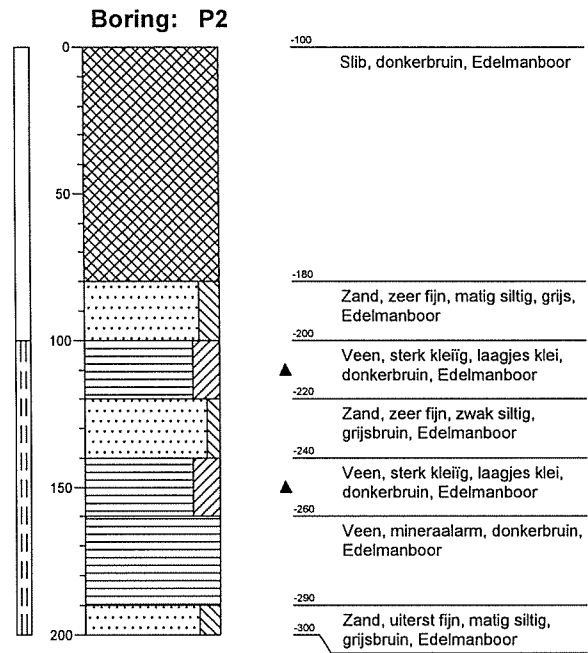
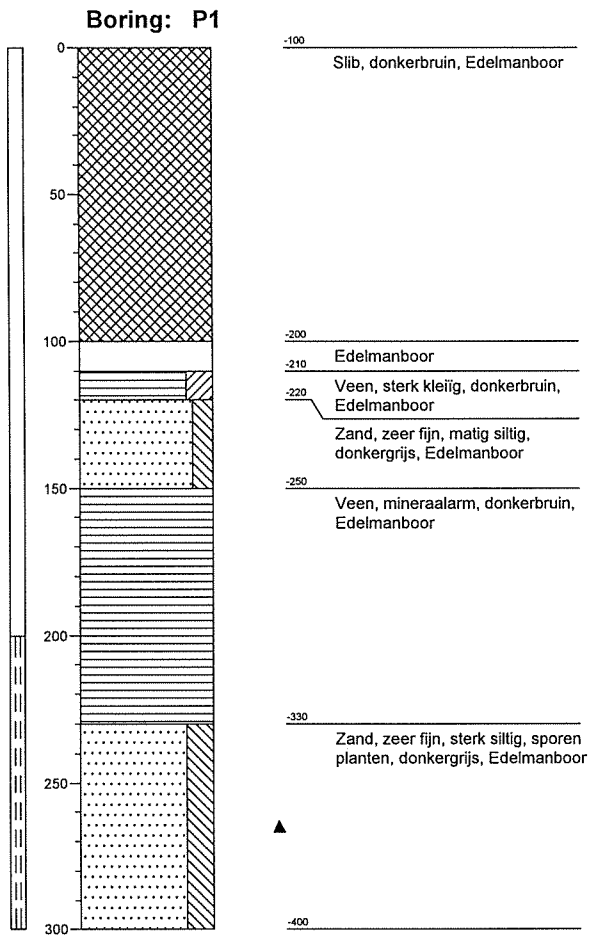
Vermijd inzet bij visceuze vloeistoffen. Bij zeer stroperige vloeistoffen bestaat de kans dat de pomp gaat caviteren door onvoldoende vulling en onvoldoende toevoer naar de pomp. Tijdens de test waren in de eerste container grote brokken klei aanwezig die niet door het roerwerk opgeroerd konden worden. Deze brokken klei veroorzaakten verstoppingen aan de zuigslang van de pomp.

Advies m.b.t. inzet pompen in de toekomst.

- Toevoer van slibwatermengsel afzeven op ca. 40mm. Grove delen klei, stenen, hout e.d. kunnen dan niet in pomp terechtkomen.
- Vloeistofdichtecontainer voorzien van roerwerk wat niet geraakt (beschadigd) kan worden door de hydraulische kraan.
- Juiste pomptype (pompgrootte) selecteren bij de gewenste opbrengst per uur.

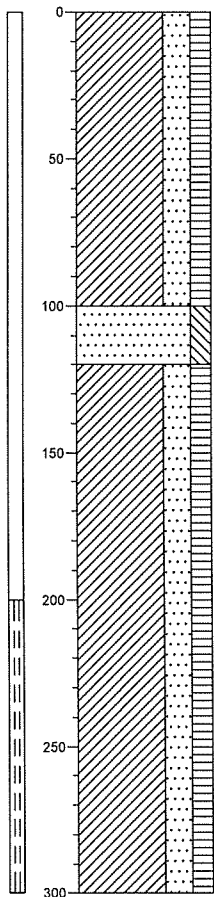
B Boorprofielen pijlbuizen

Boorprofielen



Boorprofielen

Boring: P3



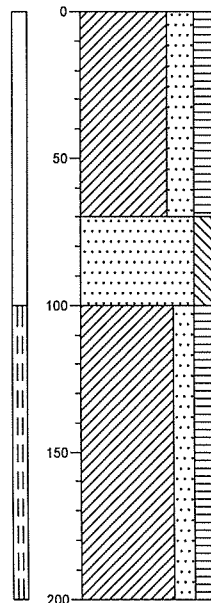
150
Klei, sterk zandig, matig humeus,
grijszwart, Edelmanboor

50
Zand, zeer fijn, matig siltig,
grijsbruin, Edelmanboor

30
Klei, sterk zandig, matig humeus,
grijs, Edelmanboor

-150

Boring: P4



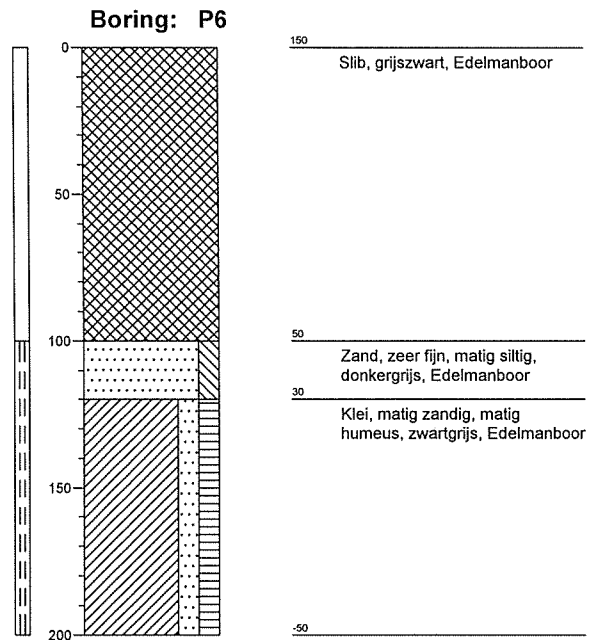
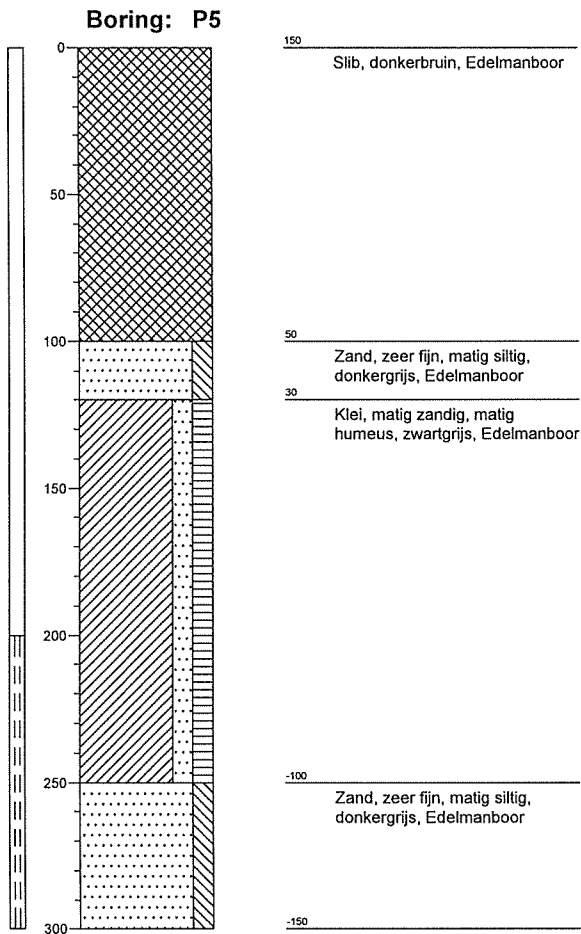
150
Klei, sterk zandig, matig humeus,
donkerbruin, Edelmanboor

80
Zand, zeer fijn, matig siltig,
grijsbruin, Edelmanboor

50
Klei, matig zandig, matig
humeus, Edelmanboor

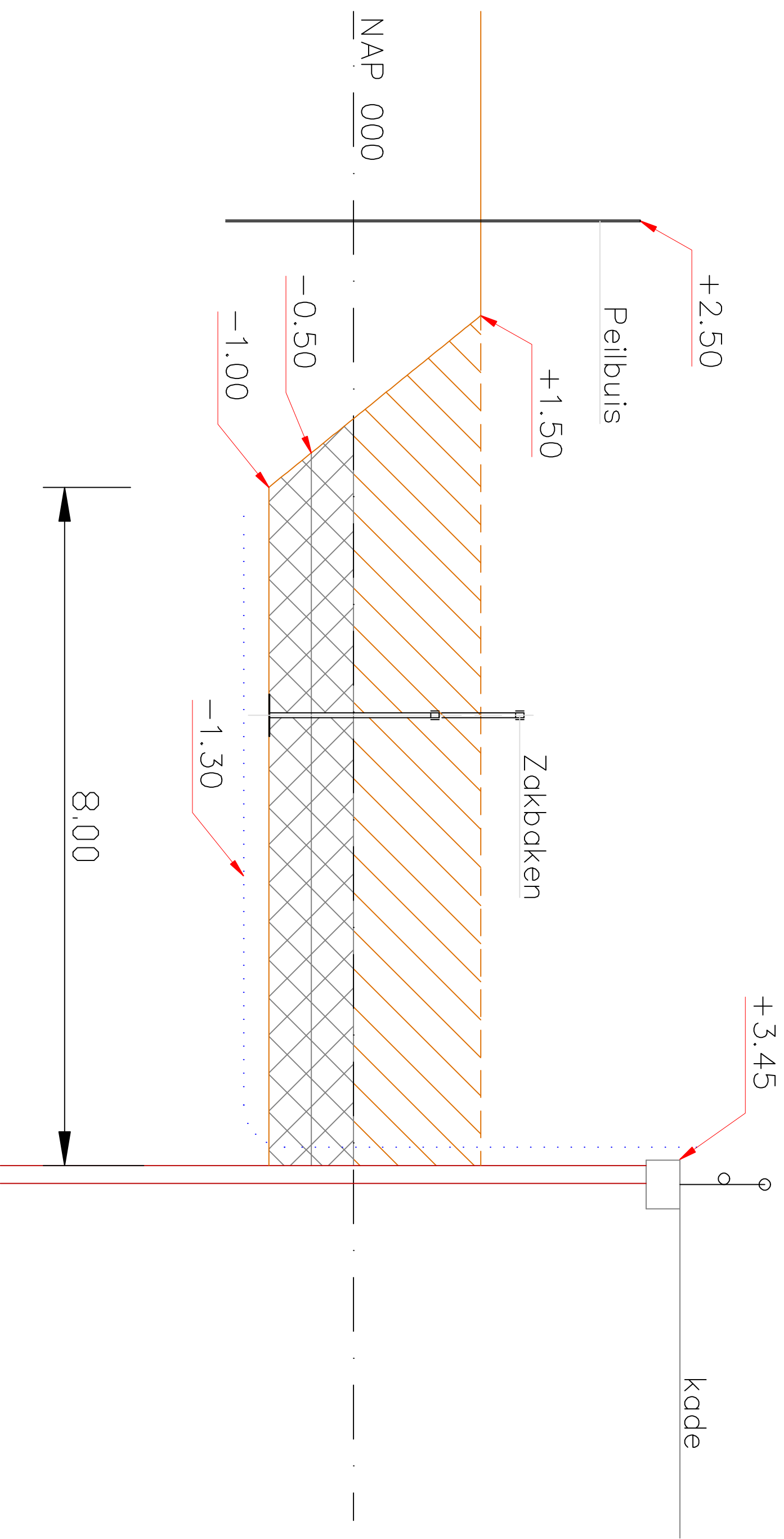
-50

Boorprofielen

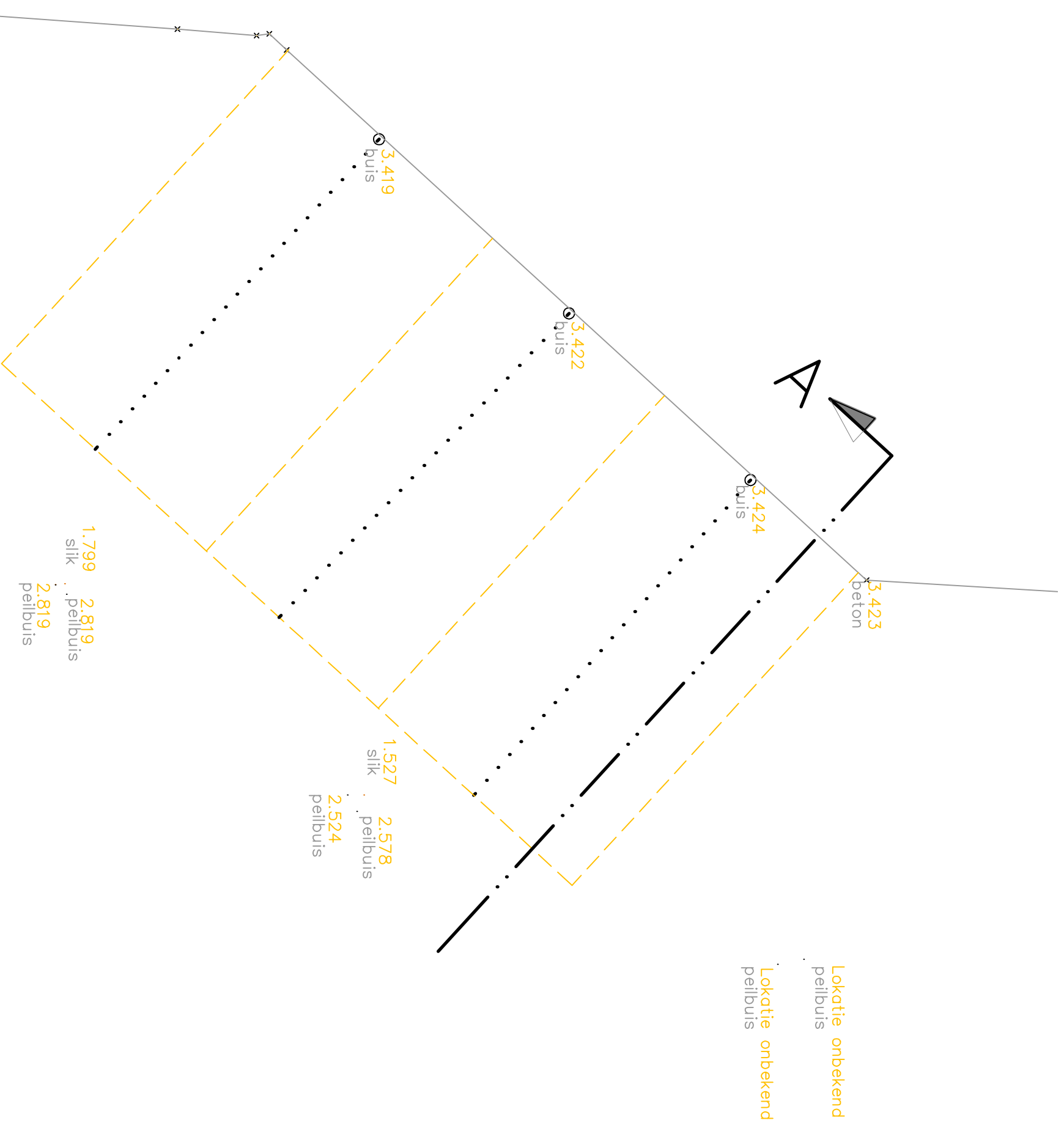


C Locatie peilbuizen en zettingsmeetslangen

DWP A



Werk : Grondverbetering Hoedekenskerke	
Onderdeel: Dwarsprofiel A	
Formaat : A3	Schaal : 1:50
Hoogten : t.o.v. NAP	Maten : m
Get. : PDH	Datum : 31-10-'11
Bestek : xxxx	Tek. nr: S-534-05



Werk : Grondverbetering Hoedekenskerke	
Onderdeel: Peilen	
Formaat : A3	Schaal : 1:100
Hoogten : t.o.v. NAP	Maten : m
Get. : PDH	Datum : 31-10-'11
Bestek : xxxx	Tek. nr: S-534-01

D Bemonsteringmethode peilbuizen

Wegens beperkte tijd is de hoeveelheid voor gepompt water (voor monster nemen) beperkt, en bij benadering genoteerd in de tabel zoals gepresenteerd in bijlage E. De toestroom snelheid is gemeten door eerst de buis volledig leeg te pompen, en vervolgens gedurende 5 minuten te pompen, en de opbrengst te meten.

Bij buis P6 is slechts 1 minuut gemeten, omdat de toestroom snelheid heel hoog is. In de tabel staat het vijfvoudige van die minuut meting (ml/5min).

De tijd waarop de het sample is genomen is bij benadering, er kan geen verwarring komen met samples, want er is op 01-11-2011 maar 1 monster per buis genomen.

De snelheid van de slangen pomp is tijdens het monster nemen op een vrij lage stand gezet, snelheid 3, oftewel twee klikken hoger dan het minimum.

Buizen P4 en P3 zijn licht verbogen (waarschijnlijk zonder te knikken) door afschuiven van het zeer steile instabiele talud aan de rand van het meetvlak.

Na afloop van de meting zijn buizen P1 en P2 verlengd met 2 meter, en P3 P4 P5 en P6 met 1 meter.

E Meetresultaten peilbuizen

Metingen Hoedekenskerke 01-11-2011

Buisnummer	P6	P5	P4	P3	P2	P1
Starttijd (hh:mm)	11:20	10:35	11:35	12:23	12:50	13:17
Buislengte label (m)	2	3	2	3	2	3
Hoogte boven maaiveld (m)	1	1	1,6	1,7	0,7	0,75
Waterniveau vanaf top buis (m)	1,45	1,5	1,92	1,93	1,01	1,17
Gemeten diepte buis (m)	3,03	4,03	3,03	4,03	3,03	4,03
Voor gepompt water voor monstername (l)	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5
Monstertijd (hh:mm)	11:30	11:00	12:10	12:40	13:15	13:28
Toe stroomsnelheid (ml/5min)	4250	490	190	490	240	130

Metingen Hoedekenskerke 02-11-2011

	P6	P5	P4	P3	P2	P1
Waterniveau vanaf top buis (m)	1,38	1,45	1,78	1,8	0,15	0,43
Tijdstip waterhoogte	09:56	09:50	10:40	10:50	11:56	11:55
Voo gepompt water voor monstername (l)	1,8	2,4	1,4	2,3	2	2,8
Tijdstip voorpompen	10:00	09:55	10:47	10:55	12:25	12:35
Tijdstip monster nemen	10:36	10:15	12:23	12:01	14:30	14:14
Pompsnelheid monster nemen (ml/min)	100	100	200	200	200	200

Metingen Hoedekenskerke 03-11-2011

	P6	P5	P4	P3	P2	P1
Waterniveau vanaf top buis (m)	1,05	2,05	1,88	2,08	0,53	0,63
Tijdstip waterhoogte	09:05	09:25	12:41	12:57	13:50	13:49
Voor gepompt water voor monstername (l)	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5
Tijdstip monster nemen	09:20	09:38	12:55	13:05	14:15	14:02
Pompsnelheid monster nemen (ml/min)	200	200	200	200	200	200

Metingen Hoedekenskerke 04-11-2011

	P6	P5	P4	P3	P2	P1
Waterniveau vanaf top buis (m)	1,09	1,48	1,83	1,83	0,04	0,27
Tijdstip waterhoogte	08:52	08:54	12:37	12:39	13:30	13:34
Voor gepompt water voor monstername (l)	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5
Tijdstip monster nemen	09:08	09:16	13:15	13:03	13:47	14:15
Pompsnelheid monster nemen (ml/min)	200	200	200	200	200	200

F Conclusie Milieuhygiënische Toetsing

Deltares heeft ter voorbereiding van de praktijkproef een receptuuronderzoek uitgevoerd (8). In dit laboratoriumonderzoek is tevens een milieuhygiënische toetsing van een vers mengsel versterkt sediment aan het Besluit "Bodem kwaliteit" uitgevoerd. In de praktijkproef zijn tevens verse mengsels bemonsterd en getoetst aan het besluit bodemkwaliteit. Ter plaatse van de praktijkproef is voorafgaand aan de uitvoer van de proef een waterbodemonderzoek uitgevoerd door Tauw (6). Daarnaast is door Tauw een verkennend onderzoek uitgevoerd naar benodigde vergunningen met betrekking tot in de grond gevormde constructies (7).

De resultaten van de milieuhygiënische toetsingen, uitgevoerd op mengsels uit het laboratorium van Deltares en op mengsels bemonsterd tijdens de praktijkproef, staan in deze bijlage beschreven. Het eerste deelhoofdstuk beschrijft de resultaten tijdens het receptuuronderzoek. Het tweede deelhoofdstuk beschrijft de resultaten van de toetsing uitgevoerd tijdens de praktijkproef. Afsluitend geeft het laatste hoofdstuk een samengestelde conclusie van deze twee toetsingen.

G Milieuhygiënische Toetsing Receptuuronderzoek

Memo

Aan
Ruud Termaat

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
20 mei 2011	1202972-002-GEO-0007	8
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Dianne den Hamer Erik Vastenburger	+31 (0)88 33 57 272	dianne.denhamer@deltares.nl

Onderwerp
Versterkt sediment praktijkproef Hoedekenskerke,
Milieuhygiënische Toetsing

Besluit bodemkwaliteit

Voorafgaand aan de praktijkproef heeft er overleg plaatsgevonden tussen Tauw, Deltares en het bevoegd gezag betreffende het Besluit bodemkwaliteit en toepassing van versterkt sediment. Een samenvatting van dit gesprek is opgenomen in Bijlage 1. De opzet van de milieuhygiënische toetsing is gebaseerd op paragraaf 4.2 in het rapport Technische beschrijving praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke, opgesteld door Tauw [1].

Het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) stelt regels voor het toepassen van onder andere steenachtige materialen als bouwstof¹. Versterkt sediment kan worden beschouwd als een steenachtig materiaal, aangezien het uit meer dan 10 % [m/m] uit calcium, silicium en of aluminium bestaat. Door de toevoegingen aan het oorspronkelijke sediment, verkrijgt het versterkt sediment een verhoogd gehalte aan de elementen silicium en calcium. Het versterkt sediment wordt als bouwstof toegepast in de vorm van een monolietlaag. Deze toepassingsvorm kan worden aangeduid een duurzame vormvaste vorm.

De milieuhygiënische toetsing van het versterkt sediment is opgedeeld in twee onderdelen. Onderhavige memo betreft het eerste onderdeel. De rapportage van het tweede onderdeel zal na het werk (door Deltares of door de ZS) worden opgeleverd.

1. Toetsing aan het Bbk van in het laboratorium gevormde proefstukken versterkt sediment.
2. Toetsing aan het Bbk van in het werk bemonstert versterkt sediment.

De eerste toetsing levert vooraf aan het werk een indicatief bewijs van kwaliteit. De tweede toetsing is uitgevoerd om te controleren of de proefstukken zoals gevormd onder laboratorium omstandigheden vergelijkbaar zijn in samenstelling en emissie met de in de praktijk gevormde bouwstof.

Milieuhygiënische Toetsing

De bouwstof versterkt sediment zal worden toegepast als een 'vormgegeven bouwstof'. De doorlooptijd van een emissieonderzoek zoals voorgeschreven voor 'vormgegeven' bouwstoffen is relatief lang, circa 64 dagen. Het besluit geeft de mogelijkheid om de doorlooptijd te verkorten door te toetsen zoals voorgeschreven is voor 'niet vormgegeven' bouwstoffen. Door

¹ Bouwstof: materiaal waarin de totaalgehalten aan silicium, calcium of aluminium tezamen meer dan 10 gewichtsprocent van dat materiaal bedragen, uitgezonderd vlakglas, metallisch aluminium, grond of baggerspecie, dat is bestemd om te worden toegepast [Besluit Bodemkwaliteit, Hoofdstuk 1 Algemene bepalingen].

het vergroten van het contactoppervlak tussen bouwstof en vloeistof wordt de doorlooptijd van het emissieonderzoek verkort. Het resultaat van het emissieonderzoek geeft echter een worst-case scenario weer.

Door middel van uitloog- en samenstellingsonderzoek uitgevoerd volgens de norm voor niet-vorm gegeven bouwstoffen, worden voor het materiaal representatieve waarden verkregen. Deze waarden zijn getoetst aan de huidige samenstelling- en emissiewaarden voor een niet-vorm gegeven bouwstof (zoals benoemd in Bijlage A van het besluit).

Proefstukken zijn aangemaakt volgens het recept zoals is vastgesteld aan de hand van het receptuuronderzoek [2], zie tabel 1 voor de algemene samenstelling van het recept.

Tabel 1.: Receptuur voor het verkrijgen van 1 m³ versterkt sediment

Code	Waterbodem	CEM III/C	C0070	w-schelde water	Totaal gew.	ρ_{nat}
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dm ³]
1.5	1050	207	35	155	1447	1.45

Het protocol 1003 Monsterneming voor Partijkeuringen Vormgegeven Bouwstoffen [3], welke de bemonstering van het te toetsen materiaal voorschrijft, geeft meerdere opties voor het moment van bemonstering. Partijen vormgegeven bouwstoffen kunnen op de volgende manieren worden bemonsterd:

1. monsterneming van grondstoffen en/of grondstoffenmengsels,
2. monsterneming van verste mengsels,
3. monsterneming van verhard materiaal (de eigenlijke vorm gegeven bouwstof),

zie figuur 1 voor een overzicht.

Er is gekozen voor optie twee. Het verse mengsel is bemonsterd en direct afgevoerd naar Analytico. Na 1 week opslag is het verharde materiaal voorbehandeld en geanalyseerd. De monsternaming is niet uitgevoerd volgens AP-04M aangezien een partijkeuring niet mogelijk is bij een in de grond gevormde bouwstof.

Figuur 1: Tabel 1 typen monsterneming protocol 1003.

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de typen monsterneming.

Tabel 1 Typen monsterneming

type materiaal	type monsterneming	te bemonsteren materiaal aan de hand van voorbeelden
Grondstof	bemonsteren grondstoffen en/of grondstoffenmengsel	droge mortels (al of niet verpakt)
vers mengsel	bemonsteren verse mengsel	Betonspecie Mortelspecie Asfaltspecie
Stukslakken	bemonsteren grove materialen ¹⁾	Hoogovenstukslak Fosforslak LD-staalslak
Elementen	bemonsteren verhard materiaal (elementen)	Betonelementen Bakstenen Kalkzandsteenblokken
Wegen/terreinverhardingen	bemonsteren verhard materiaal middels kemboringen	Asfaltwegdek Betonvloer

ad 1 Deze materialen worden bemonsterd als zijnde niet-vormgegeven bouwstoffen. Analyse en toetsing van het op basis van deze grondstoffen geproduceerde product als vormgegeven bouwstof.

1 Preparatie proefstukken en bemonstering

Preparatie

De proefstukken zijn aangemaakt volgens het protocol zoals vermeld staat in de rapportage van het receptuuronderzoek [1]. Er is een overmaat aan hoogovencement CEM III/C en waterglas C0070 toegevoegd, om de bovengrens van de receptuur te toetsen aan het Bbk. In het werk zal waarschijnlijk de receptuur worden aangepast om tot een zo goed mogelijk werkbaar materiaal te komen. Er zijn 6 proefstukken aangemaakt. De exacte samenstelling staat vermeld in tabel 2.

Tabel 2.: Receptuur voor het verkrijgen van 1 m³ versterkt sediment

Proefstuk	sediment MIX_1 ²	CEM III/C	W- schelde water ³	C0070	Totaal gew.
Nr. vat/pstk	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1	1248	250	190	44	1731
2	1244	249	191	46	1729
3	1248	250	189	44	1731
4	1248	250	191	44	1733
5	1248	250	190	44	1732
6	1247	250	190	44	1731

Op afwachting van het transport is zijn de proefstukken weggezet bij kamertemperatuur, ca. 4 uur bij ca. 20 °C. De proefstukken zijn nog dezelfde dag van de aanmaak vervoerd naar het milieukundige laboratorium Analytico. Daar heeft het één week in opslag gestaan (volgens NVN 7311) alvorens het materiaal is behandeld en geanalyseerd.

Bemonstering

Zoals vermeld in tabel 2 zijn er 6 proefstukken aangemaakt. Zes vaten representeren zes afzonderlijke grepen. Vertaald naar de praktijk staat het gelijk aan het vullen van zes vaten van ca. 2 liter direct vanuit de spuitmond.

Er zijn twee mengmonsters genomen (mengmonster 3 en 4) uit de zes afzonderlijke 'grepen'. De aselecte selectie en samenstelling van de mengmonsters is uitgevoerd door Analytico volgens NEN 7300. Het samenstelling- en emissieonderzoek is uitgevoerd door Analytico volgens AP-04. De voorbehandeling van het materiaal is tevens volgens AP-04 uitgevoerd: cryogeen vermalen.

² Zie voor de verhouding Westerschelde water en sediment de rapportage van receptuuronderzoek [1].

³ Additioneel Westerschelde water toegevoegd aan het al verdunde homogeen gemengde sediment.

2 Bepalingsmethoden: emissie- en samenstellingswaarden

De hieronder beschreven analyses zijn uitgevoerd door Analytico. De emissie van parameters uit niet-vormgegeven bouwstoffen wordt bepaald door middel van de kolomproef volgens NEN 7373 of NEN 7383 [4]. Er is gekozen voor een zogenaamde L/S⁴ verhouding van maximaal 10. Bij deze verhouding wordt een beeld verkregen van het uitloggedrag gedurende een periode van 5-50 jaar. Het onderzoeksresultaat geeft een worst case scenario van het uitloggedrag. De deeltjesgrootte van het materiaal wordt bij deze beproevingsmethode namelijk eerst verkleind tot < 4 mm. Door een sterk verhoogd contactoppervlak tussen waterfase en testmateriaal wordt de uitloging sterk gestimuleerd. Er is gekozen voor een samenstellingsonderzoek geheel volgens het Bbk uit te voeren. De resultaten van de toetsing zijn indicatief.

3 Samenstellingsonderzoek

Zie Bijlage 1 (certificaat nummer:2011060823) voor het analyse certificaat. In tabel 3 wordt een indicatieve toetsing gegeven van het materiaal aan de maximale samenstellingswaarden voor bouwstoffen. Er is geen overschrijding van de maximale normwaarden gesteld aan de samenstelling van bouwstoffen. Er is enkel een licht verhoogde concentratie, zonder overschrijding van de gestelde norm, van minerale olie en PAK. Hieruit valt te concluderen dat het versterkte materiaal, volgens de huidige Regeling Bodemkwaliteit bouwstoffen, *geen* verhoogde gehalten bevat van de organische componenten: PAK, PCB en minerale olie.

Tabel 3.: Toetsing samenstelling versterkt sediment aan Bbk

Analyse	Eenheid	1 (Mengm. 3)	2 (Mengm. 4)	Gemiddelde waarde	Indicatie toetsing
Bodemtype correctie					
Organisch stof (chemische oxidatie)		10	10	10	
Korrelgrootte < 2 µm		25	25	25	
Voorbehandeling					
Hoeveelheid aangeleverd monster	kg	9,5	9,6		
Massa percentage artefacten	% (m/m)	<1,0	<1,0		
Bodemkundige analyses					
Droge stof	%	58,7	58,7		
Vluchtige Aromatische Koolwaterstoffen					
Benzeen	mg/kg ds	<0,050	<0,050	0.05000	-
Tolueen	mg/kg ds	<0,050	<0,050	0.05000	-
Ethylbenzeen	mg/kg ds	<0,050	<0,050	0.05000	-
o-Xyleen	mg/kg ds	<0,050	<0,050		

⁴ De ratio L/S staat voor de verhouding tussen doorgestroomd vloeistof (Liquid) en de hoeveelheid vaste stof aanwezig in de kolom (Solid).

m,p-Xyleen	mg/kg ds	<0,10	<0,10	
Xylenen (som) factor 0.7	mg/kg ds	0,1	0,1	
BTEX (som) factor 0.7	mg/kg ds	0,21	0,21	
Minerale olie				
Minerale olie (C10-C12)	mg/kg ds	<2,0	<2,0	
Minerale olie (C12-C16)	mg/kg ds	3,5	4,5	
Minerale olie (C16-C21)	mg/kg ds	18	20	
Minerale olie (C21-C30)	mg/kg ds	52	56	
Minerale olie (C30-C35)	mg/kg ds	17	17	
Minerale olie (C35-C40)	mg/kg ds	6,1	6	
Minerale olie totaal (C10-C40)	mg/kg ds	96	100	98*
Polychloorbifenylen, PCB				
PCB 28	mg/kg ds	<0,0020	<0,0020	
PCB 52	mg/kg ds	<0,0020	<0,0020	
PCB 101	mg/kg ds	0,0021	0,0024	
PCB 118	mg/kg ds	<0,0020	<0,0020	
PCB 138	mg/kg ds	<0,0020	<0,0020	
PCB 153	mg/kg ds	0,0036	0,0035	
PCB 180	mg/kg ds	<0,0020	<0,0020	
PCB (som 7) (corr. *0.7)	mg/kg ds	0,013	0,013	0.01300-
PCB (som 6) (corr.*0.7)	mg/kg ds	0,011	0,012	
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, PAK				
Naftaleen	mg/kg ds	0,022	0,021	0.02150-
Fenantheen	mg/kg ds	0,27	0,27	0.2700-
Anthraceen	mg/kg ds	0,054	0,049	0.05150-
Fluorantheen	mg/kg ds	0,43	0,42	0.4250-
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	0,18	0,16	0.1700-
Chryseen	mg/kg ds	0,17	0,16	0.1650-
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0,095	0,089	0.09200-
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	0,25	0,23	0.2400-
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg ds	0,12	0,11	
Indeno(123-cd)pyreen	mg/kg ds	0,15	0,13	0.1400-
PAK VROM (10) (factor 0,7)	mg/kg ds	1,7	1,6	1.650*
Somparameter waterdampvluchtige fenolen				
Fenolindex	mg/kg ds	0,084	0,18	

Indicatie:		
> Samenstellingswaarde S1	*	2
> MVR	**	0
> Grenswaarde S2	***	0
Niet getoetst		0
<= Samenstellingswaarde	-	13
Indicatief eindoordeel	schone grond	

4 Emissieonderzoek

Zie Bijlage 1 (certificaat nummer:2011060823) voor het analysecertificaat. In tabel 4 wordt een indicatieve toetsing gegeven van het materiaal aan de maximale waarden voor de emissie uit niet-vormgegeven bouwstoffen volgens de Regeling Bodemkwaliteit bouwstoffen. Uit de tabel blijkt dat er geen sprake is van overschrijding van de maximum toelaatbaar *uitloogbare* concentratie. Er is een licht verhoogde concentratie van het element kwik aanwezig. De component chloride overschrijdt de norm. Dit is echter toegestaan voor toepassing van bouwstoffen onder maritieme omstandigheden. Het relatief hoge gehalte aan uitloogbaar sulfaat en chloride is te herleiden naar het gebruik van sediment uit de Westerschelde als uitgangsmateriaal voor de bouwstof.

Hieruit valt te concluderen dat het materiaal betreffende emissie voldoet aan het Besluit Bodemkwaliteit.

Tabel 4.: Toetsing uitloging Versterkt Sediment aan Bbk

Uitloogonderzoek	Eenheid	1 (Mengm. 3)	2 (Mengm. 4)	gemiddelde waarde	Bbk	toets
Kolomproef L/S factor fractie 1	L/g ds	0,001	0,001			
Kolomproef L/S factor fractie 2	L/g ds	0,0091	0,009			
Antimoon (Sb) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,0041	<0,0040	<0,0041	0,16	3%
Arseen (As) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,051	0,056	<0,054	0,9	6%
Barium (Ba) uitloogbaar	mg/kg ds	2	2,5	2,25	22	10%
Cadmium (Cd) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,04	3%
Chroom (Cr) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,010	<0,010	<0,010	0,63	2%
Kobalt (Co) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,030	<0,030	<0,030	0,54	6%
Koper (Cu) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,051	<0,050	<0,051	0,9	6%
Kwik (Hg) uitloogbaar	mg/kg ds	0,013	0,021	0,017	0,02	85%
Nikkel (Ni) uitloogbaar	mg/kg ds	0,23	0,3	0,27	0,44	60%
Molybdeen (Mo) uitloogbaar	mg/kg ds	0,15	0,22	0,19	1	19%
Lood (Pb) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,10	<0,10	<0,100	2,3	4%
Seleen (Se) uitloogbaar	mg/kg ds	0,048	0,059	<0,054	0,15	36%
Tin (Sn) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,030	<0,030	<0,030	0,4	8%
Vanadium (V) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,20	<0,20	<0,200	1,8	11%
Zink (Zn) uitloogbaar	mg/kg ds	<0,30	<0,30	<0,300	4,5	7%
Bromide uitloogbaar	mg/kg ds	15	22	19	-	n.v.t.
Chloride uitloogbaar	mg/kg ds	6000	8400	7200	-	n.v.t.
Fluoride uitloogbaar ISE (NEN 6483)	mg/kg ds	2,8	3,0	2,9	220	1%
Sulfaat uitloogbaar	mg/kg ds	950	1000	975	6920	14%
Fractie 1						
Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	9700	15000			
Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	970	1500			
Geleidingsvermogen 20°C	µS/cm	8700	13000			
Geleidingsvermogen 20°C	mS/m	870	1300			
Meettemperatuur (pH)	°C	21,7	21,6			
Zuurgraad (pH)		12	12,2			
Fractie 2						
Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	2600	3900			



Datum
20 mei 2011

Ons kenmerk
1202972-002-GEO-0007

Pagina
7/8

Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	260	390
Geleidingsvermogen 20°C	µS/cm	2300	3500
Geleidingsvermogen 20°C	mS/m	230	350
Meettemperatuur (pH)	°C	21,7	21,7
Zuurgraad (pH)		11,6	11,9

5 pH waarde eluaat

Het Besluit bodemkwaliteit stelt geen eisen aan de pH waarde en de zuur neutraliserende capaciteit van een bouwstof. In het emissieonderzoek is de pH waarde bij L/S 1 en 10 echter wel bepaald. De pH is van het eluaat bereikt een waarde van 11,6 en 11,9. Dit is een hoge alkalische pH waarde.

De alkalische 'uitloging'⁵ van versterkt sediment is vergelijkbaar met het gedrag van op cement gebaseerde bouwstoffen. Bij de toepassing van beton onder of in contact met oppervlakte water is er ook sprake van een uittrekking van base (OH⁻) naar het omgevingswater.

Naast deze 'alkalische uitloging' van een bouwstof is er bij versterkt sediment sprake van een tweede mogelijkheid welke kan resulteren in uitwisseling van base met omgevingswater. Waterglas heeft een verhoogde pH waarde. Indien de menging van het waterglas met het cement en het sediment niet goed plaatsvindt, dan zou er (verdund) waterglas in contact met het omgevingswater kunnen komen. Het niet goed inmengen van het waterglas is opgenomen als een potentieel risico en beheersmaatregelen zijn onderdeel van de praktijkproef.

De mate waarin de pH stijging plaatsvindt is niet enkel afhankelijk van de menging van het waterglas met de specie. Het is tevens afhankelijk van het volume van het omgevingswater en de frequentie waarin dit volume wordt ververst.

De inschatting is dat de invloed van de pH op de omgeving minimaal zal zijn. Dit om de volgende redenen:

1. Het betreft een sterk dynamisch systeem (eb en vloed): het relatief kleine oppervlak van de verharde laag in verhouding tot een zeer grote watermassa.
2. Toevoeging van waterglas aan het totale mengsel is circa 3-5 gew%.

Signalering en beheersing van het risico vindt plaats door de volgende acties:

1. meten van de pH in de omgeving tijdens en na de proef
2. het inmengen van het waterglas wordt getoetst aan de kant voordat met het werk op het wad wordt gestart
3. het versterkt sediment wordt in het eerste en tweede vak in den droge aangebracht voordat de laag in den natte wordt aangebracht (vak 3).

6 Conclusie

Het mengsel bestaat uit gebiedseigen sediment gemengd met cement en waterglas. Het cement en het waterglas zijn gecertificeerde commerciële producten en kunnen in de bodem worden toegepast. In het cement en het waterglas bevinden zich dus geen organische componenten die verontreinigend zijn en de metalen die aanwezig zijn in het cement zijn zogenaamde 'aard-metalen' en zijn in concentratie of type niet verontreinigend. Dit is bevestigd door het uitgevoerde samenstelling- en emissieonderzoek. Het materiaal versterkt

⁵ Diffusie



Datum
20 mei 2011

Ons kenmerk
1202972-002-GEO-0007

Pagina
8/8

sediment zoals aangemaakt onder laboratorium omstandigheden voldoet aan het Besluit bodemkwaliteit.

Referenties

- [1] Bloemendaal, J. A. and C. A. A. Buijs (2011). Technische beschrijving praktijkproef verstevigd sediment te Hoedekenskerke, Overzicht van de activiteiten ten behoeve van de aanvraag van vergunningen. Deventer, Tauw.
- [2] Hamer, D. A. d., E. Vastenburg, et al. (2011). Receptuuronderzoek Versterkt Sediment Hoedekenskerke. Delft, Deltares.
- [3] Centraal College van Deskundigen Bodembeheer. (2009). Monsterneming voor partijkeuringen vormgegeven bouwstoffen, Protocol 1003. Gouda, SIKB.
- [4] Besluit Bodemkwaliteit: Bijlage A. , behorende bij paragraaf 3.3 van de Regeling bodemkwaliteit.

H Milieuhygiënische Toetsing Praktijkproef

Aan: Zeeuwse Stroomen
t.a.v. dhr. C.A. Appelo
Postbus 86
4460 AB Goes



groep
ruimte&milieu
asbest
grondlogistiek
infra&leisure
opleidingen
arbo&veiligheid
handhaving
bodem
professionals
geluid&trillingen
caribbean
projecten
certijn vastgoed-
beheer
project-
management

Betreft: **Resultaten uitloogonderzoek "Proef Versterkt Sediment Deltares"**

Projectnummer: 11010715

Behandeld door: W.S. de Ridder

Plaats, datum: Dordrecht, 25 januari 2012

Geachte Appelo,

Hierbij zend ik u de analyseresultaten en toetsing van het uitloogonderzoek op het versterkt sediment.

Op verzoek zijn een zestal monsters versterkt sediment, welke zijn uitgehard in monsteremmers, opgehaald op de vestiging van Boskalis in Papendrecht. De monsters zijn naar het milieulaboratorium van Analytico gestuurd voor analyse. De monsters zijn samengevoegd tot 2 verzamelmonsters (2 x 3 monsters). Conform opdracht heeft op deze 2 verzamelmonsters een uitloogonderzoek (kolomproef LS/10) plaats gevonden op 15 metalen en 4 anionen. De resultaten van het uitloogonderzoek zijn getoetst aan het Besluit bodemkwaliteit voor niet-vormgegeven bouwstoffen en IBC-bouwstoffen.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,
bk bodem

Wouter de Ridder
adviseur

Bijlage:

- analysecertificaat
- toetsing



UDM midden B.V. (Dordrecht)
T.a.v. W.S. de Ridder
Pieter Zeemanweg 61
3316 GZ DORDRECHT

Analysecertificaat

Datum: 27-12-2011

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer	2011204435
Uw projectnummer	11010715
Uw projectnaam	Proef Versterkt Sediment Deltares
Uw ordernummer	
Monster(s) ontvangen	25-11-2011

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.
Aanvullende informatie behorend bij dit analysecertificaat kunt U vinden in het overzicht "Specificaties Analysemethoden". Extra exemplaren zijn verkrijgbaar bij de afdeling Verkoop en Advies.

De grondmonsters worden tot 6 weken na datum ontvangst bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.
Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 week voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:

Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

Met vriendelijke groet,

Eurofins Analytico B.V.



Ing. A. Veldhuizen
Technical Manager

Eurofins Analytico B.V.

Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info-env@eurofins.nl
Site www.eurofins.nl

ABN AMRO 54 85 74 456
VAT/BTW No.
NL 8043.14.883.B01
KvK No. 09088623

Eurofins Analytico B.V. is erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. LNE), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk en Luxemburg (MEV).



Analysecertificaat

Uw projectnummer	11010715	Certificaatnummer	2011204435
Uw projectnaam	Proef Versterkt Sediment Deltares	Startdatum	25-11-2011
Uw ordernummer		Rapportagedatum	27-12-2011/14:34
Datum monsternamen	25-11-2011	Bijlage	A, B, C
Monsternemer		Pagina	1/2
Monstermatrix	Grond; Bouwstof BSB/AP04		

Analyse	Eenheid	1	2
Bodemkundige analyses			
A Droge stof	%	48.5	49.3
Uitloogonderzoek			
A Kolomproef L/S factor fractie 1	L/g ds	0.00099	0.00099
A Kolomproef L/S factor fractie 2	L/g ds	0.0090 ¹⁾	0.0090 ¹⁾
A Antimoon (Sb) uitloogbaar	mg/kg ds	0.0059	<0.0040
A Arseen (As) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.050	<0.050
A Barium (Ba) uitloogbaar	mg/kg ds	1.0	1.6
A Cadmium (Cd) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.0010	<0.00100
A Chroom (Cr) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.010	0.026
A Kobalt (Co) uitloogbaar	mg/kg ds	0.17	0.083
A Koper (Cu) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.050	0.61
A Kwik (Hg) uitloogbaar	mg/kg ds	0.0019	0.0014
A Nikkel (Ni) uitloogbaar	mg/kg ds	1.1	0.78
A Molybdeen (Mo) uitloogbaar	mg/kg ds	0.34	0.14
A Lood (Pb) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.10	<0.100
A Seleen (Se) uitloogbaar	mg/kg ds	0.042	0.048
A Tin (Sn) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.030	0.059
A Vanadium (V) uitloogbaar	mg/kg ds	0.47	0.32
A Zink (Zn) uitloogbaar	mg/kg ds	<0.30	<0.30
A Bromide uitloogbaar	mg/kg ds	36 ²⁾	37 ²⁾
A Chloride uitloogbaar	mg/kg ds	9000	8000
A Fluoride uitloogbaar ISE (NEN 6483)	mg/kg ds	5.1 ²⁾	5.1 ²⁾
A Sulfaat uitloogbaar	mg/kg ds	1700	1200 ²⁾
Fractie 1			
A Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	16000	13000
A Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	1600	1300
A Geleidingsvermogen 20°C	µS/cm	15000	12000
A Geleidingsvermogen 20°C	mS/m	1500	1200
A Meettemperatuur (pH)	°C	21.1	21.1
A Zuurgraad (pH)		11.9	12.0 ³⁾
Fractie 2			
A Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	4400	3500
A Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	440	350

Nr. Monsteromschrijving

- 1 MM1
- 2 MM2

Analytico-nr.

- 6524922
- 6524923

Eurofins Analytico B.V.

Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info-env@eurofins.nl
Site www.eurofins.nl

ABN AMRO 54 85 74 456
VAT/BTW No.
NL 8043.14.883.B01
KvK No. 09088623

Q: door RvA geaccrediteerde verrichting
A: AP04 erkende verrichting
S: AS 3000 erkende verrichting

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.

Eurofins Analytico B.V. is erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. LNE), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk en Luxemburg (MEV).





Analysecertificaat

Uw projectnummer	11010715	Certificaatnummer	2011204435
Uw projectnaam	Proef Versterkt Sediment Deltares	Startdatum	25-11-2011
Uw ordernummer		Rapportagedatum	27-12-2011/14:34
Datum monstername	25-11-2011	Bijlage	A, B, C
Monsternemer		Pagina	2/2
Monstermatrix	Grond; Bouwstof BSB/AP04		

Analyse	Eenheid	1	2
A Geleidingsvermogen 20°C	µS/cm	3900	3100
A Geleidingsvermogen 20°C	mS/m	390	310
Meettemperatuur (pH)	°C	20.1	20.1
A Zuurgraad (pH)		11.8	11.6

Nr. Monsteromschrijving

- 1 MM1
- 2 MM2

Analytico-nr.

6524922
6524923

Eurofins Analytico B.V.



Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info-env@eurofins.nl
Site www.eurofins.nl

ABN AMRO 54 85 74 456
VAT/BTW No.
NL 8043.14.883.B01
KvK No. 09088623

Q: door RVA geaccrediteerde verrichting
A: AP04 erkende verrichting
S: AS 3000 erkende verrichting

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.

Eurofins Analytico B.V. is erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. LNE), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk en Luxemburg (MEV).

Akkoord
Pr. coörd.
CE



TESTEN
RvA L010



Bijlage (A) met deelmonsterinformatie behorende bij analysecertificaat 2011204435

Pagina 1/1

Analytico-n Boornr	Omschrijving	Van	Tot	Barcode	Monsteromschrijving
6524922 1	10	0	0	0590269671	MM1
6524922 1	4	0	0	0590269670	
6524922 1	6	0	0	0590269669	
6524922				0901322152	
6524922				0901322153	
6524922				0901342952	
6524922				0901342953	
6524923 1	14	0	0	0590269674	MM2
6524923 1	2	0	0	0590269673	
6524923 1	3	0	0	0590269672	
6524923				0901322154	
6524923				0901322155	
6524923				0901342954	
6524923				0901342955	



Eurofins Analytico B.V.

Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info-env@eurofins.nl
Site www.eurofins.nl

ABN AMRO 54 85 74 456
VAT/BTW No.
NL 8043.14.883.B01
KvK No. 09088623

Eurofins Analytico B.V. is erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. LNE), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk en Luxemburg (MEV).

**Bijlage (B) met opmerkingen behorende bij analysecertificaat 2011204435**

Pagina 1/1

Opmerking 1)

De proef bestaat uit 2 fracties (L/S=1 en L/S=10).

De cumulatieve uitloogbaarheid (L/S=10) wordt berekend en gerapporteerd in mg/kg ds.

Opmerking 2)

Indicatieve waarde(n) vanwege matrixstoring.

Opmerking 3)

Betreft pH in eluaat: waarde buiten toepassingsgebied methode (pH 4-12)

**Eurofins Analytico B.V.**

Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info-env@eurofins.nl
Site www.eurofins.nl

ABN AMRO 54 85 74 456
VAT/BTW No.
NL 8043.14.883.B01
KvK No. 09088623

Eurofins Analytico B.V. is erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en Dep. LNE), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk en Luxemburg (MEV).



Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2011204435

Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Referentiemethode
Drage stof	W7104	Gravimetrie	Cf. AP04-SG-II/SB-I
Kolom proef (L/S 1 en 10) 2 fracties	W0152	Uitloging	Cf. NEN 7373/NEN 7383 en CMA 2/II/A9.1
ICP-MS Sb uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2
ICP-MS As uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Ba uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Cd uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Cr uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Co uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Cu uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Hg uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. AP04-E-VIII en gw. NEN 7324
ICP-MS Ni uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Mo uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Pb uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Se uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2
ICP-MS Sn uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS V uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
ICP-MS Zn uitloogbaar	W0421	ICP-MS	Cf. NEN-EN-ISO 17294-2 en cf. CMA/2/I/B.1
Bromide ionchromatografie	W0504	Ionchromatografie	Cf. AP04-E-XVII en cf. NEN-EN-ISO 10304-2
Chloride ionchromatografie	W0504	Ionchromatografie	Cf. AP04-E-XVII en cf. NEN-EN-ISO 10304-2
Fluoride totaal (NEN 6483)	W0546	Potentiometrie	Cf. NEN 6483
Sulfaat ionchromatografie	W0504	Ionchromatografie	Cf. AP04-E-XVII en cf. NEN-EN-ISO 10304-2
Geleidingsvermogen fr 1	W0160	Conductometrie	Cf. AP04-U-V en cf. NEN-ISO 7888
Zuurgraad (pH) fractie 1	W0160	Potentiometrie	Cf. AP04-U-IV, cf. 0-NEN 6411& cf. CMA 2/I/
Geleidingsvermogen fr 2	W0160	Conductometrie	Cf. AP04-U-V en cf. NEN-ISO 7888
Zuurgraad (pH) fractie 2	W0160	Potentiometrie	Cf. AP04-U-IV, cf. 0-NEN 6411& cf. CMA 2/I/

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie juli 2009.



Toetsblad

voor niet-vormgegeven en IBC-bouwstoffen

Project Proef Versterkt Sediment Deltares
Certificaat 2011204435
UDM Projectnummer 11010715

Parameters	Eenheid	mm A ¹	mm B ¹	Gem ²	Toetswaarden		Component voldoet aan:	
					Niet vormgegeven bouwstof	IBC-Bouwstof	Niet vormgegeven bouwstof	IBC-Bouwstof
Droge stof	%	48,5	49,3	48,9				
Zuurgraad (pH-CaCl ₂)	-	11,8	11,6	11,7				
Emissiewaarden								
Antimoon(Sb)	mg/kg d.s.	0,0059	<0,004	0,00435	0,16	0,7	Ja	Ja
Arsen (As)	mg/kg d.s.	<0,05	<0,05	0,035	0,9	2,0	Ja	Ja
Barium (Ba)	mg/kg d.s.	1	1,6	1,3	22	100,0	Ja	Ja
Cadmium (Cd)	mg/kg d.s.	<0,001	<0,001	0,0007	0,04	0,1	Ja	Ja
Chroom (Cr)	mg/kg d.s.	<0,01	0,026	0,0165	0,63	7,0	Ja	Ja
Kobalt (Co)	mg/kg d.s.	0,17	0,083	0,1265	0,54	2,4	Ja	Ja
Koper (Cu)	mg/kg d.s.	<0,05	0,61	0,3225	0,9	10,0	Ja	Ja
Kwik (Hg)	mg/kg d.s.	0,0019	0,0014	0,00165	0,02	0,1	Ja	Ja
Lood (Pb)	mg/kg d.s.	<0,1	<0,1	0,07	2,3	8,3	Ja	Ja
Molybdeen (Mo)	mg/kg d.s.	0,34	0,14	0,24	1	15,0	Ja	Ja
Nikkel (Ni)	mg/kg d.s.	1,1	0,78	0,94	0,44	2,1	Nee	Ja
Seleen (Se)	mg/kg d.s.	0,042	0,048	0,045	0,15	3,0	Ja	Ja
Tin (Sn)	mg/kg d.s.	<0,03	0,059	0,04	0,4	2,3	Ja	Ja
Vanadium (V)	mg/kg d.s.	0,47	0,32	0,395	1,8	20,0	Ja	Ja
Zink (Zn)	mg/kg d.s.	<0,3	<0,3	0,21	4,5	14,0	Ja	Ja
Bromide (Br) ³	mg/kg d.s.	36	37	36,5	20	34	n.v.t.	n.v.t.
Chloride (Cl) ³	mg/kg d.s.	9000	8000	8500	616	8800	n.v.t.	n.v.t.
Fluoride (F)	mg/kg d.s.	5,1	5,1	5,1	55	1500	Ja	Ja
Sulfaat (SO ₄)	mg/kg d.s.	1700	1200	1450	2430	20000	Ja	Ja

1: Als de meetwaarde kleiner is dan de detectiegrens, dient deze waarde t.b.v. de toetsing met 0,7 te worden vermenigvuldigd.

2: Rekenkundig gemiddelde, na eventuele toepassing van de factor 0,7.

3: Voor het toepassen van bouwstoffen op plaatsen waar een direct contact (mogelijk) is met zeewater of brak water met van nature een chloride-gehalte van meer dan 5.000 mg/l geldt geen maximale emissiewaarde voor chloride en bromide.

Opmerking:

Het materiaal (versterkt sediment) wordt toegepast als een vormgegeven bouwstof. In afwijking van het Besluit bodemkwaliteit is de emissie bepaald middels een kolomproef in plaats van een diffusieproef (worstcase scenario).

Conclusie

De onderzochte partij voldoet op basis van het uitloogonderzoek NIET aan de eisen voor niet-vormgegeven bouwstoffen.

De onderzochte partij voldoet op basis van het uitloogonderzoek aan de eisen voor IBC-bouwstoffen.