

# **Receptuuronderzoek Versterkt Sediment Hoedekenskerke**

Dianne den Hamer

1202972-002



**Trefwoorden**

Receptuuronderzoek, versterkt sediment, Hoedekenskerke

**Samenvatting**

Ten behoeve van de Praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke is in opdracht van RWS Waterdienst receptuuronderzoek uitgevoerd. Uitgangspunt van versterkt sediment is om regionaal beschikbaar ontgraven c.q. gebaggerd sediment na toevoeging van toeslagstoffen toe te passen als bouwstof, bij voorkeur zonder opslag of overslag van het sediment. Om sediment te kunnen versterken is onder andere onderzoek naar en het 'engineeren' van een materiaalontwerp in de vorm van een receptuuronderzoek noodzakelijk.

In dit rapport worden de resultaten van het receptuuronderzoek voor voornoemde praktijkproef gepresenteerd. Dit onderzoek is een laboratoriumonderzoek waarbij de materiaaleigenschappen van versterkt sediment worden bepaald als functie van:

- het type sediment
- het type en de concentratie toeslagstoffen
- de tijd (gedurende het verhardingsproces).

Ten aanzien van de eigenschappen van het onderhavige sediment c.q. waterbodem die gebruikt gaat worden voor het maken van het versterkt sediment en het daarbij behorende verhardingsproces geldt:

- het betreft maritiem sediment met een hoog zoutgehalte
- het sediment is geclassificeerd als 'klei, matig siltig'.

Het volumiek gewicht ( $1,54 \text{ kg/dm}^3$ ) en het droge stof gehalte (70%) van het aanwezige sediment zijn relatief hoog. Om de verwerkbaarheid op laboratoriumschaal te vergroten is Westerschelde water toegevoegd. Het watergehalte is hierdoor verhoogd van ca. 31% naar (max.) 50%. De geotechnische validatie is uitgevoerd op proefstukken aangemaakt met verdund sediment.

Het onderstaande recept versterkt sediment (met code nummer 1.5) resulteert in voldoende versterking van het sediment. Het receptuuronderzoek en het daarna uitgevoerde geotechnisch onderzoek, tonen aan dat het resulterende bouw materiaal voldoet aan de gestelde (geotechnische) eisen. De gemiddelde druksterkte bedraagt 184 kPa (na 2 dagen uitharden) en 2 Mpa (na 28 dagen) uitharden. Het uithardingsproces heeft plaatsgevonden onder een laag zout water. De samendrukkingsparameters en kruip van het versterkt sediment na 2 dagen uitharden zijn zeer klein en ongeveer één orde tot twee orden van grootte kleiner dan het onbehandelde sediment. De volumieke massa van het versterkt sediment is aan de lage kant ( $1,45 \text{ kg/dm}^3$ ) en voldoet daarmee niet aan de gestelde eis van  $1,7 \text{ kg/dm}^3$ . Dit is echter voor de voorziene toepassing geen beperking.

Tabel A: Receptuur voor het verkrijgen van  $1 \text{ m}^3$  versterkt sediment

Code	water- bodem	CEM III/C	C0070	W- schelde water	Totaal gew.	$\rho_{\text{nat}}$
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[ $\text{kg/dm}^3$ ]
1.5	1050	207	35	155	1447	1,45

Tabel B: Receptuur voor het versterken van  $1 \text{ m}^3$  sediment tot  $1,38 \text{ m}^3$  versterkt sediment

Code	water- bodem	water- bodem	CEM III/C	C0070	W-schelde water
[nr.]	[ $\text{m}^3$ ]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
1.5	1	1485	284	48	213

Uitgaande van  $1 \text{ m}^3$  versterkt sediment gelden de getallen uit tabel A. Indien van  $1 \text{ m}^3$  sediment wordt uitgegaan (tabel B) wordt dus circa  $1,38 \text{ m}^3$  versterkt sediment verkregen. De geselecteerde fabrikanten voor de toeslagmaterialen zijn:

- PQ Coöperations voor het waterglas C0070
- ENCI o.g. voor het cement CEM III/C

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	april 2011	Dianne den Hamer		Erik Vastenburg Hans van de Velde	 	Harm Aantjes	

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>1</b>
1.1	Doelstelling receptuuronderzoek	2
1.2	Het concept Versterkt Sediment	2
1.3	Functionele eisen	3
<b>2</b>	<b>Receptuurontwikkeling</b>	<b>5</b>
2.1	Aangeleverd Sediment	5
2.1.1	Fysische eigenschappen	5
2.2	Mengmonster 1 Sediment	6
2.3	Materialen en methoden	6
2.3.1	Mengen	7
2.3.2	De geltijd	7
2.3.3	De sterkte ontwikkeling in de tijd	7
2.3.4	Opslag condities	7
2.4	Indicatieve proeven	7
2.4.1	Recepturen	8
2.4.2	Visuele observaties	8
2.4.3	Sterkte ontwikkeling	8
2.5	Mengsel ontwerp	9
2.5.1	Recepturen	9
2.5.2	Visuele observaties	10
2.5.3	Sterkte ontwikkeling	10
2.6	Conclusie en discussie	12
<b>3</b>	<b>Geotechnisch onderzoek</b>	<b>15</b>
3.1	Mengmonster 2 Sediment	15
3.2	Preparatie proefstukken	15
3.2.1	Samenstelling materiaal (receptuur)	15
3.2.2	Aanmaak methodiek en opslag condities	15
3.2.3	Visuele waarnemingen tijdens aanmaak	16
3.3	Geotechnische analyse methoden	16
3.3.1	Samendrukkingsproef	16
3.3.2	Vrije prismaproef	16
3.4	Resultaten geotechnische analyses	17
3.4.1	Fysische eigenschappen	17
3.4.2	Samendrukkingsproef	17
3.4.3	Vrije prismaproef	18
<b>4</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>21</b>
4.1	Receptuur	21
4.2	Overzicht behaalde resultaten	21
4.2.1	<i>Punten van aandacht</i>	22
	Literatuurlijst	25
	Bijlagen	1
	Bijlage 1A: Het verhardingsproces	1

Bijlage 1B: Werking en functie van waterglas in versterkt sediment	4
Bijlage 2: Programma van Eisen	5
Bijlage 3: Productbladen	6
Bijlage 4: Laboratorium procedure	7
Bijlage 5A: Fysische eigenschappen versterkt sediment	8
Bijlage 5B: Samendrukkingsproeven	9
Bijlage 5C: Vrije prismaproeven	10
Na 2 dagen uitharden: 2A, 3A en 4A	10
Na 28 dagen uitharden: 5A, 6A en 7A	10
Bijlage 6: Samendrukkingsproeven waterbodem	11

## 1 Introductie

In 2009 heeft Deltares in het kader van het steenzettingenonderzoek voor Rijkswaterstaat Waterdienst (RWS WD) c.q. het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) receptuuronderzoek voor versterkte baggerspecie verricht [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.



Figuur 1.1 Locatie onderzoeksgebied

In circa 2012 moet ter plaatse van de haven van Hoedekenskerke - vóór de bestaande damwand - een glooiing over een lengte van circa 50 m worden aangebracht (figuur 1.1). Hier heeft een vroegere veerstoep gelegen. PBZ verwacht dat de toplagen van de ondergrond weinig draagkracht hebben. Reden waarom PBZ een grondverbetering c.q. bodemstabilisatie onder de glooiing voorstaat.

Het plan van aanpak (PvA) van de praktijkproef is beschreven in [2]. Het plan geeft een korte beschrijving van het receptuuronderzoek met betrekking tot de aanpak en de te leveren producten. Als onderdeel van dit PvA is het veldwerk op de proeflocatie reeds gerapporteerd [3]. In het PvA staat tevens de milieuhygiënische toetsing van het versterkt sediment aan het Besluit bodemkwaliteit vermeld als te leveren product. Gebaseerd op discussie met het bevoegd gezag, de opdrachtgever en Tauw, is de vorm van deze toetsing incl. monsternamen en proef, aangepast. Om deze reden is besloten om het milieuhygiënische onderzoek te rapporteren in een aparte notitie. Deze notitie zal in verband met de doorlooptijd van de proeven, na het aanleveren van onderhevig product, het receptuuronderzoek, worden aangeleverd.

## 1.1 Doelstelling receptuuronderzoek

Het materiaalontwerp is uitgevoerd door Deltares en hier wordt naar gerefereerd als het 'receptuuronderzoek'. Het receptuuronderzoek is een laboratoriumonderzoek waarbij materiaaleigenschappen worden bepaald als functie van:

- a) het type sediment;
- b) het type en de concentratie toeslagstoffen;
- c) de tijd (gedurende verhardingsproces).

Op basis van deze gegevens wordt een receptuur geselecteerd, welke als uitgangspunt dient tijdens de uitvoering van de praktijkproef.

De eigenschappen van het te versterken sediment die mogelijk van invloed zijn op het verhardingsproces, zijn:

- maritiem sediment i.e. hoog zoutgehalte;
- het sediment is geclassificeerd volgens NEN 5104 als 'klei, matig siltig', het volumieke gewicht en het droge stof gehalte zijn relatief hoog in vergelijking met voorgaande receptuuronderzoeken van verschillende typen sediment.

## 1.2 Het concept Versterkt Sediment

Het uitgangspunt van Versterkt Sediment is gebaggerd sediment, nabij de baggerlocatie, toe te passen als basis voor een bouwstof, bij voorkeur zonder opslag of overslag van het sediment. Zodoende wordt het sediment toegepast als constructie materiaal en wordt het transport van grondstoffen beperkt.

Om het sediment te verstevigen wordt het vermengd met een bindmiddel. Dit mengsel blijft een verpompbare specie, welke de basis is voor de bouwstof. Vervolgens wordt de specie vlak voor het aanbrengen vermengd met een silicaat houdende initiator. Zodra de initiator in aanraking komt met de specie treedt een chemische verhardende reactie op. Het materiaal ontwikkelt sterkte te onderscheiden in drie stappen: de vloeibare fase, de plastische fase en de verhardende fase.

Uitgebreide informatie betreffende het uithardingproces en bijbehorende definities, is terug te vinden in bijlage 1A en 1B. De volgende definities worden veelvuldig gebruikt in de rapportage en worden hieronder beknopt benoemd:

- bindmiddel: CEM III/C;
- initiator: waterglas;
- specie: mengsel van bindmiddel en sediment;
- geactiveerde specie: verwijst naar de specie waaraan zojuist waterglas is toegevoegd (de activering van de chemische bindingsreactie);
- geltijd: de periode dat de geactiveerde specie vloeibaar/ verpompbaar blijft.

Voor het aanmaken van de bouwstof is in overleg<sup>1</sup> met de Zeeuwse Stroom en Faber de volgende werkwijze overeengekomen:

1. Ontgraven sediment. De aannemer kan dit in den droge uitvoeren.
2. Homogeniseren en indien nodig het zeven van sediment. Dit sediment dient verpompbaar en verwerkbaar te zijn.
3. Mengen van sediment met het bindmiddel. Verschillende typen mengmechanismen zijn besproken. De eis is in ieder geval dat het mengsel verpompbaar en verwerkbaar is en blijft gedurende de verblijftijd in de

1. Dit overleg heeft plaatsgevonden op 12-01-2011



menginstallatie. Faber geeft aan dat de pompen over voldoende vermogen beschikken en dit waarschijnlijk geen probleem zal zijn. Risico is echter dat gedurende de proef restmateriaal ophoopt en uitdroogt/uitthard aan de zijkanten van de mengbak.

4. Verpompen van het mengsel benoemd onder punt 3 naar de menginstallatie waar het waterglas zal worden toegediend.
5. Inline toedienen van het waterglas aan de stroom van het mengsel benoemd onder punt 3. Daarbij dient het waterglas homogeen en binnen kort tijdbestek vermengd te worden met het mengsel. Het mengsel moet de spuitmond verlaten voordat de verharding intreedt. De Zeeuwse Stroom heeft aangegeven voor deze handelingen minimaal 15 seconden nodig te hebben. Daarnaast heeft zij aangegeven dat 15 minuten een optimale tijdsperiode is.
6. Het aanbrengen van het versterkte sediment in het uitgegraven cunet. De aan te brengen laag versterkt sediment heeft een dikte van 1 meter en zal in stappen, zowel in verticale als in horizontale zin, worden aangebracht.

De Zeeuwse Stroom zal voor het uitvoeren van bovenstaande stappen een geschikte meng- en pomp installatie aanvoeren, als wel geschikte machines voor verdere verwerking van het versterkt sediment. Op de uitvoering van bovenbenoemde stappen in relatie tot de receptuur wordt in het Programma van Eisen (PvE) terug gekomen. In het PvE staan de uitvoeringseisen geformuleerd. Het PvE is toegevoegd als bijlage 2.

### 1.3 Functionele eisen

De functionele eisen die gesteld worden aan het versterkte sediment, staan vermeld in tabel 1.1.

Parameter	Eis
<i>Eigenschappen met betrekking tot uitvoering</i>	
Zout aanmaakwater	De bouwstof dient aan te maken te zijn met sediment en zeewater met relatief hoog zout gehalte
Verwerkbaarheid sediment en specie	Waterbodem dient verpompbaar, zeefbaar en mengbaar te zijn. De eis is afhankelijk van de toe te passen menginstallatie.
Periode waarin de specie incl. initiator vloeibaar/ verpompbaar blijft	Indien men een geactiveerde specie gaat verpompen, welke zich niet meer in de vloeibare fase bevindt, bestaat het risico dat de gelstructuur van de bouwstof stuk wordt gepompt. Dit punt bevindt zich na de geltijd. In de voorbereiding, het mengmechanisme en de uitvoering dient hier rekening mee te worden gehouden. De waarde is in overleg vastgesteld op 15 sec. (zie paragraaf 1.2)
Sterkte ontwikkeling	Voldoende om het eigen gewicht en uitwendige krachten te kunnen dragen
<i>Geotechnische eigenschappen</i>	
Dichtheid	1,7 kg/dm <sup>3</sup>
Samendrukbaarheid	Zand – stevige klei; ten tijde van het aanbrengen van de definitieve constructie
Sterkte na 2 dagen	> 50 kPa
Sterkte na 28 dagen	Ca. 1 Mpa

Tabel 1.1 Functionele eisen versterkt sediment

Met betrekking tot de sterkte ontwikkeling en de eindsterkte:

De eis voor de sterkte ontwikkeling is dat het voldoende moet zijn om het eigen gewicht en uitwendige krachten te kunnen dragen. Diverse uitwendige krachten werken op de laag versterkt sediment direct na aanleg en op de langere termijn.

De constructie zal 2 dagen na het aanbrengen van de laag versterkt sediment worden aangebracht. Deze constructie is een ophooglaag van het restant waterbodembodem afkomstig van dezelfde locatie. De hoogte van de laag is maximaal 1,5 meter. De belasting is dan ca.  $24 \text{ kN/m}^2$  en statisch van aard, uitgaande van een nat volumiek gewicht van  $16 \text{ kN/m}^3$  van het ophoogmateriaal.

Het volumieke gewicht van het verstevigde sediment zelf zal variëren in de range van  $16 - 17,5 \text{ kN/m}^3$ . De hoogte van het zeewater in de Westerschelde varieert afhankelijk van het getij en weersomstandigheden dit resulteert in een dynamische belasting van ca.  $40 \text{ kN/m}^2$ .

Samengevat dient de verstevigde laag sediment na 2 dagen een belasting van minimaal ca. 50 en optimaal ca. 100 kPa te kunnen dragen.

Met betrekking tot de samendrukbaarheid:

Als men de Isotachen (abc) methode als uitgangspunt neemt en een klei met een nat volumegewicht van  $17,0 \text{ kN/m}^3$  dan is de samendrukbaarheid van een stevige klei te definiëren als max.:

- Parameter (a): 0,010 of kleiner;
- Parameter (b): 0,100 of kleiner;
- Parameter (c): 0,004 of kleiner.

Het uitgangspunt van de praktijkproef is het aanbrengen van een relatief snel uithardend materiaal met een relatief hoge eindsterkte. Gezien deze functionele eisen is het uitgangspunt van het receptuuronderzoek het gebruik van hoogovencement (CEM III C) als bindmiddel en waterglas Crystal 0070 (C0070) als initiator. De productbladen van deze toeslagstoffen zijn terug te vinden in bijlage 3. Indien noodzakelijk kan er een vertrager worden toegevoegd om de viscositeit van het sediment plus bindmiddel mengsel tijdelijk te verlagen, waarmee de verwerkbaarheid en de verpompbaarheid van het mengsel tijdelijk toeneemt.

In de uiteindelijk voorziene toepassing van versterkt sediment, zoals omschreven in onderzoek vermeld onder referentie [1], is de planning dominant. Niettemin zal in onderhavig onderzoek ook een globale kostenschatting voor wat betreft de materiaalkosten van versterkt sediment worden gerapporteerd.

## Leeswijzer

Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten van het uitgevoerde receptuuronderzoek. Het onderzoek is opgedeeld in de volgende onderdelen:

1. Receptuurontwikkeling: indicatief onderzoek en mengselontwerp
2. Geotechnisch onderzoek
3. Conclusies en aanbevelingen

## 2 Receptuurontwikkeling

Allereerst is er een indicatief onderzoek uitgevoerd. Aan de hand van dit onderzoek is inzicht verkregen in het gedrag van de specie (sediment en bindmiddel) ten opzichte van de initiator, het waterglas. Aan de hand van dit onderzoek wordt een indicatieve receptuur voorgesteld.

Het tweede deel bestaat uit het mengselontwerp. Tijdens dit onderzoek wordt aan de hand van geltijden en verhardingscurven het definitieve recept vastgesteld. Dat wil zeggen: of aan de gestelde functionele eisen wordt voldaan indien minder toeslagstoffen worden gebruikt. Validatie van dit recept vindt plaats door een geotechnische analyse.

Selectie van het recept is gebaseerd op de weging van technische (verhardingscurve en geltijd) haalbaarheid. Het meest geschikte recept is gebruikt als uitgangspunt voor het geotechnische onderzoek.

### 2.1 Aangeleverd Sediment

De waterbodem op een diepte van mv -1,5 – 2,5 zal worden toegepast voor de proef. Uit deze laag zijn een zestal monsters genomen van circa 10 liter ten behoeve van het receptuuronderzoek. De bemonstering van de waterbodem is uitgevoerd door Tauw [4]. In december 2010 is het door Tauw bemonsterde materiaal afgeleverd bij Deltares. Het ontvangen materiaal staat vermeld in tabel 2.1. inclusief codering. Het materiaal is bemonsterd volgens de BRL SIKB 2000 op 6 en 7 december 2010. Het zeewater uit de Westerschelde water is bemonsterd door Deltares op 25-11-2011. Gedurende de testperiode zijn de monsters afgesloten opgeslagen bij 10°C.

Code	Samenstelling	hoeveelheid
E0821394	sediment	ca.10 L
E0821395	sediment	ca.10 L
E0821396	sediment	ca.10 L
E0821397	sediment	ca.10 L
E0821398	sediment	ca.10 L
E0821399	sediment	ca.10 L
Jerrycan 1	zeewater	ca. 10 L
Jerrycan 2	zeewater	ca. 10 L

Tabel 2.1 Aangeleverd sediment en zeewater

Van het watermonster is bij aanlevering een EC van 23.9 mS/cm bij een temperatuur van -0.6 °C en een pH van 6.31 bij een temperatuur van -0.3 °C gemeten.

#### 2.1.1 Fysische eigenschappen

Fysische eigenschappen van de waterbodem zijn bepaald in voorgaande onderzoeksfase [3], [4]. De codering van de monsters zoals vermeld in tabel 2.2a en 2.2b is afkomstig uit deze rapportages. In onderstaande tabellen zijn de waarden vermeld, welke gebruikt zijn in de berekeningen voor het volumieke gewicht van de aangemaakte mengmonsters van het sediment.

parameter	Code 3B
Diepte [m-mv]	2.70 – 2.75
Watergehalte [% ds]	70.3

Tabel 2.2a Watergehalte sediment Hoedekenskerke

Tabel 2.2b Volumiek gewicht sediment Hoedekenskerke

parameter	2B (100 cc)	3A (100 cc)	3 (66 beg.)	Gemiddeld
Diepte [m-mv]	1.75 – 1.80	2.20 – 2.25	1.90 – 2.92	1.75 – 2.92
Volumieke massa [kg/dm <sup>3</sup> ]	1.58	1.45	1.59	1.54

## 2.2 Mengmonster 1 Sediment

Voor het receptuuronderzoek is een mengmonster gemaakt vanuit de aangeleverde monsters (zie tabel 2.1 voor een overzicht).

De voorbehandeling van het sediment bestond uit het homogeniseren door middel van intensief mengen. Voor de menging is een propeller roermotor gebruikt (IKA, RW 28 Basic, propeller blad R1385).

In het sediment zijn geen stenen, grind, kiezels of schelpresten aangetroffen. Er was dus geen kans op verstoring van verschillende sterktemetingen door aanwezigheid van relatief grote harde onderdelen. Het mengmonster is om deze reden dan ook niet gezeefd om afwijking van de praktijksituatie te minimaliseren.

Zeewater uit de Westerschelde is toegevoegd aan het mengmonster. Dit was noodzakelijk aangezien het sediment een relatief laag watergehalte heeft en een consistentie heeft vergelijkbaar met matig siltige klei.

De samenstelling van het mengmonster nr. 1 is gegeven in tabel 2.3.

Code emmer	gewicht [kg]	volume [dm <sup>3</sup> ]	water [kg]	Volumieke massa [kg/dm <sup>3</sup> ]	Watergehalte [%]
<i>Westerschelde waterbodem</i>					
E0821394	5,65	3,67	1,73		
E0821395	5,05	3,28	1,55		
E0821396	4,95	3,22	1,52		
E0821397	5,05	3,28	1,55		
E0821398	5,15	3,35	1,58		
E0821399	5,10	3,31	1,56		
<b>Totaal</b>	<b>30,95</b>	<b>20,11</b>	<b>9,48</b>	<b>1,54</b>	<b>31%</b>
<i>Westerschelde water</i>					
jerrycan 1	2,45	2,40	2,45	1,03	100%
<i>Mengmonster nr 1</i>					
<b>Totaal</b>	<b>33,40</b>	<b>22,51</b>	<b>11,93</b>	<b>1,48</b>	<b>36%</b>

Tabel 2.3 Samenstelling mengmonster nr. 1

## 2.3 Materialen en methoden

Het sediment verkrijgt andere materiaaleigenschappen door de stoffen die worden toegevoegd. Deze transformatie wordt het verhardingsproces genoemd en verloopt grofweg in drie fasen. Bijlage 1A en 1B geven een korte omschrijving van deze fasen en bijbehorende materiaaleigenschappen.

In de beton- en cementindustrie is de watercementfactor een bekende sturingsparameter. Het water is dan de initiator voor het uitharden van het cement [5]. In dit rapport wordt de verhouding tussen bindmiddel en waterglas (afgekort tot b/wgl) en de verhouding tussen water en bindmiddel gehanteerd als sturingsparameter voor de te verwachten sterkteontwikkeling. Bij versterkt sediment werkt het waterglas als initiator voor het uitharden van het bindmiddel. De ratio tussen water en het bindmiddel (w/b ratio) bepaald o.a. de verwerkbaarheid van de specie en de geactiveerde specie. Er is tevens een relatie tussen de te behalen eindsterkte en de w/b ratio (water verdund het totale mengsel) [5].

### 2.3.1 Mengen

Het mengen op laboratorium schaal brengt beperkingen met zich mee. Gedacht moet worden aan een beperkt volume wat in beweging kan worden gebracht en beperkte typen menginstallaties. Zonder het toevoegen van water is het sediment op laboratorium schaal zeer moeilijk mengbaar.

Tijdens het inmengen van het bindmiddel is tevens extra water toegevoegd aan het sediment. Dit was tevens om boven genoemde redenen, maar ook door kleving van het mengsel aan de zijwanden. Veroorzaakt door hoog silt gehalte en laag watergehalte.

De sediment mengmonsters zijn aangemaakt in vaten van 25 liter. De proefstukken voor het indicatieve onderzoek en mengsel ontwerp zijn aangemaakt in volumes variërend van 200 tot 400 ml. De proefstukken voor het geotechnische en milieuhygiënisch onderzoek zijn aangemaakt in tonnen van respectievelijk 10 liter en 5 liter. Zie bijlage 4 voor de gedetailleerde laboratorium procedure.

### 2.3.2 De geltijd

De geltijd is de duur waarbij het mengsel na toevoeging van het waterglas zich nog in vloeibare vorm bevindt. In het lab wordt deze duur vastgesteld door direct na inmengen van het waterglas het mengsel in beweging te brengen. Hiertoe wordt een draaiende beweging gemaakt vanuit de pols met de mal. Indien het mengsel niet meer in beweging is te brengen vanuit de pols, is de geltijd afgelopen.

### 2.3.3 De sterkte ontwikkeling in de tijd

De sterkte ontwikkeling in de tijd wordt bepaald door middel van een pocket penetrometer met een voetstuk van 25 mm doorsnede. Een pocket penetrometer wordt gebruikt om m.b.v. een correlatie tussen de veeruitslag en de ongedraineerde druksterkte, de druksterkte van een verzadigde cohesieve materiaal bij benadering te bepalen.

### 2.3.4 Opslag condities

Om de uitharding van de recepturen te toetsen onder zout water, zijn de proefstukken aangemaakt en tijdens de ontwerp stap opgeslagen onder een laag van zout water bij 10°C.

## 2.4 Indicatieve proeven

Aan de hand van de indicatieve proeven wordt inzicht verkregen in het gedrag van de specie (sediment en bindmiddel) ten opzichte van de initiator, het waterglas.

De verhouding tussen bindmiddel en waterglas, en tussen water en bindmiddel is gevarieerd in het indicatieve onderzoek. Het indicatieve onderzoek is een voortzetting van het onderzoek uitgevoerd in 2009 [1]. Dit onderzoek betrof eveneens het versterken van maritiem sediment. Echter betrof het sterk zandig sediment in plaats van siltige klei als te versterken sediment.

In het onderzoek uit 2009 wordt voorgesteld het volgende recept als uitgangspunt te nemen: 140 gram CEM III/C en 26 gram waterglas per liter sediment. Dat staat gelijk aan 93 gram CEM III/C en 17 gram waterglas per kg sediment (bij een volumiek

gewicht van 1,5 kg/dm<sup>3</sup>). Op basis van deze receptuur is een druksterkte bepaald van 2.4 tot 3.4 MPa na 2 dagen uitharden. Deze sterkte ontwikkeling is ver boven de gestelde eis van 50 kPa.

In het indicatieve onderzoek is getoetst of het recept tevens geschikt is voor het versterken van siltige klei. De verwachting is dat de eindsterkte lager zal zijn door een lager zandgehalte. Voorts is getoetst of het gehalte CEM III/C kon worden verlaagd en hoe de sterkte zich ontwikkelt bij het toevoegen van water. Het water is toegevoegd om de verwerkbaarheid van het sediment te verhogen.

## 2.4.1 Recepturen

De geteste recepturen per m<sup>3</sup> versterkt sediment staan vermeld in tabel 2.4. De proefstukken zijn afgesloten en opgeslagen gedurende de uithardingsperiode bij 20°C.

Code	water- bodem	CEM III/C	C0070	W- schelde water	Totaal gew.	$\rho_{nat}$	Water Wt.	b/wgl ratio	w/bind m. ratio
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dm <sup>3</sup> ]	[%]	[-]	[-]
A	1266	114	30	63	1473	1,47	41%	4	5
B	1290	103	24	56	1473	1,47	40%	4	5
C	1184	72	15	103	1373	1,37	44%	5	7
D	1193	120	40	90	1443	1,44	43%	3	4
E	1195	120	30	89	1434	1,43	43%	4	4
F	1194	120	60	90	1463	1,46	43%	2	4

Tabel 2.4 Recepturen indicatief onderzoek

## 2.4.2 Visuele observaties

De specie vertoont nagenoeg geen vloeigedrag en is niet vanuit de pols in beweging te brengen.

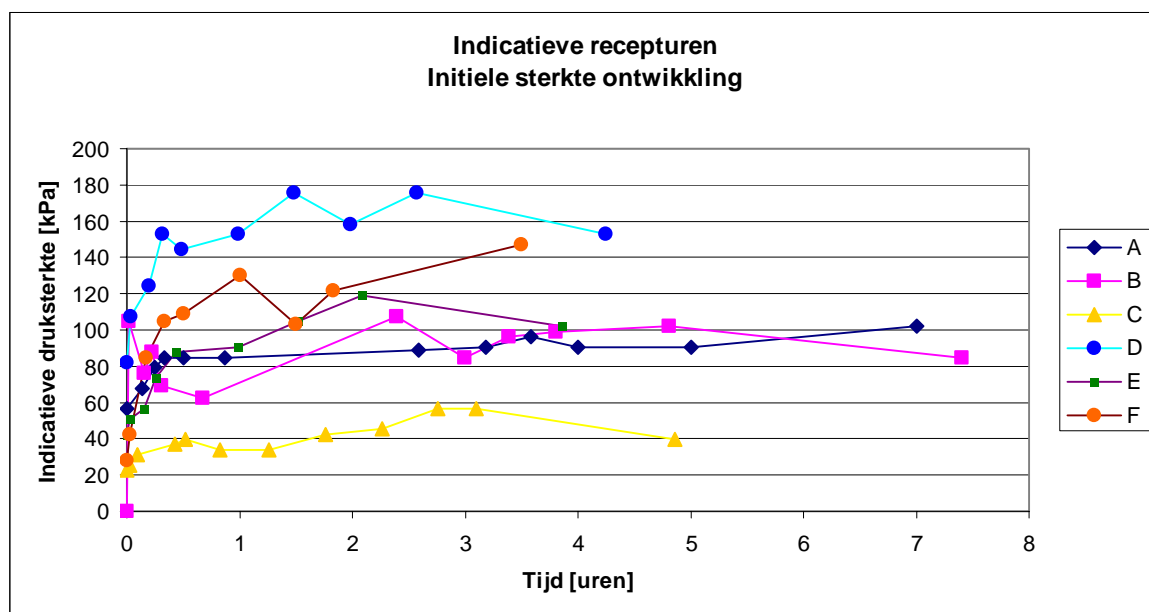
Direct na inspuiten van het waterglas treedt de verhardende reactie op. De geltijd is in deze omstandigheden minder dan één seconde en niet te bepalen zoals omschreven in paragraaf 2.3.2. De verwerkbaarheid van het materiaal is in deze condities vertaald naar de periode dat het materiaal nog in beweging is te brengen door middel van een propellerroerder *zonder* daarbij de zojuist gevormde gelstructuur te doorbreken. Indien dit plaatsvindt, treedt klontering op van het materiaal.

Als we deze definitie voor de verwerkbaarheid van het materiaal aanhouden dan zijn alle recepturen 1 tot 5 seconden mengbaar.

## 2.4.3 Sterkte ontwikkeling

De sterkte ontwikkeling gedurende de eerste 4 tot 7 uur is weergegeven in grafiek 2.1. Recept D geeft de snelste sterkteontwikkeling en de hoogste sterkte. Na ca. 2 uur, is een sterkte van circa 180 kPa bereikt. Recept F heeft een lagere sterkteontwikkeling en bereikt na circa 4 uur een sterkte van 140 kPa. De sterkte ontwikkeling van de recepten A, B en E is nagenoeg gelijk. Na een periode van 4 uur is er een sterkte van circa 100 kPa bereikt. Recept C bereikt na 4 uur slechts een sterkte van circa 40 kPa.

Alle recepten behalve recept C voldoen aan de sterkte eis na twee dagen uitharden van 50 kPa.



Grafiek 2.1: Sterkte ontwikkeling recepturen indicatief onderzoek

### Conclusie en discussie

Gebaseerd op de resultaten is het volgende te concluderen:

- bindmiddel/ waterglas ratio van 2 is niet voldoende. De b/wlg ratio dient 3 of hoger te zijn. De verhouding tussen bindmiddel en waterglas van 4 of hoger voorziet in voldoende initiële vormvastheid.
- water/bindmiddel ratio van 4 of lager is voldoende. Indien aanmaak water wordt toegevoegd aan het sediment, is bij een watergehalte van ca 43% een cement concentratie van 120 kg per kubieke meter versterkt sediment nodig.

## 2.5 Mengsel ontwerp

Op basis van de resultaten van het indicatieve onderzoek wordt in deze paragraaf het definitieve mengsel ontwerp voor het geotechnische onderzoek bepaald. Het definitieve mengsel ontwerp is gebaseerd op sterkte ontwikkeling gedurende de eerste 7 dagen na aanmaak.

### 2.5.1 Recepturen

De geteste recepturen per kubieke meter versterkt sediment staan vermeld in tabel 2.5a en 2.5b. De recepten 1.1, 1.2 en 1.3 zijn afgeleid van het recept zoals voorgesteld in de rapportage uit 2009 [1], en zoals getoetst in het indicatieve onderzoek. Volgens de conclusies vermeld onder 2.4.3 zouden de recepten 1.1 en 1.2 moeten voldoen aan de gestelde eis voor sterkte ontwikkeling na 2 en na 7 dagen uitharden.

De recepten 1.2 en 1.3 zijn tweemaal aangemaakt, code 1.2.2 en 1.3.2, om de spreiding in de sterkteontwikkeling te toetsen, gezien de niet optimale inmenging van het waterglas. Getracht is de menging van het waterglas beter te laten verlopen door de viscositeit van de specie te verlagen door toevoeging van een vertrager.

Recept 1.4 en 1.5 zijn zodanig ingezet dat een water/ bindmiddel ratio van 2 wordt behaald [6]. Het toevoegen van extra aanmaak water leidt dan ook tot een verhoging van de CEM III/C concentratie.

De proefstukken zijn 5 minuten na aanmaak onder zout water opgeslagen bij 10°C. De pH en de EC van het zoute water is gemeten gedurende deze periode. De proefstukken zijn gezamenlijk opgeslagen in één bak met water. De pH en EC waarden gelden dus als een indicatie en zijn niet specifiek gebonden aan een receptuur.

Code	water- bodem	CEM III/C	C0070	W- schelde water	vertrager	Totaal gew.	$\rho_{\text{nat}}$
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dm <sup>3</sup> ]
1.1	1229	171	33	91	0	1524	1,52
1.2	1189	213	56	87	0	1545	1,54
1.3	1141	137	137	84	0	1500	1,50
1.4	1027	305	61	162	0	1555	1,55
1.5	1080	223	39	170	0	1512	1,51
1.3.2	1137	136	137	84	5	1499	1,50
1.2.2	1180	213	56	86	8	1544	1,54

Tabel 2.5a Recepturen mengselontwerp

Code	CEM III/C	C0070	Water Wt.	b/wgl <sup>2</sup> ratio	water/b ratio
[nr.]	Wt. [%]	Wt. [%]	[%]	[-]	[-]
1.1	2%	11%	43%	5	3
1.2	4%	14%	43%	4	2
1.3	9%	9%	43%	1	4
1.4	4%	20%	51%	5	2
1.5	3%	15%	51%	6	2
1.3.2	9%	9%	43%	1	4
1.2.2	4%	14%	43%	4	2

Tabel 2.5b Recepturen mengselontwerp

## 2.5.2 Visuele observaties

Als de definitie voor de verwerkbaarheid wordt aangehouden zoals gegeven in paragraaf 2.3.2. dan zijn alle recepturen 1 tot 5 seconden mengbaar.

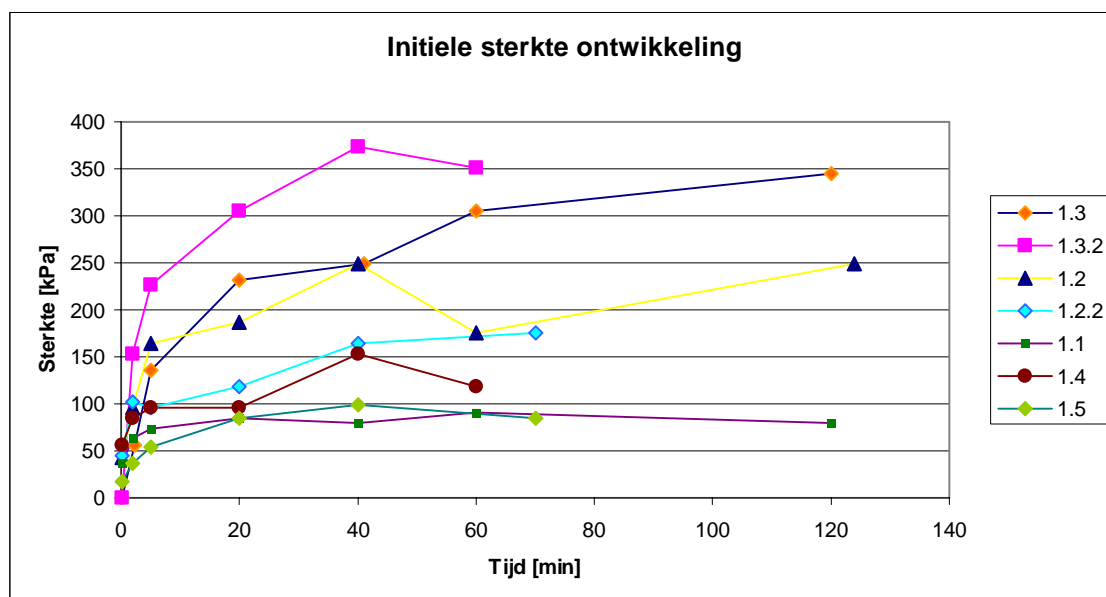
Het homogeen inmengen van het waterglas blijkt zeer moeilijk te zijn met de beschikbare (krachtige) mengapparatuur. Indien het waterglas niet homogeen wordt ingemengd bestaat het risico dat er nog een laagje waterglas aan de bovenzijde van het proefstuk bevindt. Het waterglas reageert met de topzijde van het proefstuk en wordt zichtbaar als een witte aanslag. Zodra het proefstuk onder water wordt gebracht laat deze aanslag los en zijn witte schilvers in het water zichtbaar. De pH van het water zal hierdoor sterk worden beïnvloed ten opzichte van de uitloging van base vanuit het materiaal.

## 2.5.3 Sterkte ontwikkeling

De sterkte ontwikkeling gedurende de eerste 60 tot 120 uur is weergegeven in grafiek 2.2. Recept 1.3.2. geeft de snelste sterkteontwikkeling en de hoogste sterkte na 1 uur, 350 kPa. Recept 1.3 heeft een lagere sterkteontwikkeling en bereikt de sterkte van 350 kPa na circa 2 uur uitharden. De recepten 1.1, 1.4 en 1.5 laten de laagste sterkte ontwikkeling zien in 120 minuten tijd. Dit is een goed voorbeeld van het feit dat niet het cementgehalte, maar de verhouding tussen bindmiddel en waterglas de initiële sterkte ontwikkeling bepaalt. Een bindmiddel/waterglas ratio tussen de 1 en 4 resulteert in een hogere sterkte ontwikkeling in de eerste 60 tot 120 minuten, dan bij een ratio groter dan 4.

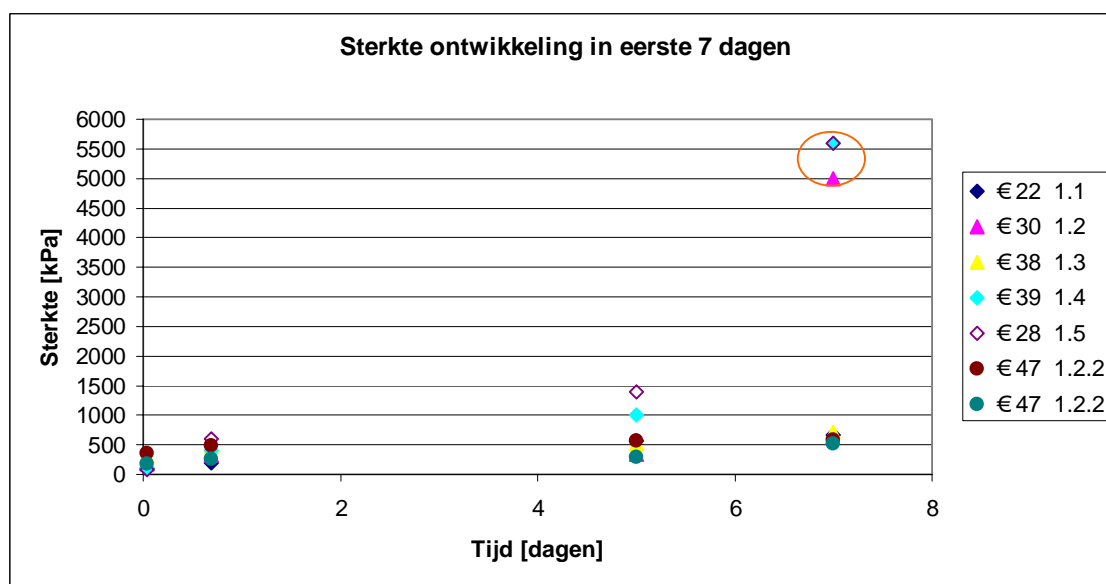
2. *b/gls* staat voor de gewichtsverhouding tussen het bindmiddel en het waterglas  
*w/b* staat voor de gewichtsverhouding tussen het water en het bindmiddel





Grafiek 2.2: Initiële sterkte ontwikkeling recepturen Mengselontwerp

Grafiek 2.3 geeft een overzicht van de sterkteontwikkeling gedurende de eerste 7 dagen. De recepten zijn gecodeerd naar kosten per kuub versterkt sediment en met de monstercode.

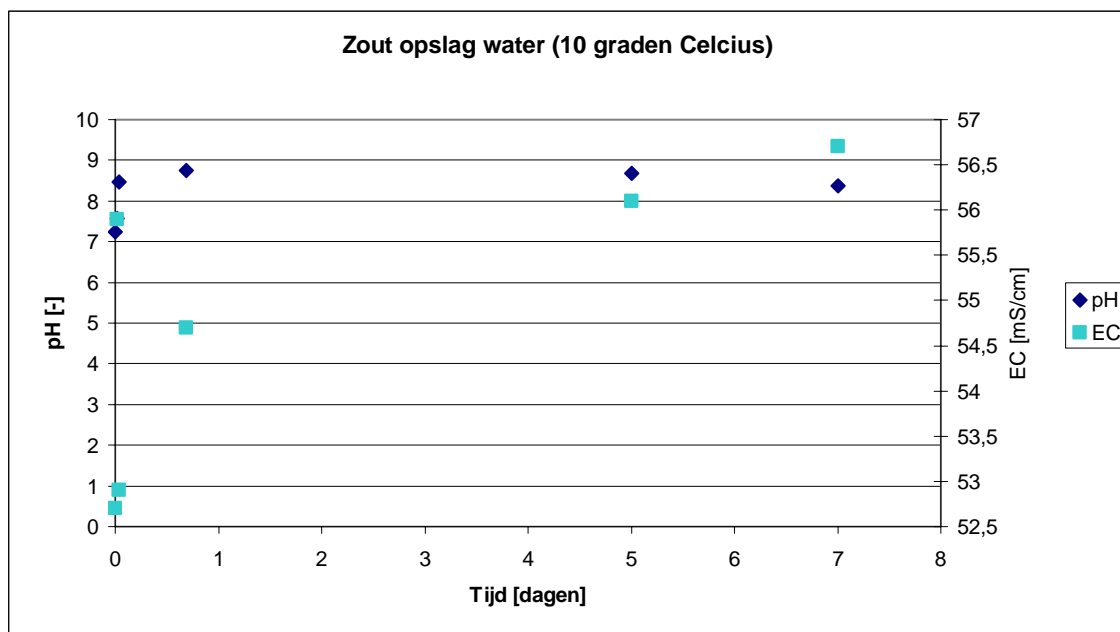


Grafiek 2.3: Sterkte ontwikkeling gedurende een week, recepturen Mengselontwerp

De recepturen 1.2, 1.4 en 1.5 vertonen, na 7 dagen uitharden onder water, een significante hogere sterkte dan de rest van de proefstukken. Met behulp van de pocket penetrometer wordt een indicatieve druksterkte in de orde van 5MPa gemeten. De sterkte van proefstuk 1.2 wordt met name na 5 dagen ontwikkeld. De ontwikkeling van de hogere sterkten zet bij proefstuk 1.4 en 1.5 eerder in dan bij proefstuk 1.2.

De pH en de EC gemeten in het zoute water gedurende de uithardingsperiode is weergegeven in grafiek 2.4. De pH stijgt na het plaatsen van de proefstukken onder water, van 6,31 bij  $-0.3^{\circ}\text{C}$  tot een waarde van circa 8,5 bij  $10^{\circ}\text{C}$ . De EC is 4 mS/cm hoger na 7 dagen uitharden. De EC en de pH zijn gemeten na menging van het water

aanwezig in de opslagtank. De piek waarde in de EC op t is 30 minuten, is mogelijk gerelateerd aan een afwijking in het mengen van het totale volume in de opslagtank (afwijking door analyse procedure).



Grafiek 2.4: pH en EC waarden in relatie tot de tijd van opslag water

Tabel 2.6 geeft een overzicht van de sterkte ontwikkeling per receptuur.

Code	1 uur	16,5 uur	5 dagen	7 dagen	b/wgl <sup>3</sup> ratio	water/b ratio	kst per versterkt vol.
[nr.]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[-]	[-]	[€/ m <sup>3</sup> ]
1,1	91	195	560	661	5	3	€ 22,-
1,2	175	323	345	4991	4	2	€ 30,-
1,3	306	475	526	719	1	4	€ 39,-
1,4	119	413	1000	5602	5	2	€ 39,-
1,5	85	594	1401	5602	6	2	€ 28,-
1.3.2	351	489	560	586	1	4	€ 47,-
1.2.2	175	260	293	512	4	2	€ 47,-

Tabel 2.6 Overzicht indicatieve druksterkte in de tijd

## 2.6 Conclusie en discussie

Recept 1.5 is geselecteerd als geschikt recept voor het geotechnisch en milieuhygiënisch onderzoek. De druksterkte na 2 dagen voldoet aan de geotechnische eis van > 50 kPa en is dus voldoende. De druksterkte na 7 dagen voldoet aan de eis

3. *b/gls* staat voor de gewichtsverhouding tussen het bindmiddel en het waterglas  
*w/b* staat voor de gewichtsverhouding tussen het water en het bindmiddel

voor druksterkte na 28 dagen. Met receptuur 1.5 wordt een goede sterkte behaald in relatie tot de materiaal kosten per kuub versterkt sediment.

Enige bandbreedte in het recept is noodzakelijk gezien de praktijkomstandigheden. Afwijkingen in het mengproces dienen binnen de gestelde bandbreedte te blijven om de beoogde eindsterkte te kunnen verkrijgen.

Het mengsel dient een bindmiddel/ waterglas ratio te hebben tussen de 5 á 6. Het mengsel dient een water/ bindmiddel ratio te hebben van 2. Met andere woorden recept 1.5 is de ondergrens van deze bandbreedte. De geotechnische eigenschappen van dit recept is gevalideerd in het geotechnisch onderzoek.



### 3 Geotechnisch onderzoek

#### 3.1 Mengmonster 2 Sediment

Mengmonster nr. 2 is aangemaakt op eenzelfde wijze als mengmonster nr. 1. De samenstelling is weergegeven in tabel 3.1. De rest van mengmonster nr. 1 is toegevoegd aan het nieuwe aangemaakte mengmonster. De viscositeit van het resulterende mengmonster is verlaagd door toevoeging van zeewater (vermeld als 'verdunningstap' in tabel 3.1). Het resulterende mengsel is gecodeerd als mengmonster nr. 2.

Code emmer	gewicht [kg]	volume [dm <sup>3</sup> ]	water [kg]	Volumieke massa [kg/dm <sup>3</sup> ]	Watergehalte [%]
<i>Westerschelde waterbodem</i>					
E0821394	2,00	1,30	0,61		
E0821395	2,00	1,30	0,61		
E0821396	2,00	1,30	0,61		
E0821397	2,00	1,30	0,61		
E0821398	2,00	1,30	0,61		
E0821399	2,05	1,33	0,63		
Totaal	12,05	7,83	3,69	1,54	31%
<i>Westerschelde water</i>					
jerrycan 1	0,948	0,925	0,948	1,03	100%
subtotaal	13,00	8,75	4,64	1,49	36%
Meng_nr 1	3,50	2,36	1,25	1,49	36%
Totaal	16,50	11,11	5,89	1,49	36%
Verdunning	2,61	2,54	2,54	1,03	100%
<b>TOTAAL</b>	<b>19,11</b>	<b>13,65</b>	<b>8,43</b>	<b>1,40</b>	<b>44%</b>

Tabel 3.1 Mengmonster sediment nr. 2

#### 3.2 Preparatie proefstukken

##### 3.2.1 Samenstelling materiaal (receptuur)

Het recept is gebaseerd op recept 1.5 zoals vermeld in tabel 2.5.a. De exacte toegevoegde hoeveelheden staan vermeld in tabel 3.2. Voor de waterbodem is het mengmonster zoals vermeld in tabel 3.1 gebruikt.

Code	water-bodem	CEM III/C	C0070	W-schelde water	vertrager	Totaal gew.	$\rho_{nat}$
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dm <sup>3</sup> ]
1.5	1050	207	35	155	0,00	1447	1,45

Tabel 3.2 Receptuur geotechnisch onderzoek

##### 3.2.2 Aanmaak methodiek en opslag condities

Er zijn vier tonnen aangemaakt van elk 10 kilogram materiaal (zie voor een overzicht tabel 3.3). Een ton heeft een oppervlak van ca 700 cm<sup>2</sup>. Nadat de tonnen zijn gevuld

met versterkt sediment is er direct zout water opgebracht. De tonnen zijn luchtdicht afgesloten en opgeslagen bij 10°C.

Het contact oppervlak tussen vloeistof (het zoute water) en vaste stof (het versterkte sediment) is daarbij circa minimaal 700 cm<sup>2</sup> (hierbij is geen rekening gehouden met onregelmatigheden aan het contactoppervlak). Het volume ingebracht zout water per ton is ca. 14 liter, gelijk aan ca. 20 cm vloeistof hoogte. De liquid/solid ratio is daarbij gelijk aan circa 1 L/kg.

De pH en de EC in dit opstaande water is gemeten na 2 en na 28 dagen uitharden. De pH van het water na 2 dagen opslag was gemiddeld 12,1 en na 28 dagen 11,75. De EC was na 2 dagen opslag gemiddeld 31,2 mS/cm en na 28 dagen opslag 42,9 mS/cm.

### 3.2.3 Visuele waarnemingen tijdens aanmaak

Inmengen van 10 liter versterkt sediment in combinatie met de zware waterbodem en de korte geltijd van 1 tot 5 sec. levert op laboratorium schaal geen homogene verspreiding op (zie paragraaf 2.3.1. voor aanvullende uitleg). In het geotechnische onderzoek is de aanmaak van de proefstukken zodanig uitgevoerd dat de tijd dat de geactiveerde specie verwerkbaar is, is verlengd.

Zodra het waterglas wordt toegevoegd treedt er een chemische reactie op welke resulteert in een vormvast gel-achtig product. Het mengsel is na deze vorming circa 1 tot 2 minuten doorgemengd om een goede menging te verkrijgen. Hierbij treedt een destructie op van de initieel gevormde gelstructuur en is de initiële uitharding vertraagd i.v.m. de resultaten in grafiek 2.2. Na 1 uur uitharden was de sterkte circa 50 kPa. In de kleine cups was de sterkte na 1 uur afgesloten uitharden 85 kPa (grafiek 2.2), onder droge condities.

Ton nr	Analyse	Code genomen samples
1	Samendrukking, 2 dagen	2A, 3A, 4A (Sdruk)
2	Vrije Prisma, 2 dagen	2A, 3A, 4A (VP_2)
3	Vrije Prisma, 28 dagen	5A, 6A, 7A (VP_28)
4	Geen goede menging (mislukt)	

Tabel 3.3 Aanmaak geotechnische proefstukken en bijbehorende codes en analyses

## 3.3 Geotechnische analyse methoden

### 3.3.1 Samendrukkingsproef

De samendrukkingsproef is een relatief eenvoudige proef, bedoeld om zettingparameters te bepalen. Er is een ontlasting- en herbelastingstap ingevoerd om tevens stijfheidparameters voor ontlaste situaties te kunnen bepalen. De proef is uit gevoerd in 7 stappen van circa 5 tot 200 kPa, conform NEN 5118.

De proef is uitgevoerd op materiaal na 2 dagen uitharding. Het materiaal is gedurende deze twee dagen onder zout water opgeslagen bij 10°C. De doorlooptijd van de samendrukkingsproef zelf was circa 4 dagen. Gedurende het samendrukken van het proefstuk is uitdroging tegengegaan door het inbrengen van kleine hoeveelheden Westerschelde water.

### 3.3.2 Vrije prismaproef

De vrije prismaproef is een relatief eenvoudige proef, bedoeld om de druksterkte van cohesief materiaal te bepalen zonder toepassing van steundruk.

Het proefstuk wordt belast in compressie tot bezwijken of tot er 20% vervorming optreedt. De uitkomst van de proef geeft een indicatie van de orde grootte van de

druksterkte ( $c_u$ ) van het beproefde monster versterkt sediment. Het resultaat van de proef wordt weergegeven als een grafiek van opgelegde druk tegen de verticale rek. De grootte van het belaste oppervlak wordt gecorrigeerd voor de opgetreden compressie, met de aanname dat het materiaal volumevast is.

De vrij prismaproef is uitgevoerd conform DIN 18136. De proef is uitgevoerd op materiaal na 2 en na 28 dagen uitharding. Het materiaal is gedurende deze 2 tot 28 dagen onder zout water opgeslagen bij 10°C. De doorlooptijd van de vrije prismaproef zelf was circa een uur.

### 3.4 Resultaten geotechnische analyses

In deze paragraaf zijn de resultaten opgenomen van het geotechnisch onderzoek zoals vermeld in paragraaf 3.3.

#### 3.4.1 Fysische eigenschappen

De fysische eigenschappen van de drie proefstukken, na 2 en 28 dagen uitharden zijn bepaald aan de hand van de volumieke massa en het watergehalte. Zie tabel 3.4 en bijlage 5A voor een overzicht.

Proefstuk code	$P_{nat}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_{droog}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_{nat}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$P_{nat}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	w [%]		
					SDruk	VP_2	VP_28
proef	SDruk	SDruk	VP_2	VP_28	SDruk	VP_2	VP_28
2A/5A	1492	866	1474	1500	72	72	82
3A/6A	1529	883	1486	1487	73	73	76
4A/7A	1526	872	1501	1493	75	75	77

Tabel 3.4 Fysische eigenschappen versterkt sediment

#### Conclusie en discussie:

De gestelde functionele eis voor het volumiek gewicht van het materiaal is 1,7 kg/dm<sup>3</sup>. Het behaalde volumieke gewicht varieert tussen de 1,487 en 1,529 kg/dm<sup>3</sup>. Er wordt dus niet aan de functionele eis voldaan. Indien de bindmiddelen aan onverdund sediment worden toegevoegd dan zal er een volumieke massa van 1668 kg/m<sup>3</sup> versterkt sediment kunnen worden behaald.

Het niet voldoen aan deze functionele eis is een functie van de hoeveelheid water die wordt toegediend om de verwerkbaarheid van het sediment te verbeteren. In het ontwerp van de laag en de constructie kan hier rekening mee worden gehouden. Het niet behalen van deze eis hoeft geen problemen op te leveren.

#### 3.4.2 Samendrukkingsproef

De resultaten van de samendrukkingsproeven staat vermeld in bijlage 5B. De bepaalde invoerparameters voor de isotachenmethode zijn weergegeven in tabel 3.5.

isotachenmethode			
Parameter	Monster Code		
	2A	3A	4A
a	1,0E-3	1,6E-3	3,0E-4
b	5,4E-3	2,2E-3	6,5E-4
c	1,3E-4	3,1E-5	4,7E-5

Tabel 3.5 Resultaten samendrukkingsproef volgens isotachenmethode

Hierin is:

- a: directe compressiecoëfficiënt
- b: seculaire compressiecoëfficiënt
- c: seculaire reksnelheidscoëfficiënt

De bepaalde invoerparameters volgens de NEN-Bjerrum methode zijn weergegeven in tabel 3.6.

<b>NEN-Bjerrum methode</b>			
Parameter	2A	3A	4A
RR	2,4E-03	3,6E-03	6,7E-04
CR	1,2E-02	4,9E-03	1,5E-03
Ca	2,6E-04	7,1E-05	1,1E-04
Vo	2,76	2,93	3,00

Tabel 3.6 Resultaten samendrukkingsproef volgens NEN-Bjerrum methode

Hierin is:

RR : recompressie ratio

CR : compressie ratio

Ca : kruipcoëfficiënt

Vo : poriëngetal

De RR en de CR geven de rek aan van het monster ten opzichte van de belasting en de tijd. Ca geeft de kruipsnelheid aan.

### **Conclusie en discussie:**

Uit de parameters valt af te leiden dat het samendrukbaarheidsgedrag niet overeenkomt met het samendrukkingsgedrag van het onbehandelde sediment (zie bijlage 6, en tabel 3.7). De resultaten laten duidelijk zien dat het materiaal stijver wordt door de behandeling met cement en waterglas. De samendrukkingsparameters zijn zeer klein en ongeveer één orde van grootte kleiner dan die van het onbehandelde sediment. De kruip van het behandelde materiaal is bijna twee orden van grootte kleiner dan die van het onbehandelde materiaal. Zie onderstaande tabel (3.7) voor vergelijking van de gemiddelde waarden tussen onbehandeld en behandeld sediment.

Parameter	behandeld sediment	onbehandeld sediment
	gemiddelde	gemiddelde
RR	2,2E-03	2,7E-02
CR	6,2E-03	1,9E-01
Ca	1,5E-04	1,2E-02
Vo	2,90	2,71

Tabel 3.7 Vergelijking samendrukkingsparameters behandeld en onbehandeld sediment

### 3.4.3 Vrije prismaproef

De vrije prismaproeven zijn uitgevoerd na 2 en na 28 dagen uitharden, onder zout water. De resultaten van de vrije prismaproef staan vermeld in tabel 3.8.

Het proefstuk is niet onderworpen aan een drogingsproces in een oven alvorens de dichtheid is bepaald. Daarom wordt in het laboratoriumrapport (bijlage 5C) van de vrije prismaproef de terminologie "gamma nat" gehanteerd. De complete gegevens van de vrije prismaproeven zijn opgenomen als bijlage 5C.

Er zijn PVC steekbuizen gebruikt om de proefstukken in de juiste afmeting te laten uitharden voor de vrije prismaproeven. De steekbuizen zijn direct na het inmengen van het waterglas in de laag versterkt sediment gedrukt. Door de snelle uitharding van het materiaal was het niet mogelijk om direct een 12 cm volle buis te drukken. Materiaal uit



de rest van de ton is in de steekbuis ingebracht en aangedrukt. Hierdoor zijn luchtbellens ontstaan in het proefstuk, zie foto 2.

Bij de proefstukken die na 28 dagen zijn beproefd, zijn bij proefstuk 2A t/m 4A, 6A en 7A de holten opgevuld met gips ( $\text{CaSO}_4$ ) voorafgaand aan de vrije prismaproef. Proefstuk 5A is afgekeurd door een teveel aan luchtbellens. Dit proefstuk is vervolgens getrimd uit de overblijfselen versterkt sediment uit dezelfde ton als proefstuk 6A en 7A. De proefstukken beproefd na 2 dagen zagen er goed uit en opvulling was niet noodzakelijk.



Foto 1: Proefstuk met luchtbellens

Monster Code	Sterkte na 2 dagen [kPa]	Monster Code	Sterkte na 28 dagen [kPa]
2A	172,0	5A	2731,6
3A	169,8	6A	2001,6
4A	211,4	7A	1116,1

Tabel 3.8 Resultaten vrije prismaproef

### **Conclusie en discussie:**

De druksterkte:

De druksterkte van het versterkte sediment na 2 dagen uitharden varieert van 170 tot 210 kPa. Na 28 dagen varieert de druksterkte tussen de 1,1 en 2,7 Mpa. Aan de functionele eis voor sterkte na 2 en 28 dagen wordt dus voldaan.

De variatie in druksterkte na 28 dagen is relatief groot. Deze variatie is gerelateerd aan de kwaliteit van het geleverde proefstuk. Proefstuk 4A bevatte veel holten door ingesloten luchtbellens. Proefstuk 5A is getrimd uit een versterkt stuk sediment zonder luchtbellens.

De verwerkbaarheid (geltijd):

In het geotechnische onderzoek is de aanmaak van de proefstukken zodanig uitgevoerd dat de tijd dat de geactiveerde specie verwerkbaar is, is verlengd. Het verlengen van de verwerkbaarheid tot maximaal 1 minuut is meer in overeenstemming met de situatie in de praktijk. Het stukslaan van de initiële gelstructuur (plastische fase, zie bijlage 1A) resulteert in een verlaging van de initiële sterkte ontwikkeling gedurende de eerste uren. De bepaalde druksterkten laten zien dat deze aangepaste mengmethode echter geen nadelige consequenties heeft voor de druksterkte na 2 en na 28 dagen.



## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Receptuur

Het onderstaande recept, tabel 4.1, resulteert in voldoende versterking van het sediment. Receptuuronderzoek en geotechnisch onderzoek tonen aan dat bij versterking van sediment volgens dit recept, het resulterende bouw materiaal voldoet aan de gestelde geotechnische eisen (zie tabel 4.2).

Onder de praktijkomstandigheden is afwijking van het recept zoals vermeld in tabel 4.1 wellicht noodzakelijk. Het uitgangspunt dient hierbij te zijn dat:

- a. het bindmiddel/ waterglas ratio van het mengsel circa tussen de 5 á 6 ligt, en
- b. het water/ bindmiddel ratio van het mengsel circa 2 is.

Het recept zoals vermeld in tabel 4.1 is met andere woorden dus de ondergrens van de bandbreedte in bindmiddel en waterglas toevoegingen. De geotechnische eigenschappen van dit recept is gevalideerd in het geotechnisch onderzoek. Bij een afwijking van de voorgetelde receptuur dient er rekening mee te worden gehouden dat een afname in water/ bindmiddel ratio direct resulteert in een zwaarder mengsel (hogere stromingsweerstand) en een (nog) kortere geltijd. Afwijkingen in het mengproces dienen binnen de gestelde bandbreedte te blijven om de beoogde eindsterkte te kunnen verkrijgen.

Code	water- bodem	CEM III/C	C0070	W-schelde water	Totaal gew.	$\rho_{nat}$
[nr.]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg/dm <sup>3</sup> ]
1,5	1050	207	35	155	1447	1,45

Tabel 4.1 Receptuur geotechnisch onderzoek

De voorgestelde bandbreedte staat tevens vermeld in het programma van eisen (bijlage 2, hoofdstuk 5). De ondergrens is incl. een 5% afwijking in de dosering<sup>4</sup>:

- richten op 223 kg CEM III/C per ton sediment toevoegen; minimaal 207 kg CEM III/C per ton sediment toevoegen.
- richten op 39 kg C0070 per ton sediment toevoegen; minimaal 36 kg C0070 per ton sediment toevoegen.

### 4.2 Overzicht behaalde resultaten

In tabel 4.2 is een overzicht gegeven van de gestelde functionele eisen en het behaalde resultaat in het receptuuronderzoek. Hieruit komt naar voren dat het sediment bij de toegepaste receptuur voldoende sterkte ontwikkeld.

4. Een 5% afwijking in de dosering van het cement en het waterglas is een aanname.

Parameter	Functionele eis	Behaald resultaat	oordeel
<i>Eigenschappen met betrekking tot uitvoering</i>			
Zout aanmaakwater	voorwaarde	Verharding treedt op	voldoet
Verwerkbaarheid specie en geactiveerde specie	homogene menging	Op lab schaal is verdunnen van sediment noodzakelijk (tot 40 – 50 w%)	Afh. van menginstallatie
Periode waarin de specie incl. initiator vloeibaar/verpompbaar blijft	minimaal 15 sec.; optimaal is 15 min.	< 1 min (beperkt verlies initiële sterkte ontwikkeling)	Voldoet op voorwaarde dat waterglas inline wordt toegevoegd
Sterkte ontwikkeling	Voldoende om het eigen gewicht en uitwendige krachten te kunnen dragen	180 kPa	voldoet
<i>Geotechnische eigenschappen</i>			
Dichtheid	1,7 kg/dm <sup>3</sup>	1,7 kg/dm <sup>3</sup> indien geen verdunning sediment; 1,5 kg/dm <sup>3</sup> indien (50%) verdund sediment	Afh. van mate verdunning.
Samendrukbaarheid	Zand – stevige klei; ten tijde van het aanbrengen van de definitieve constructie	De samendrukkingsparameters zijn zeer klein en ongeveer één orde van grootte kleiner dan het onbehandelde sediment.	voldoet
Sterkte na 2 dagen	> 50 kPa	170 - 210 kPa	voldoet
Sterkte na 28 dagen	Ca. 1 Mpa	1,1 – 2,7 MPa	voldoet

Tabel 4.2 Overzicht behaalde resultaten

#### 4.2.1 Punten van aandacht

1. Toevoeging van cement en waterglas sturen op de dichtheid van het te versterken slib, de toegevoegde fractie werkwater, de ratio water/bindmiddel (afh. van ontgravingmethode en geltijd) en de ratio bindmiddel/waterglas.
2. Niet langer dan 20 minuten wachten na het toevoegen van het cement met het verpompen en inmengen van het waterglas, i.v.m. toename van viscositeit. Deze periode is tevens afhankelijk van het vermogen van de pompen en de menginstallatie.
3. Het waterglas dient zeer efficiënt in-line toegevoegd te worden aan het mengsel.

Het kritieke punt is de tijd waarin de geactiveerde specie (na toevoegen van het waterglas) nog vloeibaar c.q. verpompbaar is. Deze periode is beperkt, en varieert tussen de 5 tot 60 seconden. Dit heeft als voordeel dat er slechts een minimale kans is op ontmenging (door stroming en verdunning) tijdens het aanbrengen onder water. Nadeel is dat het in-line inmengen van waterglas zeer efficiënt dient plaats te vinden.

Gezien al deze punten adviseren wij om allereerst een test laag aan te brengen van het materiaal boven water en boven maaiveld. Dit hoeft maar één strook te zijn. Hierbij wordt namelijk direct visueel duidelijk of de afstemming tussen de aanvoer van het slib, de menginstallatie en het opbrengen goed is. Dit advies is opgenomen in het programma van eisen (bijlage 2). Het volgende wordt voorgesteld, om goede optimale menging van het waterglas te verkrijgen:

*‘Voorafgaand aan de praktijkproef dient De Zeeuwse Stromen de instellingen van de menginstallatie te controleren. De Zeeuwse Stromen dient hiertoe een laag versterkt sediment aan te brengen boven het maaiveld. De toetsing van de materiaaleigenschappen wordt uitgevoerd door Deltares (visueel, pH en door middel van pocket penetrometer)’.*



## Literatuurlijst

- [1] K. Roelofs, Deltares (2009). Receptuuronderzoek versterkte baggerspecie, in het kader van steenzettingsonderzoek, kenmerk: 1200193-005-HYE-0001.
- [2] J.L. van de Velde, E.W. Vastenburg, Deltares (2010). Plan van Aanpak Praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke., kenmerk: 1202972
- [3] E.H. van Waardenberg, Deltares (2011). Veldwerk ten behoeve van pilot versterkt sediment te Hoedekenskerke, kenmerk 1202972-004-GEO-0001
- [4] C. Lefeber, Tauw (2011). Waterbodemonderzoek Praktijkproef versterkt sediment te Hoedekenskerke, kenmerk Tauw L004-4717605CJL-avd-V01-NL
- [5] H. M. M. Krikhaar et al. (2008). "Betonpocket 2008." Book 4e herziene druk
- [6] A. Ivens, (2010). Van vliegasseton tot geopolymeerbeton. Universiteit Gent. Vakgroep Bouwkundige Constructies.
- [7] J. Warner, (2004). "Practical Handbook of Grouting: Soil, rock and structures." book:





## Bijlagen

### Bijlage 1A: Het verhardingsproces

#### Definities

Term	Omschrijving	Eenheid
Geltijd	De fase waarin het mengsel nog in vloeibare staat bevindt.	[dt_periode]
Vloeibare fase	In het onderzoek naar Versterkt sediment wordt deze periode visueel bepaald door de vloeistof vanuit de pols in beweging te brengen.	
Plastische fase	De fase waarin het mengsel zich niet meer in vloeibare fase bevindt, maar nog geen sterkte heeft ontwikkeld. De aanwezige sterkte in deze fase is afkomstig van de vanuit het slib ingebrachte vaste delen. De fase geeft het ontstaan en uitharden van het silica-gel aan.	[dt_periode]
Verhardende fase	De fase waarin het mengsel sterkte ontwikkelt. In deze fase wordt de sterkteontwikkeling bepaald door de reactie tussen vliegas en/of cement en water.	[dt_periode]
Eindsterkte	De sterkte van het materiaal aan het einde van de ontwikkelingscurve: er is geen significante toename meer van sterkte in de tijd.	[kPa] na 7, 28 en/of 90 dgn
Toeslagstof	Toeslagmaterialen vormen het dragende skelet van het materiaal. De eigenschappen van deze stoffen bepalen in grote mate de eigenschappen van het versterkte slib.	Voorbeelden: vaste delen uit slib schuim vezels
Bindmiddel	Toegevoegde stof welke bij toevoegen van water of een andere initiator een pasta vormt die boven en/of onder water uithard. Het reactieproduct behoudt na verharding zijn sterkte en stabiliteit.	Voorbeelden: vliegas cement waterglas (ook wel initiator genoemd)
Verharder/ initiator	De verharder initieert de uitharding van het bindmiddel. Voor cement en vliegas zijn dit respectievelijk water of waterglas. Voor waterglas kan dit de verharder R100 zijn of de kationen aanwezig in het cement zelf.	Voorbeelden: - water - R100 - Divalent of multivalente kationen - zuur - waterglas

Vertrager	Hulpstof welke de hydratatie van CaO tot CaOH vertraagt en dus de uithardingsreactie van het calcium rijke vliegas of cement vertraagt.	Voorbeeld: RE-ETAC Bentocryl
Bleeding	Het langzaam uittreden van chemisch en fysisch ongebonden water	

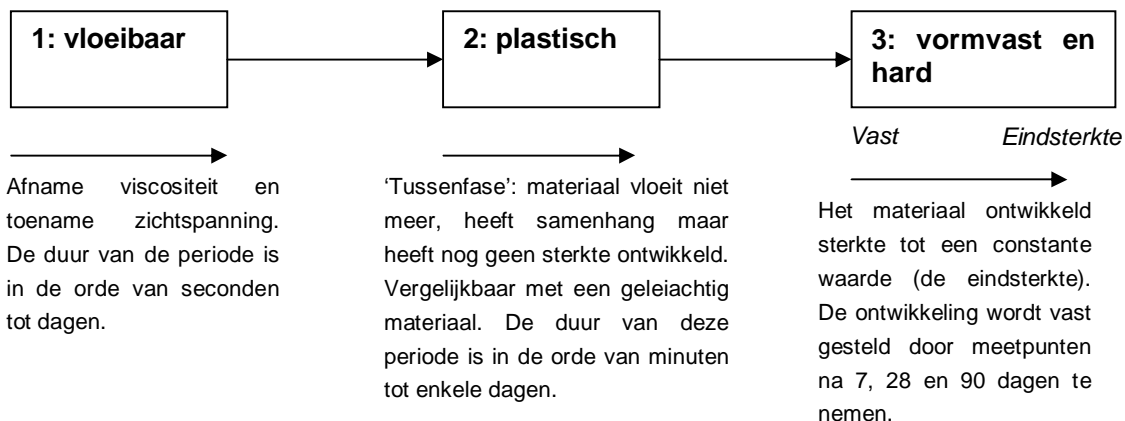
De terminologie gebruikt in dit rapport (waaronder de termen: bindmiddel, cement, vliegassen, vertragende hulpstof ect.) is gangbaar in het vakgebied van de beton- en grout-technologie zoals beschreven in o.a. 1) de betonpocket , 2008 [5] en 2) Practical Handbook of Grouting [7].

## 2.2 Het verhardingsproces

Het sediment verandert sterk van gedrag door de toeslagstoffen. Het verhardingsproces wordt in deze paragraaf even kort toegelicht. Het verloop van het verhardingsproces in de tijd (de sterkte ontwikkeling) is o.a. afhankelijk van de volgende factoren:

- slib samenstelling:
  - droge stof gehalte
  - organische stof gehalte
  - eventueel aanwezige verontreinigingen (PAK's, zink en sulfaten)
- toeslagstoffen:
  - concentratie
  - type

Het verhardingsproces op laboratoriumschaal verloopt in drie stappen:



### Stap 1. Vloeibare fase, aangeduid als geltijd – 0-2 kPa

De lengte van de vloeibare fase hangt af van een aantal factoren: o.a. van het gehalte aan vaste stof en organische stof, en de concentratie waterglas die wordt toegevoegd.

### Stap 2. Plastische fase – 2-30 kPa

In deze fase is het mengsel opgesteven tot een plastisch klei-achtig mengsel. De samenhang van het materiaal wordt bepaald door de vorming van een silica gel. Het materiaal is in dit stadium dus al reeds ondoorlatend. De sterkte van dit plastische klei-achtige mengsel wordt alleen beïnvloed door de hoeveelheid vaste delen (klei, slib en zand)

in het mengsel. De vervormbaarheid/ stijfheid van het materiaal wordt bepaald door de condensatiegraad<sup>5</sup> van de silica-gel.

*Stap 3. Verhardende fase - > 30 kPa*

In deze fase stijft het mengsel op tot de uiteindelijke sterkte is bereikt. Het ontwikkelen van sterkte kan echter ten koste gaan van de ondoorlatendheid. Om deze reden wordt pas bij het bereiken van de eindsterkte de hydraulische conductiviteit van het materiaal bepaald.

- 
5. *Condensatie is het proces van wateruittreding, het tegenovergestelde van hydratatie. Indien een gel condenseert door bijvoorbeeld droging aan de lucht, of chemische reacties met zuren of kationen, dan verandert de structuur van het polymeer en dus het bulk materiaal. Het materiaal verkrijgt veel sterkte, maar ook poriën en wordt mede hierdoor brosser van gedrag.*

## **Bijlage 1B: Werking en functie van waterglas in versterkt sediment**

## Memo

**Aan**  
Erik Vastenburg, Hans van de Velde

<b>Datum</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Aantal pagina's</b>
26 januari 2011	1202972-002-GEO-0001	7
<b>Van</b>	<b>Doorkiesnummer</b>	<b>E-mail</b>
Dianne den Hamer	+31 (0)88 33 57 272	dianne.denhamer@deltares.nl

**Onderwerp**  
De functie en werking van waterglas in versterkt sediment

Dit document beschrijft kort de rol van oplosbare silicaten (soluble alkaline silicates) in versterkt sediment toepassingen. De chemische werking van het waterglas in combinatie met een bindmiddel en slib wordt omschreven.

### 1. *Wat is waterglas?*

Waterglas is een oplosbaar natrium of kaliumzout van kiezelzuur ( $H_4SiO_2$ ). Waterglas is de triviale naam voor de alkalische natriumsilicaatoplossing ( $Na_2SiO_3$ ). Kalium metasilicaat ( $K_2SiO_3$ ) wordt niet benoemd onder deze naam.

Waterglas is dus een bron van  $OH^-$ -ionen,  $Na^+$ -ionen en opgelost silicaat. De hier omschreven vorm is één van de weinige vloeibare vormen waarin silicium kan worden aangeleverd (Si).

In het algemeen bestaat waterglas uit 30 – 40%  $SiO_2$ , 10 – 20%  $Na_2O$  en 60 – 40%  $H_2O$ . De algemene chemische formule is  $xSiO_2:M_2O:zH_2O$ . In deze formule staat M voor natrium of kalium, x staat voor de mate van polymerisatie en z staat voor het aantal watermoleculen dat gebonden is. Of een type waterglas geschikt is voor een bepaalde toepassing wordt door M, x en z bepaald. Ze kunnen op verschillende manieren worden uitgedrukt, namelijk door middel van twee ratio's of door de concentratie silicium:

1. M is als natrium of als kalium aanwezig
2. gewichtsverhouding:  $SiO_2:M_2O$
3. molverhouding:  $SiO_2:M_2O$
4. concentratie  $SiO_2$  t.o.v. van het totale mengsel

Hoe hoger de concentratie aan silicium in oplossing hoe hoger de viscositeit van de oplossing. Dit bemoeilijkt de verwerkbaarheid, maar draagt meer bij aan de uiteindelijk te vormen harde structuur.

De grootste producent en leverancier van waterglas in Nederland is PQ Corporations. Zij leveren waterglas met merknaam Crystal 0070. Dit waterglas type is gangbaar voor gebruik bij waterglas injecties op de Nederlandse markt vanwege de relatief lage prijs en goede reactiviteit van dit type. De molverhouding en gewichtsverhouding staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1: Crystal 0070

Crystal 0070	[Gewicht]	[Mol]
$SiO_2$	26,9	0,45
$Na_2O$	8	0,13
Solid Content*	34,9	n.v.t.
Wt. Ratio	3,36	3,47

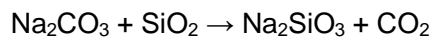
\* Met de term 'solid content' wordt verwezen naar de hoeveelheid in massa van  $SiO_2$  en  $Na_2O$  ten opzichte van de de totale massa. Dus het gewichtspercentage water is  $100 - 34,9$  is gelijk aan 65,1%.

Waterglas wordt toegepast in een tal van producten. Te noemen zijn schoonmaakmiddelen, lijmen en bindmiddelen in bijvoorbeeld karton en montagekit. In de GWW sector wordt waterglas gebruikt voor het creëren van een waterdichte laag in de grond. Dit is bijvoorbeeld noodzakelijk in het geval van lekkage in een bouwput. Het waterglas wordt geïnjecteerd samen met een harder en vormt bollen van circa 1 meter doorsnede rond het injectie punt. Deze bollen bestaan uit het zandpakket, waarbij de poriën zijn opgevuld met uitgehard waterglas.

In paragraaf 4 wordt een alternatieve toepassing van waterglas geïntroduceerd. Van deze alternatieve werking wordt gebruik gemaakt in versterkt sediment. Bij deze toepassing is de hoge concentratie silicium en base NaOH (hoge pH) van belang om de puzzolane<sup>1</sup> werking van vliegias of ander bindmiddel te activeren en te verhogen.

## 2. *Hoe wordt waterglas geproduceerd?*

Natriumsilicaat kan geproduceerd worden via twee verschillende routes. De meest gangbare route ('furnace route') is door bij hoge temperatuur (1400 °C) kwarts en natriumcarbonaat samen te laten smelten. De chemische reactie is als volgt weer te geven:



Het product van deze reactie is dus het natriumsilicaat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) welke oplosbaar is in water. Nadelig is het feit dat bij de productie van 1mol  $\text{SiO}_2$  1 mol  $\text{CO}_2$  vrij komt. Dit is ongeveer gelijk aan de  $\text{CO}_2$  uitstoot bij de productie van cement. Echter, de concentratie waarin het waterglas wordt toegepast is lager dan voor cement.

De tweede productieroute is via een hydrothermisch proces. Het kwarts, zand, wordt hierbij direct opgelost in NaOH of in KOH. Het reactieproces zelf levert geen  $\text{CO}_2$  op en het product is tevens natrium metasilicaat maar dan in minder pure vorm. Voor de applicatie van waterglas in versterkt sediment levert de toepassing van deze minder pure vorm naar alle waarschijnlijkheid geen problemen op.[2]

## 3. *Van vloeistof naar vaste stof*

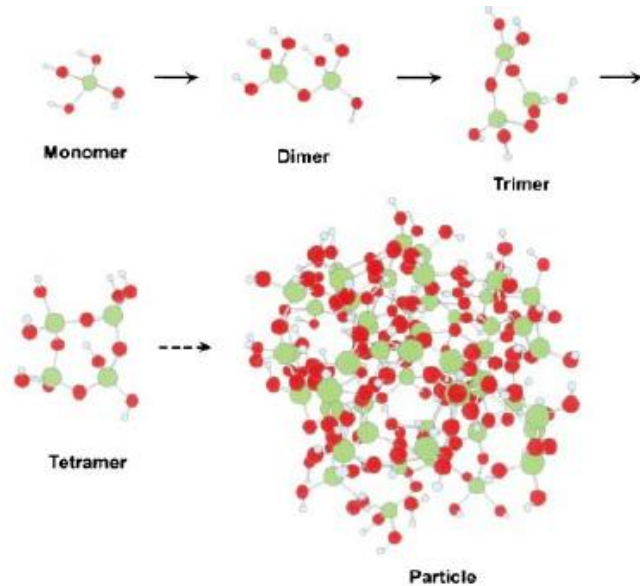
*Waarom is silicaat ( $\text{SiO}_2$ ), belangrijk onderdeel van kleimineralen en zand, slecht oplosbaar en de stof natrium metasilicaat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), bestanddeel waterglas, eigenlijk goed oplosbaar?*

De opgeloste vorm van silicaat is kiezelzuur ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{SiO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ ). De vorm waarin het in de oplossing aanwezig is, wordt bepaald door de pH en de concentratie. De oplosbaarheid van silicaat is vrij laag. In de pH range van 2 - 9,5 lost slechts 100 mg Si/l op bij een temperatuur van circa 25 °C. [1]. Bij een pH van 11 tot 13 is de oplosbaarheid van silicaat vele malen hoger. Bij de productie van waterglas wordt hier gebruik van gemaakt. De silicaatoxiden gaan in oplossing bij een pH van 11 tot 13. Waterglas type Crystal 0070 bevat opgelost silicium in de range van 125.000 ppm Si.

Als waterglas van een vloeistof veranderd in een vaste stof dan vindt er een chemische reactie plaats waarbij de silicaatoxiden lange ketens vormen, zie figuur 1. Deze ketens zijn op een bepaald moment dermate groot dat ze niet meer in oplossing kunnen blijven. Het gevolg is dat er vlokken of een neerslag te zien is in de oplossing. Het vlokken of vorming van een gelmassa is te omschrijven als een 'neerslag' van silicaatoxiden waarbij nog veel water is gebonden.

---

<sup>1</sup> Zie paragraaf 4 voor definitie van de term puzzolaan.



Figuur 1: keten en deeltjes vorming van silicaten

De overgang van de vloeistof (waterglas) naar een vaste stof kan worden geïnitieerd door verschillende processen. Deze processen zijn o.a.:

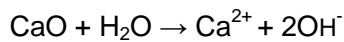
- a. Verlagen van de pH, wat direct leidt tot een verlaging van de oplosbaarheid van silicaoxiden en met een neerslag of vlokvorming als resultaat.
- b. Condensatie:
  - I. reactie met een zuurgroep: silicaat ketens worden aan elkaar verbonden door reactie met een proton in oplossing. Zo treedt er water uit en is een grotere keten het product.
  - II. drogen aan de lucht: silicaat ketens worden aan elkaar verbonden door het actief uittreden van water. Het water verdampt deels uit de structuur.
- c. Cross-linken: de aanwezigheid van kationen beïnvloedt dit proces. De positief geladen ionen, zoals  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  en  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  worden geadsorbeerd aan de negatief geladen silicaatketen of deeltje. Door dit proces verandert de oppervlaktelading van het silicaatdeeltje en worden de deeltjes tot elkaar aangetrokken. Aanvullend zijn divalente kationen zoals calcium en magnesium in staat om een brug te vormen tussen twee negatief geladen silicaatdeeltjes. Het eindresultaat is het ontstaan van een aggregaat: een driedimensionaal ongestructureerd netwerk. Dit netwerk is een soort gel en vult de ruimte in tussen de nanodeeltjes. Het geheel gedraagt zich als een gelachtig materiaal.
- d. Verhitting bij hoge temperaturen: met dit proces wordt bijvoorbeeld glas gemaakt. Het resultaat van dit proces is een hard kristallijn product, waar nog maar minieme hoeveelheden water in zijn gebonden.

#### 4. Hoe reageert het met een binder?

##### Cementreactie: calciumoxide

Cement is samengesteld uit verschillende mineralen. De belangrijkste zijn  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ,  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  en  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ . Deze mineralen worden afgekort benoemd als  $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$  and  $\text{C}_3\text{A}$ . Bij het gebruik van een cement om grond of sediment te versterken, zorgt de zogenaamde cementreactie voor het ontstaan van een harde structuur.

De cement reactie wordt geïnitieerd door het toevoegen van water (zie onderstaande chemische reactie). Wanneer er water bij cement wordt gevoegd, start de hydratatie van beschikbaar CaO in het cement en worden  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{OH}^-$  gevormd, welke in oplossing gaan. De chemische reactie is:



Door het toevoegen van water gaat vast CaO in oplossing en komen  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{OH}^-$  beschikbaar voor reactie met andere mineralen.

Door de vorming van  $\text{OH}^-$  zal de pH direct stijgen naar 10 a 11. Zoals beschreven in paragraaf 3 gaat door een stijging van de pH silicaat (vanuit  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) in oplossing. Het silicaat zal nu een reactie aangaan met  $\text{Ca}^{2+}$  en  $\text{OH}^-$  en een zogenaamde calciumsilicaathydraat is daarvan het product (CSH gel).

Het resultaat van deze reacties is dus een CSH-gel, welke in de tijd uithard tot een vaste stof. CSH-gel beschikt over hydraulische eigenschappen. De definitie van het begrip 'hydraulische eigenschap' is het vermogen van een stof om met water te reageren onder vorming van stabiele verbindingen die niet meer in water oplossen. Het beschikken over hydraulische eigenschappen is dus een voorwaarde voor de te vormen mineralen in een bouwstof.

Negatieve invloeden op het vormen en uitharden van een cement-water mengsel [3]:

- Scheurvorming:
  - door hydratatie-warmte
  - door invloed van sulfaten
- Invloed van zouten
- Invloed van organische componenten
- Carbonatatie<sup>2</sup>

#### *Reactie tussen waterglas en cement:*

##### *Vloeibare fase:*

Uit het cement kunnen grote hoeveelheden aan kationen in oplossing gaan, waaronder calcium. Deze kationen hebben een werking als een 'crosslinker' op het waterglas, zoals beschreven in paragraaf 3. Het gevolg is dat er vrijwel direct een gel wordt gevormd: de silicaatketens koppelen zich aan elkaar en treden uit de oplossing. Het resultaat is een gel-achtige structuur waarin alle vaste delen vanuit het slib zijn gebonden. Aan deze structuur kan echter nog geen sterkte worden ontleend, het is enkel vormvast.

##### *Uithardende fase:*

De vorming van CSH-gel wordt aangevuld met de vorming van silicaat- en aluminiumoxiden. Dit wordt de puzzolane reactie genoemd. Het is een reactie die leidt tot sterkte maar die trager verloopt dan de vorming van CSH-gel vanuit het cement. Het resultaat is een structuur die naast calciumsilicaatmineralen ook bestaat uit silicaatmineralen met andere eigenschappen m.b.t. levensduur, sterkte en porositeit.

#### Puzzolane reactie: aardmetalen: silicaat- en aluminiumoxiden

De zogenaamde puzzolane reactie treedt op bij het gebruik van silicaat- en aluminiumoxiden. Deze aardmetalen zijn onder andere beschikbaar in verschillende afvalstromen en

---

<sup>2</sup> Carbonatatie is een chemische reactie waarbij de pH waarde uiteindelijk zal dalen tot onder de 8 a 9. Bij deze relatief lage pH waarden is corrosie van de wapening (betonrot) mogelijk. De chemische reactie omschrijving van carbonatatie

is:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$



commerciële bindmiddelen. Hierbij valt te denken aan vliegassen, bodemassen en metakaolin (dit is een primaire bouwstof: op basis van klei, lagere verbrandingstemperatuur dan bij productie van cement).

Indien een bindmiddel een puzzolaan is wil dat zeggen dat het op zichzelf geen hydraulische eigenschappen<sup>3</sup> heeft. Echter in fijn verdeelde vorm reageert een vliegas in aanwezigheid van water met  $\text{Ca(OH)}_2$ . De gevormde bestanddelen (C-S-H) bezit hydraulische eigenschappen [3]. Het activeren van de bestanddelen in vliegas, zodat ze beschikbaar worden voor reactie en zich vormen tot een product met hydraulische eigenschappen, is mogelijk met behulp van basen zoals NaOH, KOH en  $\text{Ca(OH)}_2$ .

De base  $\text{Ca(OH)}_2$  is het reactieproduct van calcium hydratatie, welke plaatsvindt indien cement in contact komt met water [4].

De basen NaOH of KOH, zijn in hoge concentraties aanwezig in waterglas (zie paragraaf 1).

### *Reactie tussen vliegas en waterglas*

Vliegas is een puzzolaan. Vliegas is een fijn poeder dat uit ronde glasachtige deeltjes bestaat, bijvoorbeeld afkomstig van het verbranden van verpulverde steenkool, bruinkool of afval. Vliegas wordt verkregen uit de elektrostatische of mechanische neerslag van stofachtige deeltjes uit rookgassen afkomstig van verbrandingsprocessen. Vliegas kan behandeld worden door zeven, drogen, mengen, malen, koolstofreductie of een combinatie van deze behandelingen.

Vliegas bestaat hoofdzakelijk uit  $\text{SiO}_2$  en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , waarbij de reactieve hoeveelheid  $\text{SiO}_2$  (over het algemeen) minstens 25% van de massa bedraagt.

Het toepassen van vliegassen als bindmiddel resulteert in lagere uithardingsnelheden, dit als gevolg van een lagere en tragere reactiviteit ten opzichte van de hydratatie van cement. De reactie van vliegas begint daarnaast pas op latere leeftijd. Deze eigenschappen van vliegas worden veroorzaakt door twee factoren:

1. De 'glasachtige' oppervlaktelaag van een deeltje is dicht en chemisch stabiel. Inwendig is het deeltje vaak poreus, sponsachtig en amorf. Dit amorse deel is minder stabiel en heeft een hogere reactiviteit. De reactieve binnenkant wordt dus als het ware beschermt door een minder reactieve buitenschil.

2. De oppervlakte laag is samengesteld uit hoge concentratie Al en Si met slechts een zeer beperkte concentratie aan Ca. Deze oppervlakte laag moet dus afgebroken worden alvorens de reactie met de amorse binnenzijde kan plaatsvinden. Het afbreken van deze laag kan niet plaatsvinden door de hydratatiereactie van calcium. Eén mogelijkheid is het verhogen van de pH (boven de 9,5) van het poriewater om de oplosbaarheid van silicium te maximaliseren. Deze methode wordt ook toegepast bij de productie van waterglas, en wordt aangetoond door Fraay et al. [5].

### Versterkt Sediment

Van de in dit document genoemde processen wordt gebruik gemaakt tijdens het versterken van al dan niet verontreinigde sedimenten. Hier bij wordt het sediment gemengd met een bindmiddel (dit kan dus cement of vliegas zijn) en als laatste wordt het waterglas toegevoegd. Het waterglas is nu de initiator en start het verhardingsproces.

---

<sup>3</sup> De definitie van het begrip 'hydraulische eigenschap': Een hydraulische eigenschap is het vermogen van een stof om met water te reageren onder vorming van stabiele verbindingen die niet meer in water oplossen



**Datum**  
26 januari 2011

**Ons kenmerk**  
1202972-002-GEO-0001

**Pagina**  
6/7

## Literatuurlijst

[1] Illner, 1979

[2] Davidovits, J. (2008). Geopolymer Chemistry and Applications. Saint Quentin, France, Institute Geopolymere.

[3] Krikhaar, H. M. M., e. al., et al. (2008). "Betonpocket 2008." Book 4e herziene druk

[4] A. Ivens, Van vliegasbeton tot geopolymeerbeton; promotieschrift (2008), Faculteit Ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent

[5] A.L.A. Fraay, J.M. Bijen, Y.M. De Haan, The reaction of fly ash in Concrete, a critical examination, Cement and Concrete Research 19 (1989), pp. 235-246.



**Datum**

26 januari 2011

**Ons kenmerk**

1202972-002-GEO-0001

**Pagina**

7/7

**Kopie aan**

Frans van den Berg

**Bijlage 2: Programma van Eisen**

Concept

## Memo

**Aan**  
Ruud Termaat

**Datum**  
21 april 2011

**Kenmerk**  
1202972-002-GEO-0004

**Aantal pagina's**  
7

**Van**  
Dianne den Hamer  
Erik Vastenburger

**Doorkiesnummer**  
+31 (0)88 33 57 272

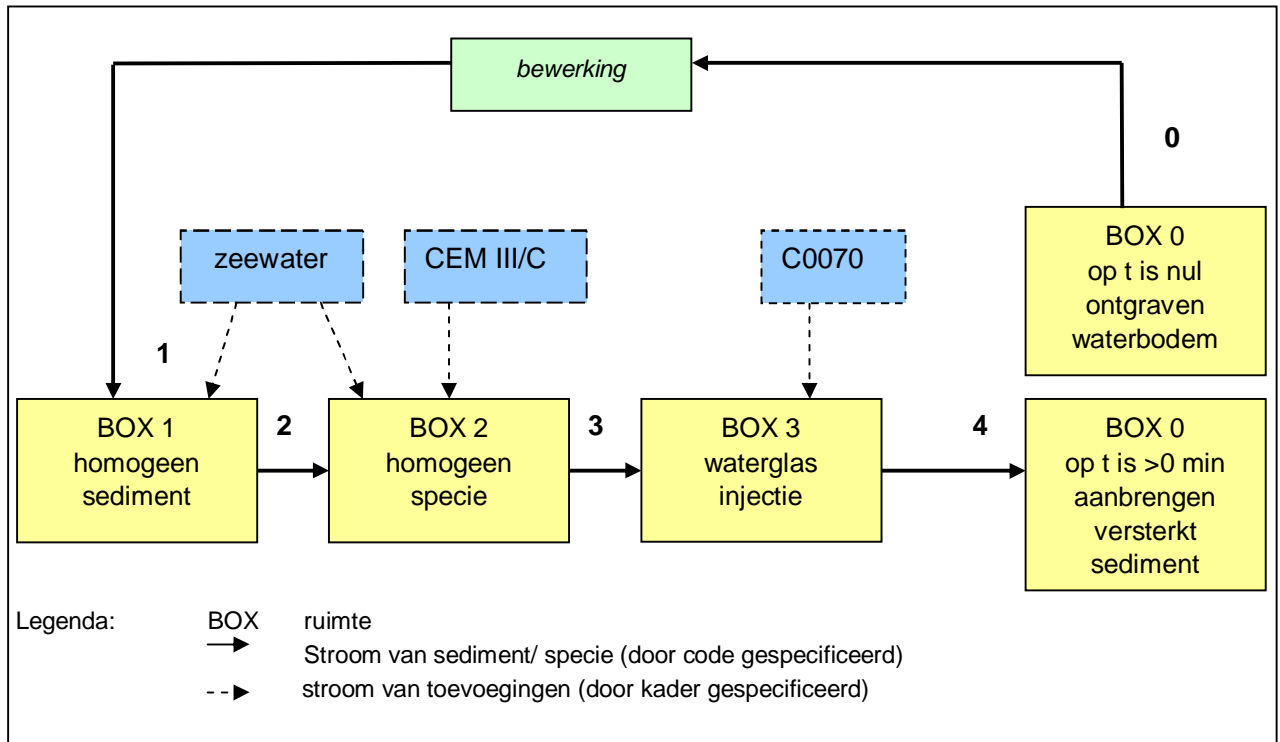
**E-mail**  
dianne.denhamer@deltares.nl

**Onderwerp**  
Concept programma van eisen praktijkproef versterkt sediment Hoedekenskerke

## 1 Inleiding

In dit concept Programma van Eisen (PvE) worden de aan de receptuur gerelateerde uitvoeringseisen benoemd. De Zeeuwse Stroom is verantwoordelijk voor de uitvoering. Deltares heeft alleen een adviserende rol.

In figuur 1 is schematisch het proces weergegeven om van waterbodembodem tot versterkt sediment te komen. Het sediment van NAP tot en met NAP -1 m dient gebruikt te worden voor de laag versterkt sediment (Box 0 op tijdstip  $t$  is nul, in figuur 1).



Figuur 1: Abstracte weergave mengproces

Het PvE is onderverdeeld in drie pakketten van eisen:

- A) eisen gesteld aan BOX 0 tot en met 3;
- B) eisen gesteld aan stroom 0 tot en met 4;
- C) eisen gesteld aan de toevoegingen (tevens stromen) zeewater, CEMIII/C en C0070.

De codes in de volgende hoofdstukken refereren aan het schematische overzicht gegeven in figuur 1.

## 2 Vakindeling proeflocatie

Het ontgraven van de waterbodem kan plaatsvinden in een continu proces of in stappen. Dit is bepalend voor de gehele menginstallatie (continue of in batch) en het toedienen (methode en frequentie) van het bindmiddel CEM III/C en waterglas C0070. De methode van ontgraven dient door De Zeeuwse Stromen te worden vastgesteld. Het plan van aanpak van De Zeeuwse Stromen dient te beschrijven hoe de werkwijze zal zijn, inclusief de mengprocessen en de meetinstrumenten (zoals debiet- en dichtheidsmeters). Het Programma van Eisen kan hierop worden aangepast. Het sediment wat ontgraven wordt tot NAP zal in depot worden geplaatst. De laag sediment van NAP tot NAP – 1 meter wordt in een cunet ontgraven en zal gebruikt worden voor het maken van de laag versterkt sediment.

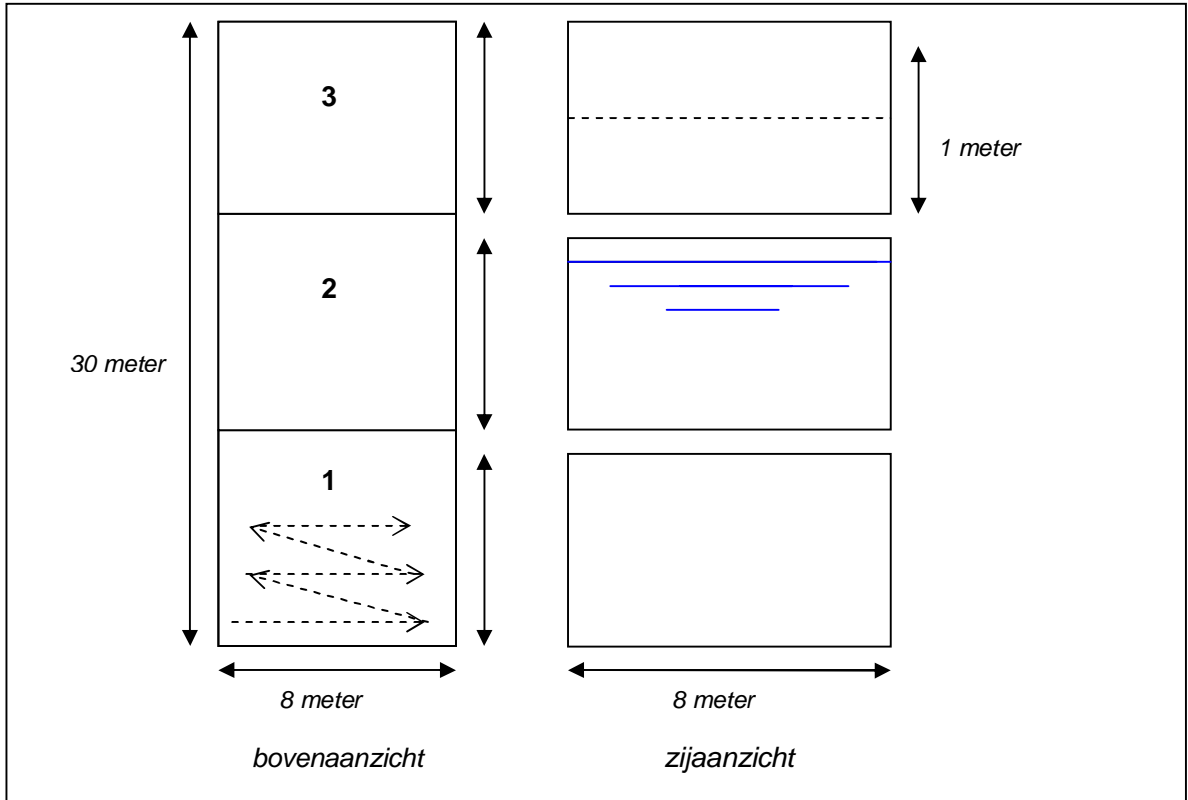
Het voorstel is om het cunet op te delen in drie vakken. Elk vak dient bij benadering een volume te hebben van circa 80 m<sup>3</sup>. Het versterkt sediment dient per vak volgens een andere wijze te worden aangebracht (zie figuur 2 voor een schematisch overzicht). De laag versterkt sediment dient als volgt te worden aangebracht in de vakken 1 tot en met 3:

1. Na ontgraven dient vak 1 in den droge en in één gang gevuld te worden met versterkt sediment. Deze proef simuleert verwerking in den droge.
2. In vak 2 dient voor het aanbrengen van het versterkt sediment minimaal 1 meter zeewater te staan, er dient dus in den natte te worden gewerkt. Daarnaast dient de laag versterkt sediment in één gang te worden aangebracht. Deze proef simuleert verwerking in den natte.
3. Vak 3 dient in den droge en in minimaal twee gangen opgevuld te worden met versterkt sediment, waarbij de individuele lagen een maximale dikte hebben van 0,5 m. Minimaal één laag dient aangebracht te worden voor hoogwater en minimaal één laag dient na hoogwater te worden aangebracht. Met andere woorden, er bevindt zich minimaal 1 getij tussen de twee lagen.

Algemene eis is dat tijdens het vullen van de vakken 1 t/m 3 met versterkt sediment, de locatie van de spuitmond continue in x, y en z coördinaten bekend is en geregistreerd wordt in de tijd.

De samenstelling van het homogene sediment, de specie en de geactiveerde specie dient door Deltares tijdens het werk te allen tijde nagegaan te kunnen worden. We stellen voor continue de dichtheid van de stromen te registreren en, het gewicht en bij voorkeur ook de dichtheid in de boxen te registreren.

Vak 1 tot en met 3 zijn opgedeeld in onderdelen van 8 bij 1 meter. Elk onderdeel heeft per meter een nummer en is opgenomen in het protocol Uitvoeringsbegeleiding. Van elk onderdeel worden een aantal parameters door Deltares geregistreerd. Het testprogramma staat vermeld in het protocol Uitvoeringsbegeleiding.



Figuur 2: Aanbrengen van versterkt sediment in lagen

### 3 Eisen aan BOX 0 tot en met 3 (ruimte)

#### 3.1 In het algemeen geldt voor BOX 0 tot en met 3:

- verblijftijd in box moet worden vastgelegd en is in te stellen en te controleren (boxen afzonderlijk van elkaar);
- menginstallatie beschikt over voldoende vermogen om het materiaal in beweging te houden gedurende de verblijftijd in de verschillende boxen;
- menginstallatie is geschikt om het ingangsmateriaal tijdens de verblijftijd in de installatie homogeen te mengen;
- monsternamen uit menginstallatie dient (per box) mogelijk te zijn (aftappunt) ter controle van samenstelling en menging;
- ophoping van materiaal aan de zijkanten van elke box dient voorkomen of geminimaliseerd te worden;
- uitdroging van materiaal in de verschillende boxen dient voorkomen te worden.

#### 3.2 Specifiek geldt voor box 0 met betrekking tot ontgraven:

- voorafgaand aan het terugbrengen van het versterkt sediment in het cunet dienen de zakkaken (1 per vak, dus drie in totaal) op de bodem van het cunet geplaatst te worden op vooraf vastgestelde locaties. De zakkaken zullen door Deltares worden ingemeten;
- de zakkaken dienen tijdens het werk te worden onderhouden en schade mag hieraan niet optreden;

### 3.3 Specifiek geldt voor box 0 met betrekking tot aanbrengen in vak 1 tot en met 3:

- de laag versterkt sediment dient binnen 1 minuut na inmengen van het waterglas aangebracht te zijn;
- het gehele vak dient gevuld te zijn met 1 meter versterkt sediment, voordat doorgeschoven wordt naar het volgende vak.
- indien de aanleg van een laag in een vak wordt onderbroken dan dient bij de nieuwe start het materiaal de vorige laag te overlappen;
- de/ elke laag wordt aangebracht door een beweging van de spuitmond in de breedte (over de 8 meter) van het gehele vak.
- uitvlakken dient na het aanleggen van de laag versterkt sediment niet meer plaats te vinden, behalve indien na overleg met Deltares besloten wordt om hiervan af te wijken. Uitvlakken kan leiden tot beschadigingen van de (uithardende) laag versterkt sediment.

#### 3.3.1 met betrekking tot aanbrengen in vak 1

- de laag versterkt sediment dient in den droge te worden aangebracht In één gang.

#### 3.3.2 met betrekking tot aanbrengen in vak 2

- de laag versterkt sediment dient onder water (in den natte) te worden aangelegd.
- de wijze van werken (spuitmond, debiet en beoordeling laag) dient te kunnen worden aangepast aan de werkwijze toegepast bij vak 1.

#### 3.3.3 met betrekking tot aanbrengen in vak 3

- de laag van versterkt sediment van 1 meter dient in minimaal 2 ophoogstappen van elk maximaal 0,5 meter te worden opgebouwd;
- na het aanbrengen van minimaal één laag dient minimaal de tijdsperiode van eenmaal hoogwater te worden gewacht, voordat de volgende laag wordt opgebracht. Deze 'rust' periode dient minimaal één keer te worden gehandhaafd. Afwijking van deze 'rust' periode is mogelijk in overleg met Deltares.
- na de rustperiode dient een eventueel afgezet sliblaagje op de reeds aangebrachte laag versterkt sediment verwijderd te worden, voordat de volgende laag wordt aangebracht.

### 3.4 Specifiek geldt voor box 0 met betrekking tot het opbrengen van de resterende sliblaag

- na de aanleg van de laag versterkt sediment dienen hierop 3 zakbaken door DZS geplaatst te worden en te worden ingemeten door Deltares. Daarnaast dient de bovenkant van het versterkt sediment ingemeten te worden door De Zeeuwse Stroom (minimaal 1 punt per 4 m<sup>2</sup>).
- het in depot gebrachte slib wordt in lagen van maximaal 0,5 meter boven op de aangebrachte laag versterkt sediment geplaatst;

### 3.5 Specifiek geldt voor box 1

- het sediment heeft een watergehalte van maximaal 50%.

### 3.6 Specifiek geldt voor box 2

- aanwezig gewicht dient te allen tijde bekend te zijn;
- het bindmiddel CEM III/C dient homogeen gemengd te worden met het sediment;
- het bindmiddel CEM III/C dient gecontroleerd te kunnen worden toegevoegd;
- maximale verblijftijd van 20 minuten na toevoegen van bindmiddel;
- er dient de mogelijkheid te bestaan om water gecontroleerd toe te voegen aan deze box;
- specie heeft een watergehalte van maximaal 50%;
- uitharding aan de zijkanten dient te allen tijde voorkomen te worden.



### 3.7 Specifiek geldt voor box 3

- het waterglas dient gecontroleerd te worden toegevoegd aan de specie;
- het waterglas dient in-line toegevoegd te worden aan de specie stroom;
- het waterglas dient homogeen gemengd te worden met de specie;
- de verblijftijd in box 3 en het uitstromen (stroom 4) uit de spuitmond van de geactiveerde specie dient binnen 1 minuut plaats te vinden, bij voorkeur na 5 seconden;
- de in-line menginstallatie dient in staat te zijn om na toevoegen van het waterglas het mengsel gedurende maximaal 1 minuut in beweging te houden.

## 4 Eisen aan stromen 0 tot en met 4

### 4.1 In het algemeen geldt voor stroom 1 tot en met 4

- het pompdebiet van elke afzonderlijke stroom moet instelbaar en controleerbaar zijn;
- monsternamen is mogelijk van elke afzonderlijke stroom;
- het in mengen van lucht moet in de gehele lijn, maar met name tijdens het in mengen van het waterglas, voorkomen worden.

Van deze stromen dienen de volgende parameters continue bepaald te worden (\*):

- watergehalte en/of;
- dichtheid;
- debiet;

Van stroom 4 dient de pH (\*) continue gemeten en geregistreerd te worden.

### 4.2 Specifiek voor stroom 0 geldt

- de duur waarin de afgegraven waterbodem wordt weggezet dient zo kort als mogelijk te zijn;
- Indien de waterbodem na ontgraven wordt weggezet dan dient het afvloeien van water voorkomen te worden
- Indien de waterbodem na ontgraven wordt weggezet dan dient uitdroging van het materiaal voorkomen te worden

### 4.3 Specifiek voor stroom 1 geldt:

- bevat geen onderdelen groter dan 5 cm of onderdelen die kunnen resulteren in verstopping van de pompen of menginstallatie.
- het sediment dient vrij te zijn van veen resten i.v.m. de vorming van veenbollen
- het sediment dient verwerkbaar te zijn.

### 4.4 Specifiek voor stroom 2 geldt:

- homogeen gemengd sediment;
- het sediment dient verpompbaar te zijn.

### 4.5 Specifiek voor stroom 3 geldt:

- homogeen gemengde specie;
- de specie dient verpompbaar en vloeibaar te zijn;
- deze stroom dient een zo kort mogelijke verblijftijd te hebben;
- stilstand in deze stroom dient te allen tijde voorkomen te worden.

#### 4.6 Specifiek voor stroom 4 geldt:

- de geactiveerde specie dient voor het uitharden van de specie snel de spuitmond te verlaten. Het receptuuronderzoek toont aan dat dit binnen maximaal 1 minuut na het toedienen van het waterglas dient te zijn (afhankelijk van de hoeveelheid toegevoegd waterglas en het injectiepunt). Bij voorkeur is dit 5 seconden na het toedienen van het waterglas (box 3);
- de verblijftijd van het versterkt sediment (dus de lengte van de slang/buis in relatie tot het pompdebiet) dient op bovenstaand punt te kunnen worden aangepast;
- stilstand in deze stroom dient te allen tijde voorkomen te worden;

#### 4.7 De instelling van stroom 4 en box 3 in relatie tot de korte geltijd van de geactiveerde specie

Voorafgaand aan de praktijkproef dient De Zeeuwse Stromen de instellingen van de menginstallatie te controleren. De Zeeuwse Stromen dient hiertoe een laag versterkt sediment aan te brengen boven het maaiveld. De toetsing van de materiaaleigenschappen wordt uitgevoerd door Deltares (visueel, pH en door middel van pocket penetrometer).

## 5 Eisen aan toevoegingen

Aan de toevoegingstromen van het water, CEM III/C en C0070 worden de volgende eisen gesteld (\*\*):

- dosering wordt vastgelegd en is te controleren;
- de mate van toediening dient plaats te vinden op basis van gewicht;
- de daadwerkelijke toediening heeft een maximale variatie/ afwijking van 5% (van het toe te voegen gewicht per ton sediment) ten opzichte van de ingestelde flux voor de stroom van CEM III/C en C0070;
- de toediening van de stroom water mag niet resulteren in een watergehalte > 50% van het materiaal,
- richten op 223 kg CEM III/C per ton sediment toevoegen; minimaal 207 kg CEM III/C per ton sediment toevoegen. De concentratie van bindmiddel dient te kunnen worden aangepast op aanwijzing van Deltares tijdens het werk.
- richten op 39 kg C0070 per ton sediment toevoegen; minimaal 36 kg C0070 per ton sediment toevoegen. De concentratie van waterglas dient te kunnen worden aangepast op aanwijzing van Deltares tijdens het werk.
- de verhouding tussen water en bindmiddel dient ca. 2 te zijn
- de verhouding tussen bindmiddel en waterglas dient tussen de ca. 5 á ca. 6 te liggen.

De Zeeuwse Stromen dient op locatie de toevoeging van CEM III/C en of C0070 te kunnen verhogen indien de metingen van Deltares dit uitwijzen. Dit betekent dus dat er een voorraad aan CEM III/C en C0070 op locatie aanwezig dient te zijn. Hiermee dient in de aanbidding van DZS rekening gehouden te zijn.

**Datum**  
21 april 2011

**Ons kenmerk**  
1202972-002-GEO-0004

**Pagina**  
7/7

Tot slot: het voorstel is om na het afronden van het gehele werk, een relatief groot stuk dood gewicht van ca. 200 kPa op vak 1 aan te brengen. De zetting zal vooraf en direct na opbrengen door Deltares worden ingemeten.

**Kopie aan**

Yvo Provoost, Corné Appelo, Dimitri Jansen, Simon Bos

## **Bijlage 3: Productbladen**

# Hoogovencement

CEM III/C 32,5 N

CEM III/C 32,5 N

CEM III/C 32,5 N HSR LA

CEM III/C 32,5 N HS

## 1. Normen en certificaten

Type cement	Certificaat	Norm	
CEM III/C 32,5 N	CE	EN 197-1	0965-CPD-C0088
CEM III/C 32,5 N HSR LA	BENOR	NBN B12	11/03/088
CEM III/C 32,5 N HS	KOMO	NEN 3550	1115-11-1075

## 2. Opgegeven samenstelling

	Eenheden	Gemiddelde waarden	Normeisen	
			min.	max.
<i>Bestanddelen in % van de som van de hoofd- en nevenbestanddelen</i>				
Klinker (K)	%	12	5	19
Slak (S)	%	88	81	95
Filler	%	–	–	5
<i>Toevoegingen in % van het cement</i>				
Bindtijdregelaar	%	7	–	–
Maalhelpstof	%	< 0,1	–	1,0
Reductiemiddel*	%	0,0	–	–

\* Overeenkomstig de Europese richtlijn 2003/53/CE en KB 2861/2004 wordt aan sommige cementen een reductiemiddel toegevoegd om het gehalte aan oplosbaar chroom (VI) te beperken tot maximaal 0,0002%. Het cement CEM III/C 32,5 N is van nature arm aan oplosbaar chroom(VI) en bevat dus geen reductiemiddel.

## 3. Chemische kenmerken

De chemische kenmerken van het cement worden bepaald volgens EN 196-2.

	Eenheden	Gemiddelde waarden	Normeisen	
			min.	max.
CaO	%	43	–	–
SiO <sub>2</sub>	%	32	–	–
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	10	–	–
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	1	–	–
C <sub>3</sub> A	%	–	–	–
Sulfaat SO <sub>3</sub>	%	3,2	–	4,5
Onoplosbare rest	%	0,3	–	5,0
Gloeiverlies	%	0,3	–	5,0
Chloride	%	0,05	–	0,10
Chroom (VI)*	%	< 0,0002	–	0,0002
Na <sub>2</sub> O equivalent	%	0,68**	–	2,00

\* Overeenkomstig de Europese richtlijn 2003/53/CE en KB 2861/2004 moet het gehalte aan oplosbaar chroom (VI) beperkt zijn tot maximaal 0,0002%. Dit gehalte wordt bepaald volgens EN 196-10.

\*\* Waarde van het gemiddelde + 1,96 x standaardafwijking

**CBR Cementbedrijven**  
Afdeling Technische Voorlichting  
Terhulpesteenweg 185  
1170 Brussel  
Tel: 02 678 35 10  
Fax: 02 675 23 91  
communication@cbr.be  
www.cbr.be

**ENCI**  
Technische Voorlichting  
Postbus 3233  
5203 DE 's-Hertogenbosch  
Tel: 073 640 12 20  
Fax: 073 640 12 18  
tv@enci.nl  
www.enci.nl

#### 4. Fysische kenmerken

De fysische kenmerken worden bepaald volgens de genormaliseerde proefmethoden vermeld in de 2<sup>e</sup> kolom.

	Proefmethode	Eenheden	Gemiddelde waarden	Normeisen	
				min.	max.
Waterbehoefte	EN 196-3	%	30,2	–	–
Begin van de binding	EN 196-3	minuten	280	75	–
Einde van de binding	EN 196-3	uren	5:20	–	12:00
Vormhoudendheid	EN 196-3	mm	1,0	–	10
Specifiek oppervlak (Blaine)	EN 196-6	cm <sup>2</sup> /g	4600	–	–
Zeefrest op 200 µm	EN 196-6	%	0	–	3,0
Hydratiewarmte op 7 d	EN 196-8	J/g	–	–	–
Volumieke massa					
Absoluut	–	kg/m <sup>3</sup>	3000	–	–
Stortgewicht	–	kg/m <sup>3</sup>	1000	–	–

#### 5. Mechanische kenmerken

De druksterkte van het cement, gemeten op proefstukken gemaakt van een genormaliseerde mortel, wordt bepaald volgens EN 196-1.

Druksterkte	Eenheden	Gemiddelde waarden	Normeisen	
			min.	max.
Na 1 dag	MPa	–	–	–
Na 2 dagen	MPa	8	–	–
Na 7 dagen	MPa	29	16,0	–
Na 28 dagen	MPa	42	32,5	52,5
Ratio R2d / R28d		0,19		

#### 6. Productie en levering

Dit cement wordt geproduceerd op de locatie van CBR in Gent en kan op de volgende wijze worden afgeleverd:

Scheepsbulk	Vrachtbulk	Verpakt
x	x	–

#### 7. Het managementsysteem van de fabriek is gecertificeerd



*De resultaten weergegeven in de tabellen zijn gebaseerd op gemiddelde waarden en zijn louter indicatief. Enkel de normeisen worden gewaarborgd.*

# Veiligheidsinformatieblad 'Cement'

Januari 2009

Volgens EG 1907/2006  
(gepubliceerd in het Belgisch  
Staatsblad op 30/03/2008)

Herziening van 01/01/2009  
Volledige herziene en  
bijgewerkte versie.

## CBR Cementbedrijven

### Verkoop

Terhulpesteenweg 185

B 1170 Brussel

tel: 02 678 34 56

fax: 02 678 34 60

e-mail: [communication@cbr.be](mailto:communication@cbr.be)

[www.cbr.be](http://www.cbr.be)

## 1. Identificatie van het preparaat en van de onderneming

### 1.1 Identificatie van het preparaat

Cement volgens de norm EN 197-1:

CEM I	Portlandcement	Alle klassen
CEM II	Samengesteld Portlandcement	en
CEM III	Hoogovencement	alle samenstellingen
CEM V	Composietcement	

### 1.2 Gebruik van het preparaat

Cement wordt gebruikt als hydraulisch bindmiddel voor de vervaardiging van beton, mortel, grout, enz.

### 1.3 Identificatie van de onderneming

**Naam:** n.v. Cementbedrijven CBR Cimenteries s.a.

**Volledig adres:** Terhulpesteenweg 185 Chaussée de La Hulpe,  
1170 Brussel

**Telefoonnummer:** + 32 (0)2 678 32 11

**E-mailadres van de verantwoordelijke voor het VIB:** REACH-info@cbr.be

### 1.4 Noodgevallen

Telefoonnummer in noodgevallen:

Antigifcentrum: +32 (0)70 245 245 24/24 uur bereikbaar

## 2. Identificatie van de gevaren

Wanneer cement in contact komt met water, bijvoorbeeld bij de vervaardiging van beton of mortel, of wanneer cement vochtig wordt, ontstaat een sterk alkalische oplossing.

### 2.1 Identificatie van de gevaren

Xi	Irriterend
R37/38	Irriterend voor de ademhalingswegen en de huid
R41	Gevaar voor ernstig oogletsel
R43	Kan overgevoeligheid veroorzaken bij contact met de huid

### 2.2 Voornaamste wijzen van blootstelling

**Inademing:** Ja

**Huid-ogen:** Ja

**Inslikken:** Neen, alleen bij ongeval

### 2.3 Menselijke gezondheid

**Inademing:** Regelmatig inademen van grote hoeveelheden cementstof over een lange periode verhoogt het risico op het ontstaan van longziektes.



**Ogen:** Oogcontact met (droog of nat) cement kan ernstig en mogelijk onherstelbaar oogletsel veroorzaken.

**Huid:** Cement kan bij langdurig contact met de vochtige huid (door transpiratie of luchtvochtigheid) irritatie veroorzaken. Langdurig huidcontact met verse mortel of vers beton kan ernstige huidletsels veroorzaken, want deze ontstaan zonder pijnwaarneming (bijvoorbeeld bij gekniemd werk in vers beton; de werking gaat zelfs doorheen een broek). Herhaaldelijk huidcontact met nat cement kan contactdermatitis veroorzaken. Voor meer informatie, zie referentie (1).

#### 2.4 Milieu

Bij normaal gebruik vormt dit product geen bijzonder gevaar voor het milieu.

#### 2.5 Andere informatie

In overeenstemming met de in paragraaf 15 aangegeven wetgeving is cement of van nature chromaarm of wordt het chromaarm door toevoeging van een reductiemiddel, dat het gehalte aan sensibiliserend oplosbaar chroom (VI) bij gebruik beperkt tot 0,0002 % van het cement.

### 3. Samenstelling/informatie over de bestanddelen

#### 3.1 Bestanddelen

Cementsoorten volgens de normen EN 197-1:

	CAS-nr.	EINECS-nr.	Gevaren-symbool	R-zinnen
Portlandklinker	65997-15-1	266-043-4	Xi	37,38,41,43
Vliegias	68131-74-8	268-627-4	-	-
Hoogovenslak	65996-69-2	266-002-0	-	-
Kalk	1317-65-3	215-279-6	-	-
Calciumsulfaat	07778-18-9	231-900-3	-	-

#### 3.2 Bestanddelen die een gezondheidsrisico opleveren:

	CAS-nr.	EINECS-nr.	Gevaren-symbool	R-zinnen
Portlandklinker	65997-15-1	266-043-4	Xi	37,38,41,43

Onderstaande tabel geeft het gehalte aan Portlandklinker van de cementsoorten. De opgegeven percentages zijn uitgedrukt ten opzichte van de som van de hoofd- en nevenbestanddelen van het cement. Het calciumsulfaat (gips en/of anhydriet), dat ongeveer 5 % vertegenwoordigt, wordt in die som niet meegerekend.

Cementsoort	Gehalte aan Portlandklinker
CEM I	95 – 100 %
CEM II	65 – 94 %
CEM III	5 – 64 %
CEM V	20 – 64 %

Voor meer bijzonderheden, zie de technische fiche van het cement.

### 4. Eerstehulpmaatregelen

Bij raadplegen van een arts dit VIB meenemen.

#### 4.1 Na per ongeluk inademen van een flinke hoeveelheid

Breng het slachtoffer in frisse lucht. Stof in keel en neus moet spontaan verdwijnen. Raadpleeg een arts bij blijvende irritatie, als de irritatie zich later ontwikkelt of als de ongemakken, hoesten of andere symptomen aanhouden.

#### 4.2 Na oogcontact

Wrijf niet in de ogen om extra beschadiging aan het hoornvlies te voorkomen. Verwijder desgevallend contactlenzen. Houd de oogleden goed open en spoel de ogen onmiddellijk overvloedig met zuiver water gedurende minstens 45 minuten om alle deeltjes te verwijderen. Gebruik indien mogelijk isotonisch water (0,9% NaCl). Raadpleeg een arbeidsarts of een oogarts.

#### 4.3 Na huidcontact

**Met droog cement:** verwijder het cementstof en spoel daarna overvloedig met water.

**Met nat cement:** was de huid met veel water. Verwijder vervuilde kleding, schoeisel, horloge en andere vervuilde objecten en reinig deze grondig alvorens ze te hergebruiken. Raadpleeg een arts bij irritatie of huidletsel.

#### 4.4 Na per ongeluk inslikken

Wek geen braken op. Indien het slachtoffer bij bewustzijn is, spoel dan zijn mond met water en laat hem veel water drinken. Neem onmiddellijk contact op met een arts of het antigifcentrum.



## 5. Brandbestrijdingsmaatregelen

### 5.1 Vlampunt en methode

Cement is noch ontvlambaar noch explosief en veroorzaakt of bevordert niet de verbranding van andere materialen.

### 5.2 Geschikte blusmiddelen

Alle soorten blusmiddelen kunnen worden gebruikt.

### 5.3 Brandbestrijdingsuitrusting

Cement vormt geen bijzonder gevaar in geval van brand. Brandweerlieden hoeven geen speciale beschermingsuitrusting te dragen.

### 5.4 Verbrandingsproducten

Geen.

### 5.5 Ontbrandingskenmerken: laagste explosielimiet (LEL) – hoogste explosielimiet (UEL).

Niet van toepassing.

## 6. Maatregelen bij onopzettelijk vrijkomen

### 6.1 Persoonlijke voorzorgsmaatregelen

Draag de beschermingsmiddelen zoals beschreven in paragraaf 8 en volg de aanbevelingen voor veilige omgang die in paragraaf 7 worden gegeven. Noodprocedures zijn niet vereist.

### 6.2 Milieuvoorzorgsmaatregelen

Niet lozen in de riolering, afvoersystemen of waterlopen (bv. beken).

### 6.3 Reinigingsmethoden

Recupereer, indien mogelijk, het vrijgekomen product in droge vorm.

**Droog cement:** Gebruik reinigingsmethoden waarbij het droge product niet in de lucht wordt verspreid, zoals: Stofzuigers (industriële draagbare stofzuigers, voorzien van een hoogefficiënte filter voor luchtdeeltjes (HEPA-filter) of gelijkwaardige technieken). Gebruik dweilen, natte bezems of waterslangen (ingesteld op 'fijn vernevelen' om te voorkomen dat er stof in de lucht komt) en recupereer het resulterend vloeibaar slib. Bij gebrek daaraan: recupereer het product door het in vloeibaar slib te veranderen, zie hiernaast bij 'nat cement'.

Wanneer nat opruimen of stofzuigen niet mogelijk is en enkel met droge bezems geveegd kan worden, zorg er dan voor dat het personeel geschikte beschermingsmiddelen draagt en verdere verspreiding van het stof voorkomt.

Vermijd inademing van het cement en huidcontact. Verzamel het gerecupereerde product in een gesloten container. Laat het met water verhardens alvorens het af te voeren zoals beschreven in paragraaf 13.

**Nat cement:** Recupereer het natte cement en doe het in een gesloten container. Wacht tot het product hard is alvorens het af te voeren zoals beschreven in paragraaf 13.

## 7. Hantering en opslag

Hanteer of bewaar het cement niet in de buurt van voedsel, drank of rookwaren.

### 7.1 Hantering

Volg de aanbevelingen die in paragraaf 8 worden gegeven. Vermijd stofvorming:

- Voor cement dat gebruikt wordt in open mengers: giet eerst het water erin en daarna het cement. Giet het niet van op grote hoogte en begin rustig te mengen. Pers geen lege zakken samen, behalve wanneer ze in een andere, propere zak opgeborgen zijn.
- Voor het opruimen van droog cement, zie paragraaf 6.3.

Het dragen van zakken kan spierverrekkingen en scheuren veroorzaken in de rug, de armen, de schouders of de benen. Hanteer ze voorzichtig.

### 7.2 Opslag

Bulkcement moet worden opgeslagen in waterdichte, droge (met minimale interne condensatie), propere silo's, die beschermd zijn tegen vervuiling.

Gevaar voor bedelving: voorkom bedelving of verstikking, ga geen afgesloten ruimte (zoals een silo, laadruim, bulkwagen of andere containers of vaten met cement) binnen zonder de gepaste veiligheidsmaatregelen in acht te nemen. In een afgesloten ruimte kan cement zich ophopen langs de wanden of zich eraan vasthechten en onverwachts ineenzakken of neerstorten.

Cement in zakken moet in gesloten zakken worden bewaard, los van de grond, in frisse en droge lucht en beschermd tegen overmatige tocht om kwaliteitsverlies te voorkomen. De zakken moeten stabiel worden gestapeld.

### 7.3 Beheersing van het gehalte oplosbaar chroom (VI)

Bij cementsoorten die volgens de reglementering vermeld in paragraaf 15 behandeld zijn met een reductiemiddel voor chroom (VI), zal de effectiviteit van het reductiemiddel in de loop van de tijd verminderen. Daarom staat op cementzakken de verpakkingsdatum en de duur ('maximale gebruiksduur') waarvoor de fabrikant garandeert dat het gehalte oplosbaar chroom (VI), bepaald volgens EN 196-10, door het reductiemiddel onder de opgelegde grens van 0,0002% blijft.

In geval van bulk worden in de begeleidende documenten (leveringsbon) van het bulkcement de leveringsdatum en de maximale gebruiksduur opgegeven. De opslagcondities die nodig zijn om de effectiviteit van het reductiemiddel te behouden, worden eveneens vermeld.

## 8. Maatregelen ter beperking van blootstelling/persoonlijke bescherming

### 8.1 Grenswaarden voor blootstelling

GWB: 10 mg/m<sup>3</sup>

### 8.2 Beperking van blootstelling

#### 8.2.1 Beperking van beroepsmatige blootstelling

**Algemeen:** Vermijd zoveel mogelijk om te knielen in verse mortel of vers beton. Indien het absoluut noodzakelijk is om op de knieën te werken, draag dan geschikte, waterdichte persoonlijke beschermingsmiddelen/waterdichte kniebeschermers. Eet, drink of rook niet tijdens het werken met cement om contact met de huid of de mond te voorkomen. Direct na het werken met cement of cementhoudende producten moet men zich wassen, douchen of een hydraterende crème gebruiken. Verwijder kleding, schoeisel, horloges en andere vervuilde objecten en reinig deze grondig alvorens ze te hergebruiken.

**Bescherming van de ademhalingsorganen:** Als iemand wordt blootgesteld aan stof boven de grenswaarden voor blootstelling, gebruik dan een geschikte bescherming voor de ademhalingsorganen, die moet worden aangepast aan de fijnheid en de concentratie van het stof en die in overeenstemming is met de norm EN 149.

**Bescherming van de ogen:** Draag bij het werken met droog of nat cement een beschermingsbril in overeenstemming met de norm EN 166 om contact met de ogen te voorkomen.

**Bescherming van de huid:** draag slijtvaste en alkalibestendige, met katoen gevoerde, ondoordringbare handschoenen, laarzen en beschermende kleding met gesloten lange mouwen en gebruik huidverzorgingsproducten (met inbegrip van afschermende crèmes) om de huid tegen langdurig contact met cement te beschermen. Let goed op dat er geen (droog of nat) cement in de laarzen komt. In bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld bij het storten van betonvloeren of het aanleggen van dekvloeren, is het noodzakelijk om waterdichte kniebeschermers of broeken te dragen.

### 8.2.2 Beperking van milieublootstelling

Volgens de beschikbare technieken.

## 9. Fysische en chemische eigenschappen

### 9.1 Algemeen

Droog cement is een fijn vermalen anorganisch materiaal (geurloos wit of grijs poeder).

### 9.2 Fysische eigenschappen

Gemiddelde korrelgrootte:	5 - 30 µm
Oplosbaarheid in water (T = 20 °C):	gering (0,1 - 1,5 g/l)
Absolute soortelijke massa:	2,75 - 3,20 g/cm <sup>3</sup>
Schijnbare soortelijke massa:	0,9 - 1,5 g/cm <sup>3</sup>
pH (T = 20°C in water):	11 - 13,5
Kook-/smeltpunt:	> 1.250 °C
Dampdruk, dampdichtheid, verdampingssnelheid, vriespunt, viscositeit:	niet van toepassing

## 10. Stabiliteit en reactiviteit

### 10.1 Stabiliteit

Droog cement blijft stabiel zolang het op de juiste wijze wordt bewaard (zie paragraaf 7) en is compatibel met de meeste andere bouwmaterialen. Gemengd met water zal cement verhard tot een stabiele massa, die onder normale omstandigheden niet reageert.

### 10.2 Te vermijden omstandigheden

Vochtige bewaring kan klontervorming en kwaliteitsverlies van het product veroorzaken.

### 10.3 Te vermijden materialen

Vermijd ongecontroleerd gebruik van aluminiumpoeder in nat cement, want daarbij wordt waterstof gevormd.

#### 10.4 Gevaarlijke ontledingsproducten

Cement ontbindt niet in gevaarlijke bijproducten en polymeriseert niet.

### 11. Toxicologische informatie

#### 11.1 Acute symptomen

**Oogcontact:** Direct contact kan door wrijving het hoornvlies beschadigen, onmiddellijke of latere irritatie of een ontsteking veroorzaken. Grotere hoeveelheden droog cement of spatten nat cement kunnen gevolgen hebben die variëren van matige irritatie (conjunctivitis of blefaritis) tot ernstige oogbeschadigingen en blindheid.

**Huidcontact:** Droog cement in contact met de vochtige huid of blootstelling aan vochtig of nat cement kan verdikking van de huid veroorzaken, evenals vorming van scheurtjes of kloven. Langdurig schurend contact kan ernstige huidletsels veroorzaken.

**Acute giftigheid bij aanraking met de huid:** Limiet-test, op konijn, 24 uur contact met een concentratie van 2000 mg/kg lichaamsgewicht – geen levensgevaar [Referentie(2)].

**Inslikken:** Cement inslikken kan irritatie van het spijsverteringsstelsel veroorzaken.

**Inademen:** Cement kan irritatie van de keel en de luchtwegen veroorzaken. Hoesten, niezen en kortademigheid kunnen voorkomen bij het overschrijden van de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling.

#### 11.2 Chronische symptomen

**Inademen:** Herhaaldelijke blootstelling aan respirabel stof boven de grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling kan leiden tot hoesten, niezen en kortademigheid en kan een chronisch obstructieve longziekte (COPD) veroorzaken.

**Risico op kanker:** Er is geen causaal verband vastgesteld tussen blootstelling aan cement en het optreden van kanker [Referentie (1)].

**Contactdermatitis/overgevoeligheid:** Sommige personen kunnen eczeem ontwikkelen als gevolg van blootstelling aan nat cement, veroorzaakt door de

hoge pH-waarde, die irritatidermatitis veroorzaakt, en/of door een immuunreactie op oplosbaar chroom (VI), die allergodermia veroorzaakt [Referentie (4)]. De reacties variëren van lichte uitslag tot ernstige dermatitis. Een exacte diagnose is vaak moeilijk te stellen. Als het cement een reductiemiddel voor oplosbaar chroom (VI) bevat en de opgegeven werkingsperiode van dit middel niet overschreden is, zou er geen overgevoeligheid mogen zijn [Referentie (3)].

#### 11.3 Door blootstelling versterkte aandoeningen

Het inademen van cementstof kan een bestaande aandoening van de luchtwegen en/of ziekten zoals longemfyseem of astma verergeren. Het contact met cement kan ook andere bestaande oog- of huidaandoeningen verergeren.

### 12. Ecologische informatie

#### 12.1 Ecotoxiciteit

A priori is dit product niet gevaarlijk voor het milieu (LC50 giftigheid in water is nog niet bepaald). De toevoeging van grote hoeveelheden cement aan water kan echter een verhoging van de pH-waarde teweegbrengen en daardoor in bepaalde omstandigheden wel giftig zijn voor waterorganismen.

#### 12.2 Mobiliteit

Droog cement is niet vluchtig, maar kan tijdens verwerking in de lucht worden verspreid.

#### 12.3 Persistentie en afbreekbaarheid/ Bioaccumulatief vermogen/ Resultaten van de PBT-beoordeling/ Andere schadelijke effecten

Niet relevant aangezien cement een anorganisch materiaal is. Na verharding geeft cement geen toxische risico's.

### 13. Instructies voor de verwijdering

**13.1 Product – cement waarvan de maximale gebruiksduur overschreden is en waarvoor is aangetoond dat het meer dan 0.0002% oplosbaar chroom (VI) bevat:** gebruik/verkoop voorbehouden voor gecontroleerde, gesloten en volledig geautomatiseerde processen of recyclage/afvoeren volgens de plaatselijke wetgeving of opnieuw behandelen met een reductiemiddel.

#### 13.2 Product – cementrest of gemorst cement in droge vorm

Ruim op in droge vorm. Markeer de afvalcontainers. Eventueel hergebruik is toegelaten afhankelijk van de

maximale gebruiksduur en de mogelijkheid om blootstelling aan stof te voorkomen. In geval van verwijdering: verhard het cement door water toe te voegen en voer het af in overeenstemming met paragraaf 13.4.

### 13.3 Product – vloeibaar slib

Laat het slib verharden, voorkom dat het in de riolering, afvoersystemen of waterlopen (vb. beken) terecht komt en voer het af in overeenstemming met paragraaf 13.4.

### 13.4 Product – na toevoeging van water en na verharding

Voer het af volgens de plaatselijke wetgeving. Voorkom dat het in de riolering terecht komt. Voer het verharde product af als betonafval. Geziende inerte eigenschappen van beton wordt het afval niet als gevaarlijk afval beschouwd.

Registratie in de Europese Afvalstoffenlijst: 10 13 14 (Afval van de fabricage van cement – Betonafval of betonslib) of 17 01 01 (Bouw- en sloopafval - Beton).

### 13.5 Verpakking

Maak de verpakking volledig leeg en verwerk ze in overeenstemming met de plaatselijke wetgeving.

Registratie in de Europese Afvalstoffenlijst: 15 01 01 (Verpakking – Papieren en kartonnen verpakking).

## 14. Informatie over het transport

Cement valt niet onder de internationale reglementering voor het transport van gevaarlijke stoffen (IMDG, IATA, ADR/RID); classificatie is dus niet nodig. Er moeten geen speciale voorzorgsmaatregelen worden getroffen, behalve deze die in paragraaf 8 worden vermeld.

## 15. Wettelijk verplichte informatie

### 15.1 Classificatie en etikettering in overeenstemming met de EG-richtlijn 2001/59



Irriterend Xi

R37/38	Irriterend voor de ademhalingswegen en de huid
R41	Gevaar voor ernstig oogletsel
R43	Kan overgevoeligheid veroorzaken bij contact met de huid
S2	Buiten bereik van kinderen bewaren
S22	Stof niet inademen
S24/25	Aanraking met de ogen en de huid vermijden
S26	Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen
S36/37/39	Draag geschikte beschermende kleding, handschoenen en een beschermingsmiddel voor de ogen/het gezicht
S46	In geval van inslikken onmiddellijk een arts raadplegen en verpakking of etiket tonen

### 15.2 Gehalte oplosbaar zeswaardig chroom Cr (VI)

Het cement is in overeenstemming met de EG-richtlijn 2003/53/EG, overgenomen in het K.B. van 15 juli 2004. Na afloop van de maximale gebruiksduur kan het cement meer dan 0,0002% oplosbaar chroom (VI) bevatten.

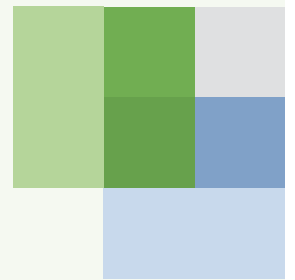
## 16. Andere informatie

### Afkortingen

VIB:	Veiligheidsinformatieblad
IMDG:	International Maritime Dangerous Goods
IATA:	International Air Transport Association
ADR/RID:	Agreement on the transport of dangerous goods by road/Regulations on the international transport of dangerous goods by rail
LC50:	Lethal Concentration (dodelijke concentratie): 50% van de proefdieren sterven
GWB:	Grenswaarde voor blootstelling (gemiddelde blootstellingsconcentratie) (5)

### Referenties

- (1) Portland Cement Dust - Hazard assessment document EH75/7, UK Health and Safety Executive, 2006. Available from: <http://www.hse.gov.uk/pubns/web/portlandcement.pdf>
- (2) Observations on the effects of skin irritation caused by cement, Kietzman et al, *Dermatosen*, 47, 5, 184-189 (1999).
- (3) European Commission's Scientific Committee on Toxicology, Ecotoxicology and the Environment (SCTEE) opinion of the risks to health from Cr (VI) in cement (Europese Commissie, 2002).
- (4) Epidemiological assessment of the occurrence of allergic dermatitis in workers in the construction industry related to the content of Cr (VI) in cement, NIOH, Page 11, 2003.
- (5) K.B. van 11 maart 2002.



De informatie in dit veiligheidsblad is gebaseerd op de huidige stand van kennis en is betrouwbaar mits het product wordt gebruikt volgens de voorgeschreven voorwaarden en in overeenstemming met de gebruiksaanwijzingen op de verpakking en/of in de technische gebruiksinformatie. Elk ander gebruik van dit product, inclusief het gebruik van het product in combinatie met elk ander product of elk ander procedé, valt onder de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Het spreekt voor zich dat de gebruiker zelf verantwoordelijk is voor het nemen van de juiste veiligheidsmaatregelen en voor het toepassen van de wettelijke regelgeving op de eigen werkzaamheden.

Dit document is beschikbaar in het Frans, het Nederlands, het Engels en het Duits.



## VEILIGHEIDSINFORMATIEBLAD

### 1. IDENTIFICATIE VAN DE STOF OF HET PREPARAAT EN VAN DE MAATSCHAPPIJ

<b>Productnaam</b>	Crystal 0070 <i>= Normal</i> Natriumsilikaat oplossing (MR>3.2)
<b>Gebruik</b>	Algemeen inzetbare chemische stof voor gebruik in een breed scala van industriële applicaties.
<b>Fabrikant/Leverancier:</b>	Ineos Silicas Netherlands BV P.O. Box 1 Ir. Rocourstraat 28 Industrieterrein Zuid 6245 ZG Eijsden The Netherlands
<b>Telefoon:</b>	+31 (0)43-409-9333
<b>Fax:</b>	+31 (0)43-409-4165
<b>Telefoon nr. in noodgevallen</b>	+31 (0)43-409-9304

### 2. SAMENSTELLING VAN EN INFORMATIE OVER DE BESTANDDELEN

Bestanddelen	%W/W	CAS nr.	EINECS No.	EG Indeling
Natriumsilikaat	20 - 40	1344-09-8	2156874	Xi R36/37/38
Water	60 - 80	7732-18-5	2317912	

### 3. RISICO'S *30%*

**EG Indeling** Niet ingedeeld als gevaarlijk voor gebruikers.  
Basisch.

### 4. EERSTE-HULP-MAATREGELEN

**Oogcontact** Wanneer de stof in de ogen is gekomen, direct spoelen met ruim water. Onmiddellijk een arts raadplegen.  
**Huidcontact** Besmette huid met ruim water wassen. Indien symptomen zich ontwikkelen: een arts raadplegen.  
**Inslikken** Geen braken opwekken. Mond laten spoelen met water en 200-300ml (2 glazen) water laten drinken. Een arts raadplegen.  
**Inademing** Getroffene uit de gevaarlijke omgeving verwijderen, warm houden en rusthouding laten aannemen. Een arts raadplegen.

### 5. BRANDBESTRIJDINGSMAATREGELEN

**Algemeen:** Niet van toepassing. Waterige oplossing. Niet brandbaar.

## 6. MAATREGELEN BIJ HET ONGEWILD VRIJKOMEN VAN DE STOF OF HET PREPARAAT

---

<b>Persoonlijke bescherming</b>	Draag geschikte beschermende kleding. Een bescherming voor de ogen/voor het gezicht dragen. Zie rubriek: 8.
<b>Milieu Blootstellingscontrole</b>	Gemorste stof niet in het riool spoelen of op het oppervlaktewater lozen. Licht de overheid in indien het gelekte in een waterloop of riool is terecht gekomen, of de bodem of vegetatie heeft verontreinigd.
<b>Algemeen:</b>	Pas op - gemorste stof kan gladde vloeren veroorzaken. Gemorste stof indammen met zand, aarde of ander geschikt absorptiemiddel. Inzamelen in geschikte vaten voor afvalverwijdering of terugwinning.

## 7. HANTERING EN OPSLAG

---

<b>Hantering</b>	Contact met de ogen, de huid en de kleding vermijden. De vorming van nevels vermijden. Voor toereikende ventilatie zorg dragen. Zorg voor oogspoelfles, gevuld met zuiver water. Zie ook rubriek 8.
<b>Opslag</b>	Bewaren bij een temperatuur beneden (°C): 50 . Laat het product niet bevriezen. Een afsluitbare vloeistofdichte bak installeren. Ongeschikt verpakkingsmateriaal: Aluminium Zie ook rubriek 10.

## 8. MAATREGELEN TER BEHEERSING VAN BLOOTSTELLING EN PERSOONLIJKE BESCHERMING

---

<b>Bedrijfshygiënische Grenswaarden</b>	Geen Bedrijfshygiënische Grenswaarden Vastgesteld. Een blootstellingsgrens van 2 mg/m <sup>3</sup> (15 min TWA) wordt aanbevolen naar analogie van natronloog.
<b>Algemeen:</b>	Technische methoden om blootstelling te voorkomen of te controleren genieten de voorkeur. De methoden omvatten afsluiting van de verwerking voor het personeel, mechanische ventilatie (verdunning en plaatselijke afvoer), en controle van de verwerking.
<b>Ademhalingsbescherming</b>	Ademhalingsbescherming indien het gevaar bestaat op ongecontroleerde blootstelling aan aerosols. Zie voor dergelijke beschermende uitrusting de publikatie HS(G)53, uitgegeven door de Gezondheids - en Veiligheidsdienst in het Verenigd Koninkrijk (Health and Safety Executive).
<b>Huidcontact</b>	Draag geschikte handschoenen en beschermende kleding. Bijvoorbeeld EN374-3, platts 6 doorbraaktijd (>480min). Draag geschikte overalls.
<b>Oogbescherming</b>	Zuurbril.
<b>Overige</b>	Geschikte beschermingsmiddelen dragen overeenkomstig de beginselen van een verantwoorde bedrijfshygiënische werkwijze. Niet eten, drinken of roken op de werkplek.



## 9. FYSISCHE EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN

---

Vorm	Vloeistof.
Kleur	Kleurloos.
Geur	Reukloos.
pH (Waarde)	Basisch.
Kookpunt (°C)	100
Vlampunt (°C) [Closed cup/Gesloten kroes]	Niet van toepassing.
Onderste Explosiegrens (vol% in lucht)	Niet van toepassing.
Oplosbaarheid (Water)	Oplosbaar.

## 10. STABILITEIT EN REACTIVITEIT

---

Stabiliteit	Stabiel.
Gevaarlijke Reacties	Bij het bewaren van waterige oplossingen van dit materiaal in booggelaste vaten, neem afdoende maatregelen om ontploffingsrisico's veroorzaakt door het vrijkomen van waterstof bij electrolyse te voorkomen. Waterige oplossing reageren met aluminium, zink, tin en legeringen van deze metalen onder vorming van waterstofgas, welk een explosief mengsel kan vormen met lucht. Kan heftig reageren in contact met zuren. Kan reageren met suikerrestanten waarbij koolmonoxide wordt gevormd.
Gevaarlijke Ontledingsproducten	Voorzover bekend, geen.

## 11. TOXICOLOGISCHE INFORMATIE

---

Acute Vergiftiging	Het primaire gevaar van natriumsilikaat bij inslikken, inademing of contact met ogen en huid is de alkaliniteit. De toxiciteit van natriumsilikaat is afhankelijk van de silica:base gewichtsverhouding en de zuurgraad. Orale LD50 (rat) waarden 1600-3200 mg/kg zijn gemeld voor soortgelijke produkten.
Inademing	De nevel is irriterend voor de luchtwegen.
Inslikken	Materiaal veroorzaakt irritatie.
Oogcontact	Vloeistof of nevel kan ongemak en milde irritatie veroorzaken.
Huidcontact	Herhaald en/of langdurig huidcontact kan lichte irritatie veroorzaken.

## 12. ECOLOGISCHE INFORMATIE

---

Ecotoxiciteit	Wanneer oplosbare Silikaatoplossingen verdund worden, vindt depolymerisatie plaats tot moleculaire eenheden identiek met natuurlijk opgelost Silica. De alkaliniteit van dit materiaal kan een lokaal effect op eco-systemen hebben, die gevoelig zijn voor veranderingen in pH.
---------------	--

## 13. INSTRUCTIES VOOR VERWIJDERING

---

Wordt aanbevolen:	Lozing van dit produkt in het rioleringsysteem is afhankelijk van lokale regels aangaande pH controle. Vanwege de alkaliniteit, wordt het aanbevolen het produkt te classificeren als gevaarlijk afval onder de EEC directive 91/689/EEC. Dit materiaal is geclassificeerd als speciaal afval onder de Britse Speciale Afval Wet van 1996. Bij verwijdering van afvalstoffen dient lokale, provinciale en nationale wetgeving in acht te worden genomen.
-------------------	--

## 14. INFORMATIE MET BETREKKING TOT HET VERVOER

---

Niet geclassificeerd volgens de 'Recommendations on the Transport of Dangerous Goods' van de Verenigde Naties.

**Verpakking** Er is geen speciale verpakking nodig wanneer het produkt wordt vervoerd.  
Ongeschikt verpakkingsmateriaal: Aluminium

## 15. WETTELIJK VERPLICHTE INFORMATIE

---

**EG Indeling** Niet ingedeeld als gevaarlijk voor gebruikers.  
**Veiligheidsaanbevelingen** S26: Bij aanraking met de ogen onmiddellijk overvloedig met water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.

TSCA Inventarisatie: Gerapporteerd/Opgenomen.

AICS Inventarisatie: gerapporteerd/opgenomen.

DSL/NDSL Inventarisatie: gerapporteerd/opgenomen.

Duitse Water Gevaarlijkheids Classificatie VwVwS: Produkt ID nummer 1314, WGK klasse 1 (weinig gevaar voor water).

## 16. OVERIGE INFORMATIE

---

De onderstaande rubrieken bevatten wijzigingen of nieuwe informatie: 2

<b>MSDS Eerste uitgave</b>	11/02/1999
<b>Herziening MSDS-gegevens</b>	03/2004

De in deze publikatie vervatte of anderszins aan gebruiker verschaft informatie is naar onze mening juist en wordt te goeder trouw verstrekt. Het is echter aan de gebruiker om na te gaan of het product zich voor de beoogde toepassing leent. Ineos Silicas geeft geen waarborg dat het product geschikt is voor enige beoogde toepassing. Iedere waarborg, impliciet of expliciet wordt uitgesloten, tenzij wetgeving uitsluiting niet toelaat. Ineos Silicas aanvaardt geen aansprakelijkheid voor verlies of schade (anders dan ontstaan uit dood of persoonlijk letsel als gevolg van een product met bewezen tekortkomingen), die het gevolg is van het zich verlaten op deze informatie. Deze publikatie mag niet worden opgevat als een vrijbrief voor inbreuk op octrooien, copyright en ontwerpen.

#### **Bijlage 4: Laboratorium procedure**

Vanwege de vereiste eigenschappen is gekozen om met hoogovencement te werken en geen cement (Ordinary Portland Cement) toe te passen. Hoogovencement is een combinatie van klinker en hoogovenslakken. Bij een CEM III C ligt de verhouding op ongeveer 80 a 95% aan slakken.

Het onderzoek is in eerste instantie uitgegaan van onderstaande componenten als toeslagstoffen.

##### *Componenten*

- Verharder:
  - Crystal 0070, Waterglas (PQ)
- Bindmiddel:
  - CEM III C, Hoogovencement (ENCI)
- Vertrager:
  - ETAC RE<sup>6</sup> (ENCI)

##### *Schematische procedure:*

- gezeefd slib oproeren in kunststof beker (polypropyleen) van 500 ml of in tonnen van 5 tot 25 liter.
- bindmiddel toegevoegd onder roeren met propeller roerder of IKA roermotor voor de volumes vanaf 2 liter
- verharder (Crystal 0070) toegevoegd onder roeren (2000 t.p.m.) gedurende 1 tot 60 seconden
- inschatten van geltijd, door beweging beker vanuit de pols.
- sterkteontwikkeling bepalen door middel van herhaaldelijk indrukken pocket penetrometer.

---

<sup>6</sup>. *Deze vertrager is gebaseerd op een suiker polymeer. De hoofdwerking is een vertraging van de hydratatiereactie, welke resulteert in een verlenging van de plastische fase naar de vaste fase en een verhoging van de viscositeit tijdens de vloeibare fase.*

## **Bijlage 5A: Fysische eigenschappen versterkt sediment**

Boringcode	Monstercode	Diepte		Grondbeschrijving	w [% ds]
		van [m – MV]	tot [m – MV]		
9	2A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	72.3 <sup>A</sup>
	3A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	73.3 <sup>A</sup>
	4A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	75.0 <sup>A</sup>
	2A–Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	71.8 <sup>A</sup>
	3A–Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	70.9 <sup>A</sup>
	4A–Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	70.4 <sup>A</sup>

A: Geaccrediteerd

# Deltares

Postbus 177, 2600 MH Delft  
Stieltjesweg 2, 2628 CK Delft

Telefoon 088 335 7200  
Telefax 015 261 0821

Homepage:  
[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)

Hoedekenskerke versterkt sediment  
receptuuronderzoek  
TABLAB [blad 1/1]

datum	2011-02-18	get.	Bjl
project	1202972.002	gez.	*)
bijlage	AA1	form.	A4

# Deltares

Postbus 177, 2600 MH Delft  
Stiefjesweg 2, 2628 CK Delft

Telefoon 088 335 7200  
Telefax 015 261 0821

Homepage:  
[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)

Hoedekenskerke versterkt sediment  
receptuuronderzoek

TABLAB [blad 1/1]

Boringcode	Monstercode	Diepte		Grondbeschrijving	w [% ds]
		van [m - MV]	tot [m - MV]		
9	2A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	72.3 <sup>A</sup>
	3A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	73.3 <sup>A</sup>
	4A	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	75.0 <sup>A</sup>
	2A-Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	71.8 <sup>A</sup>
	3A-Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	70.9 <sup>A</sup>
	4A-Na SAM ..	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkte bagger).	70.4 <sup>A</sup>
	2A-Na VP prf	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkt sediment).	81.9 <sup>A</sup>
	3A-Na VP prf	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkt sediment).	83.6 <sup>A</sup>
	4A-Na Vp prf	0.00	0.00	Klei, zwak siltig, zwak humeus, (versterkt sediment).	82.4 <sup>A</sup>

A: Geaccrediteerd

datum	2011-03-01	get.
project	1202972.002	Bjl
bijlage	AA1	gez. (*)
		form. A4

**Bijlage 5B: Samendrukkingsproeven**



**Deltares**

Stieltjesweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cad

1-3-2011 date

GW dwn.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

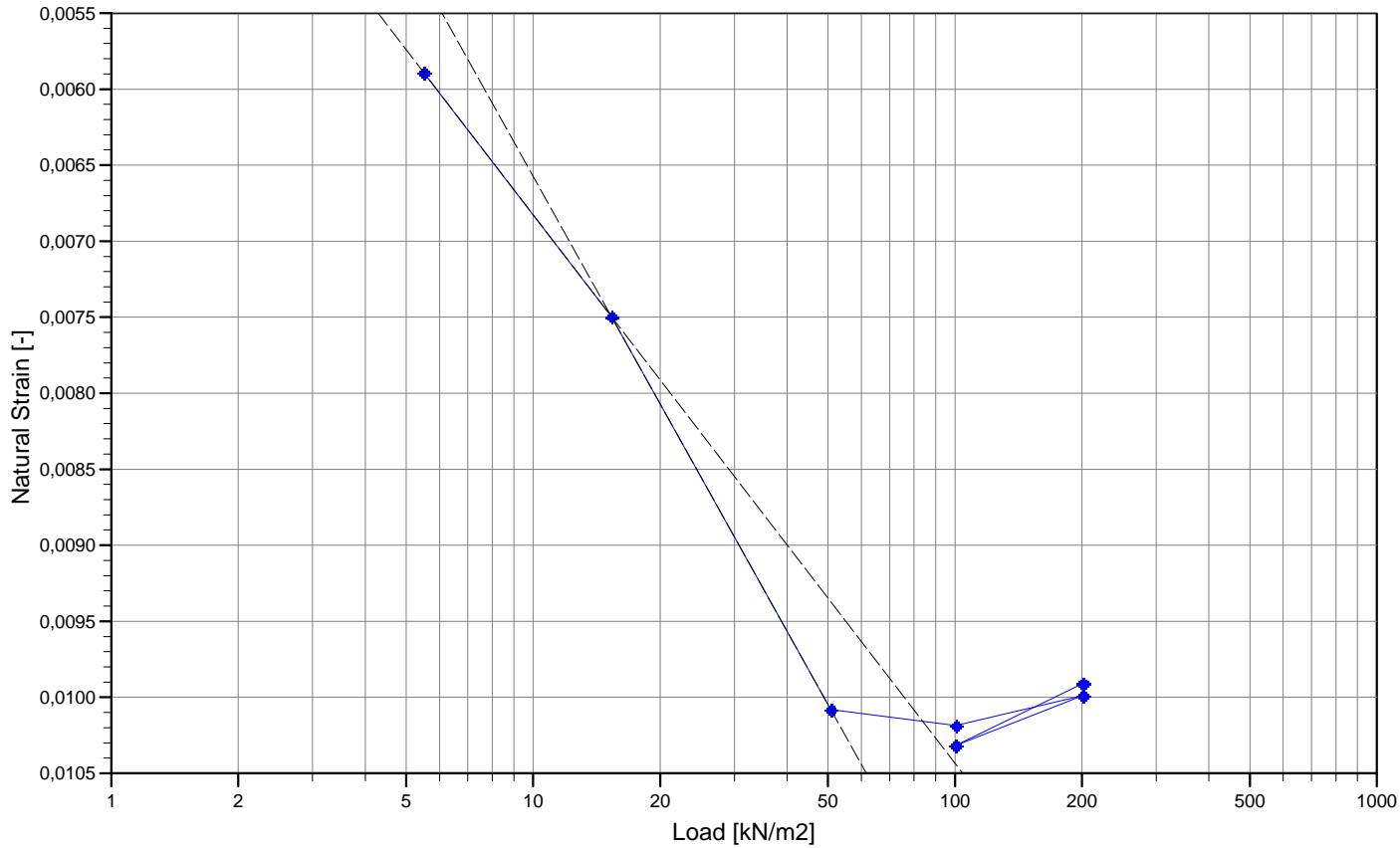
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S3A

A4 form.

## Isotachen Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

A = 1,567E-003 [-] C = 3,071E-005 [-]  
B = 2,159E-003 [-]





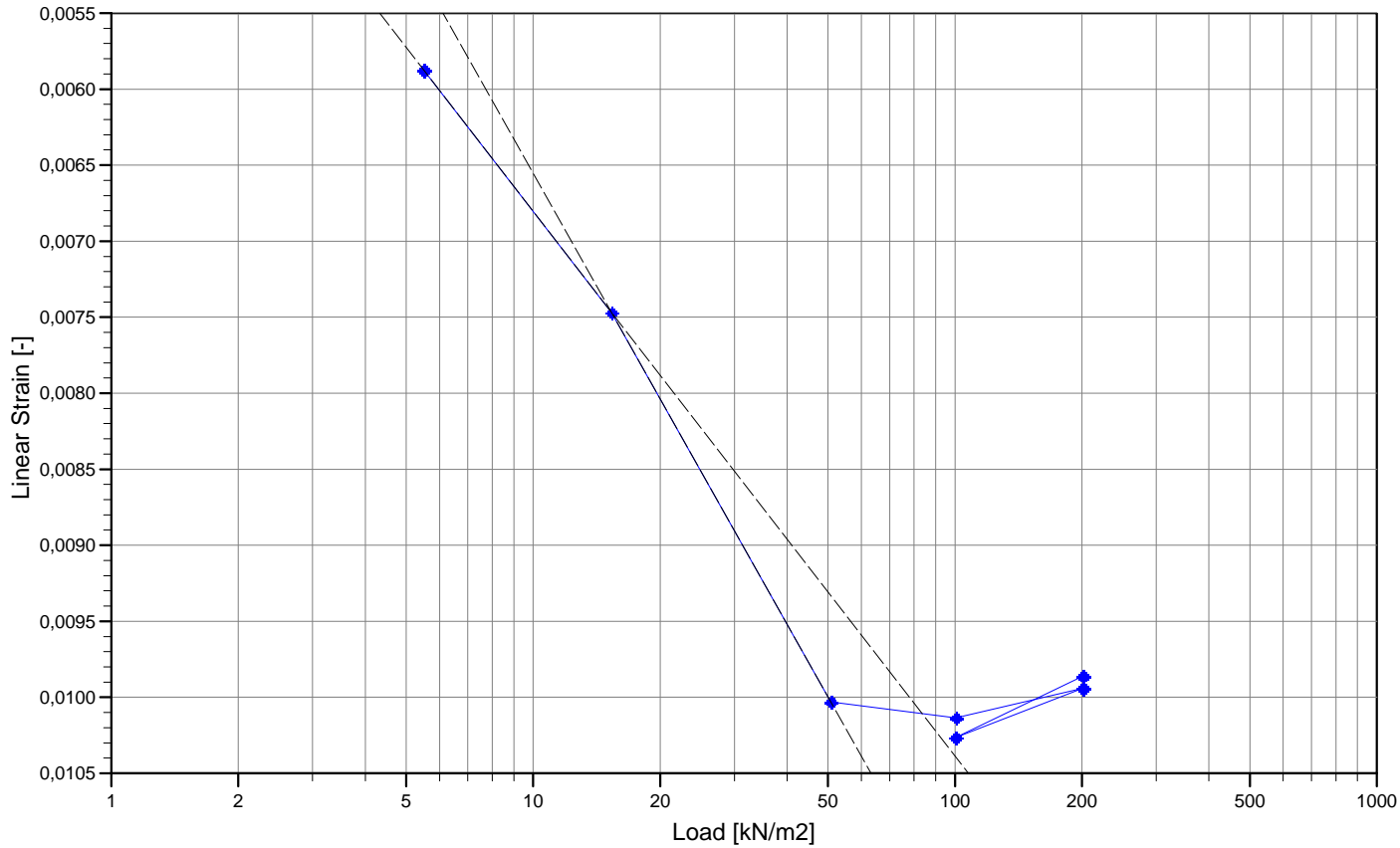
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cad

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

RR = 3,584E-003 [-] Ca = 7,072E-005 [-]  
CR = 4,927E-003 [-] Vo = 2,928 [-]

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011 date

CO-1202972/2

GNW dtw.

Annex S3A

A4 form.



**Deltares**

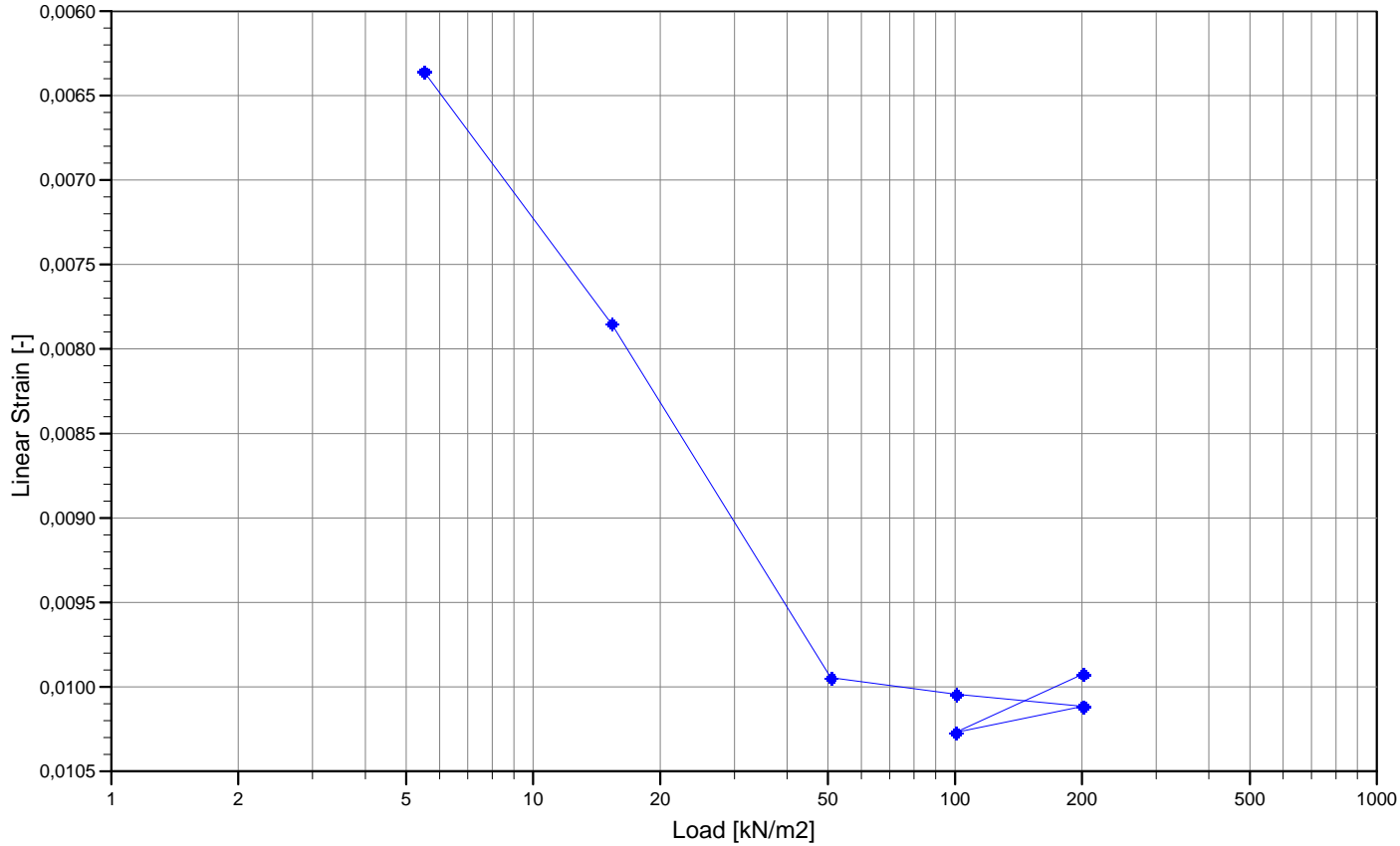
Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A

Oedometer test conform NEN 5118

## Koppejan Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

$C_p = 9,507E+003$  [-]       $C_s = 1,474E+004$  [-]       $C = 2,655E+003$  [-]  
 $C_{p'} = -4,531E+003$  [-]       $C_{s'} = 1,291E+004$  [-]       $C' = 1,121E+004$  [-]  
 $P_{c'} = 0,0$  [kN/m<sup>2</sup>]

WARNING: Min.time not used in a loadstep.

MCompress 2.1 : 201102103.cad

1-3-2011 date

GNW dtw.

CO-1202972/2

GNW dtw.

Annex S3A

A4 form.

## Koppejan Method



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

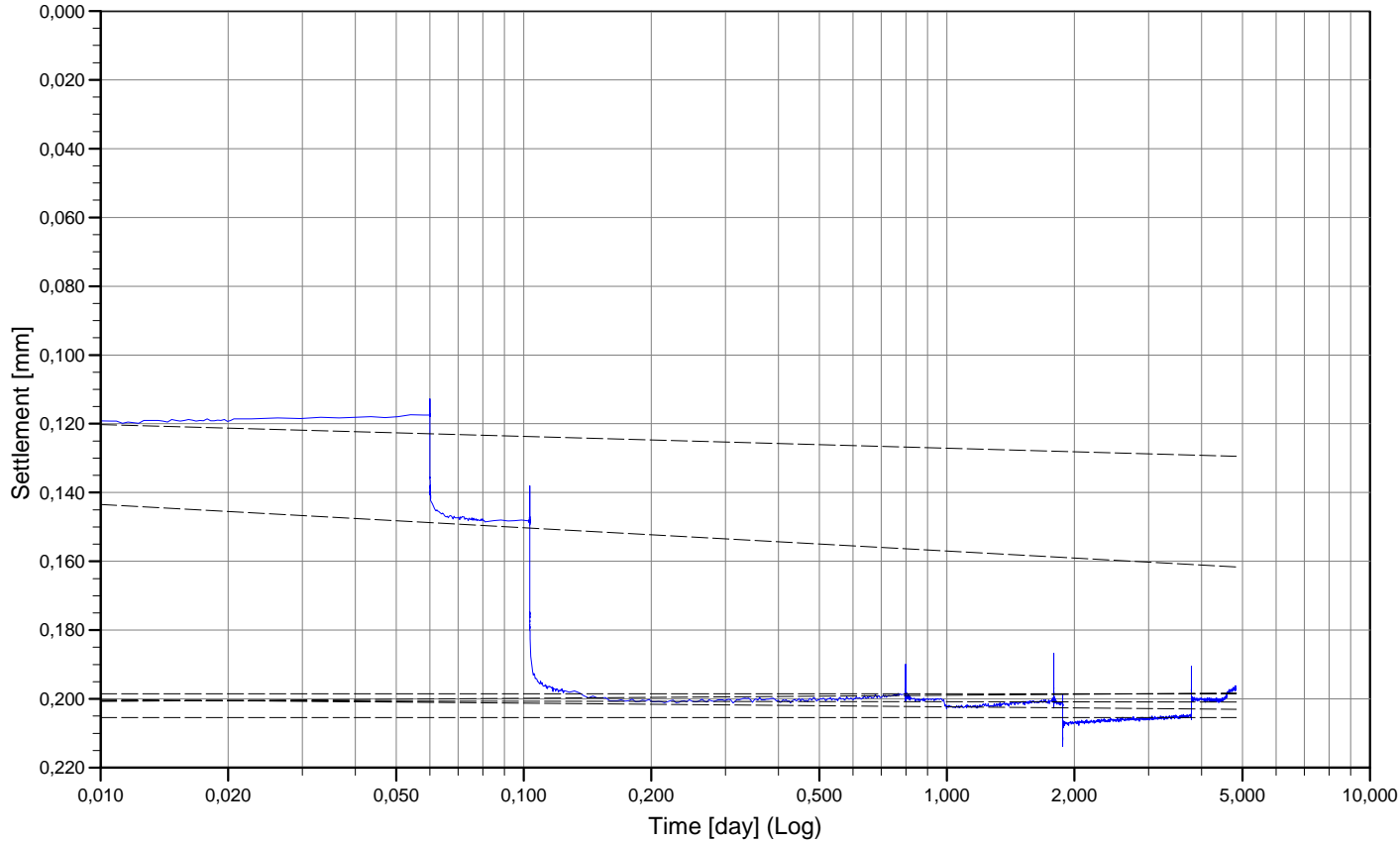
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A

Oedometer test conform NEN 5118

Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201



Cp	= 9,507E+003	[-]	Cs	= 1,474E+004	[-]	C	= 2,655E+003	[-]
Cp'	= -4,531E+003	[-]	Cs'	= 1,291E+004	[-]	C'	= 1,121E+004	[-]
WARNING: Min.time not used in a loadstep.						Pc'	= 0,0	[kN/m <sup>2</sup> ]

MCompress 2.1 : 201102103.cad

1-3-2011  
date

GNW  
druv.

CO-1202972/2

cit.

Annex S3A

A4  
form.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

1-3-2011  
date

GW  
dvw.

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

Oedometer test conform NEN 5118

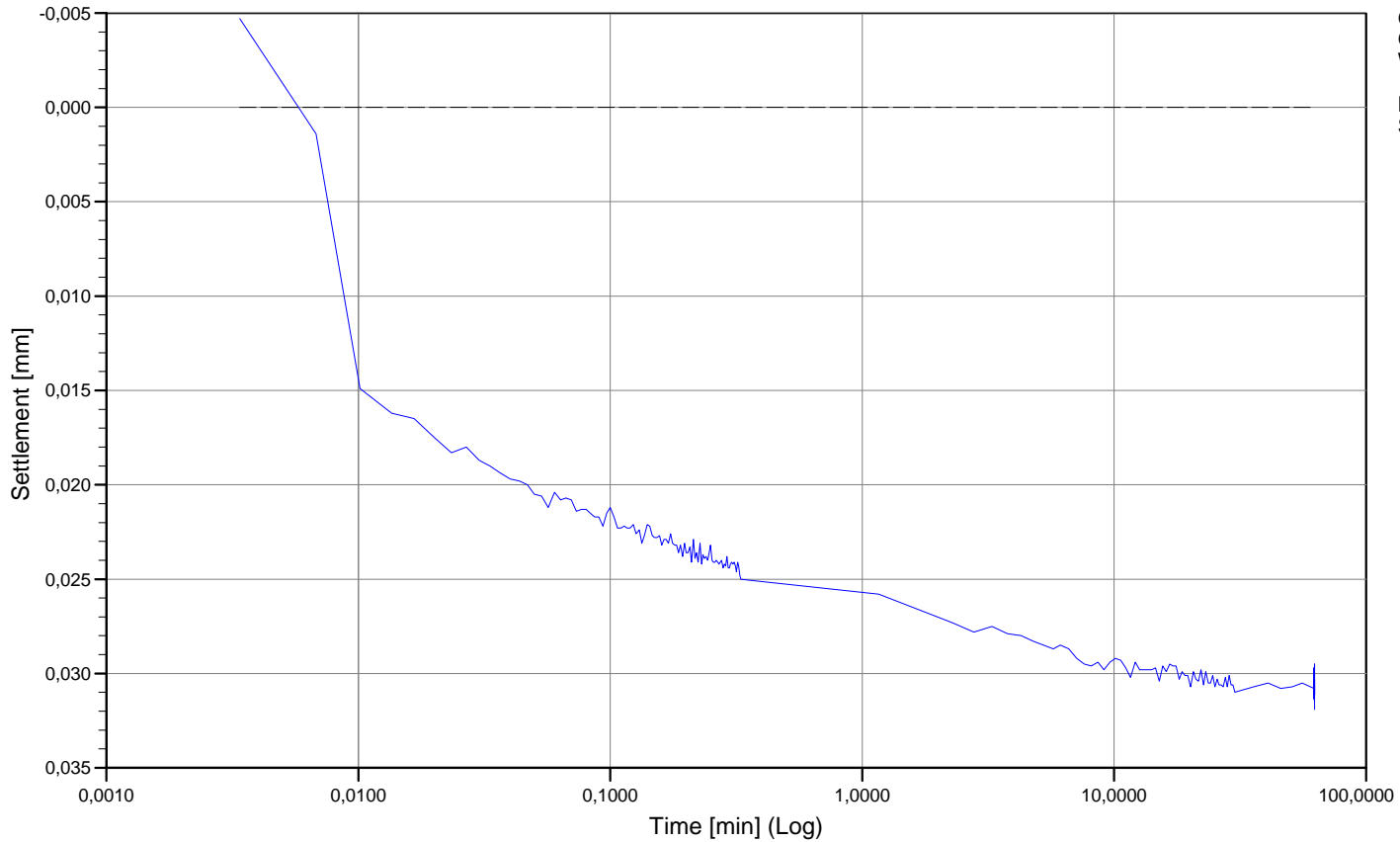
CO-1202972/2

GW

Annex S3A

A4  
form.

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

1-3-2011 date

GIW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

CO-1202972/2

dtf.

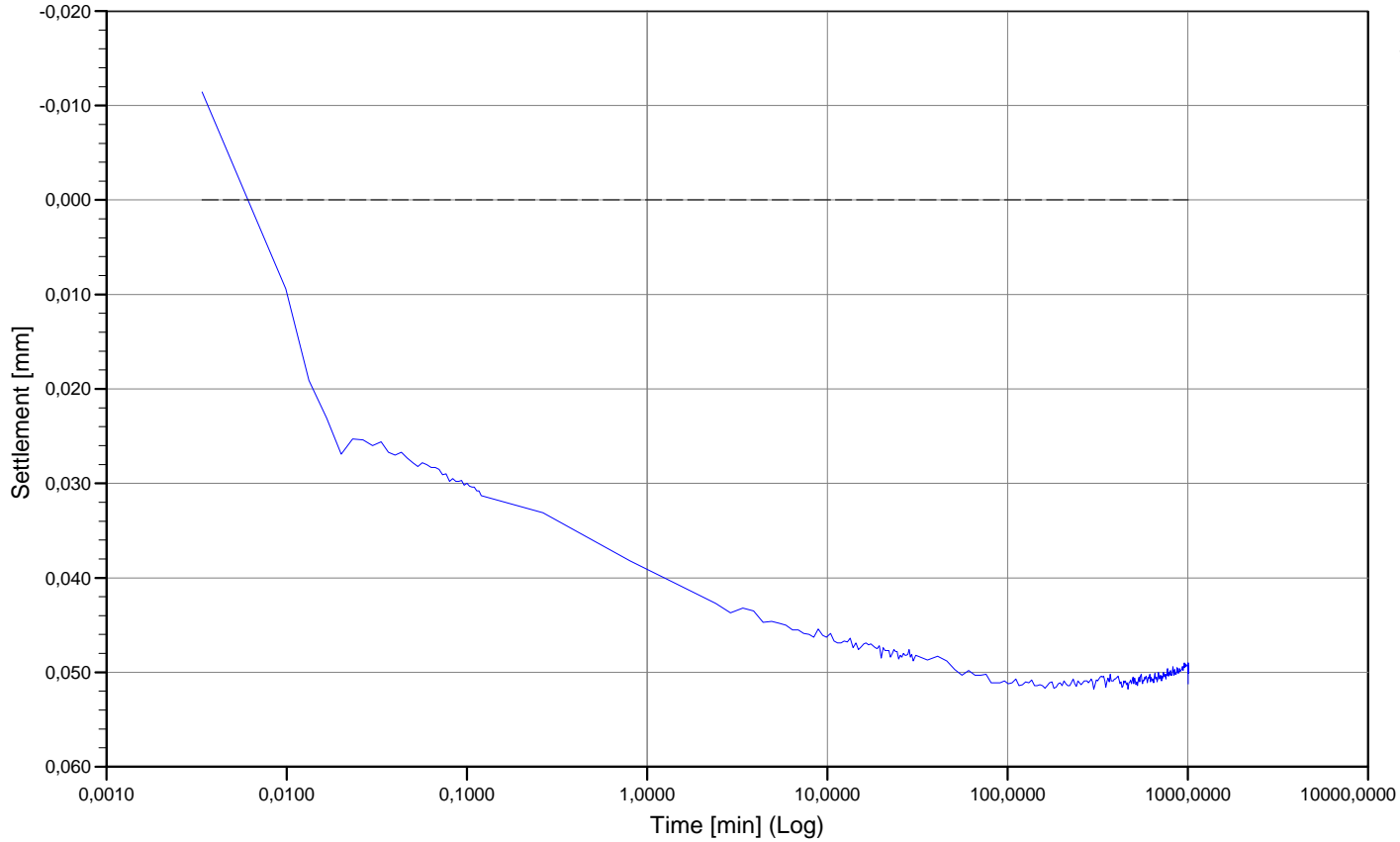
Boring 9, Monster 3A

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S3A

A4 form.

### Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

1-3-2011  
date

GNW  
dvw.

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

CO-1202972/2

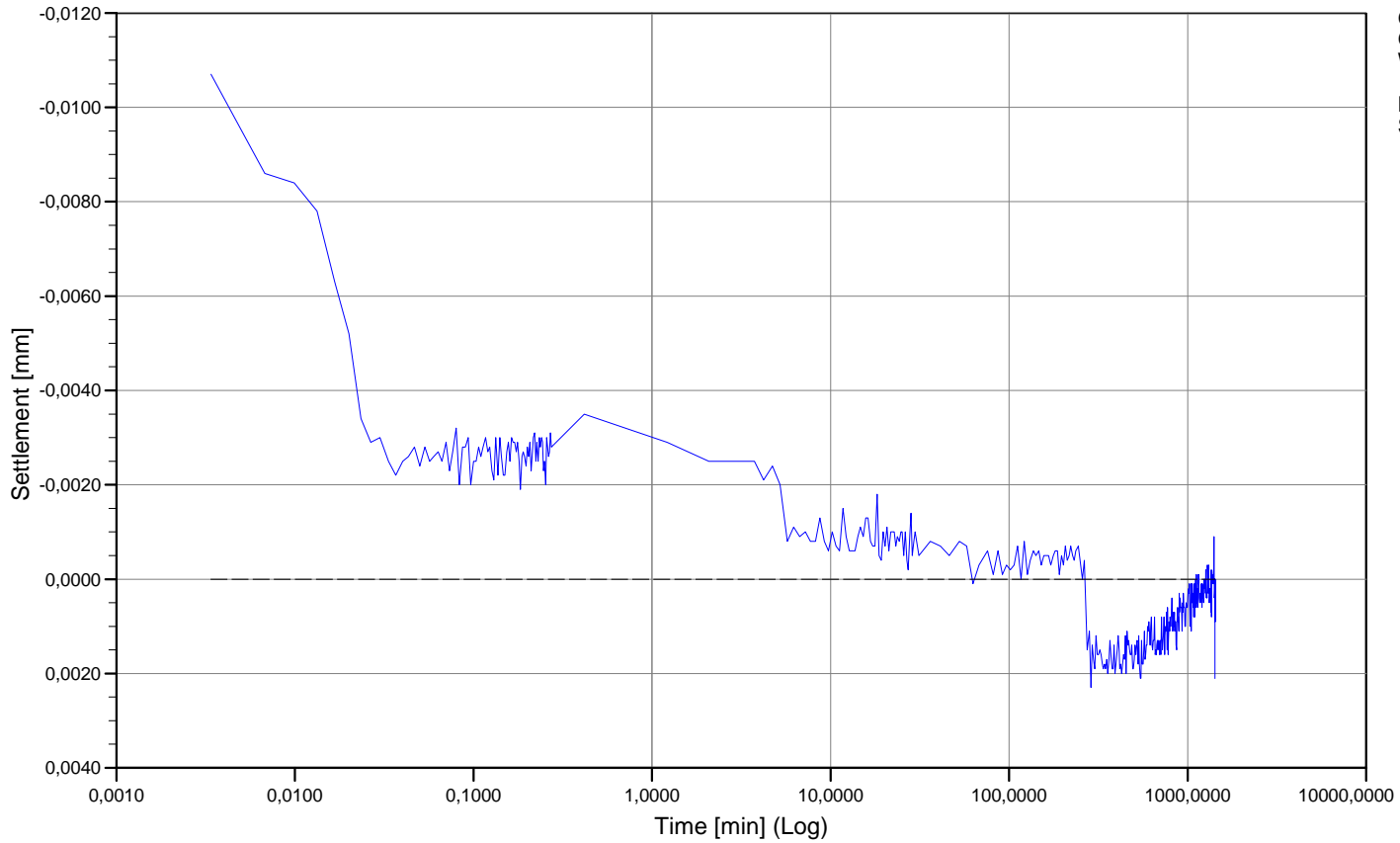
cf.

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S3A

A4  
form.

## Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed



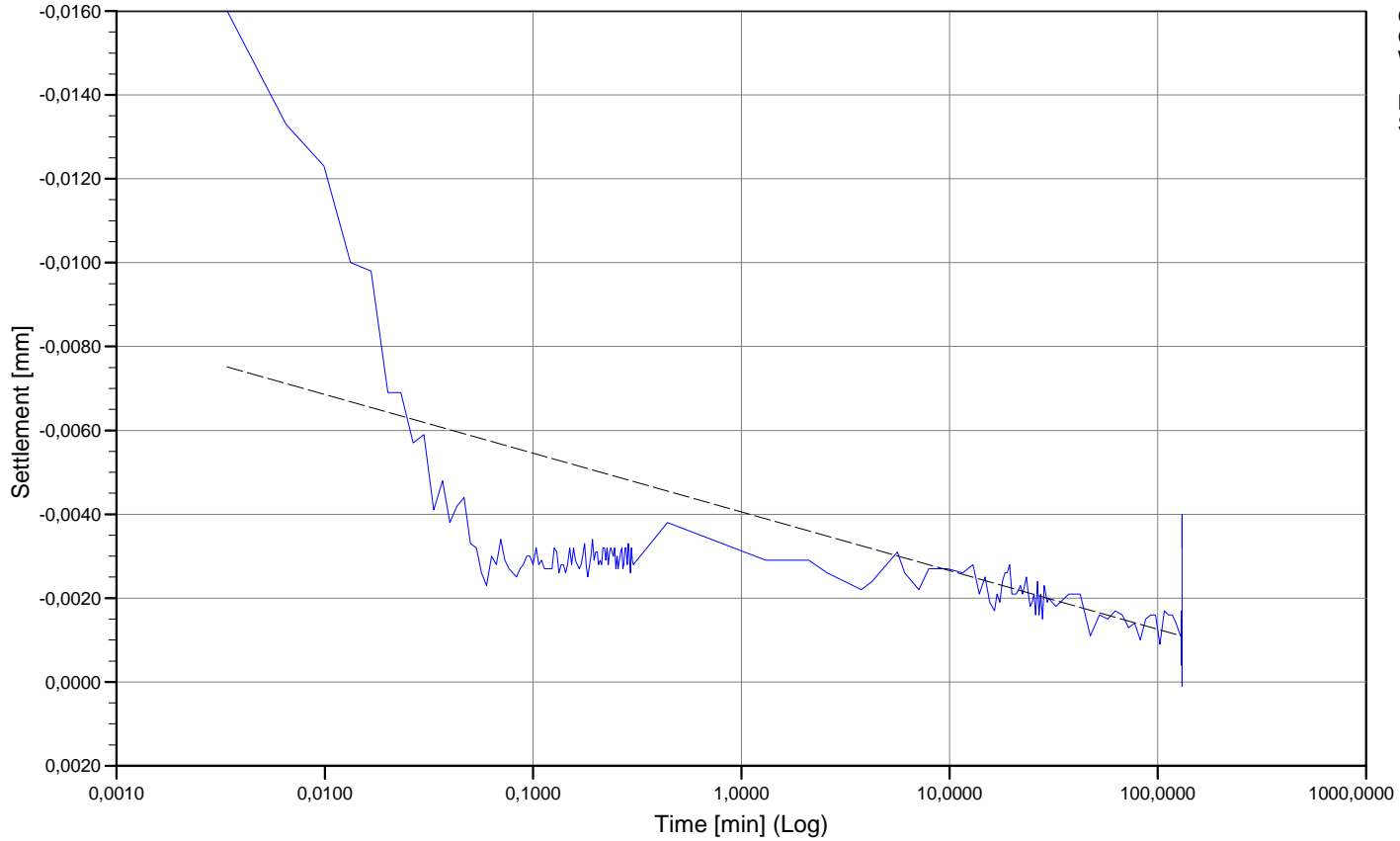
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 7,072E-005 [-] K = - [m/s]  
Too few or too much points for regression in middle section.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011  
date

CO-1202972/2

GW  
dru.

Annex S3A

A4  
form.



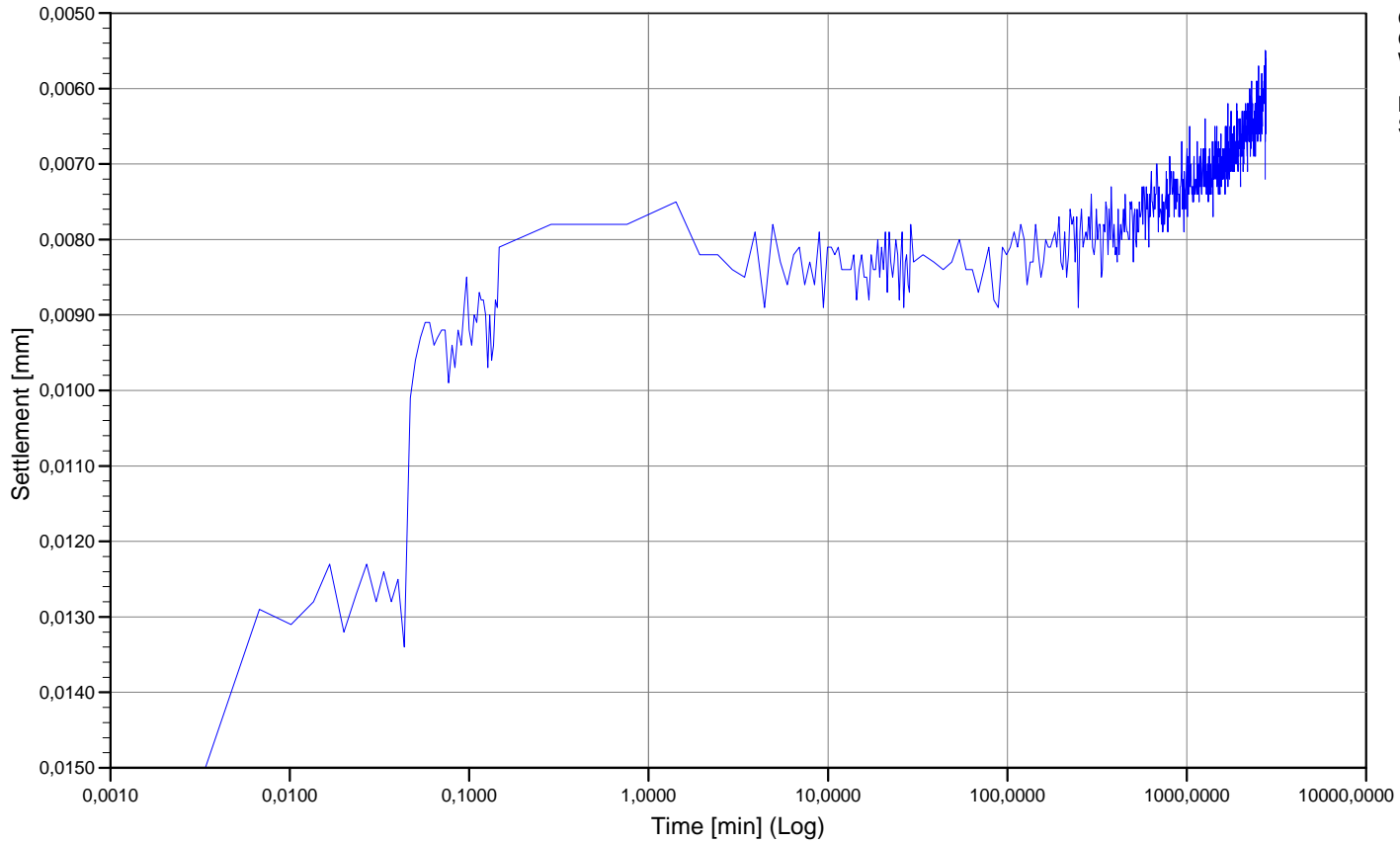
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 6



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	dwv.	GW
S3A		cf.		form.	A4



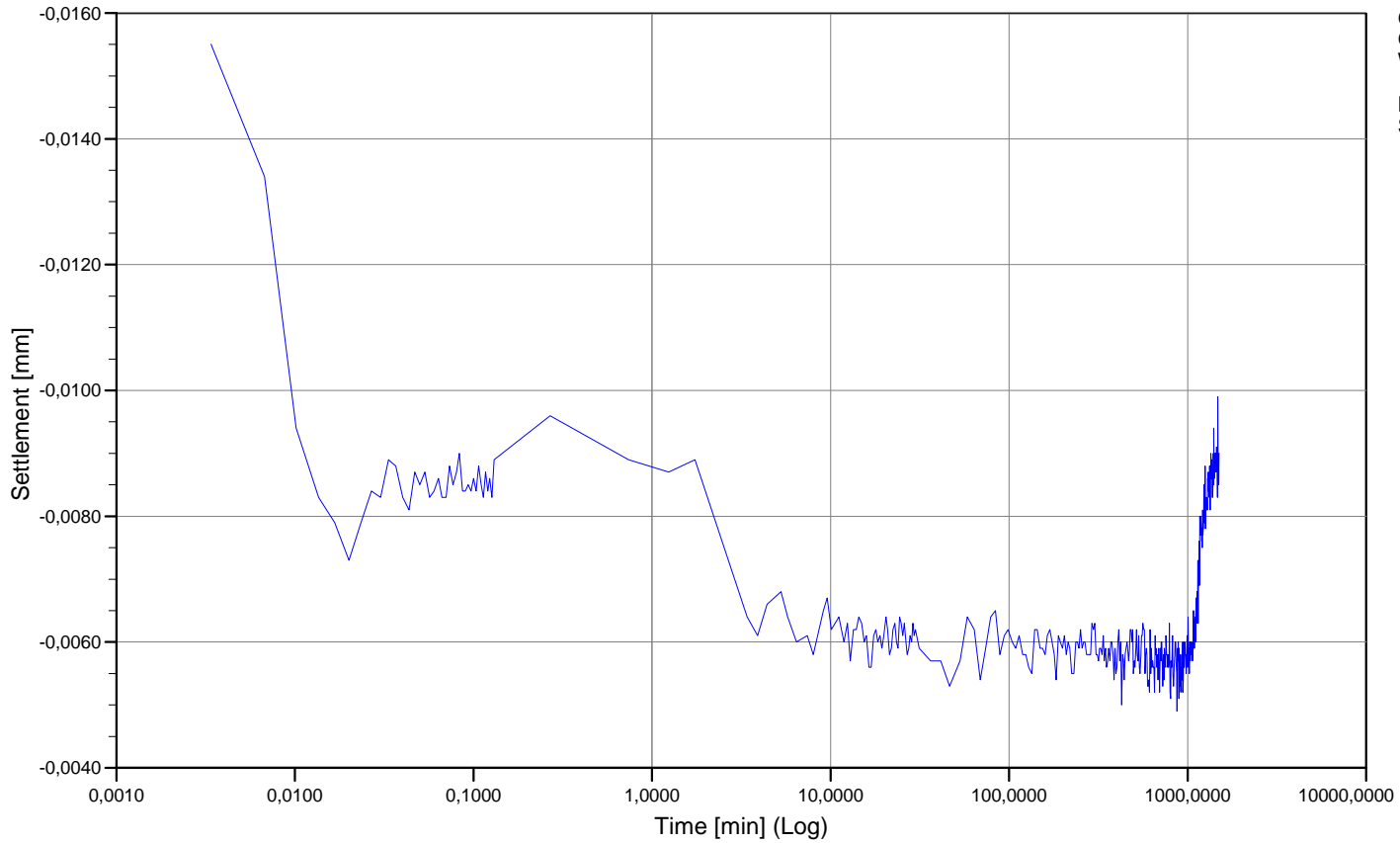


**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 7



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	div.	GW
S3A		form.	A4		



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

1-3-2011  
date

GIW  
dvw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

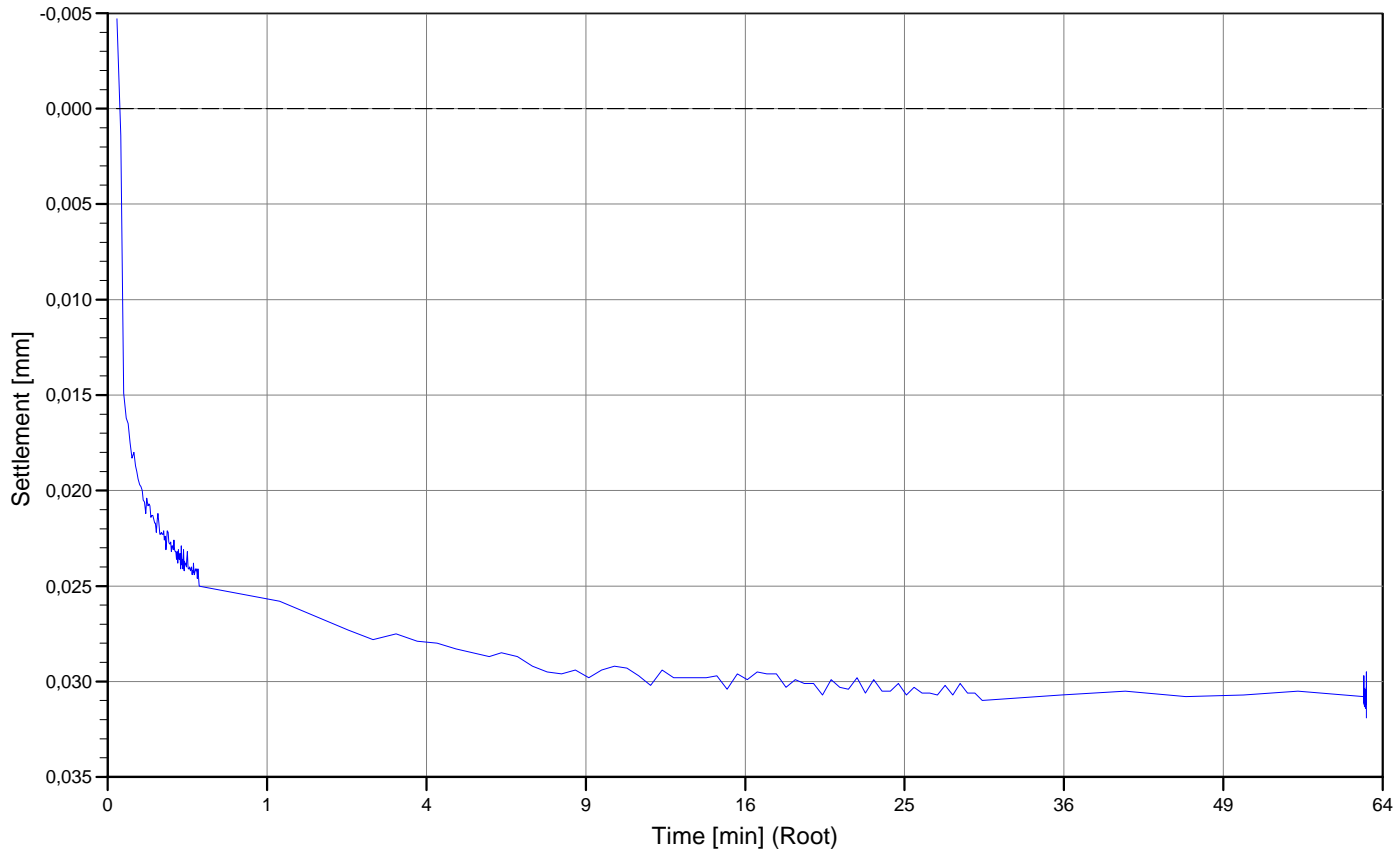
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S3A

A4  
form.

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

1-3-2011 date

GIW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

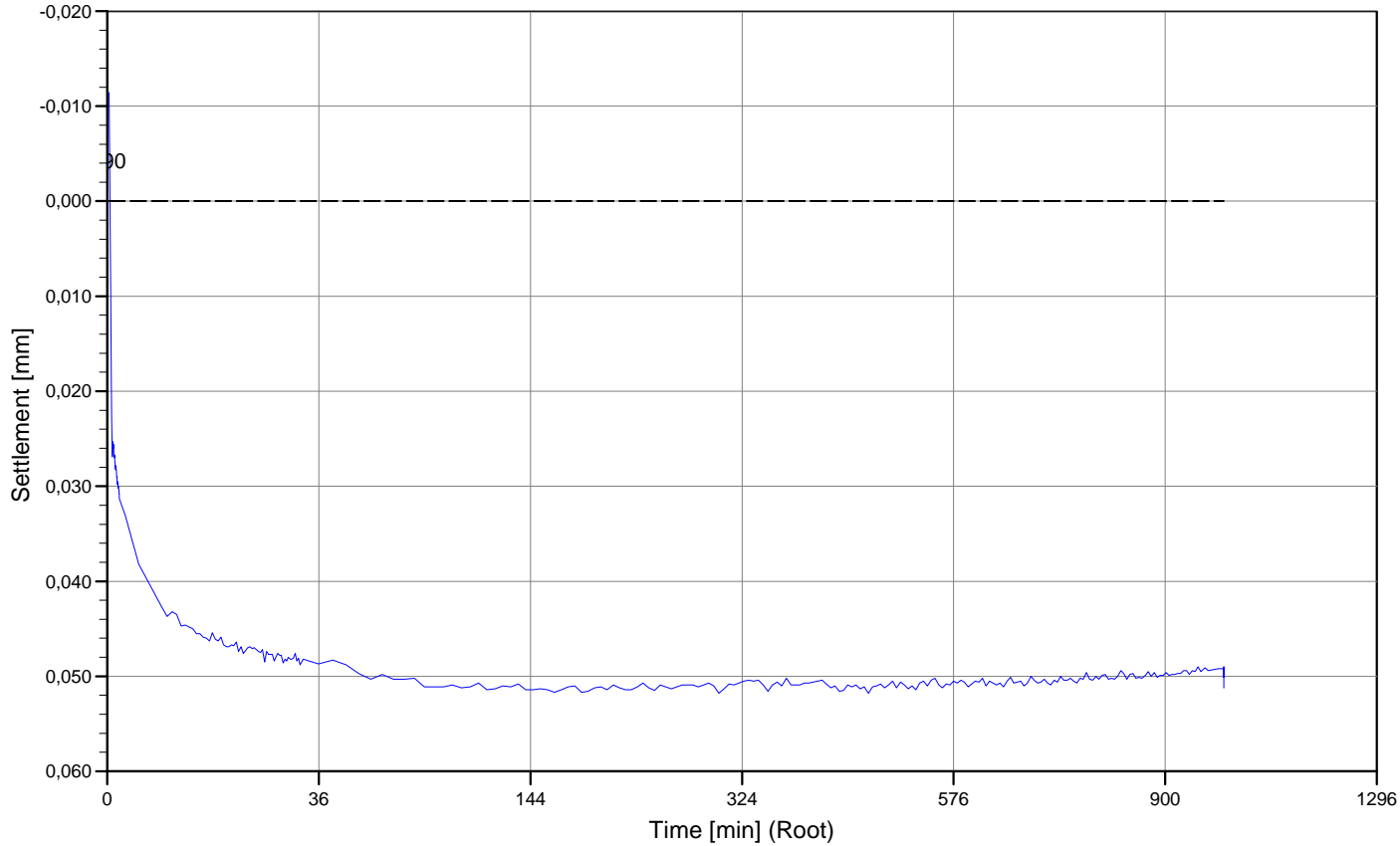
CO-1202972/2

Annex S3A

A4 form.

Oedometer test conform NEN 5118

### Taylor Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

1-3-2011  
date

GW  
dhw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

Oedometer test conform NEN 5118

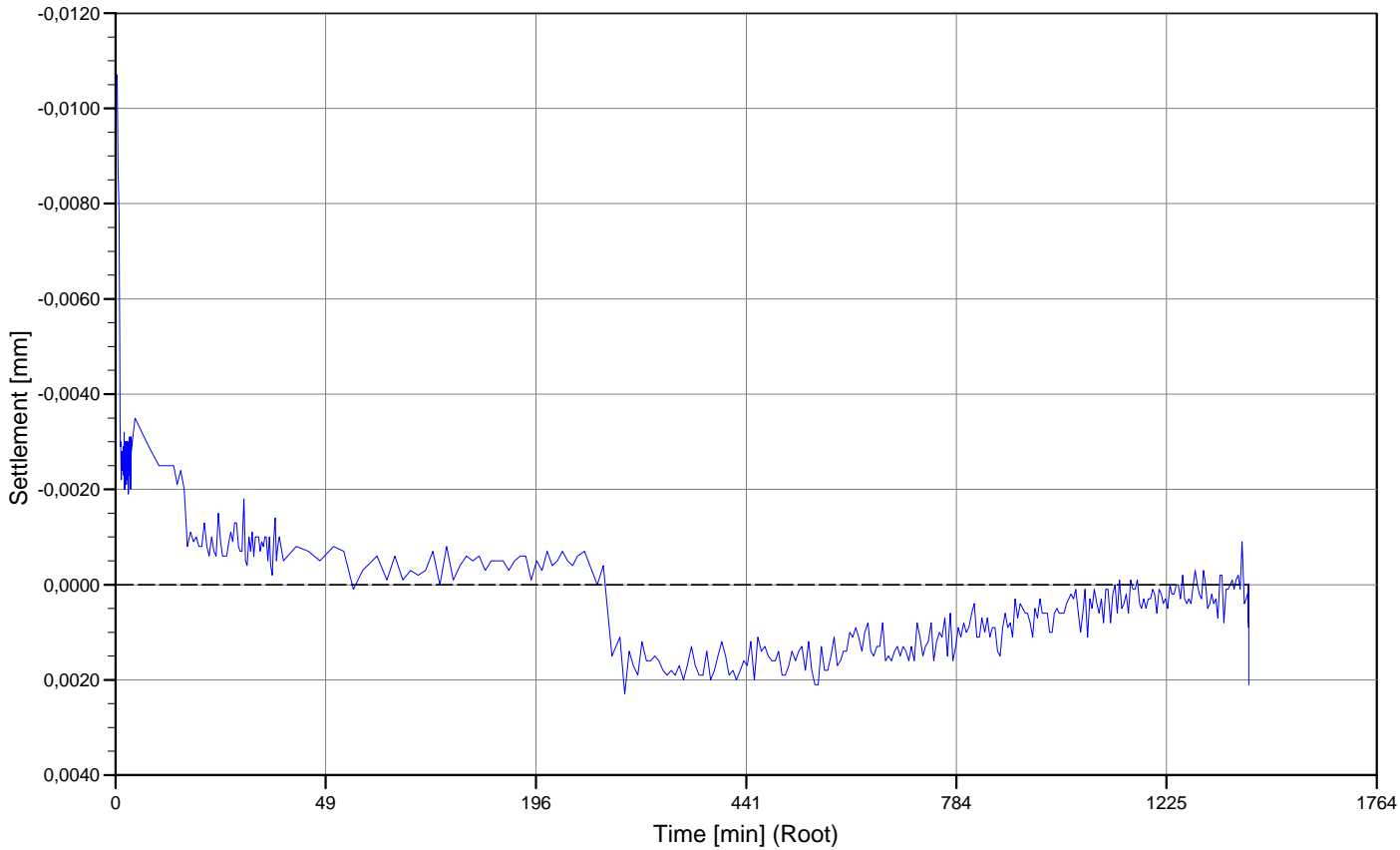
CO-1202972/2

Annex S3A

A4  
form.

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

### Taylor Method; Loadstep 4



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m3]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stijlsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cdl

1-3-2011 date

GNW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

CO-1202972/2

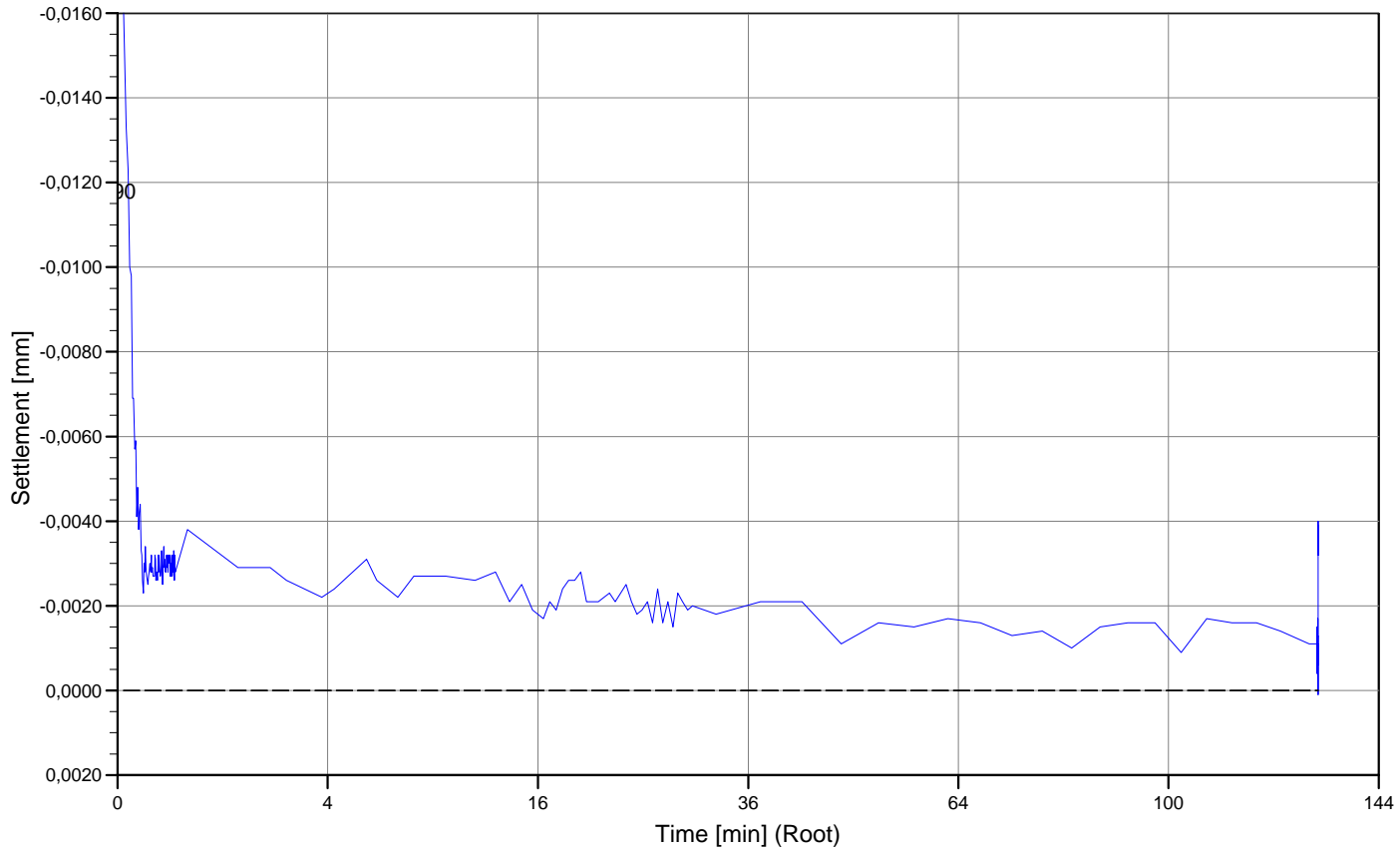
dtf.

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S3A

A4 form.

## Taylor Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



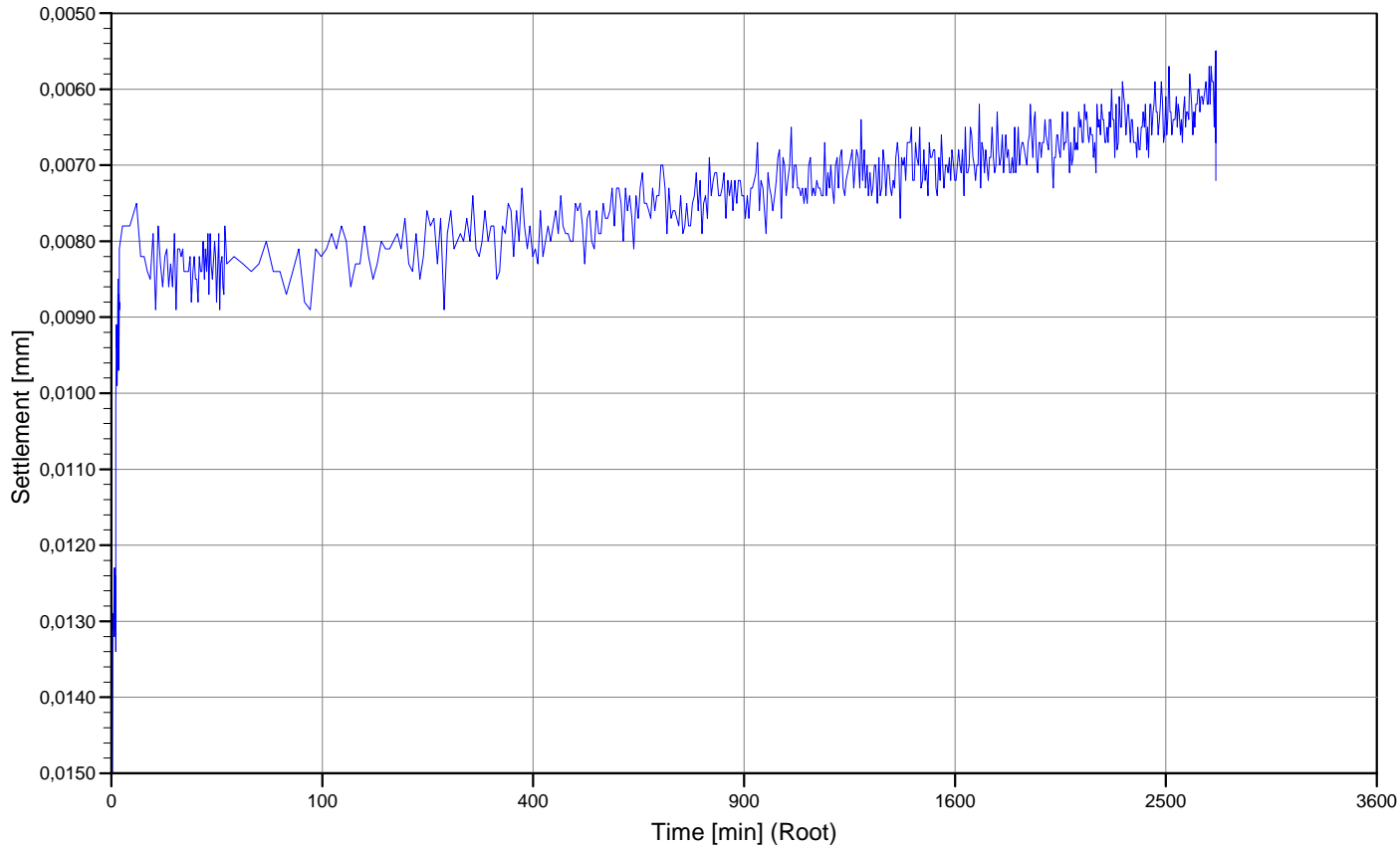
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cad

## Taylor Method; Loadstep 6



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m3]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 3A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011  
date

GW  
dru.

CO-1202972/2

Annex S3A

A4  
form.



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102103.cad

1-3-2011 date

GNW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 3A

CO-1202972/2

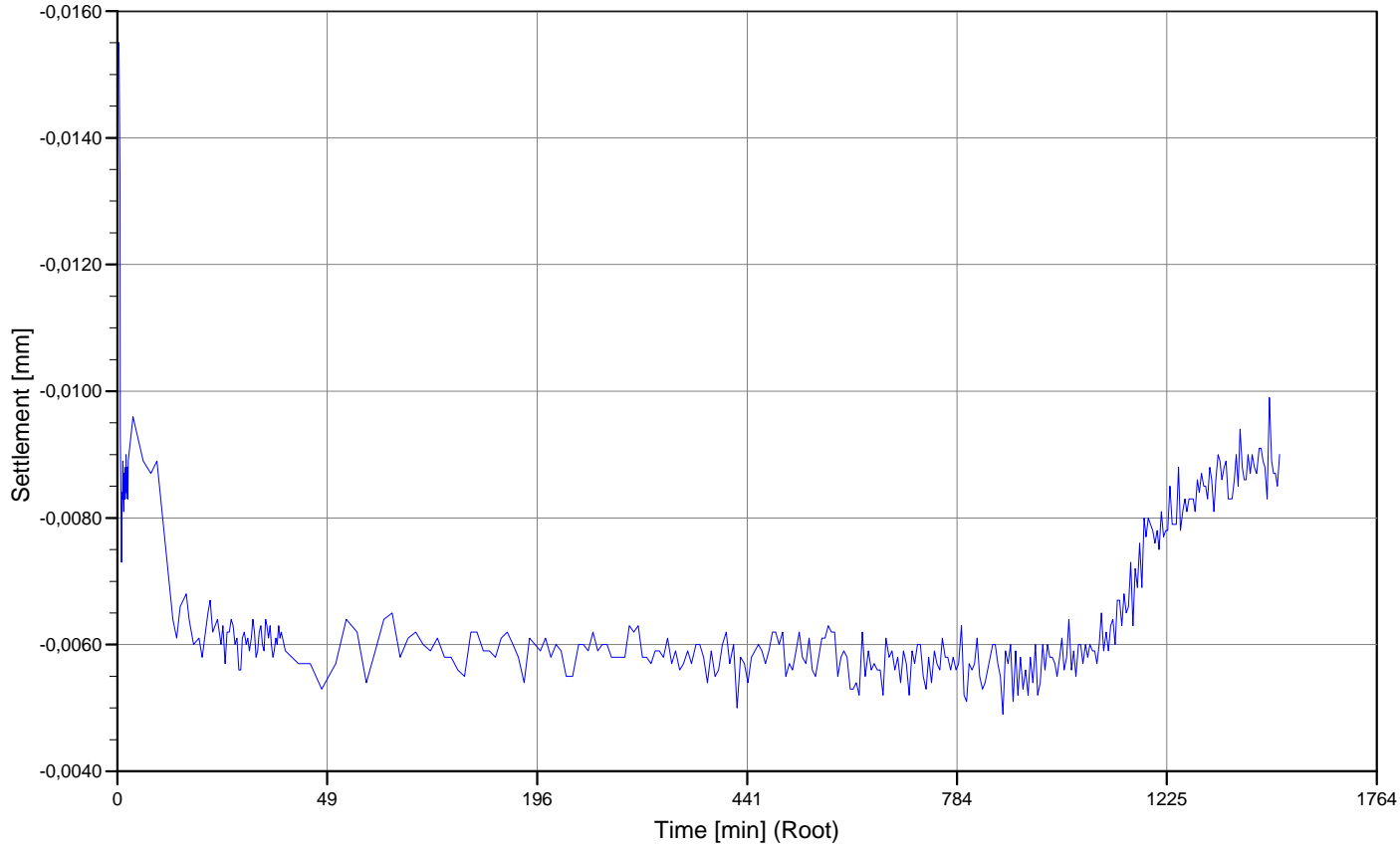
dtf.

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S3A

A4 form.

## Taylor Method; Loadstep 7



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,8 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 73,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	6
2	15
3	51
4	100
5	201
6	100
7	201

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

1-3-2011 date

GNW dwn.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 2A

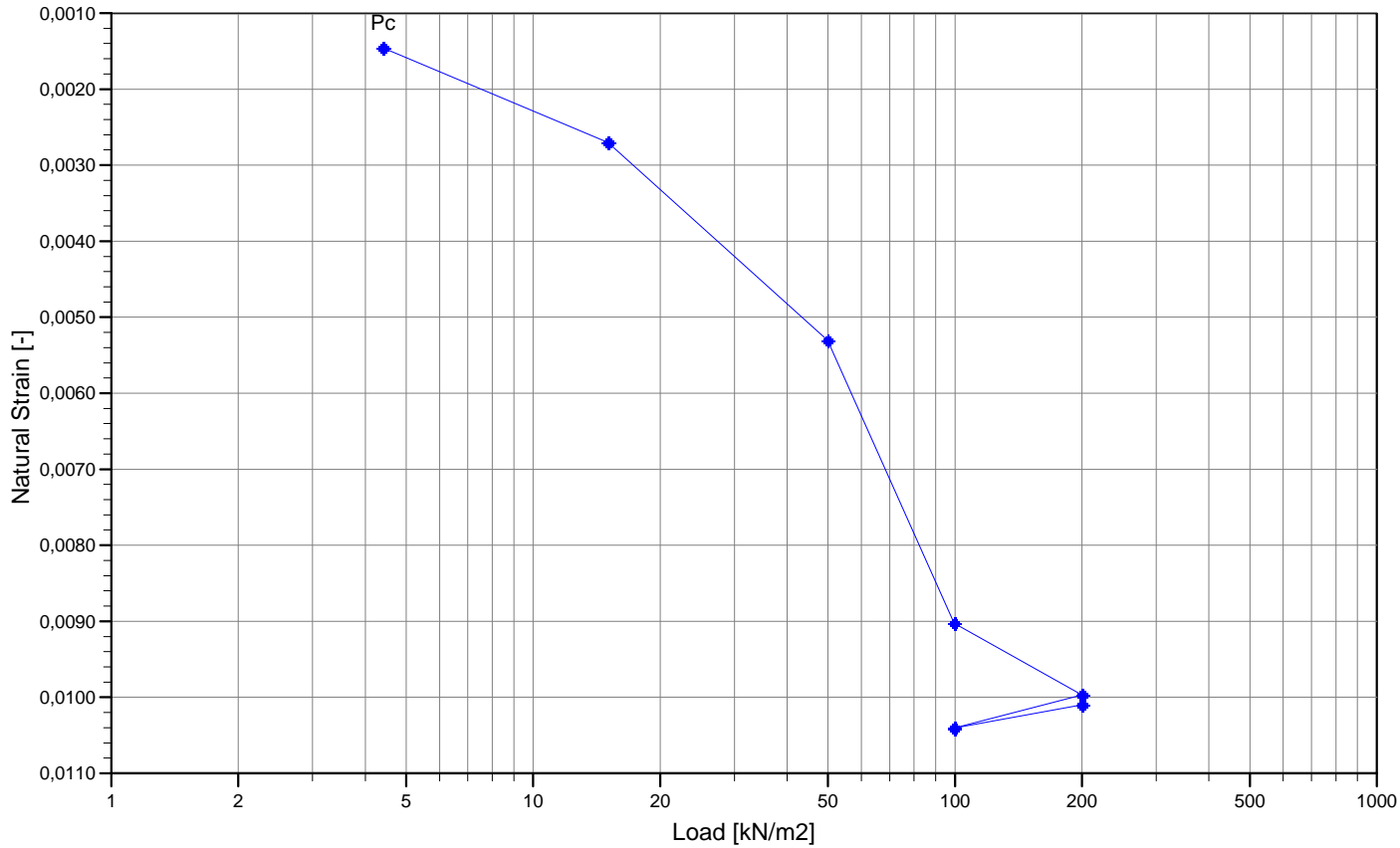
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

A4 form.

## Isotachen Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Pc = 0,0 [kN/m<sup>2</sup>]

Pc can not be calculated. Intersection point not found.





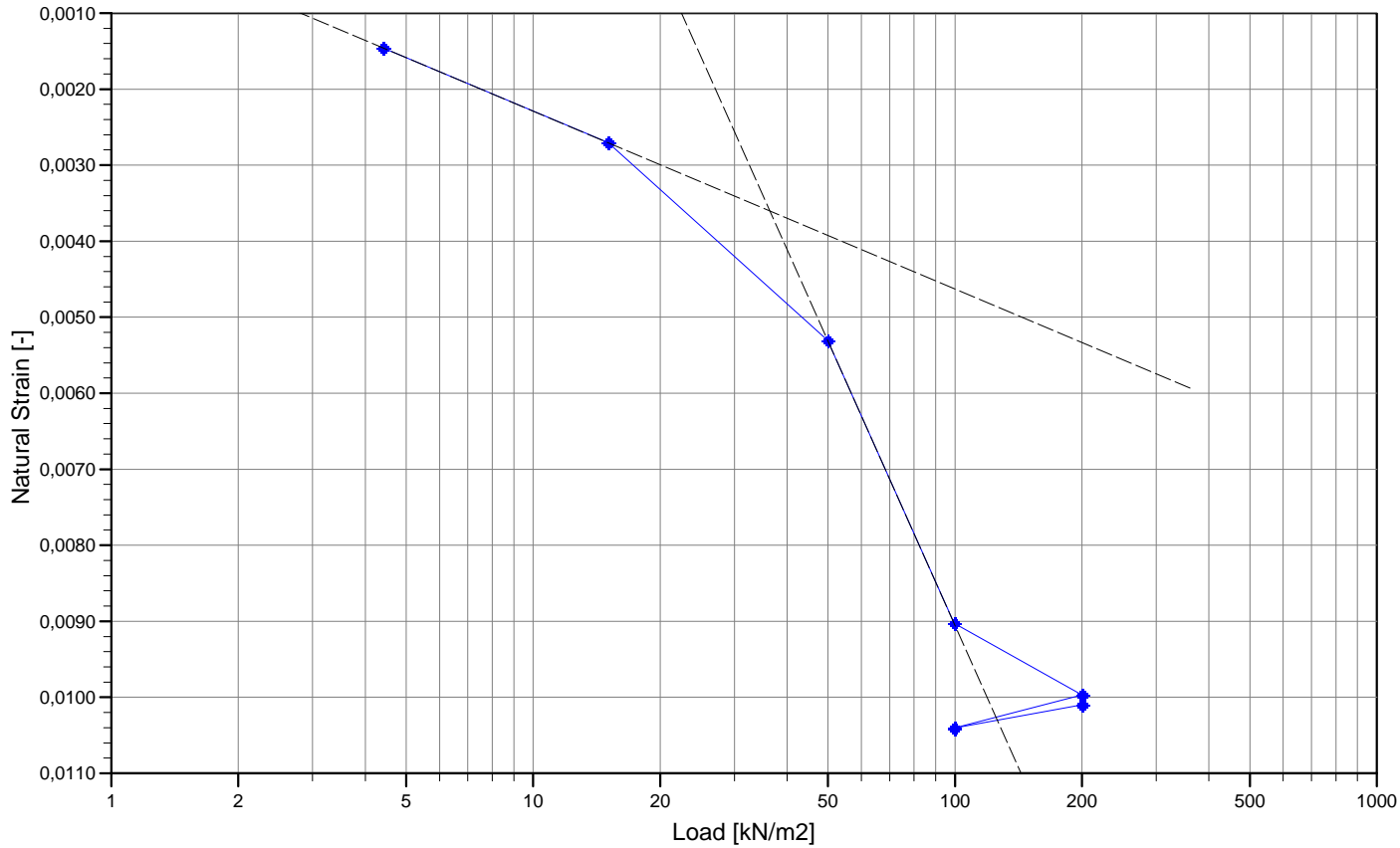
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

## Isotachen Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

A = 1,016E-003 [-]      C = 1,263E-004 [-]  
B = 5,395E-003 [-]

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011 date

CO-1202972/2

GNW dwn.

Annex S2A

A4 form.

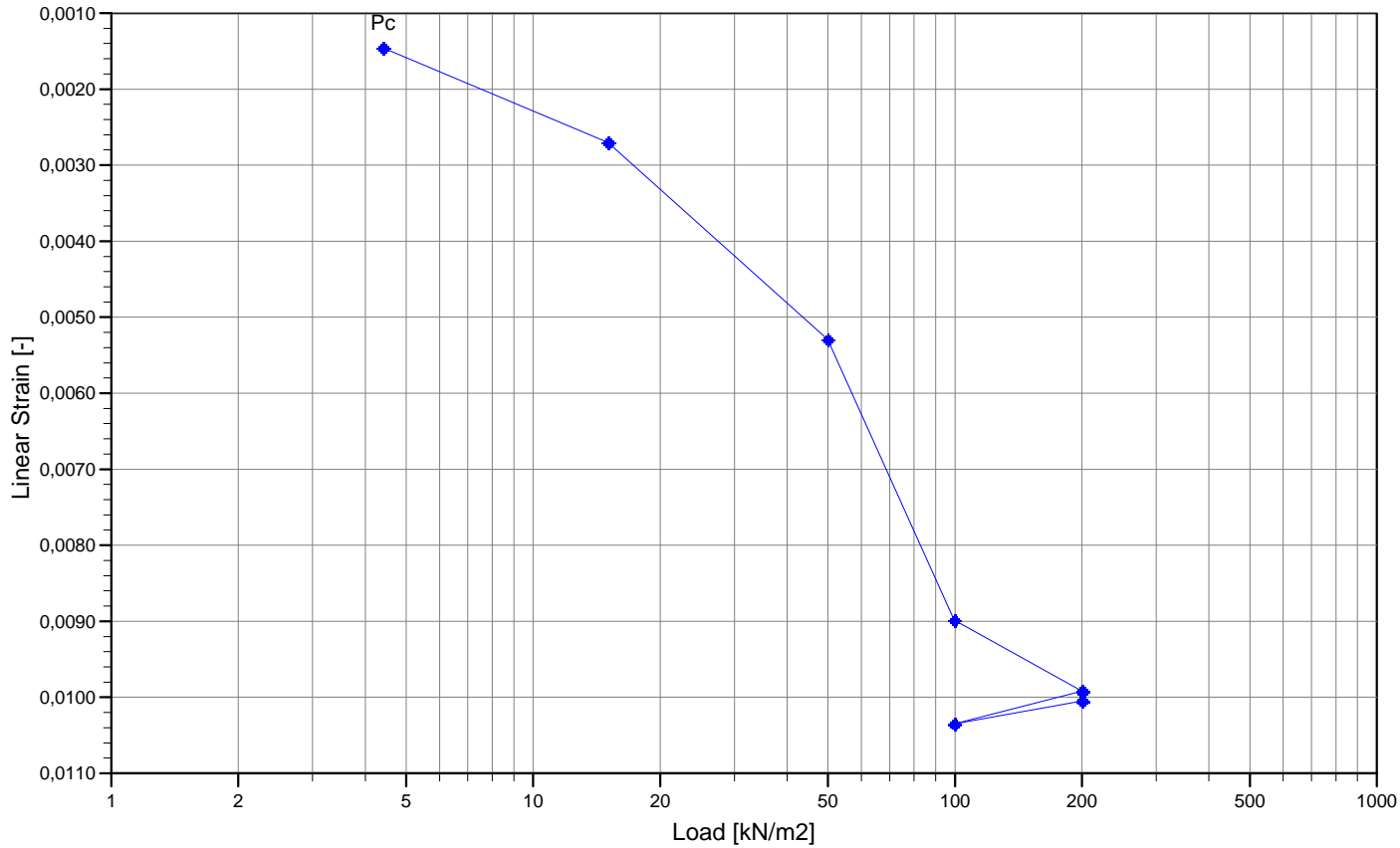


**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Pc = 0,0 [kN/m<sup>2</sup>]  
Vo = 2,763 [-]  
Pc can not be calculated. Intersection point not found

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	dwv.	GW
S2A		df.		form.	A4



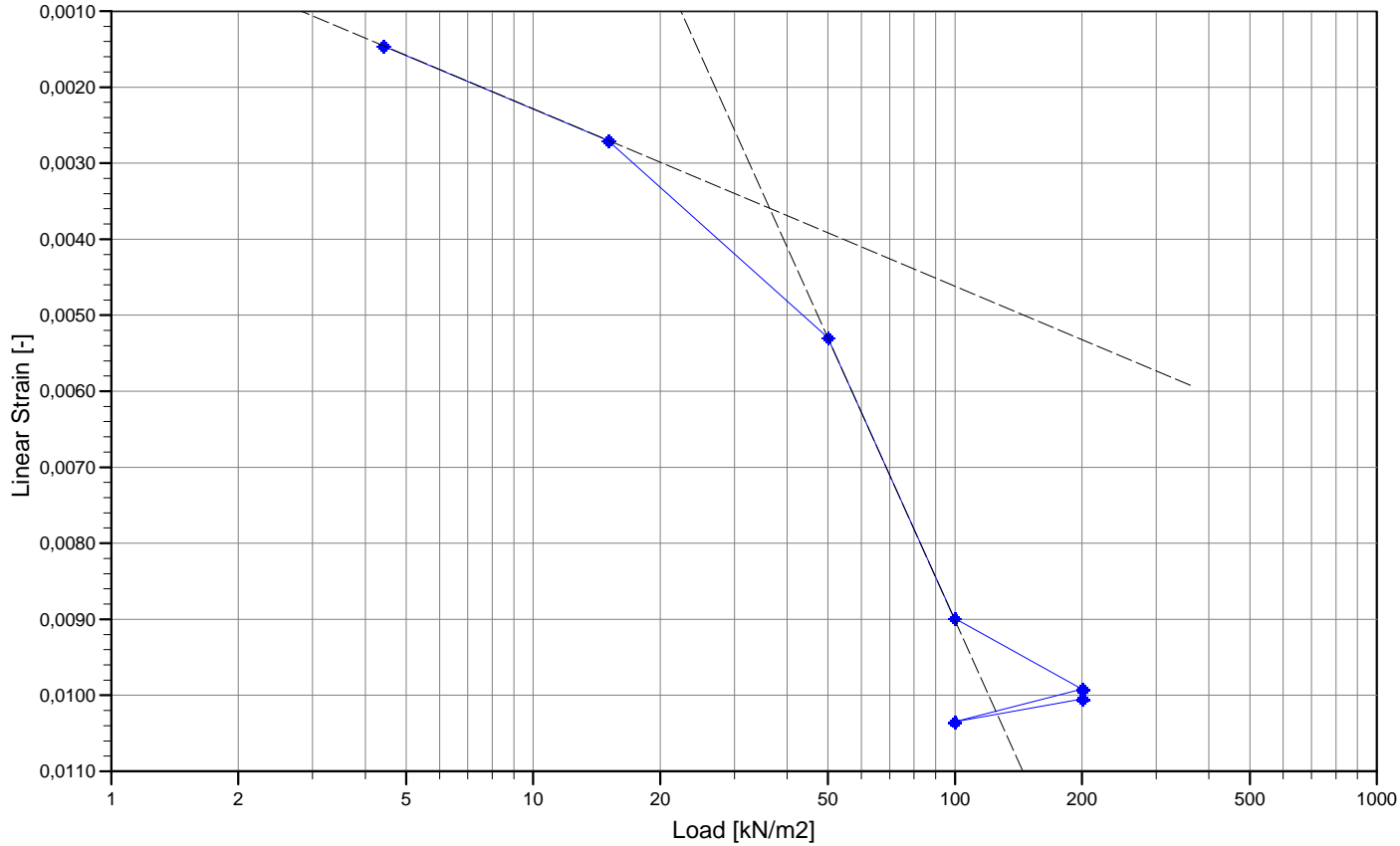
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

RR = 2,335E-003 [-] Ca = 2,630E-004 [-]  
CR = 1,233E-002 [-] Vo = 2,763 [-]

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011 date

CO-1202972/2

GNW dtw.

Annex S2A

A4 form.



**Deltares**

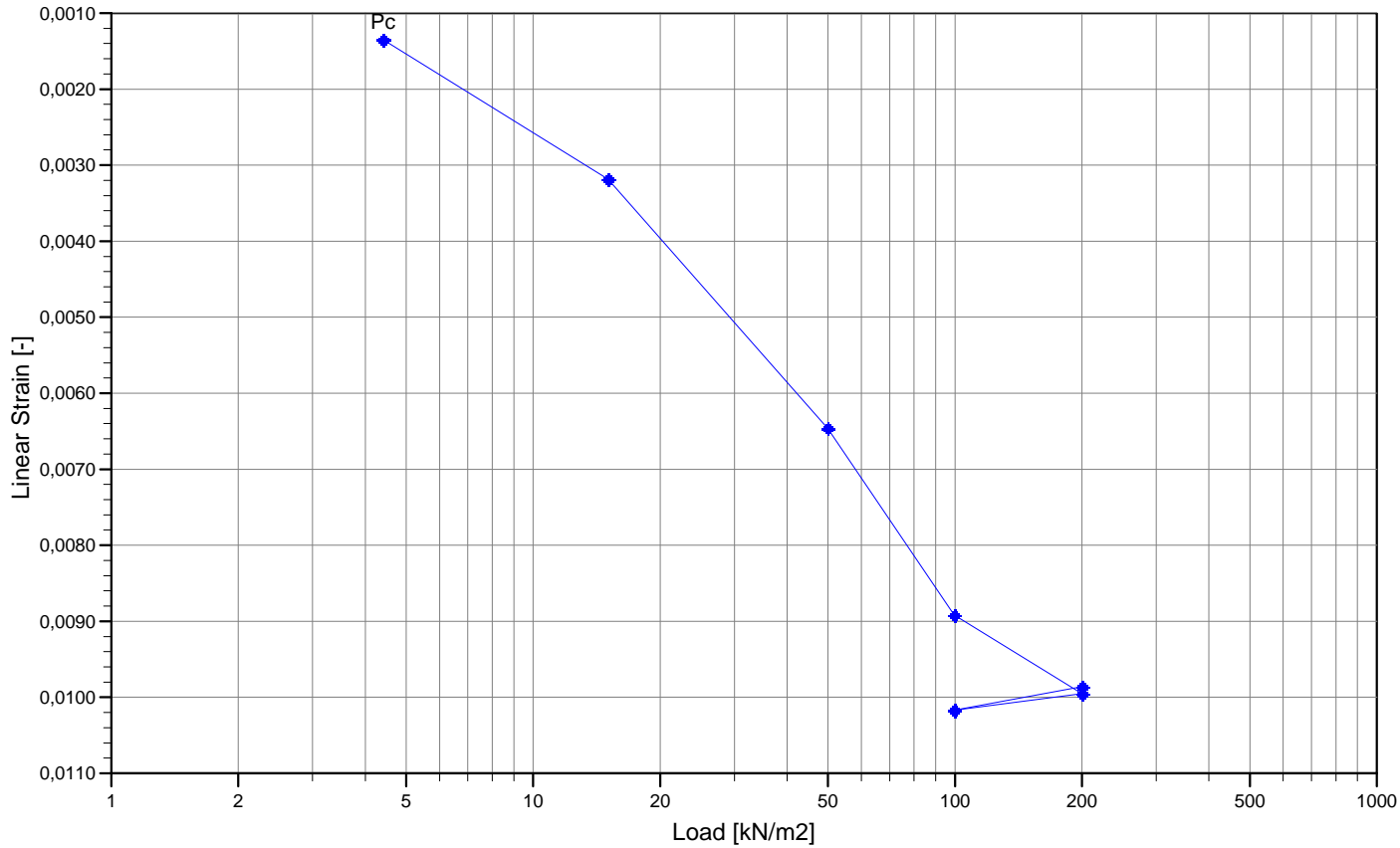
Stieltjesweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

## Koppejan Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

$C_p = 6,747E+002$  [-]       $C_s = -1,124E+004$  [-]       $C = 8,878E+002$  [-]  
 $C_p' = -3,202E+003$  [-]       $C_s' = 1,600E+003$  [-]       $C' = 4,569E+002$  [-]  
 $P_c' = 0,0$  [kN/m<sup>2</sup>]

WARNING: Min.time not used in a loadstep.

MCompress 2.1 : 201102101.cad

1-3-2011 date

CO-1202972/2

GNW dwn.

Annex S2A

A4 form.



**Deltares**

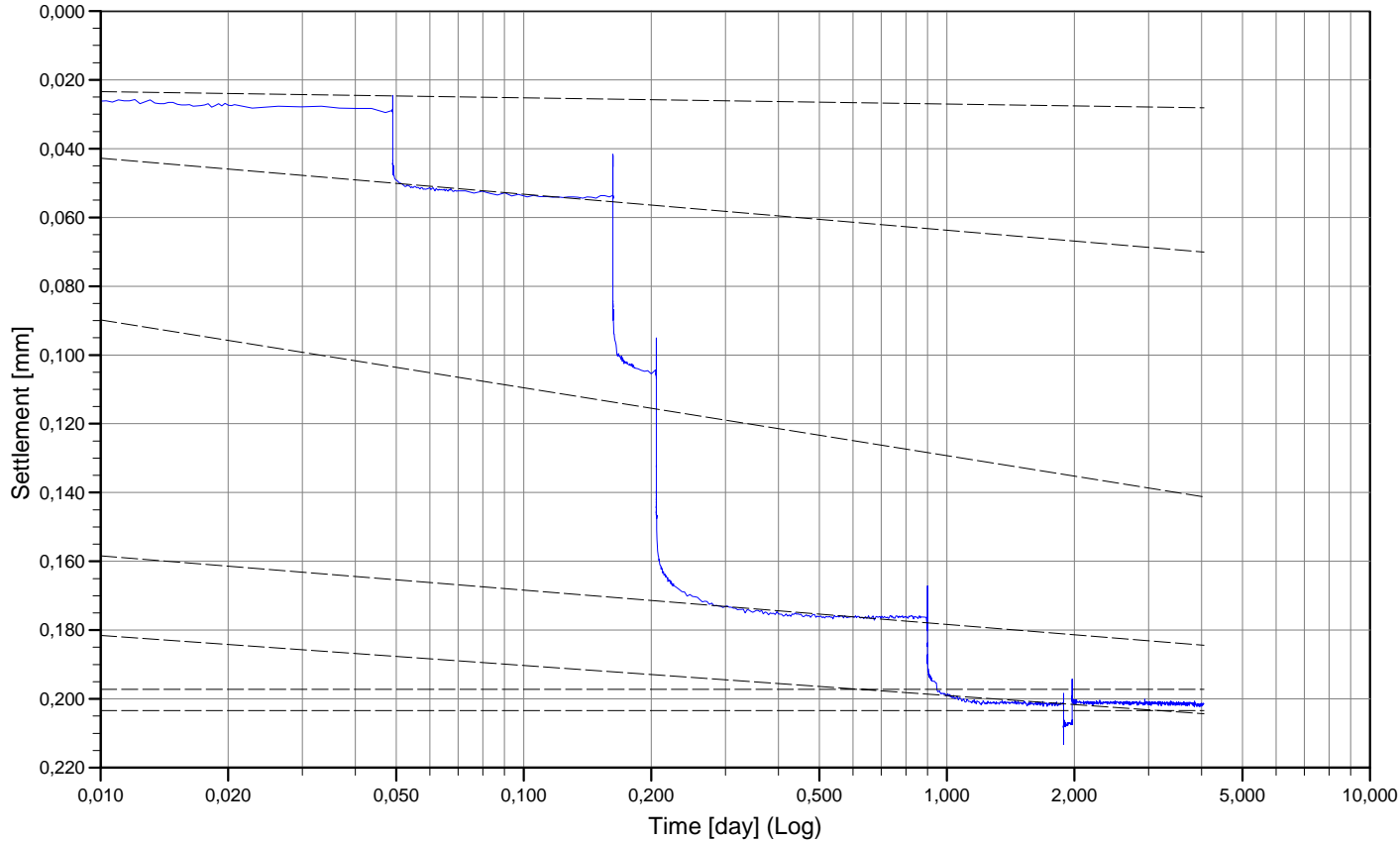
Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

## Koppejan Method



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

$C_p = 6,747E+002$  [-]       $C_s = -1,124E+004$  [-]       $C = 8,878E+002$  [-]  
 $C_p' = -3,202E+003$  [-]       $C_s' = 1,600E+003$  [-]       $C' = 4,569E+002$  [-]  
 WARNING: Min.time not used in a loadstep.       $P_c' = 0,0$  [kN/m<sup>2</sup>]

MCompress 2.1 : 201102101.cad

1-3-2011 date

GNW dtw.

CO-1202972/2

dt.

Annex S2A

A4 form.



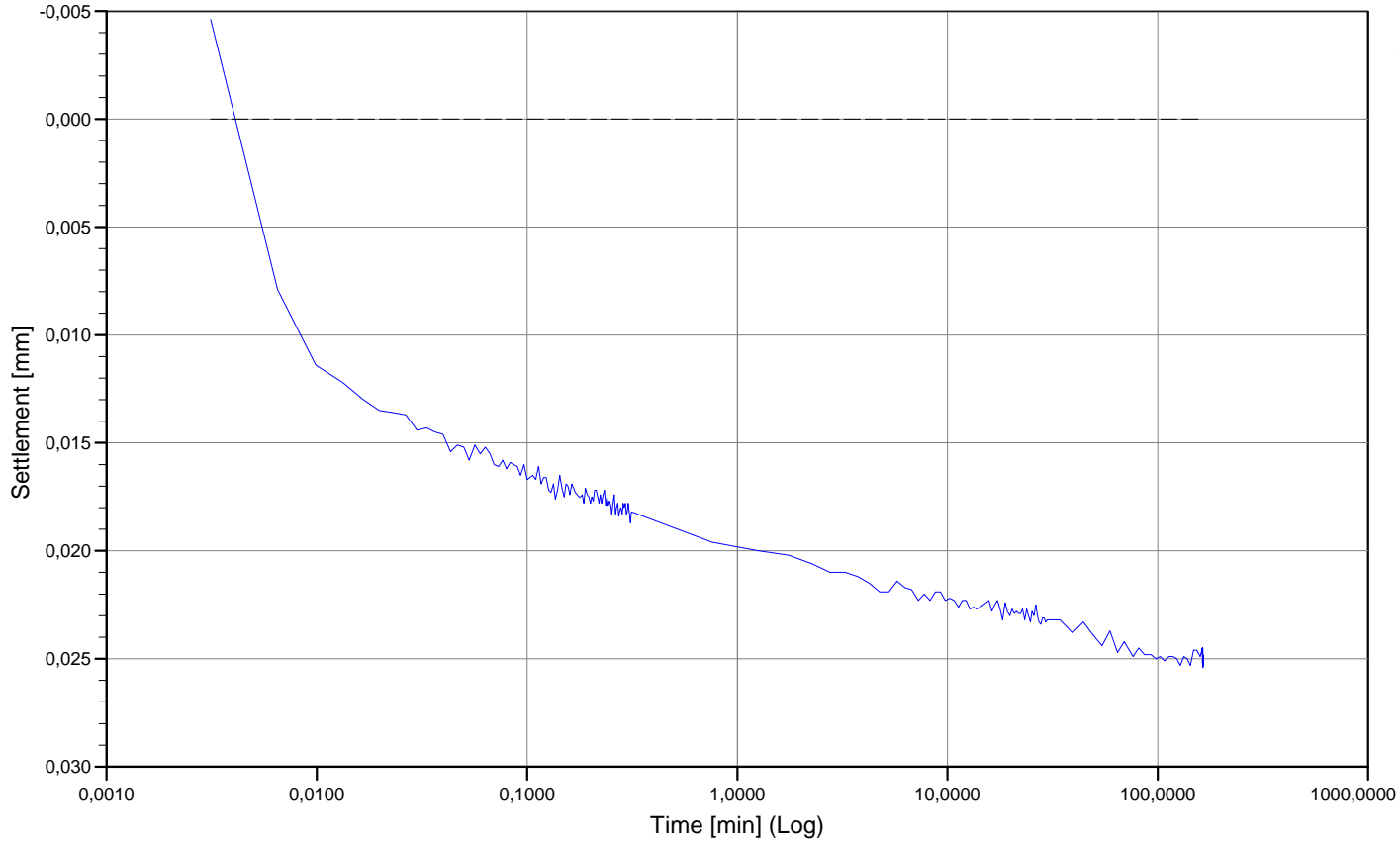
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	dwv.	GW
S2A		cf.		form.	A4

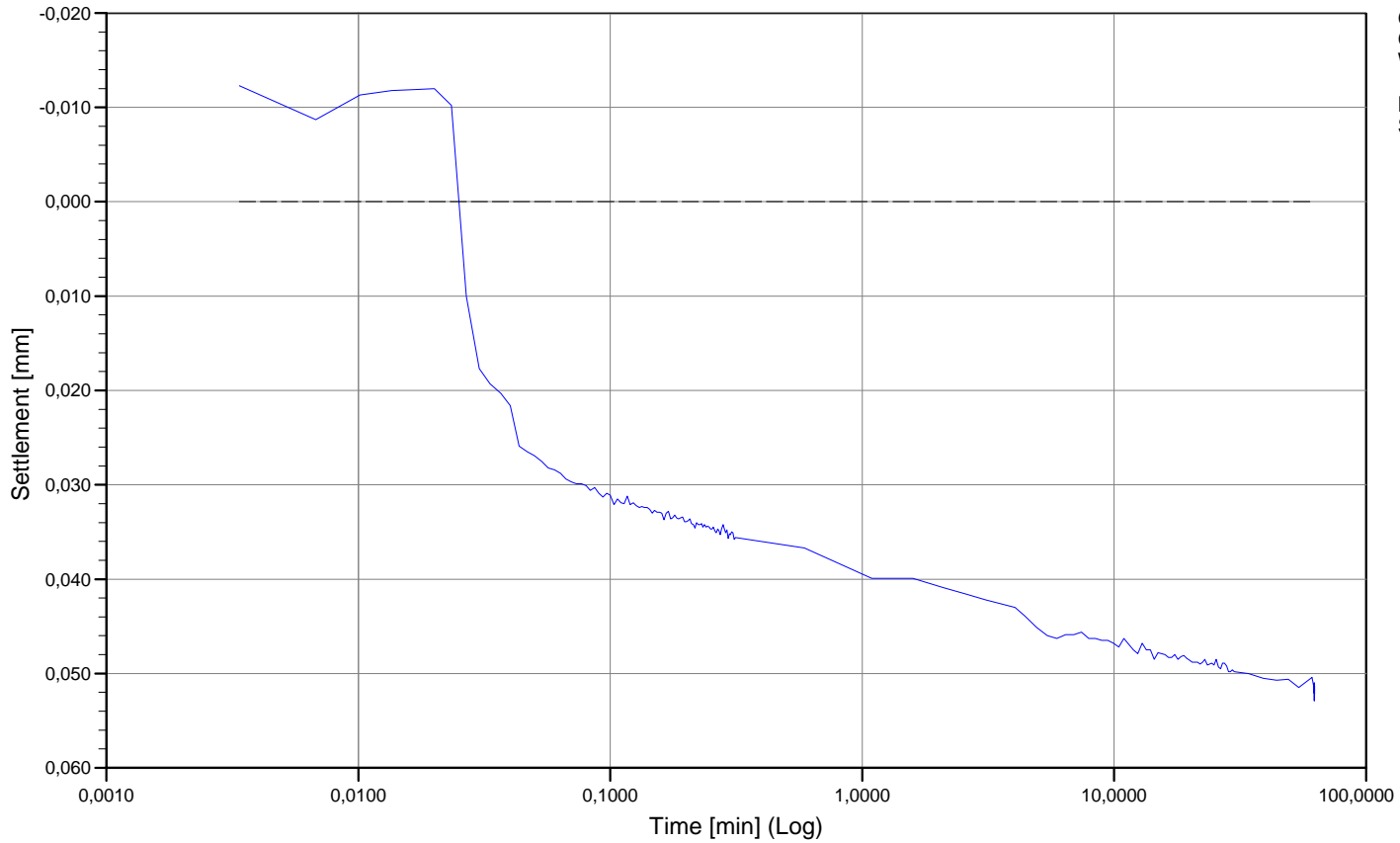


**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

### Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	1-3-2011	GW
S2A			
A4			



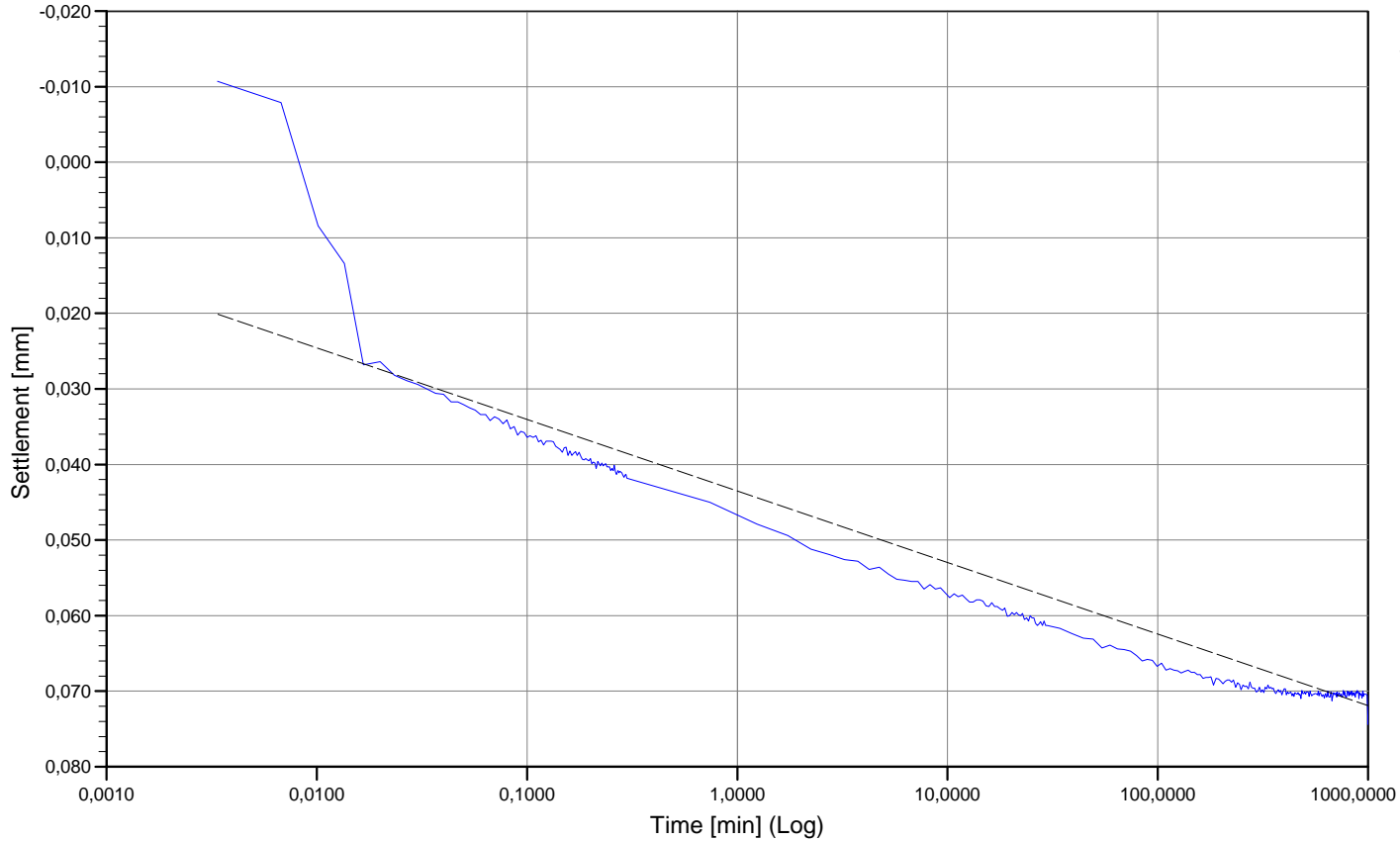
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

## Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 4,761E-004 [-]      K = - [m/s]  
Intersection point not found.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	1-3-2011	date
S2A			
A4		GW	dwv.
			form.





**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

1-3-2011 date

GIW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

CO-1202972/2

dtw.

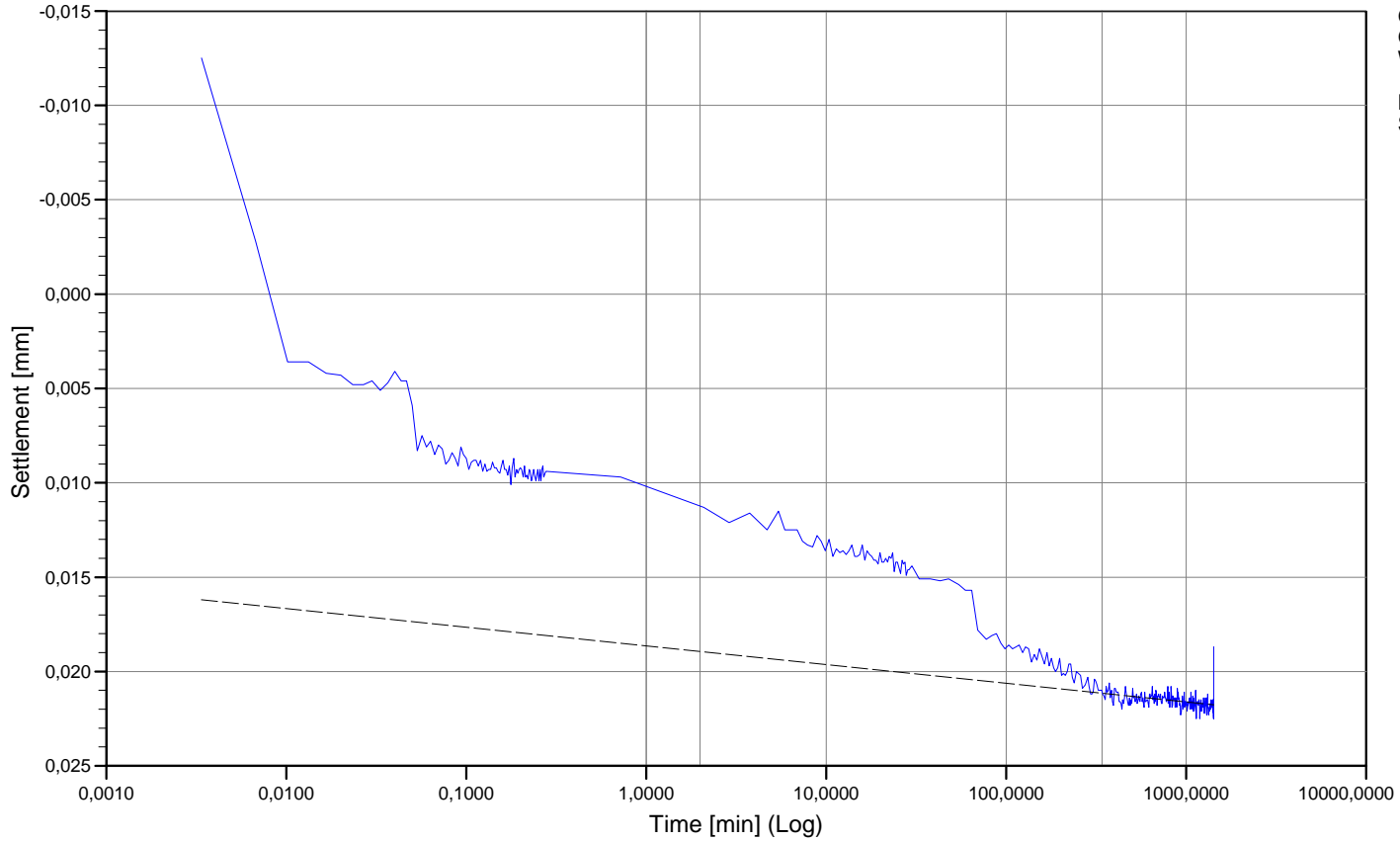
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S2A

A4 form.

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 4,997E-005 [-] K = - [m/s]  
Warning : Bad fit



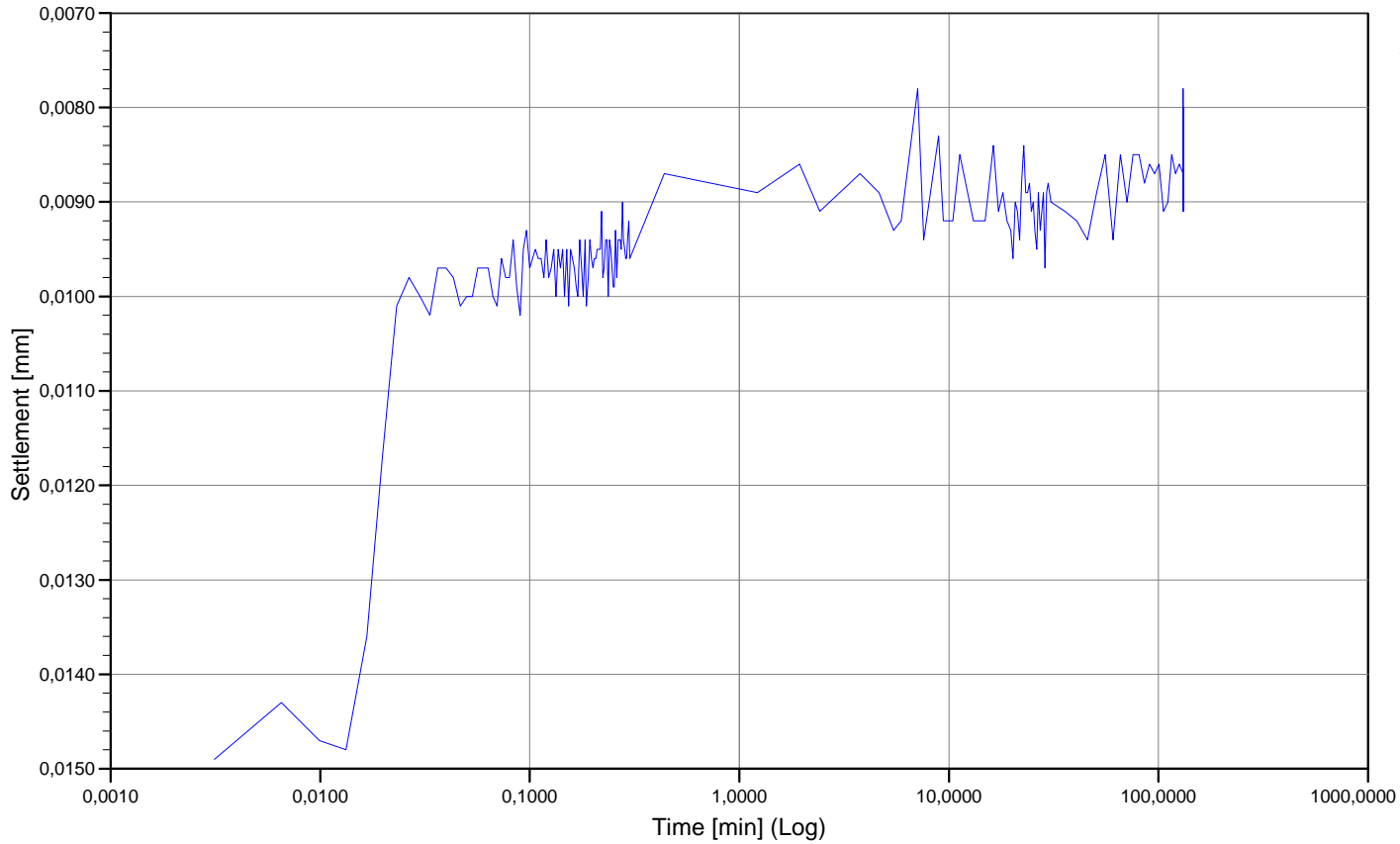
**Deltares**

Stilleveeg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

### Casagrande Method; Loadstep 6



Gamma wet = 14,9 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m2/s]      Mv = - [m2/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 2A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	dtw.	GNW
S2A		form.	A4		



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

1-3-2011  
date

GW  
dvw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

CO-1202972/2

GW

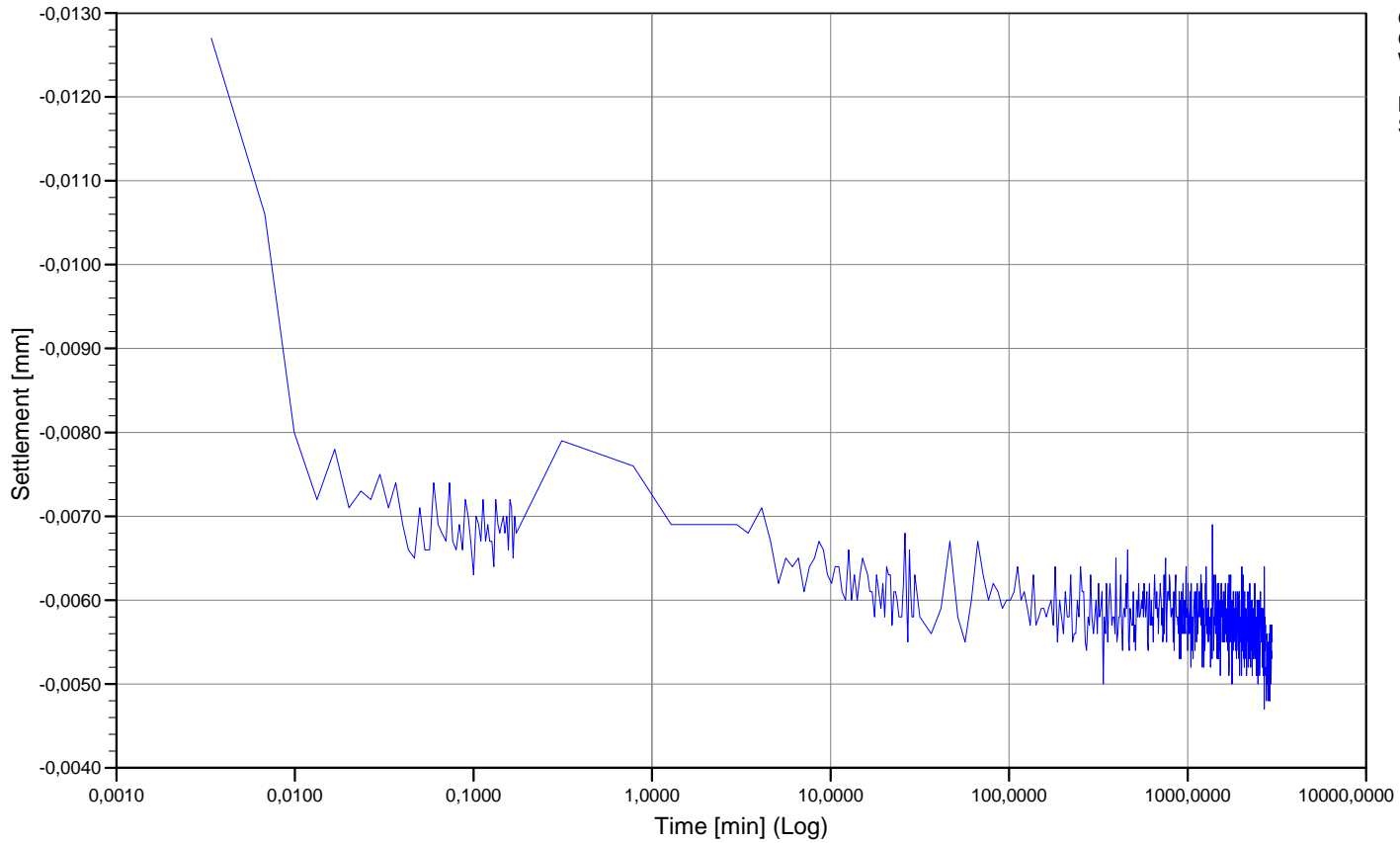
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S2A

A4

## Casagrande Method; Loadstep 7



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed

MCompress 2.1 : 201102101.cad



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

1-3-2011 date

GW dwn.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

CO-1202972/2

cf.

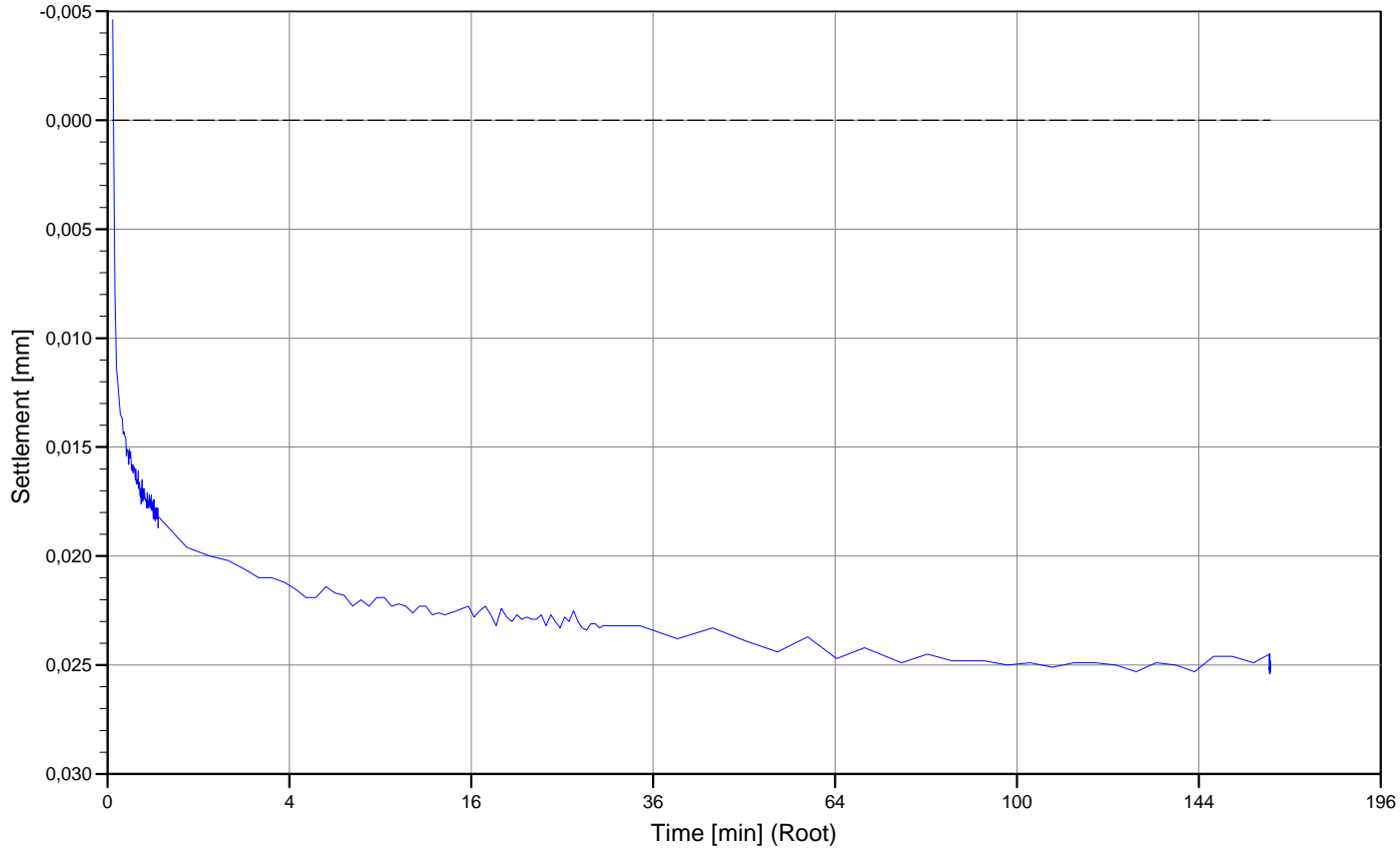
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S2A

A4 form.

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.

### Taylor Method; Loadstep 3



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

1-3-2011  
date

GW  
dru.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

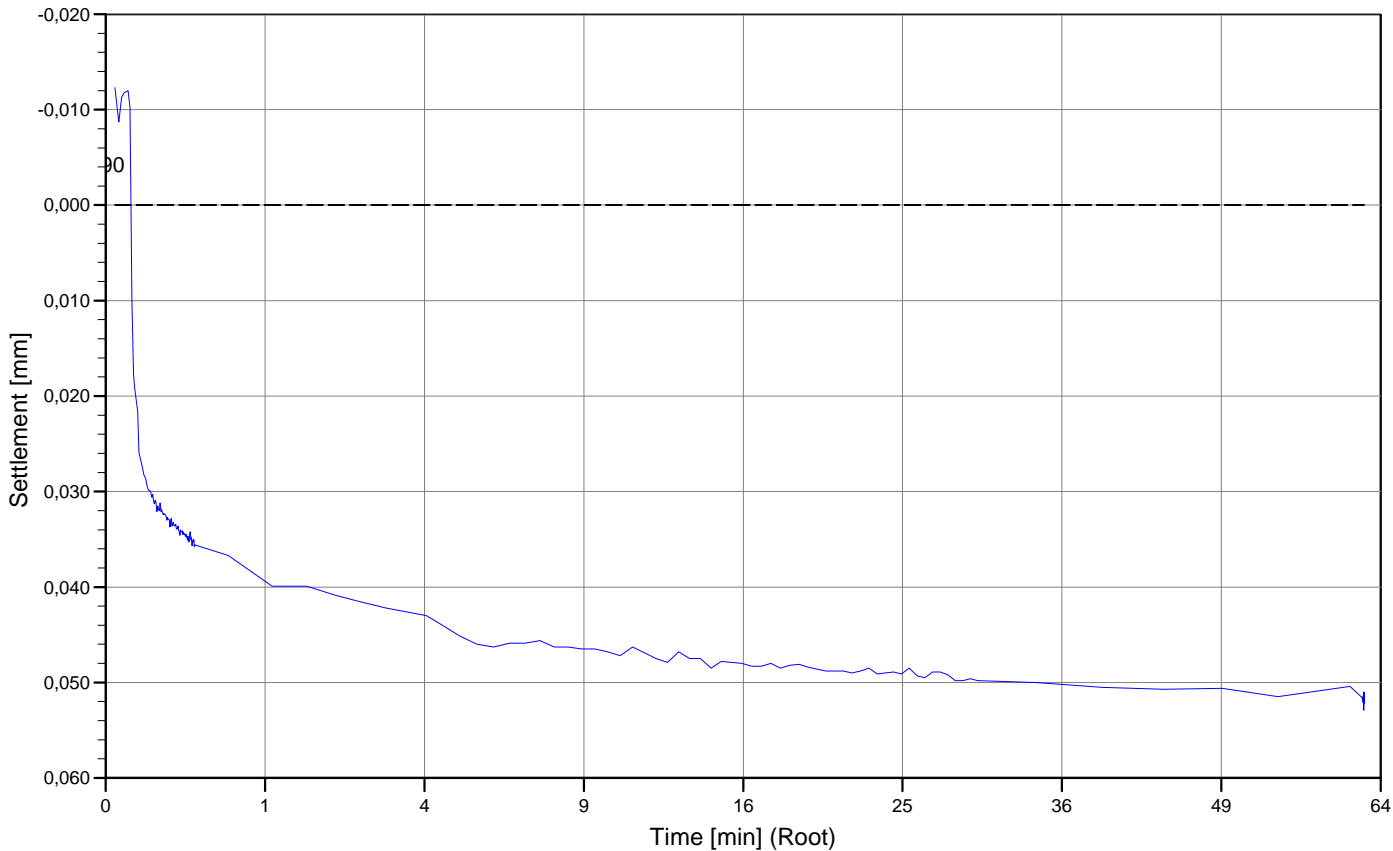
Boring 9, Monster 2A

Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

A4  
form.



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

1-3-2011 date

GW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 2A

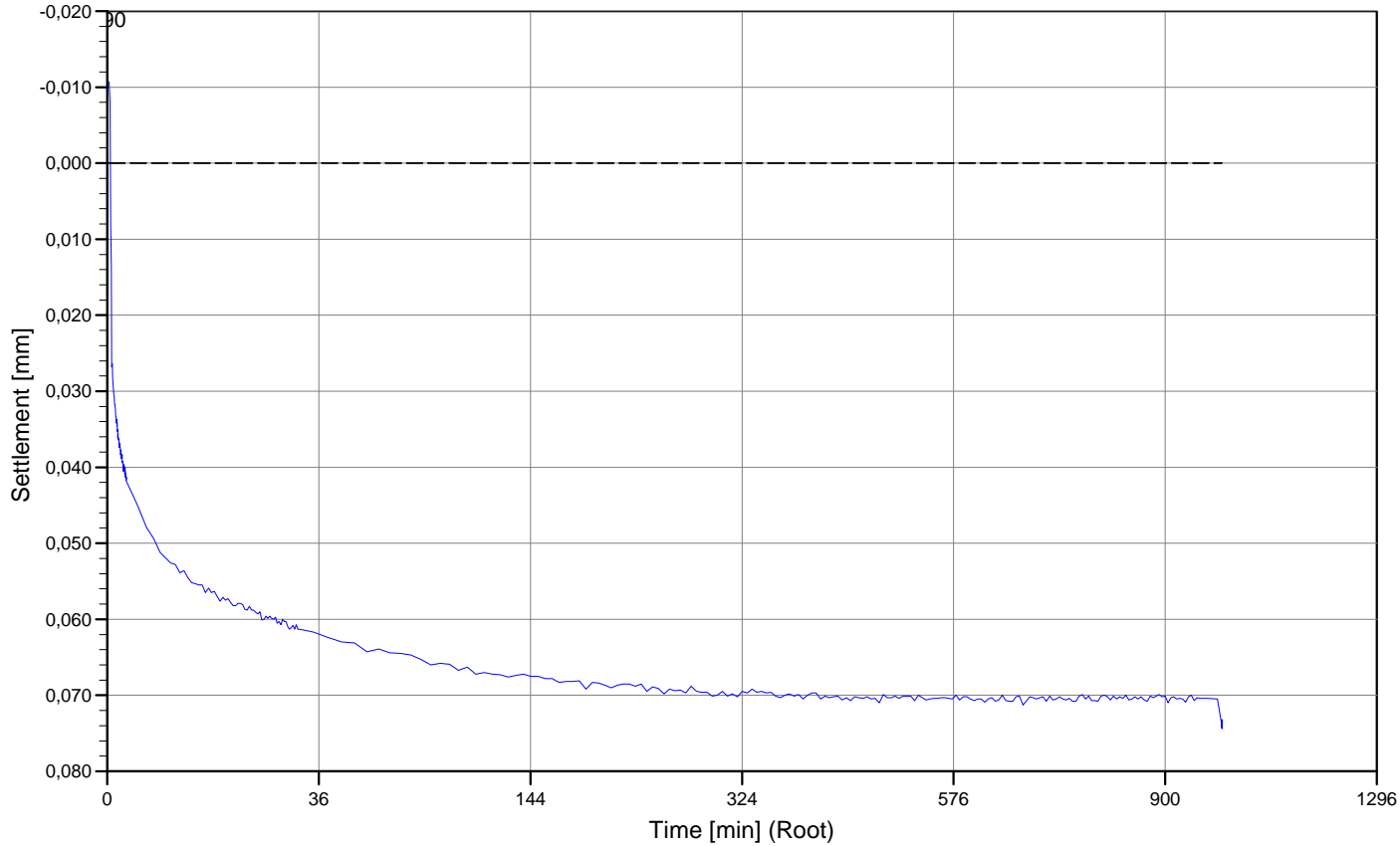
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

A4 form.

## Taylor Method; Loadstep 4



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

1-3-2011 date

GIW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 2A

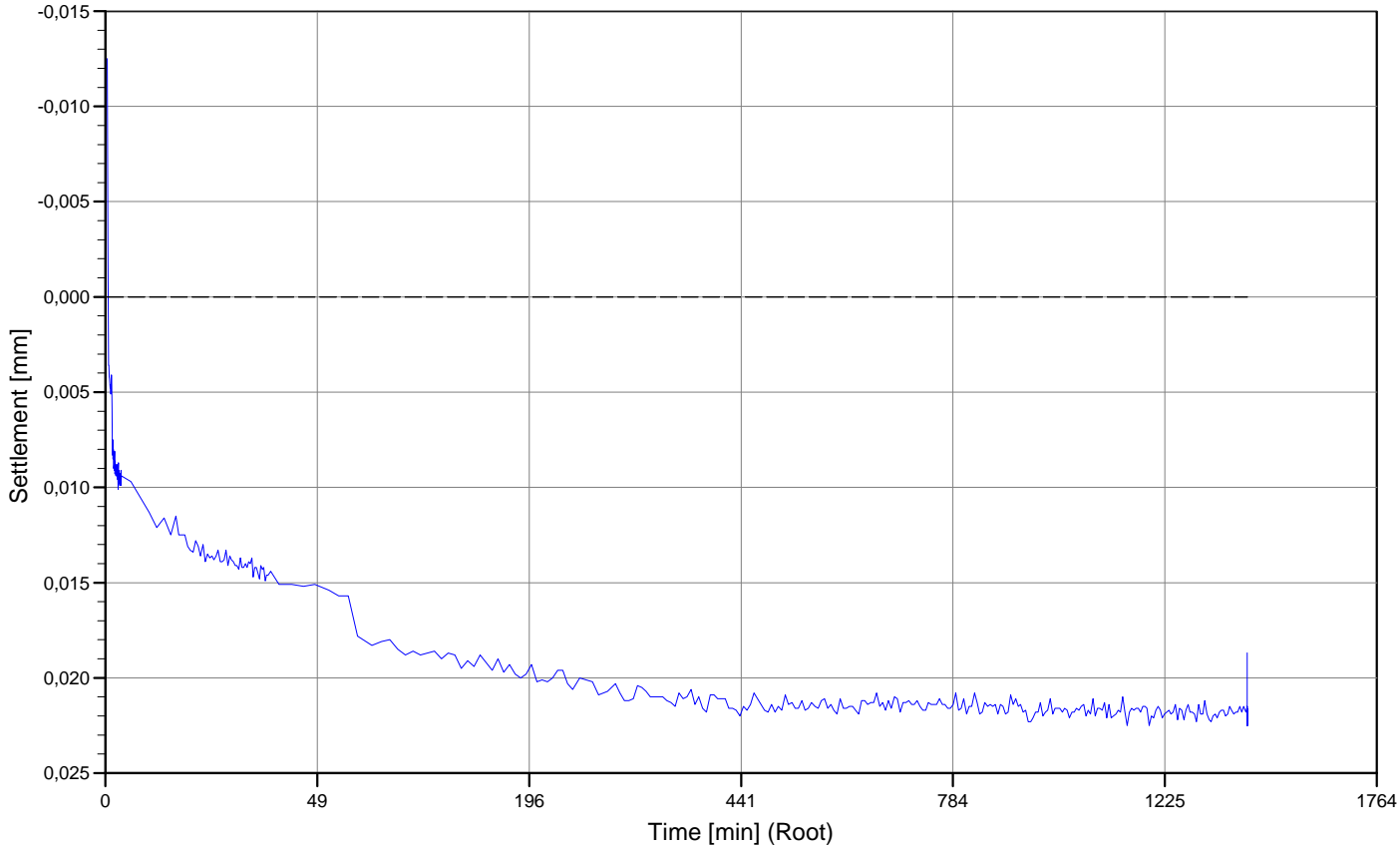
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

A4 form.

### Taylor Method; Loadstep 5



Gamma wet = 14,9 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cdl

1-3-2011  
date

GW  
dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 2A

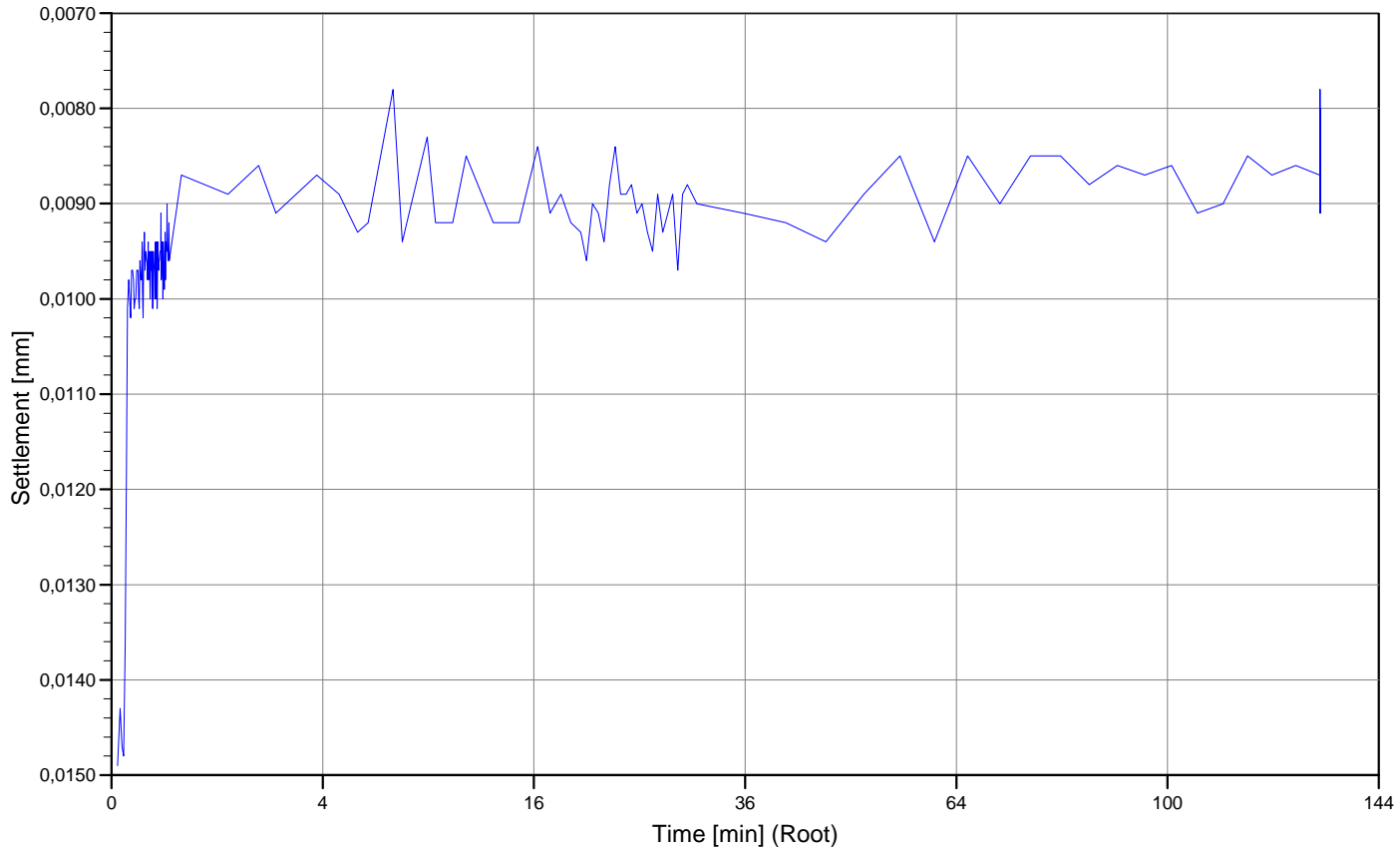
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

A4  
form.

## Taylor Method; Loadstep 6



Gamma wet = 14,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.





**Deltares**

Stijlsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102101.cad

date  
1-3-2011

dwg.  
G1W

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 2A

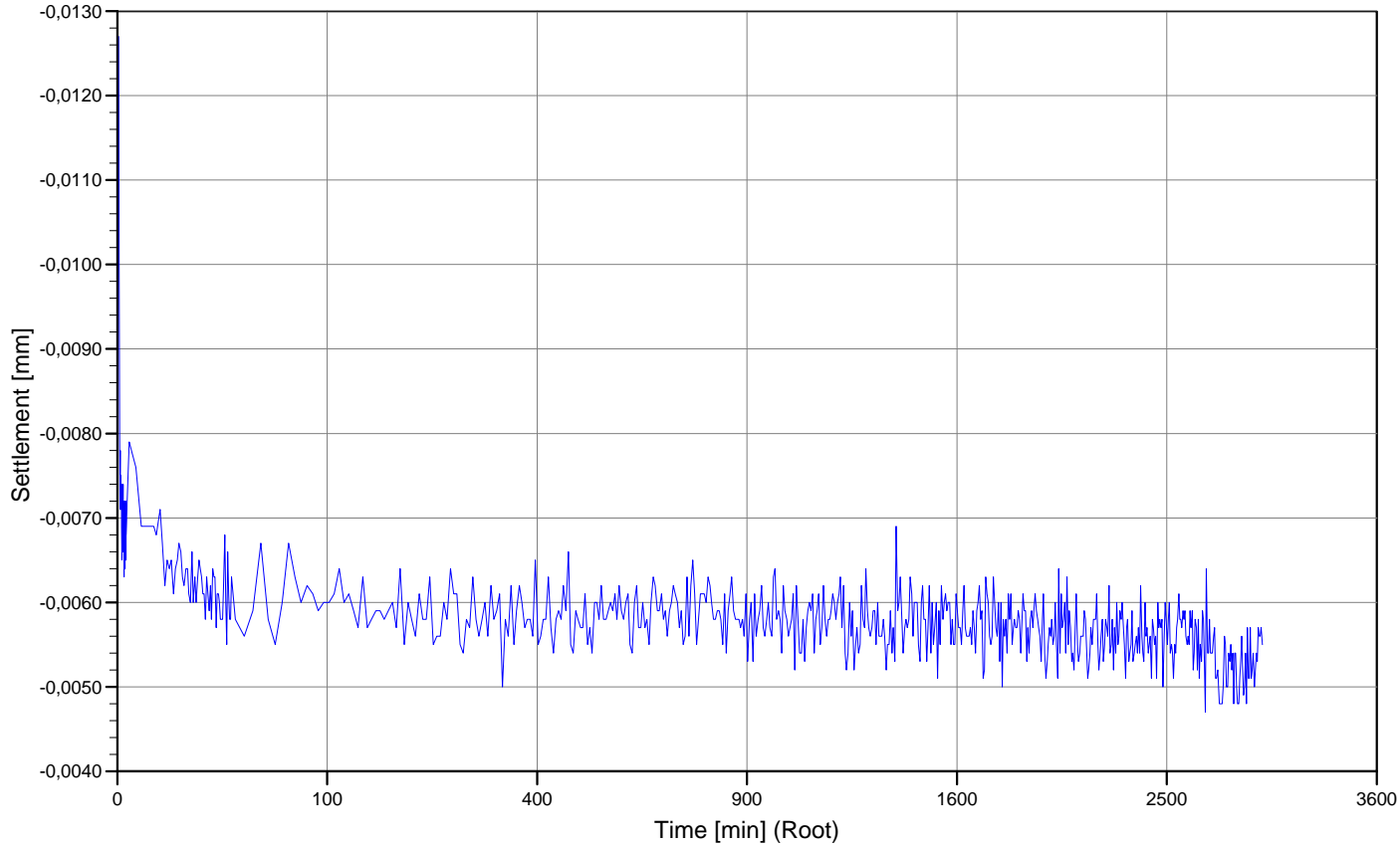
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S2A

form.  
A4

### Taylor Method; Loadstep 7



Gamma wet = 14,9 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 72,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	99
5	200
6	99
7	200

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cad

1-3-2011  
date

GNW  
dvw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

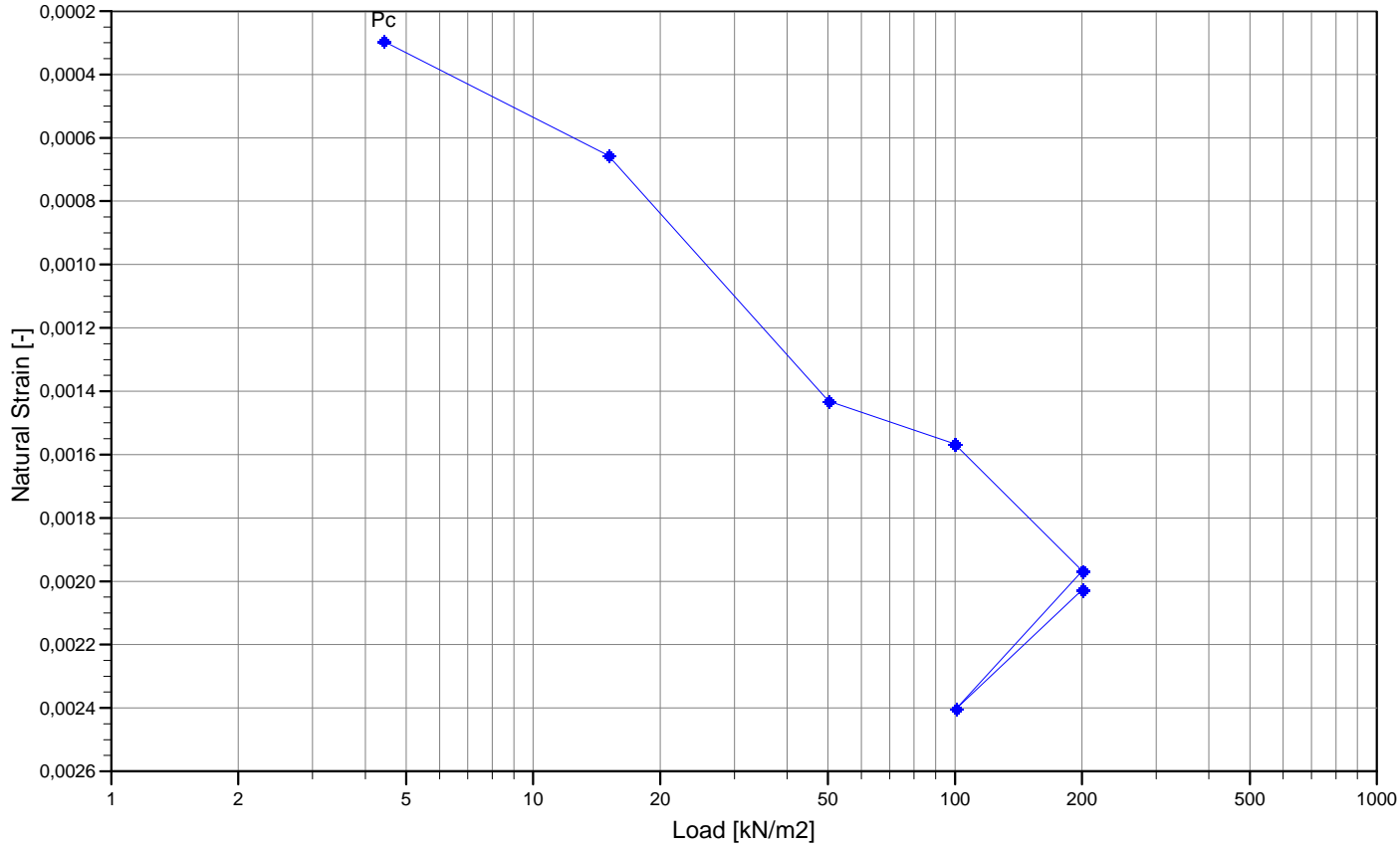
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S4A

A4  
form.

## Isotachen Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Pc = 0,0 [kN/m<sup>2</sup>]

Pc can not be calculated. Intersection point not found.



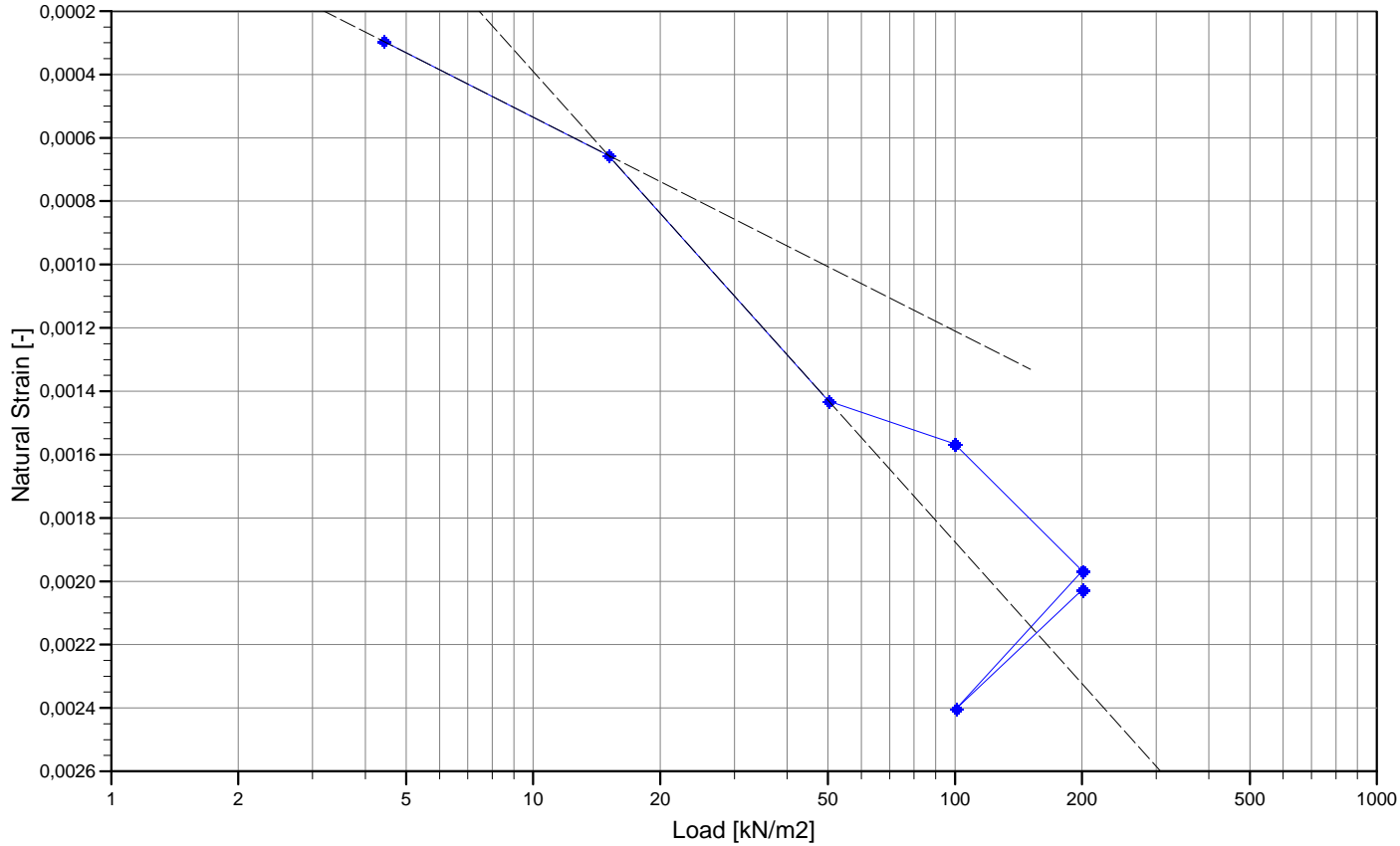
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

## Isotachen Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

A = 2,931E-004 [-]      C = 4,660E-005 [-]  
B = 6,451E-004 [-]

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S4A	CO-1202972/2	1-3-2011	date
A4		GW	form.



**Deltares**

Stijlsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cad

1-3-2011 date

GNW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

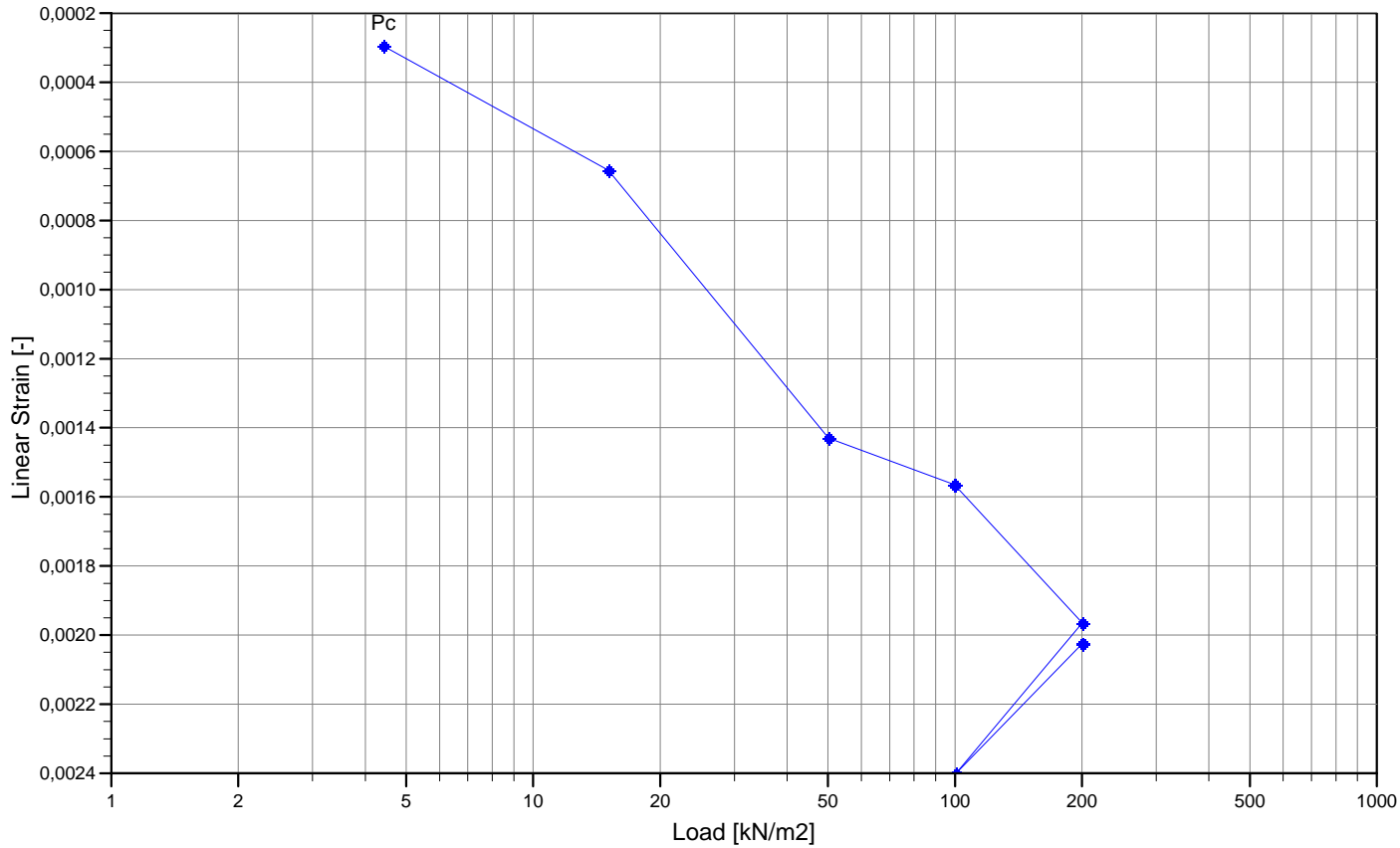
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S4A

A4 form.

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Pc = 0,0 [kN/m<sup>2</sup>]  
Vo = 3,000 [-]  
Pc can not be calculated. Intersection point not found



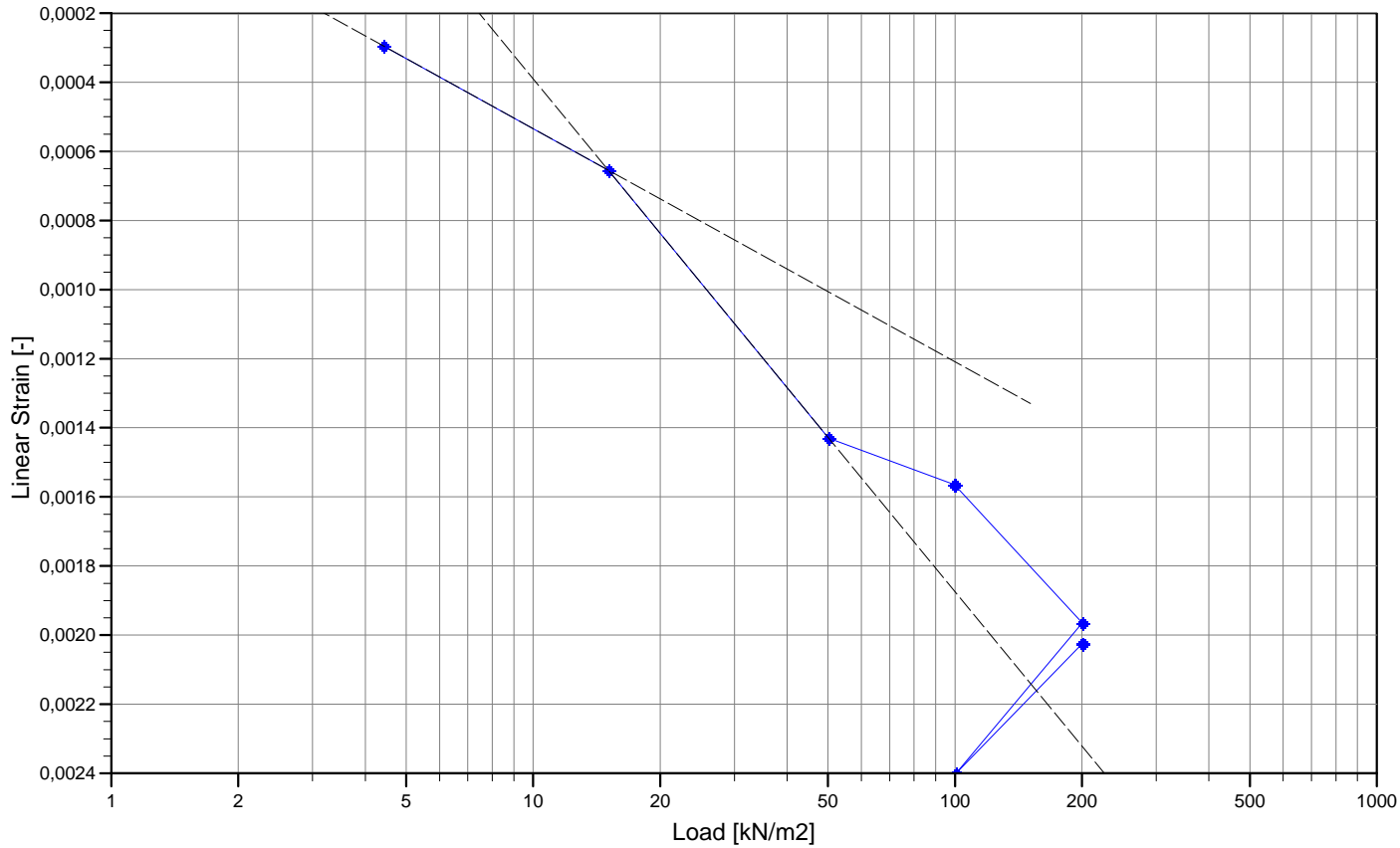
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

RR = 6,746E-004 [-] Ca = 1,073E-004 [-]  
CR = 1,484E-003 [-] Vo = 3,000 [-]

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S4A	date	dwv.
CO-1202972/2	1-3-2011	GW
A4	df.	

## Koppejan Method



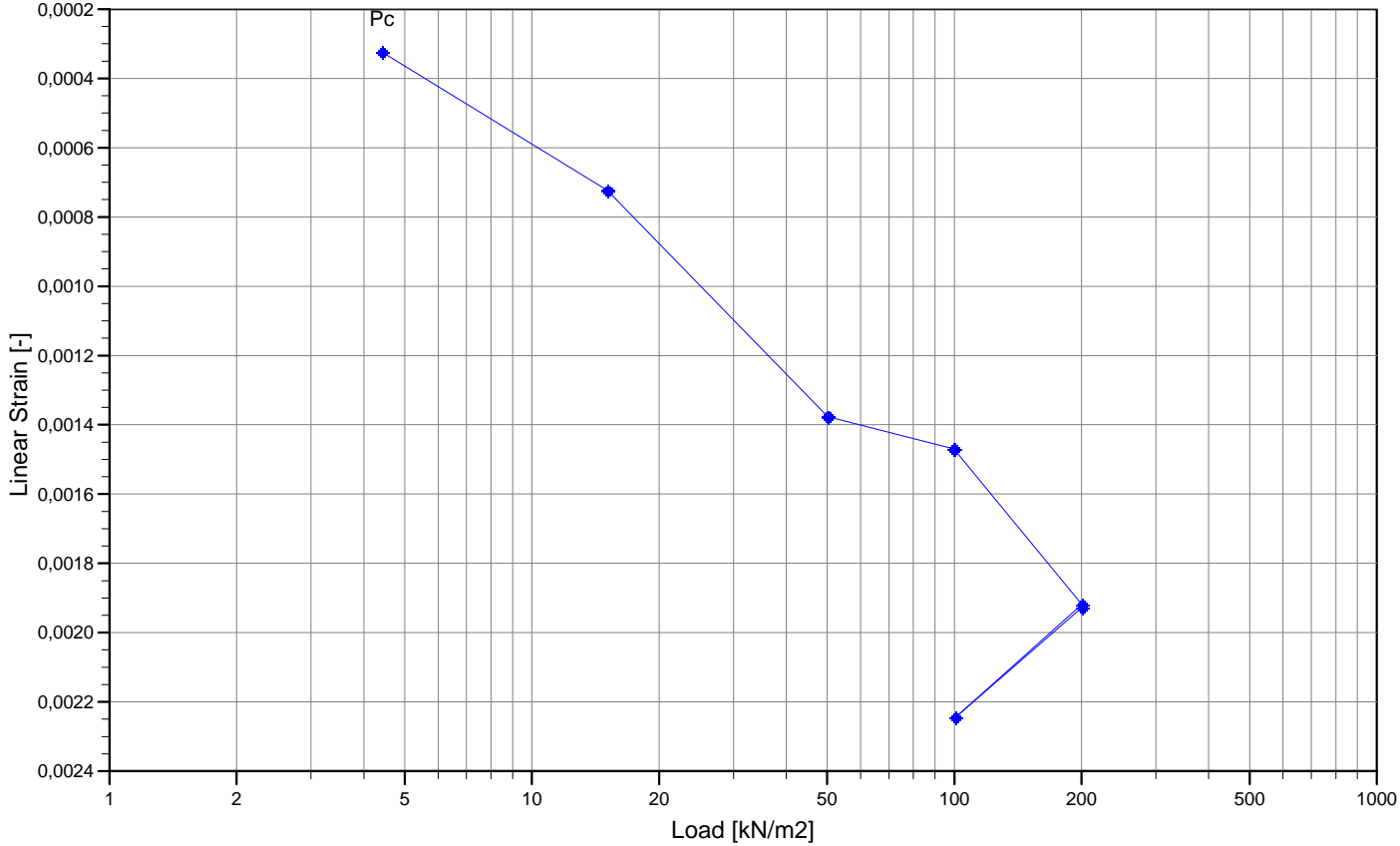
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A

Oedometer test conform NEN 5118



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

$C_p = 1,552E+003$  [-]       $C_s = 1,140E+004$  [-]       $C = 1,005E+003$  [-]  
 $C_{p'} = -2,110E+003$  [-]       $C_{s'} = 3,772E+003$  [-]       $C' = 1,705E+003$  [-]  
 $P_{c'} = 0,0$  [kN/m<sup>2</sup>]

WARNING: Min.time not used in a loadstep.

MCompress 2.1 : 201102102104.cad

1-3-2011 date

CO-1202972/2

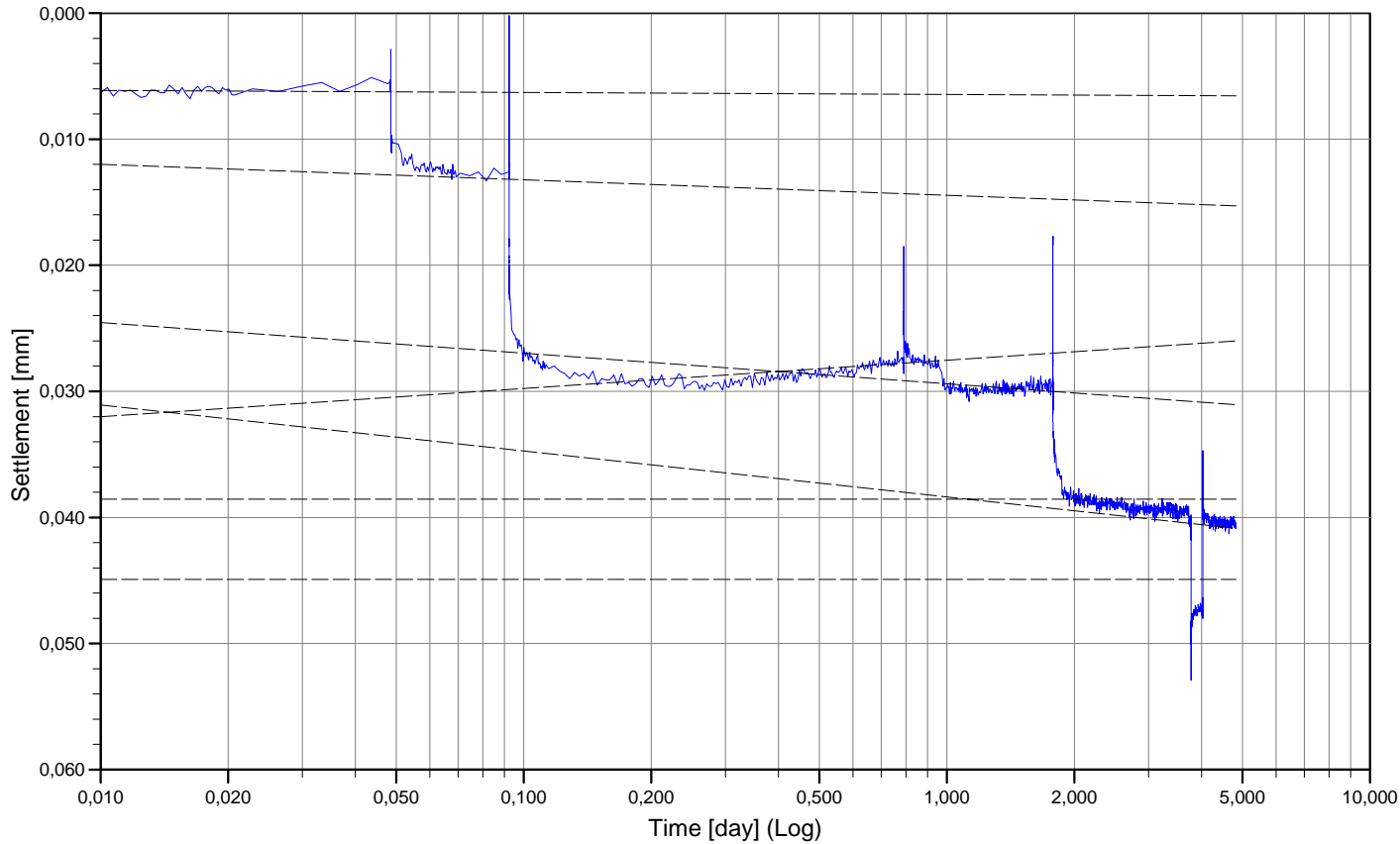
Annex S4A

GNW dtw.

dtw.

A4 form.

## Koppejan Method



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
 Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
 Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cp	=	1,552E+003	[-]	Cs	=	1,140E+004	[-]	C	=	1,005E+003	[-]
Cp'	=	-2,110E+003	[-]	Cs'	=	3,772E+003	[-]	C'	=	1,705E+003	[-]
WARNING: Min.time not used in a loadstep.								Pc'	=	0,0	[kN/m <sup>2</sup> ]



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011  
date

GIW  
dvw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

CO-1202972/2

cf.

Boring 9, Monster 4A

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S4A

A4  
form.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011 date

GIW drw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

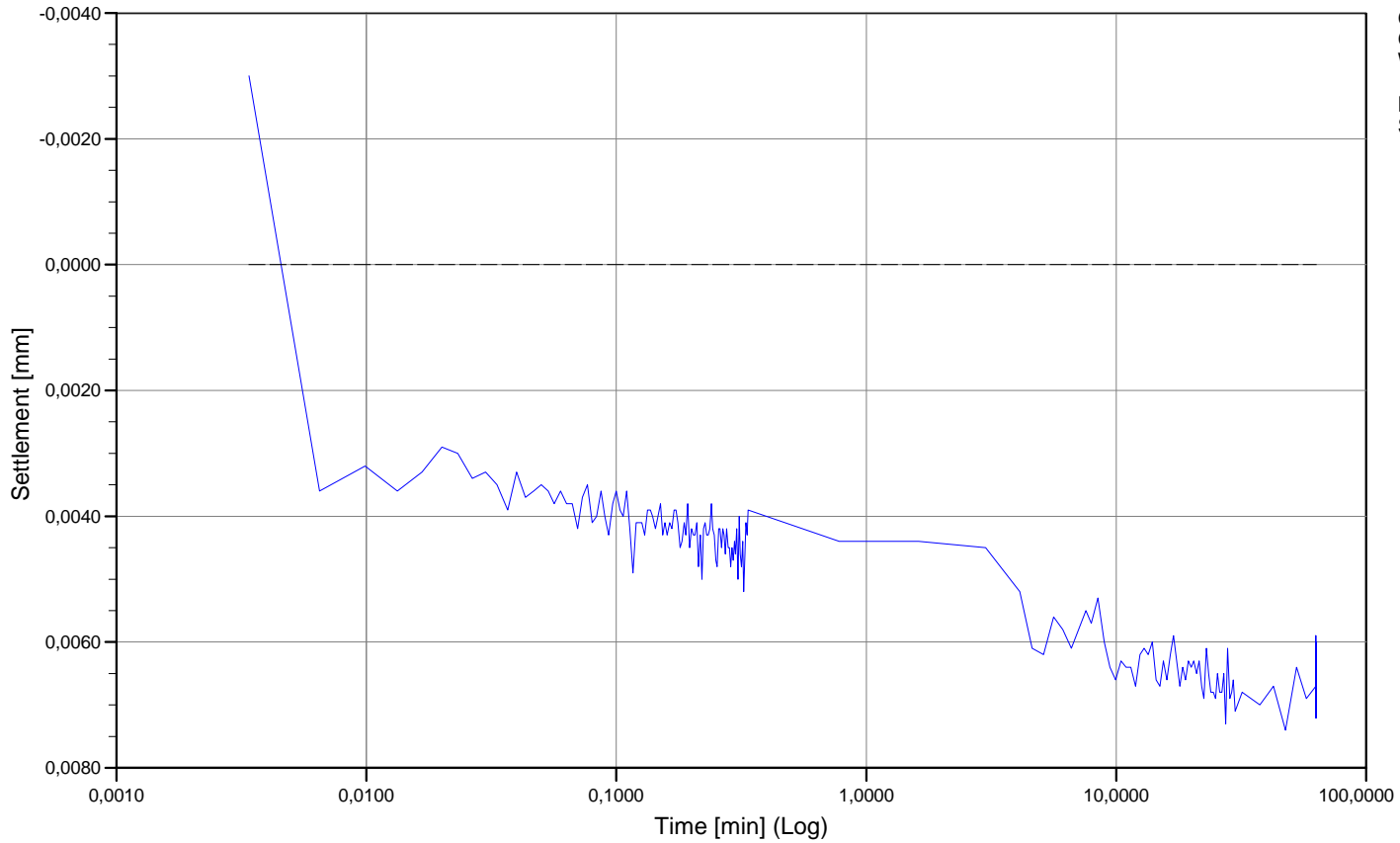
CO-1202972/2

Annex S4A

A4 form.

Oedometer test conform NEN 5118

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed





**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

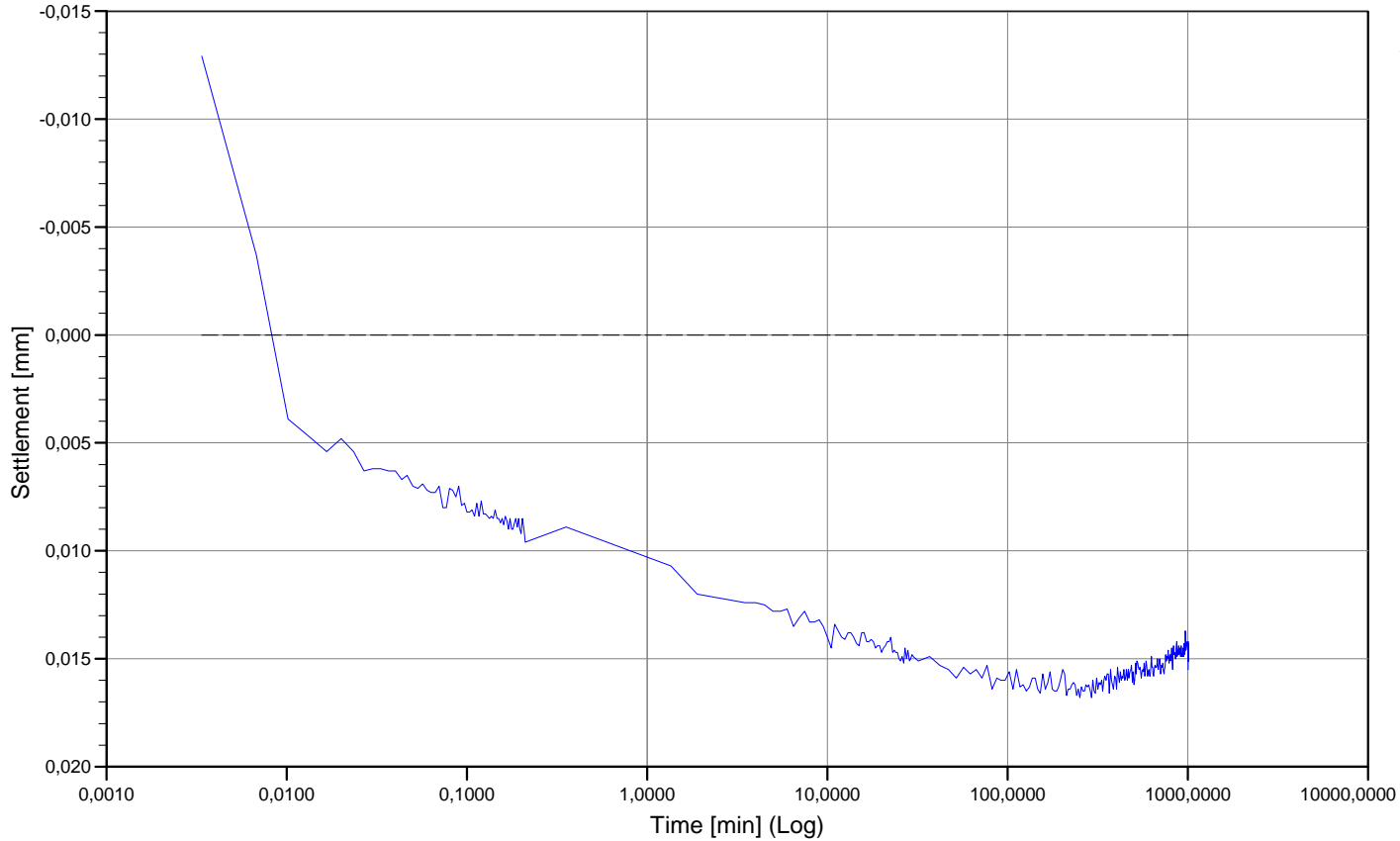
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

1-3-2011  
date

GIW  
dvw.

MCompress 2.1 : 201102104.col

### Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S4A  
CO-1202972/2

A4  
form.



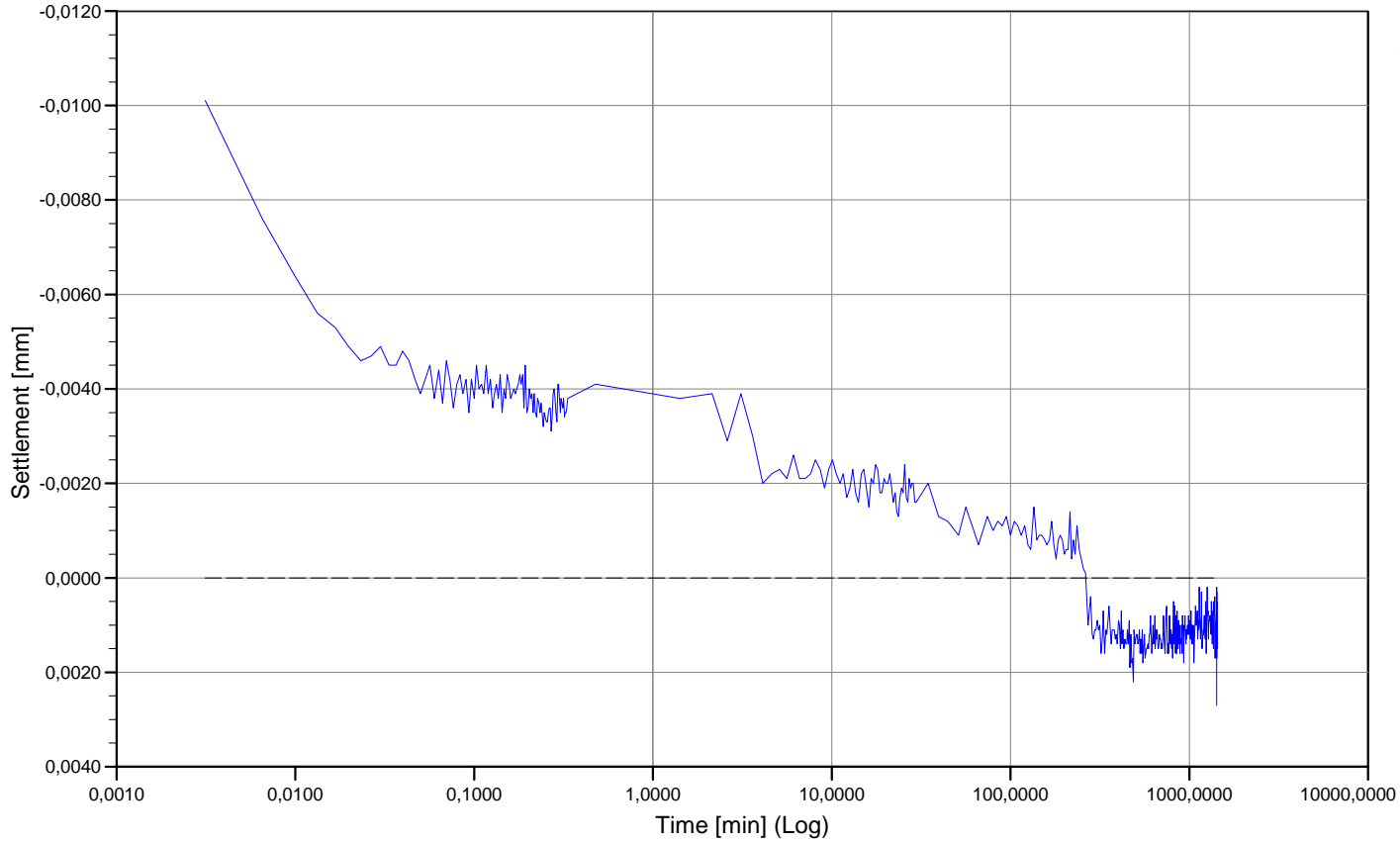
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102102104.cdl

### Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S4A	CO-1202972/2	1-3-2011	date
A4		GW	driv. form.



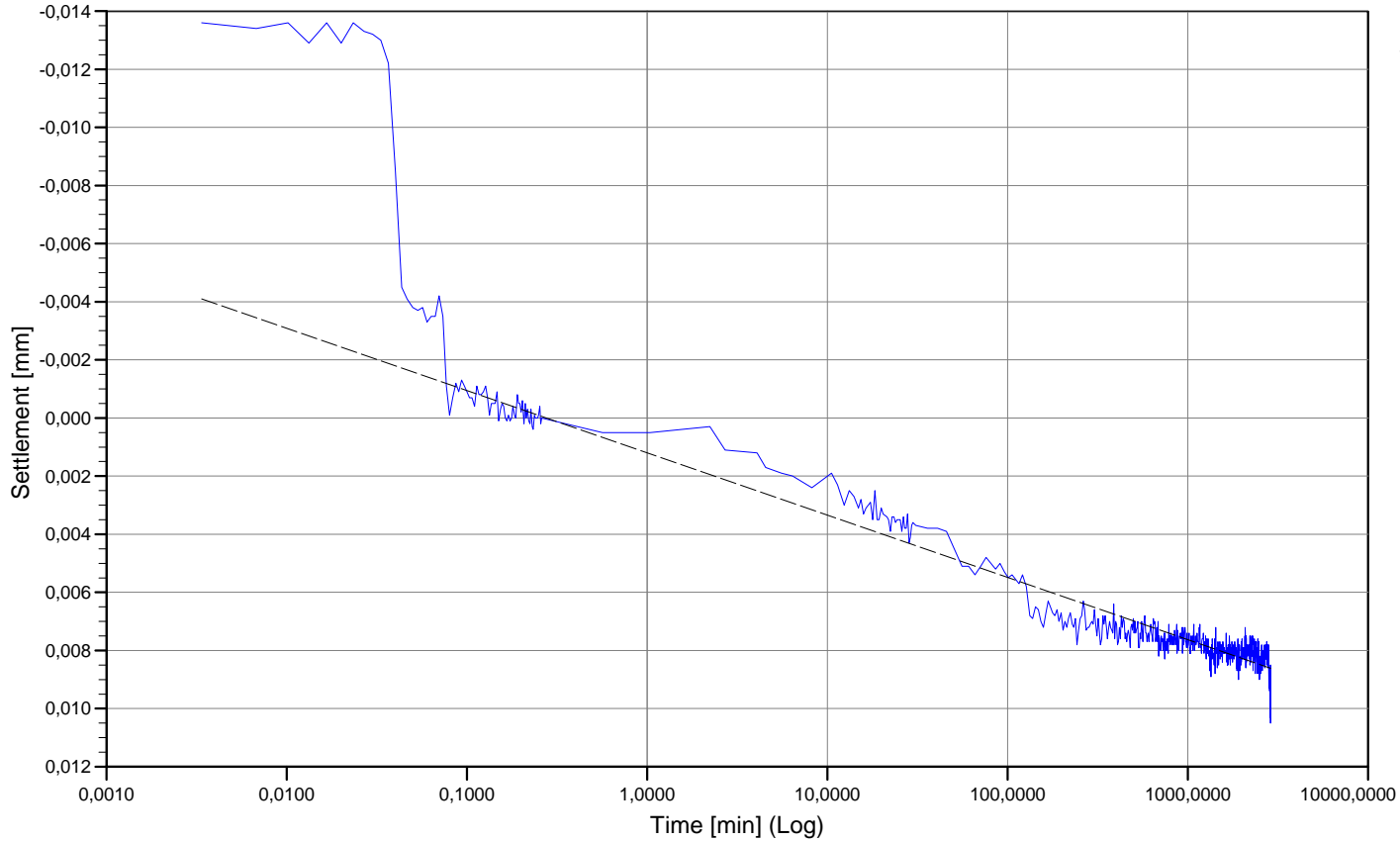
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s] Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 1,073E-004 [-] K = - [m/s]  
Too few or too much points for regression in middle section.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

1-3-2011 date

CO-1202972/2

Annex S4A

GIW dtw.

dt.

A4 form.



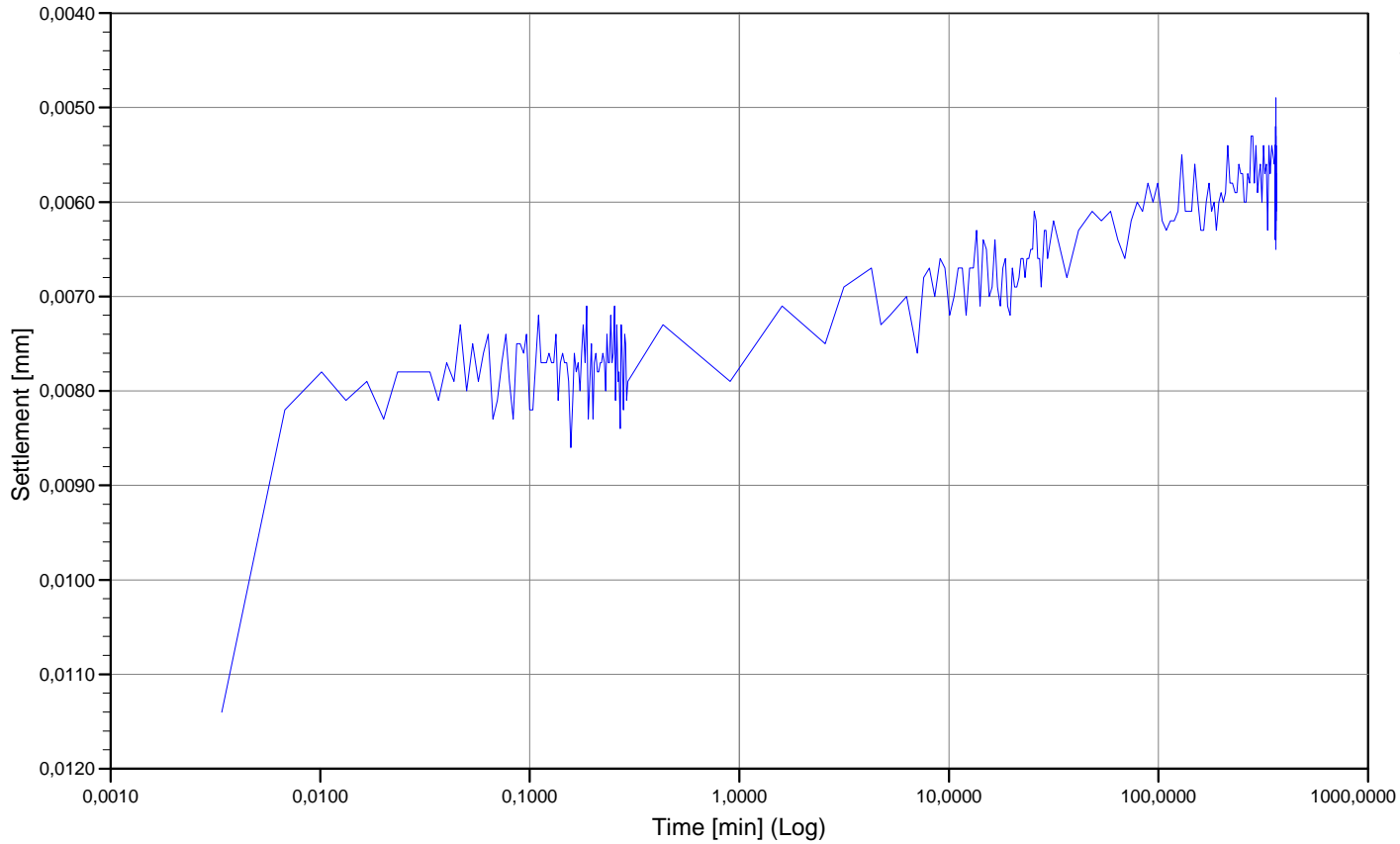
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 6



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	dtw.	GNW
S4A				form.	A4

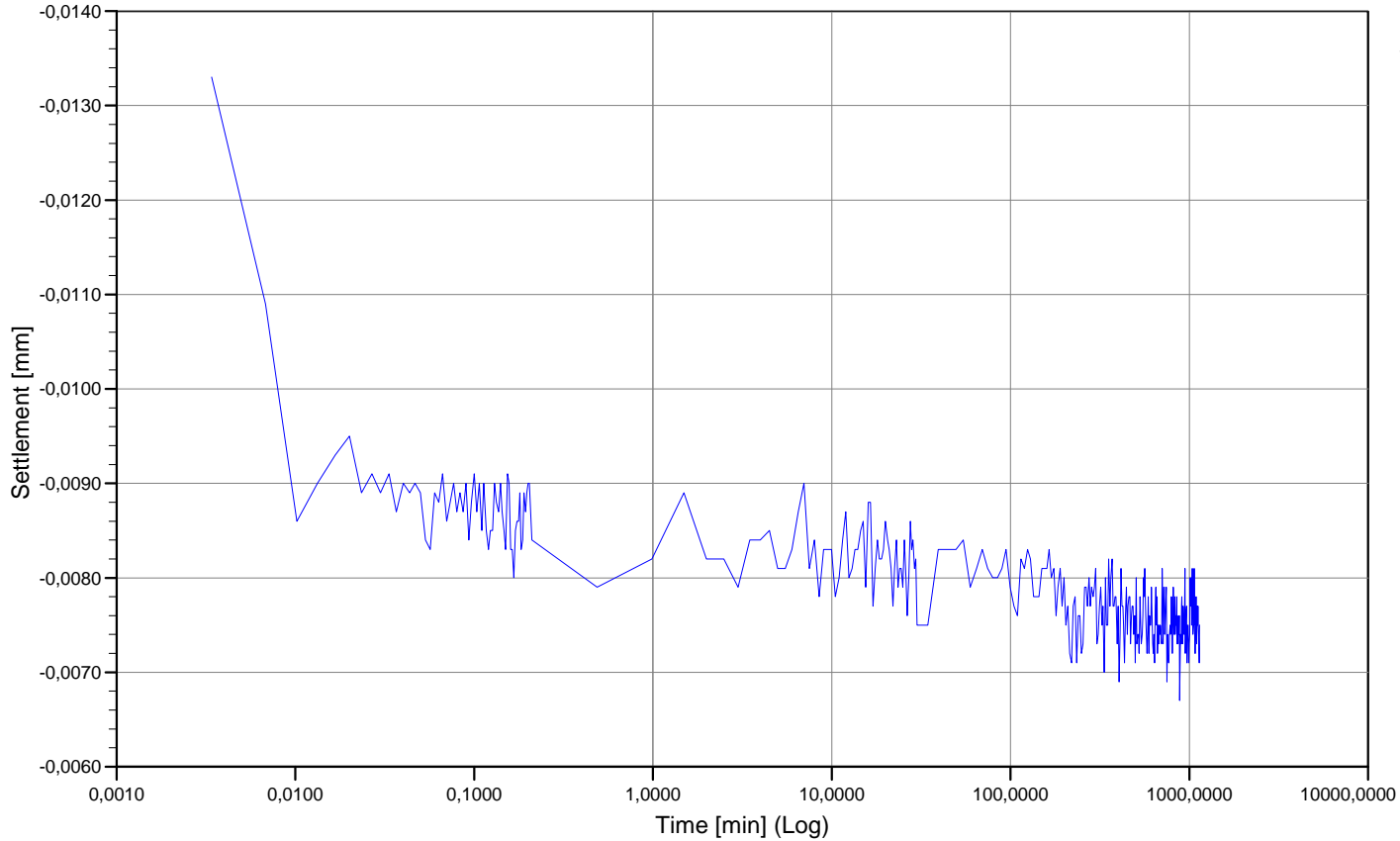


**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 7



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = - [m2/s] Mv = - [m2/kN]  
Ca = - [-] K = - [m/s]  
No calculation performed

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek  
Boring 9, Monster 4A  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	CO-1202972/2	date	1-3-2011	drv.	GW
S4A		cf.		form.	A4



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011  
date

GW  
form.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

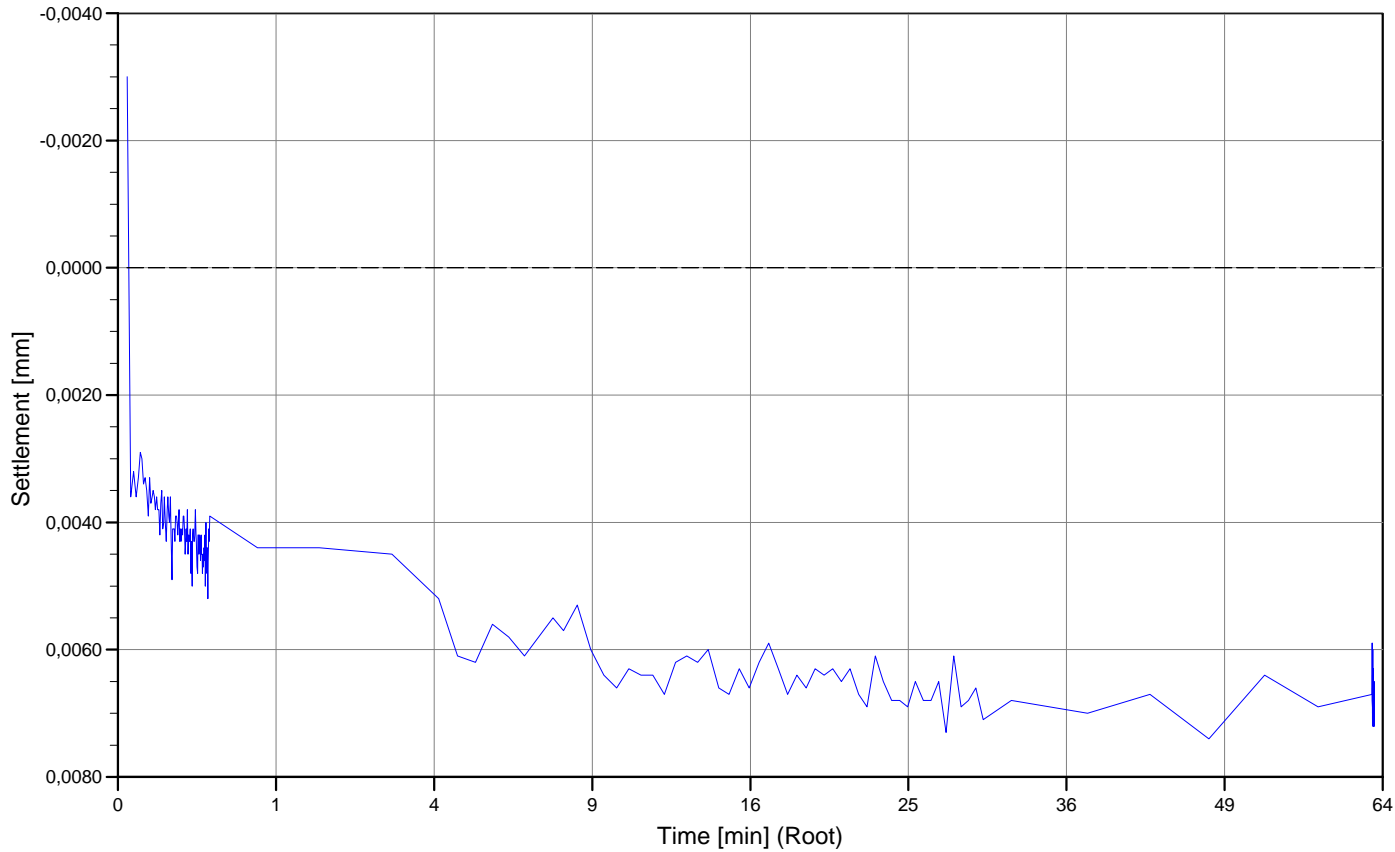
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S4A

A4

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011 date

GIW drvl.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

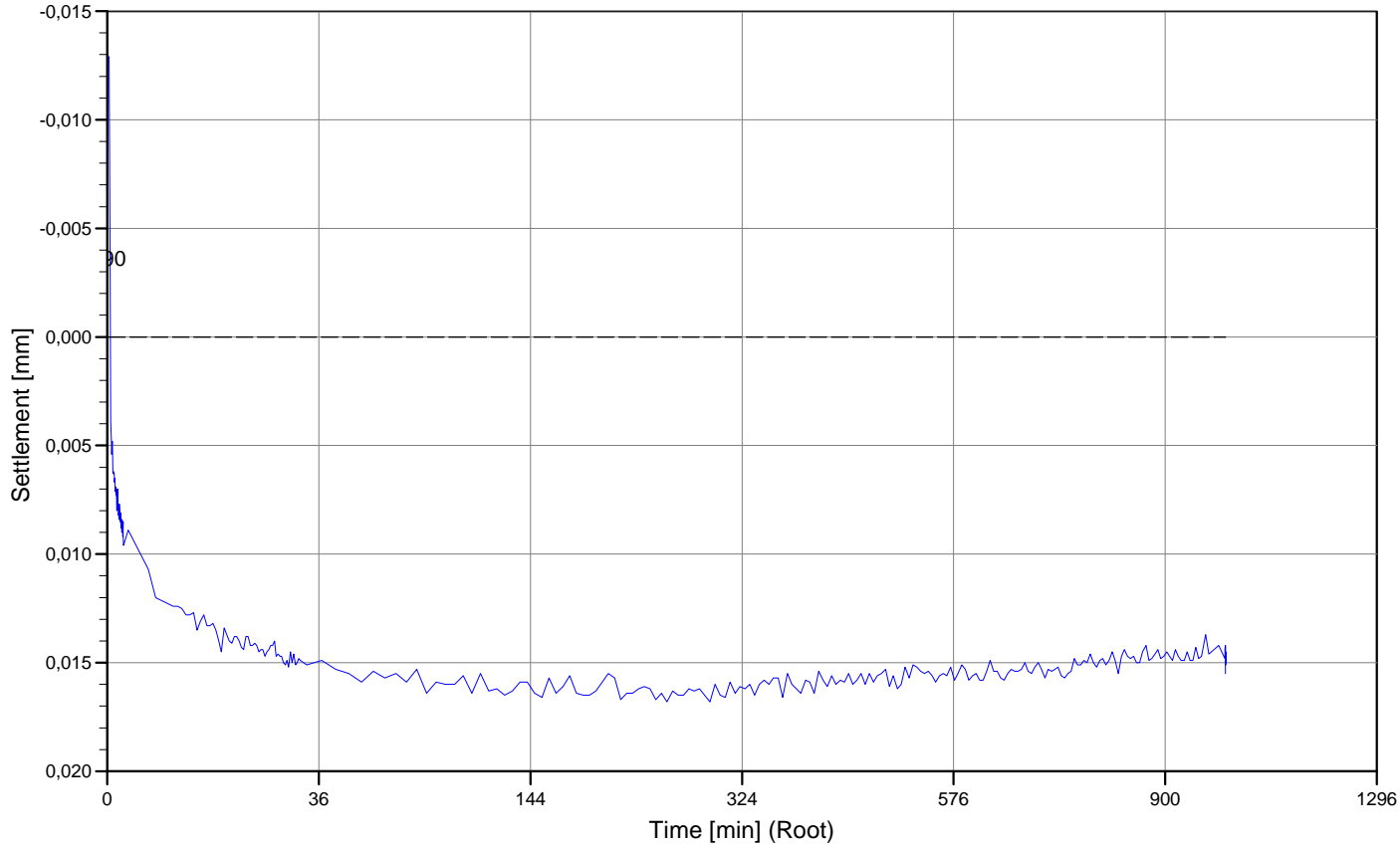
CO-1202972/2

Annex S4A

A4 form.

Oedometer test conform NEN 5118

### Taylor Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011  
date

GW  
dru.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

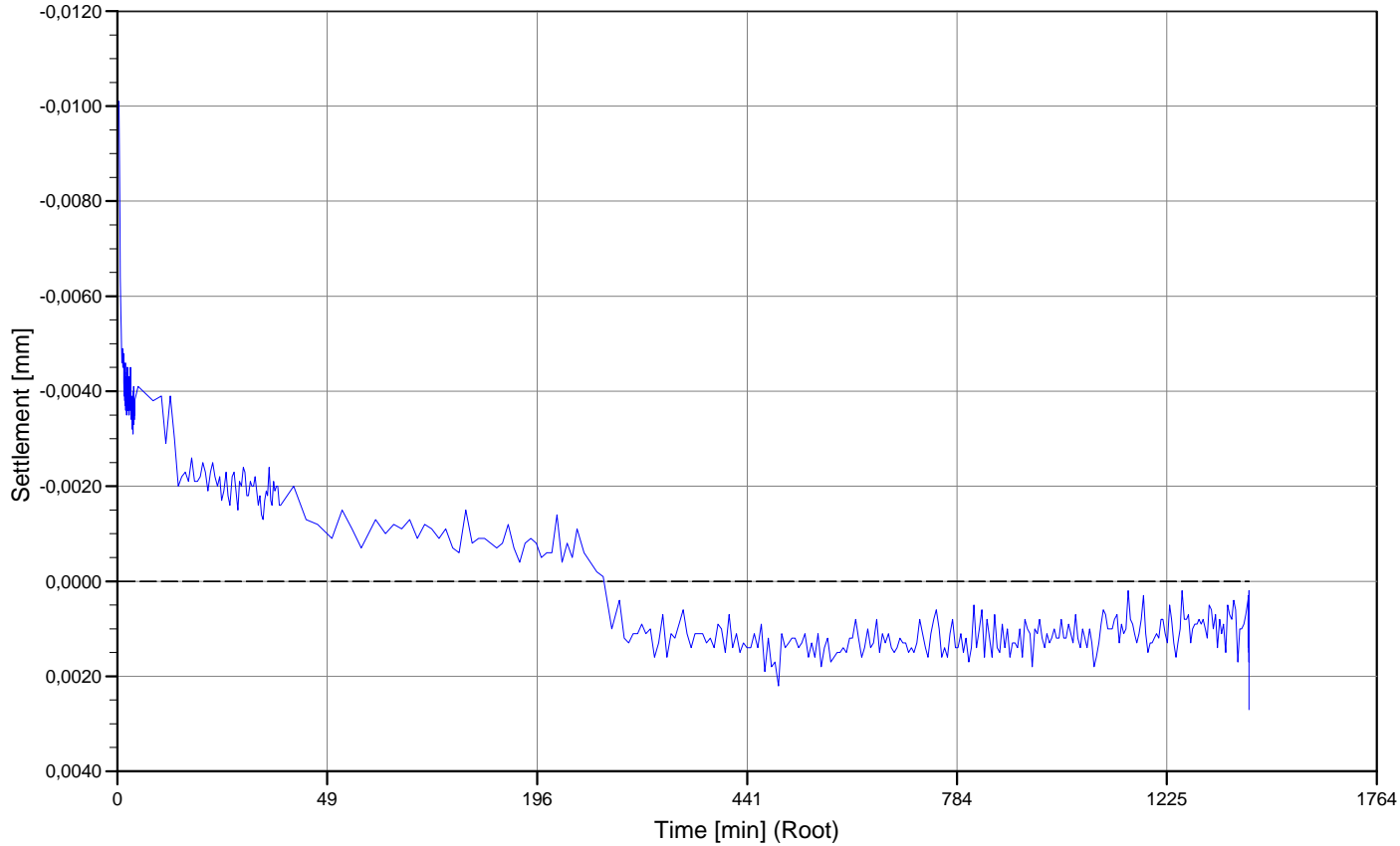
CO-1202972/2

Annex S4A

A4  
form.

Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 4



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.





**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011 date

GNW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

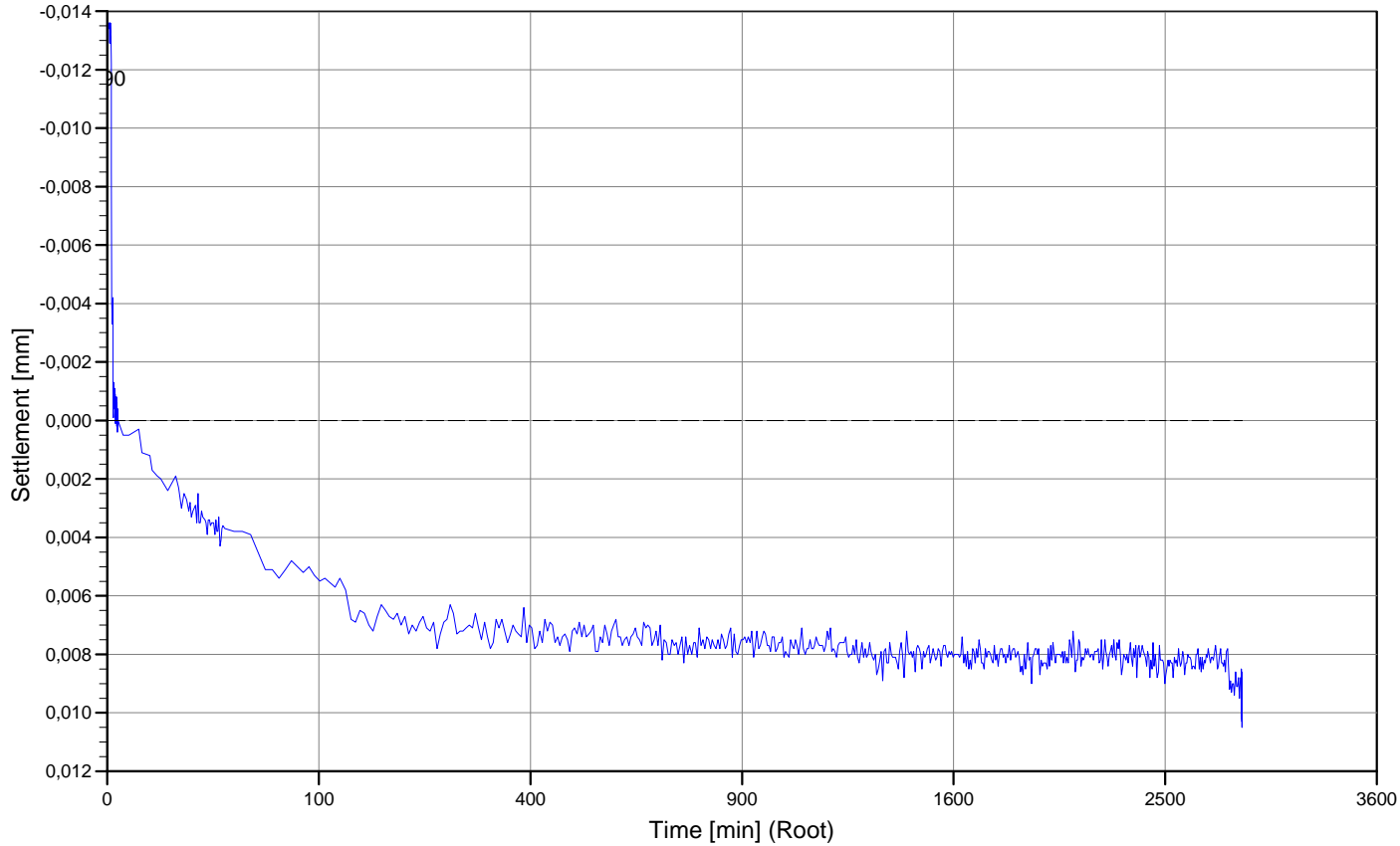
CO-1202972/2

Annex S4A

A4 form.

Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011 date

GW dtw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

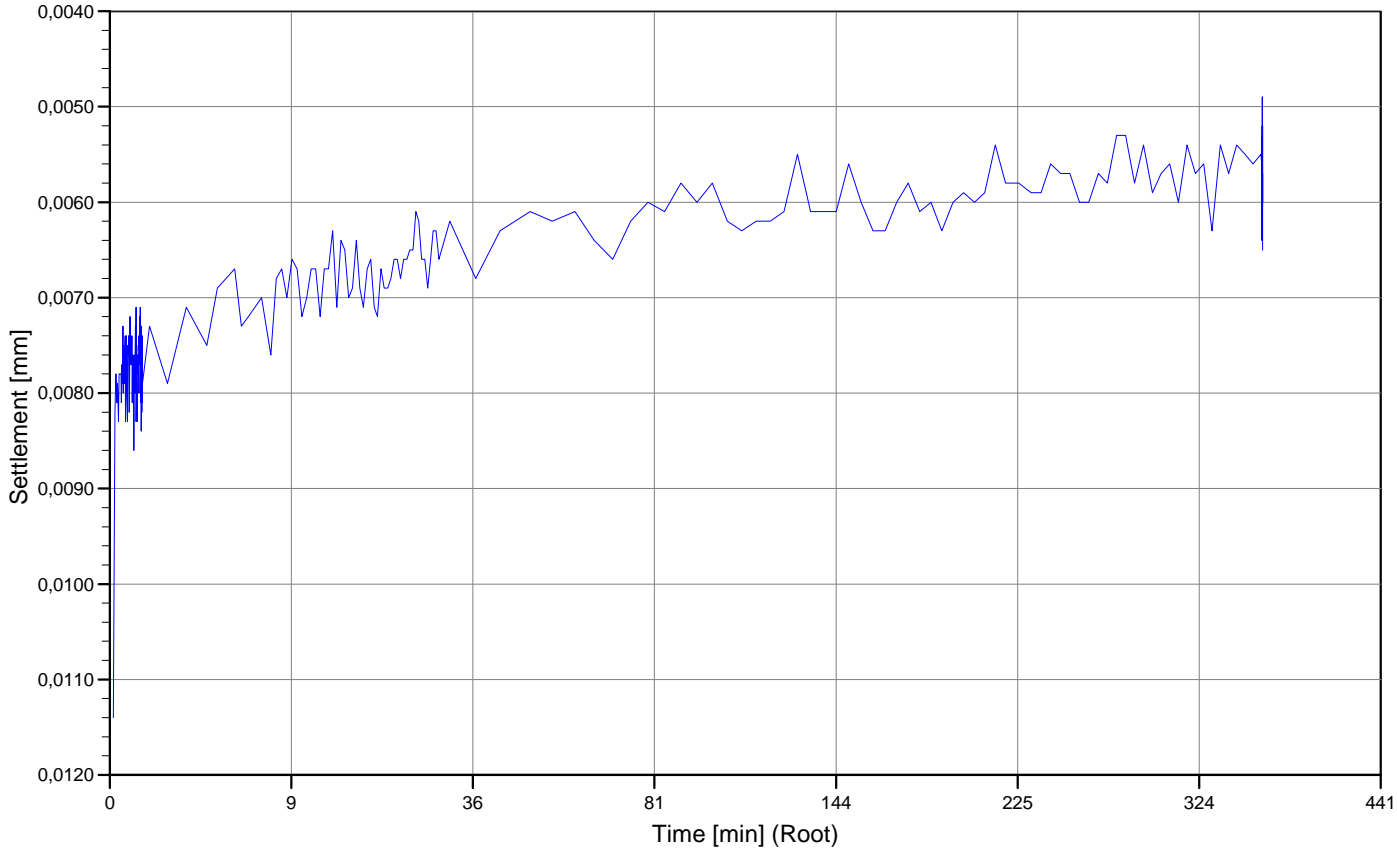
Oedometer test conform NEN 5118

CO-1202972/2

Annex S4A

A4 form.

### Taylor Method; Loadstep 6



Gamma wet = 15,3 [kN/m3]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m3]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201102104.cdl

1-3-2011  
date

GNW  
dvw.

Hoedekenskerke versterkt sediment : receptuuronderzoek

Boring 9, Monster 4A

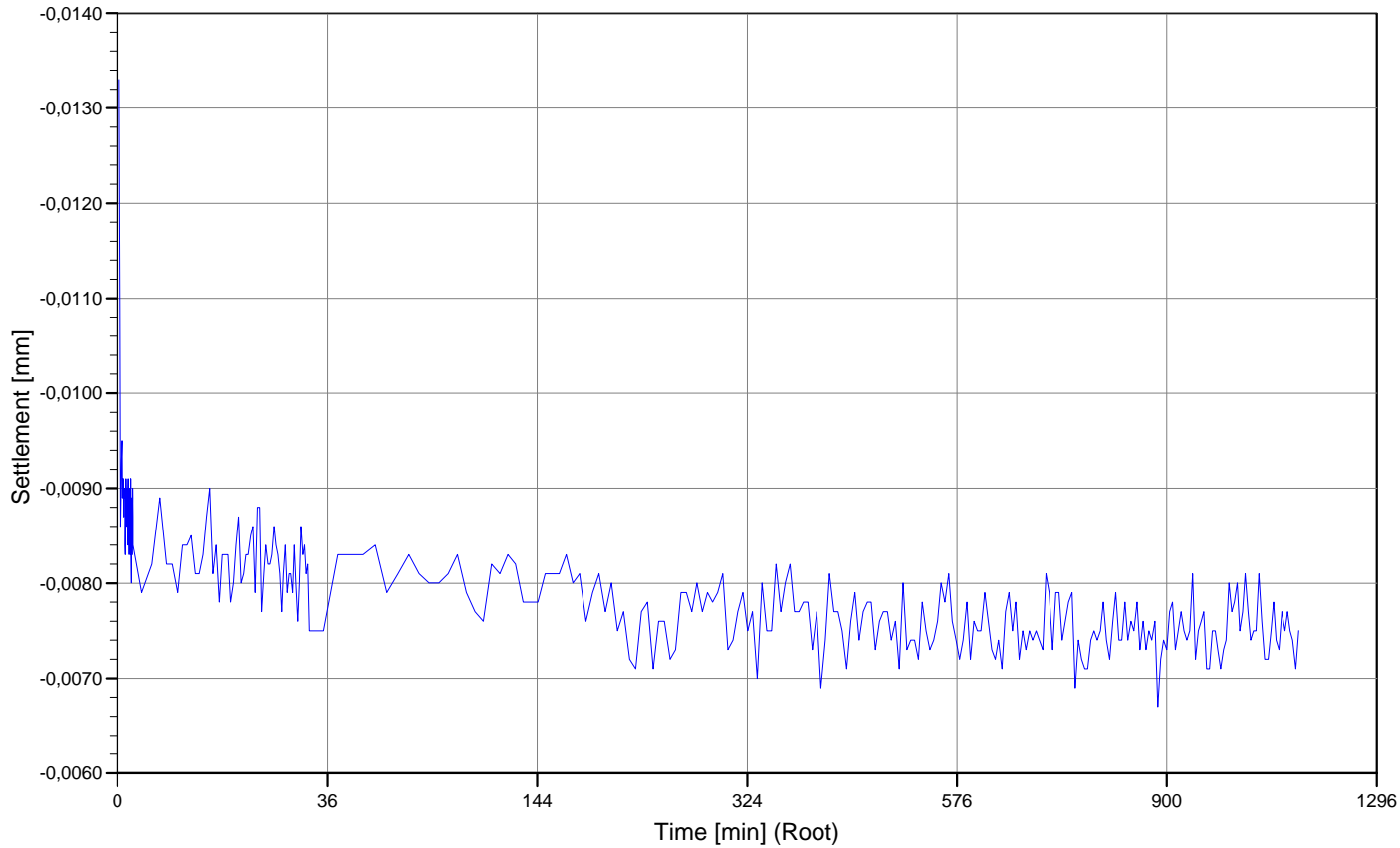
CO-1202972/2

Annex S4A

A4  
form.

Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 7



Gamma wet = 15,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 8,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 75,0 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	4
2	15
3	50
4	100
5	200
6	101
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.

## **Bijlage 5C: Vrije prismaproeven**

**Na 2 dagen uitharden: 2A, 3A en 4A**

**Na 28 dagen uitharden: 5A, 6A en 7A**

## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukbank

Datum : 2011,02,10  
Waarnemer : Slg  
Soort test : Drukproef  
File-naam : D:\Opdrachten\1202972.002\3A.gef  
Kpl / CO Nr : 1202972.002

Proefnummer : 1  
Projectnaam : Hoedekenskerke versterkt sediment  
Locatie monster : lab  
GD nummer : 3A  
Oppervlakte correctie : Ja

### Gegevens proefstuk

Gewicht [gr] : 527.0  
Diameter [mm] : 65.5  
Hoogte [mm] : 105.2  
Volume [cm<sup>3</sup>] : 354.6  
Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>] : 1.486  
Watergehalte [%] : 99.00

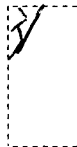
### Gemeten waarden

Kracht [kgf] :59.41  
Bijbehorende verpl [mm] :1.90  
Deformatie [mm/min] :0.12

### Berekende waarden

Dev [kN/m<sup>2</sup>] : 169.8  
Ez bij Dev [%] : 1.81  
Emod 30%-50% [MPa] : 13.98  
Emod 50%-70% [MPa] : 19.24  
Emod 30%-70% [MPa] : 14.13

Bekeken waarden  
Bezwijk figuur



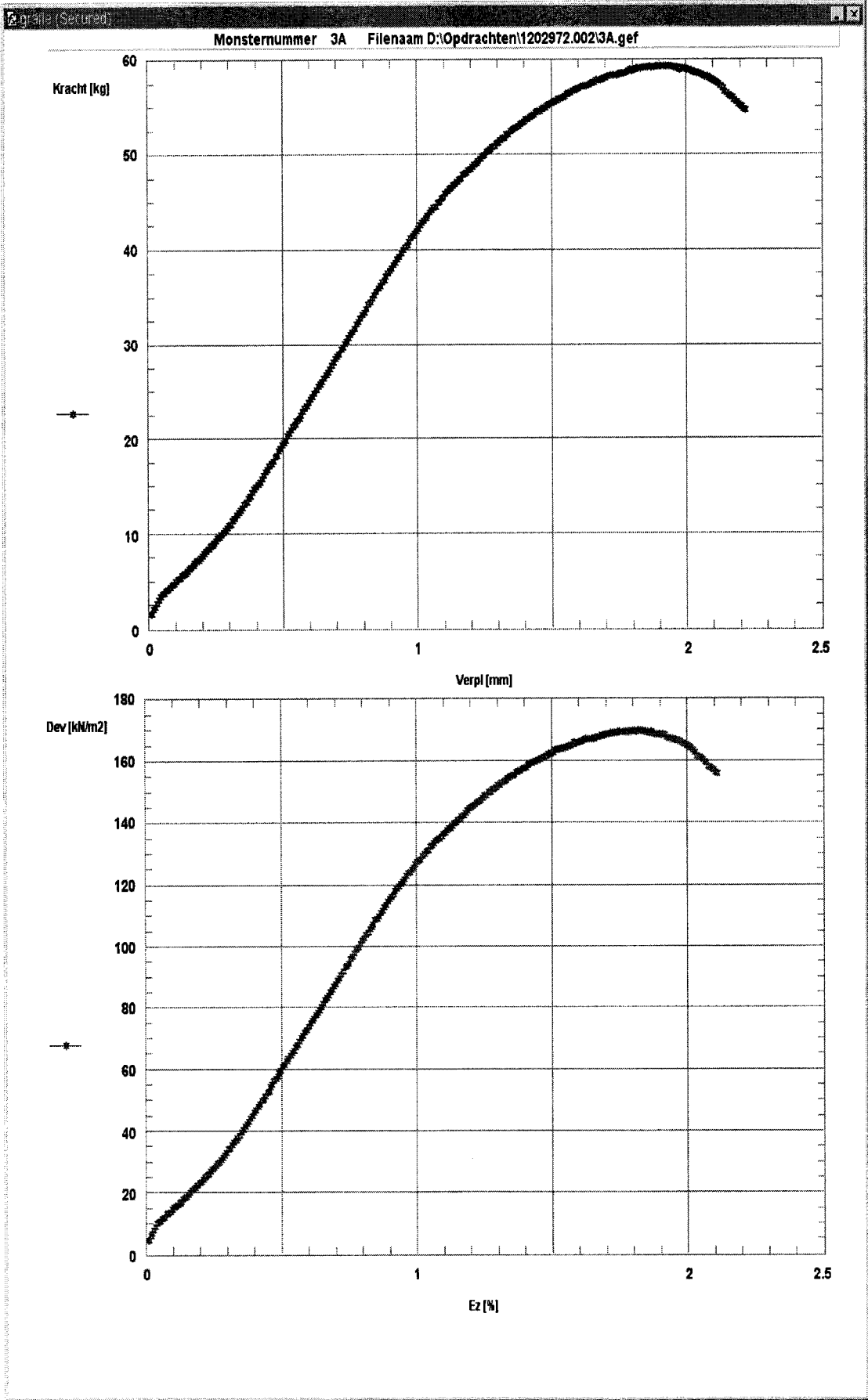
Commentaar :

[Empty dashed rectangular box for comments]

Gecontroleerd *Morelis*

Datum *10/2/2011*

Identificatiecode 300-W-V3-F1  
Versienummer VP versie 1.0  
Ingangsdatum 31-08-2007  
Pagina 1 van 2



## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukbank

Datum : 2011,02,10  
Waarnemer : Slg  
Soort test : Drukproef  
File-naam : D:\Opdrachten\1202972.002\2A.gef  
Kpl / CO Nr : 1202972.002

Proefnummer : 1  
Projectnaam : Hoedekenskerke versterkt sediment  
Locatie monster : lab  
GD nummer : 2A  
Oppervlakte correctie : Ja

### Gegevens proefstuk

Gewicht [gr] : 572.1  
Diameter [mm] : 66.0  
Hoogte [mm] : 113.5  
Volume [cm<sup>3</sup>] : 388.2  
Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>] : 1.474  
Watergehalte [%] : 99.00

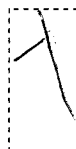
### Gemeten waarden

Kracht [kgf] :61.06  
Bijbehorende verpl [mm] :1.97  
Deformatie [mm/min] :0.12

### Berekende waarden

Dev [kN/m<sup>2</sup>] : 172.0  
Ez bij Dev [%] : 1.74  
Emod 30% -50% [MPa] : 14.30  
Emod 50% -70% [MPa] : 14.24  
Emod 30% -70% [MPa] : 14.30

### Bekeken waarden Bezwijk figuur



### Commentaar :

[Empty dashed box for comment]

Gecontroleerd

Torelis

Datum

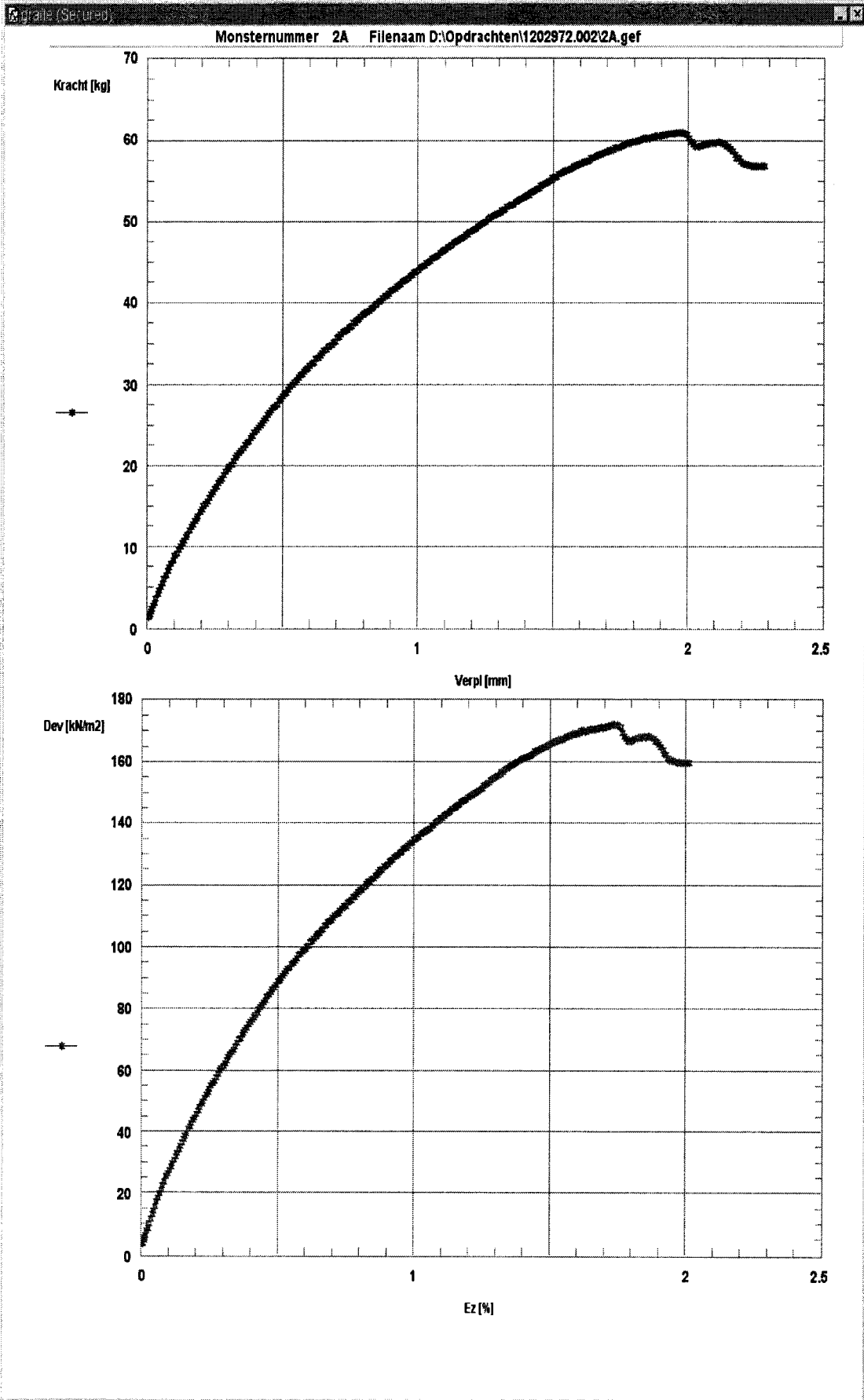
10/2/2011.

Identificatiecode 300-W-V3-F1

Versienummer VP versie 1.0

Ingangsdatum 31-08-2007

Pagina 1 van 2





## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukbank

Datum : 2011,02,10  
Waarnemer : Slg  
Soort test : Drukproef  
File-naam : D:\Opdrachten\1202972.002\4A.gef  
Kpl / CO Nr : 1202972.002

Proefnummer : 1  
Projectnaam : Hodekenskerke versterkt sediment  
Locatie monster : lab  
GD nummer : 4A  
Oppervlakte correctie : Ja

### Gegevens proefstuk

Gewicht [gr] : 583.7  
Diameter [mm] : 70.0  
Hoogte [mm] : 101.0  
Volume [cm<sup>3</sup>] : 388.8  
Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>] : 1.501  
Watergehalte [%] : 99.00

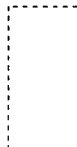
### Gemeten waarden

Kracht [kgf] : 84.00  
Bijbehorende verpl [mm] : 1.28  
Deformatie [mm/min] : 0.12

### Berekende waarden

Dev [kN/m<sup>2</sup>] : 211.4  
Ez bij Dev [%] : 1.27  
Emod 30%-50% [MPa] : 25.02  
Emod 50%-70% [MPa] : 23.92  
Emod 30%-70% [MPa] : 24.98

### Bekeken waarden Bezwijk figuur



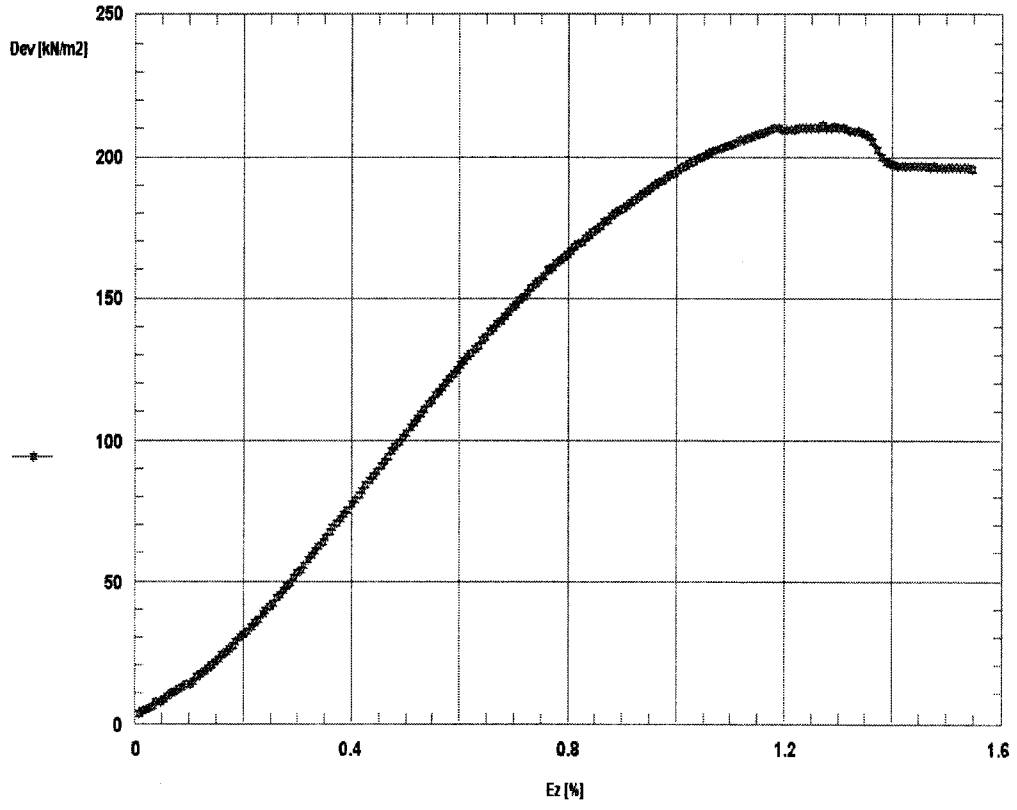
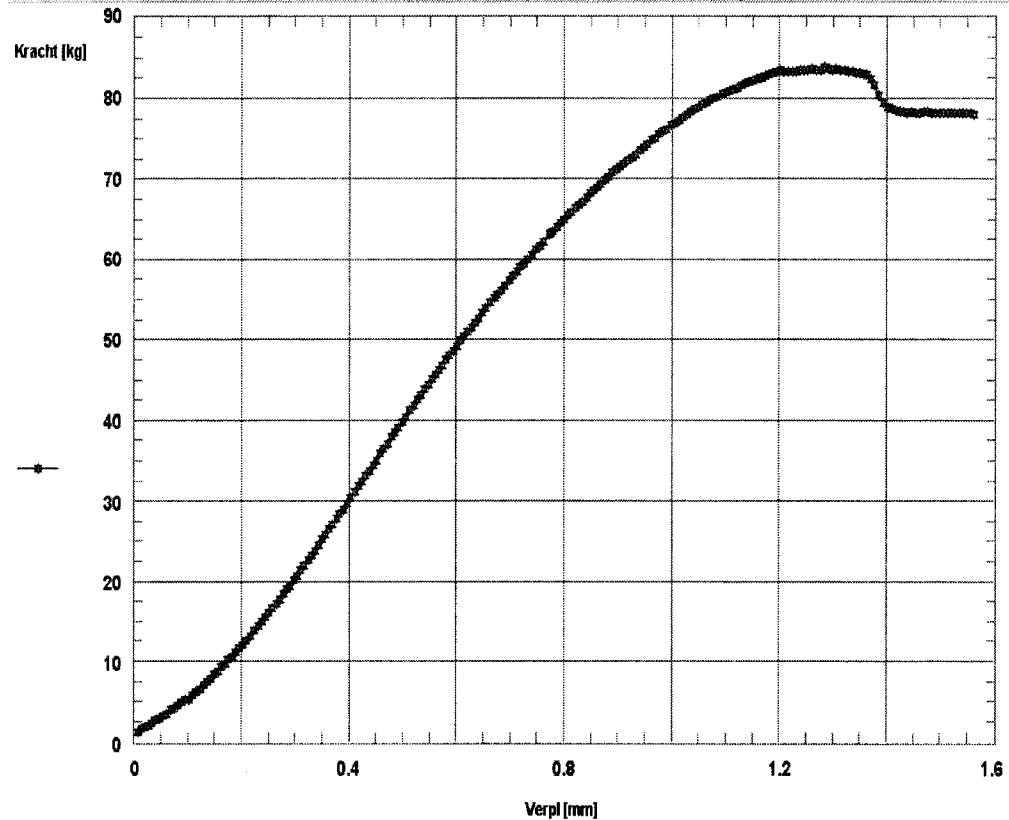
### Commentaar :



Gecontroleerd *Torelis*

Datum *10/2/2011.*

Identificatiecode 300-W-V3-F1  
Versienummer VP versie 1.0  
Ingangsdatum 31-08-2007  
Pagina 1 van 2







## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukkbank

**Datum** : 2011,03,15  
**Waarnemer** : NN  
**Soort test** : Drukproef  
**File-naam** : D:\Opdrachten\1202972.002\6A.gef  
**Kpl / CO Nr** : 1202972.002

**Proefnummer** : 1  
**Projectnaam** : Hoedekenskerke versterkt sediment  
**Locatie monster** : lab  
**GD nummer** : 6A  
**Oppervlakte correctie** : Ja

### Gegevens proefstuk

**Gewicht [gr]** : 716.8  
**Diameter [mm]** : 66.1  
**Hoogte [mm]** : 140.5  
**Volume [cm<sup>3</sup>]** : 482.0  
**Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>]** : 1.487  
**Watergehalte [%]** : ~~99.00~~

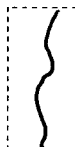
### Gemeten waarden

**Kracht [kgf]** :706.09  
**Bijbehorende verpl [mm]** :1.18  
**Deformatie [mm/min]** :0.09

### Berekende waarden

**Dev [kN/m<sup>2</sup>]** : 2001.6  
**Ez bij Dev [%]** : 0.84  
**Emod 30%-50% [MPa]** : 410.20  
**Emod 50%-70% [MPa]** : 426.35  
**Emod 30%-70% [MPa]** : 410.75

### Bekeken waarden Bezwijk figuur



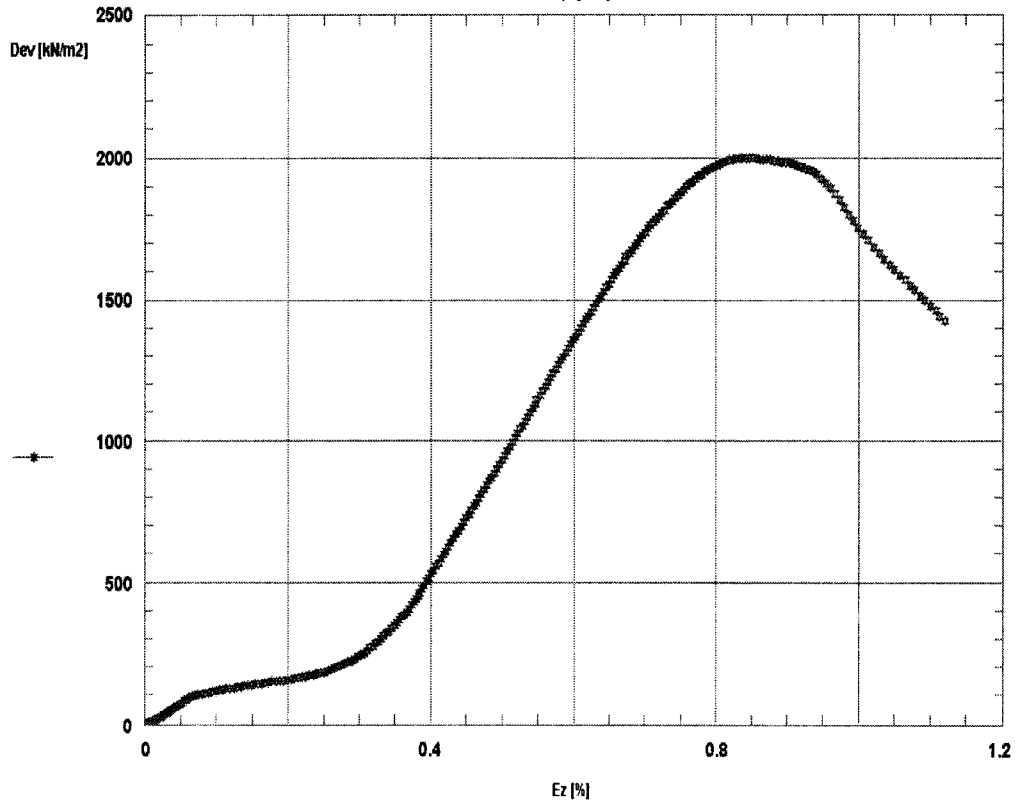
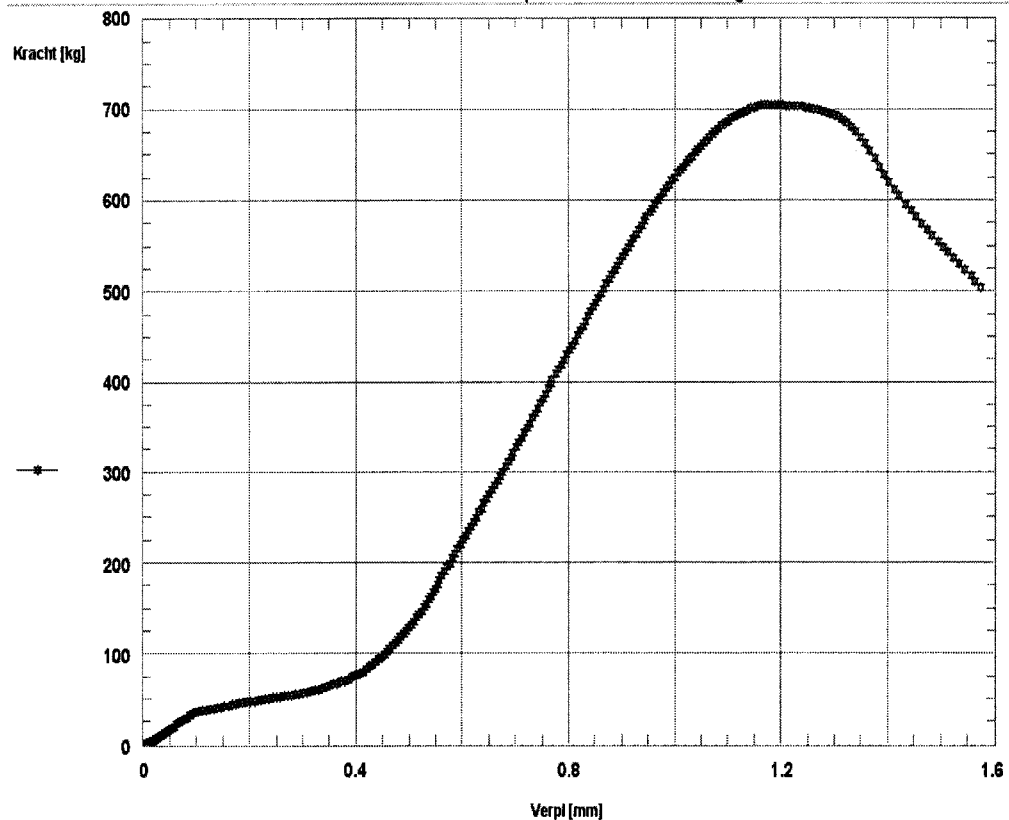
### Commentaar :

*H: D = 2:1*

Gecontroleerd *SAG*

Datum *15-03-2011*

Identificatiecode 300-W-V3-F1  
 Versienummer VP versie 1.0  
 Ingangsdatum 31-08-2007  
 Pagina 1 van 2









## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukbank

Datum : 2011,03,15  
 Waarnemer : NN  
 Soort test : Drukproef  
 File-naam : D:\Opdrachten\1202972.002\5A.gef  
 Kpl / CO Nr : 1202972.002

Proefnummer : 1  
 Projectnaam : Hoedekenskerke versterkt sediment  
 Locatie monster : lab  
 GD nummer : 5A  
 Oppervlakte correctie : Ja

### Gegevens proefstuk

Gewicht [gr] : 709.8  
 Diameter [mm] : 65.5  
 Hoogte [mm] : 140.4  
 Volume [cm<sup>3</sup>] : 473.1  
 Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>] : 1.500  
 Watergehalte [%] : ~~99.00~~

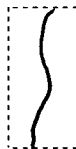
### Gemeten waarden

Kracht [kgf] : 945.28  
 Bijbehorende verpl [mm] : 1.04  
 Deformatie [mm/min] : 0.08

### Berekende waarden

Dev [kN/m<sup>2</sup>] : 2731.6  
 Ez bij Dev [%] : 0.74  
 Emod 30%-50% [MPa] : 531.76  
 Emod 50%-70% [MPa] : 509.63  
 Emod 30%-70% [MPa] : 531.03

### Bekeken waarden Bezwijk figuur



### Commentaar :

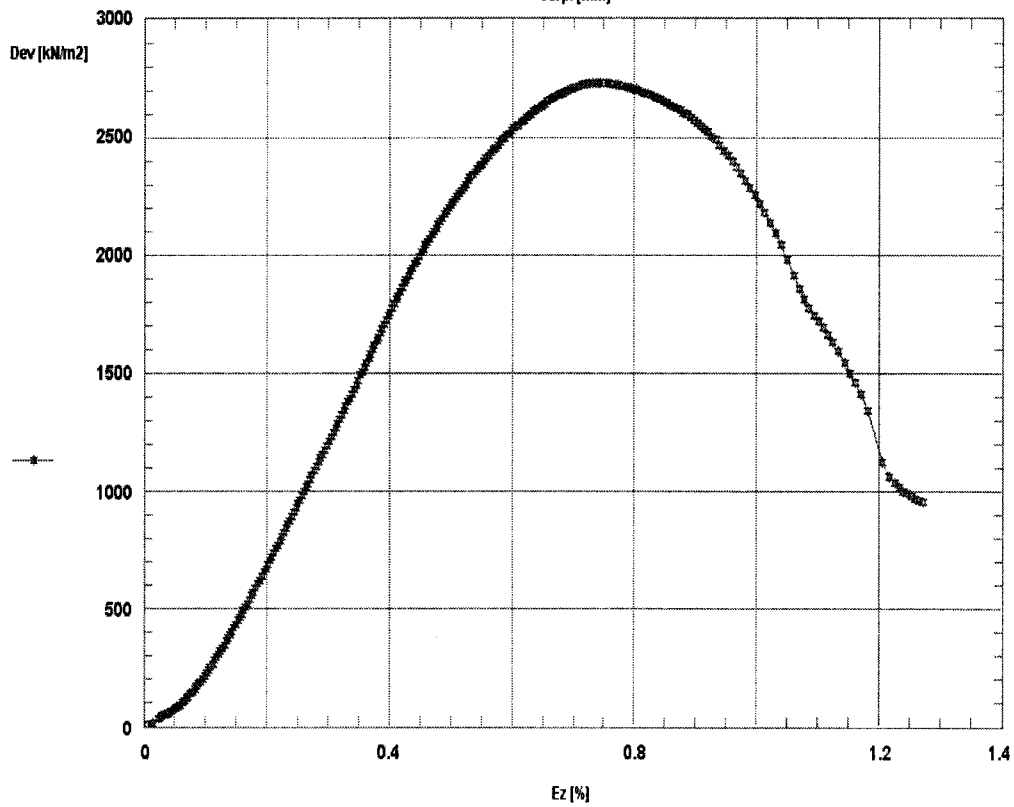
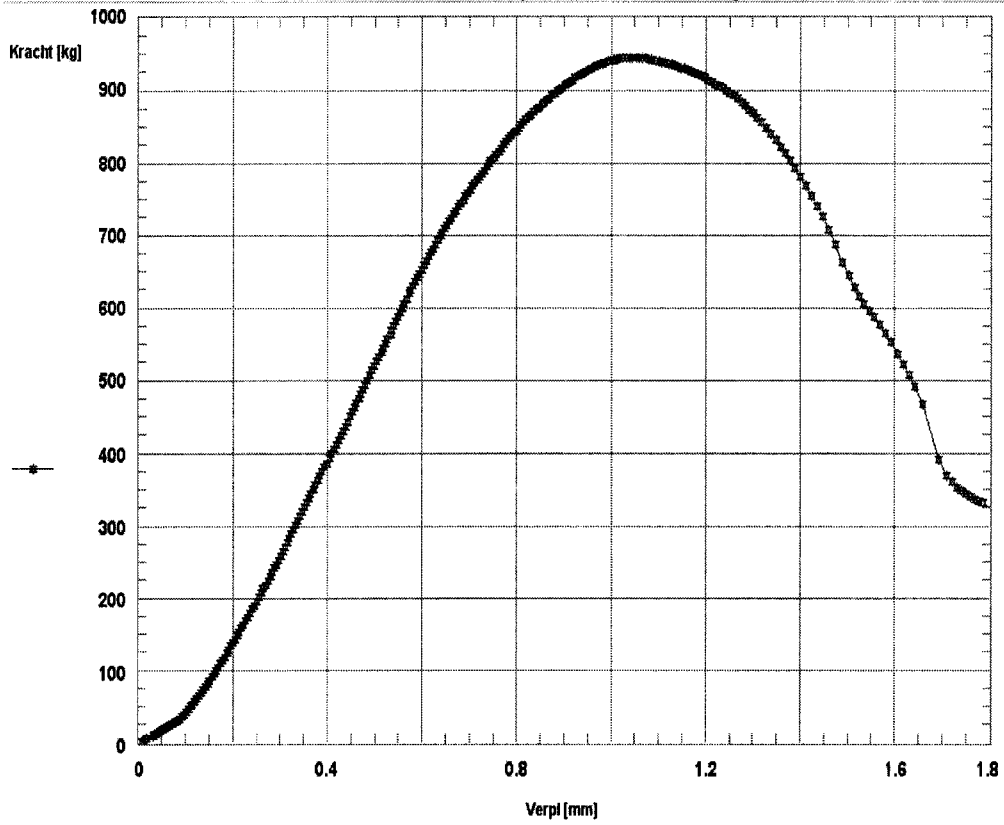
*H.P = 2 : 1*

Gecontroleerd *SLC*

Datum *15-03-2011*

Identificatiecode 300-W-V3-F1  
 Versienummer VP versie 1.0  
 Ingangsdatum 31-08-2007  
 Pagina 1 van 2

Monsternummer 5A    Filenaam D:\Opdrachten\1202972.002\5A.gef







## Gegevens beproeving op Hounsfield 5 Tons drukbank

Datum : 2011,03,15  
 Waarnemer : NN  
 Soort test : Drukproef  
 File-naam : D:\Opdrachten\1202972.002\7A.gef  
 Kpl / CO Nr : 1202972.002

Proefnummer : 1  
 Projectnaam : Hoedekenskerke versterkt sediment  
 Locatie monster : lab  
 GD nummer : 7A  
 Oppervlakte correctie : Ja

### Gegevens proefstuk

Gewicht [gr] : 387.6  
 Diameter [mm] : 67.0  
 Hoogte [mm] : 73.7  
 Volume [cm<sup>3</sup>] : 259.7  
 Gamma nat [gr/cm<sup>3</sup>] : 1.493  
 Watergehalte [%] : ~~99.00~~

### Gemeten waarden

Kracht [kgf] : 406.00  
 Bijbehorende verpl [mm] : 0.89  
 Deformatie [mm/min] : 0.09

### Berekende waarden

Dev [kN/m<sup>2</sup>] : 1116.1  
 Ez bij Dev [%] : 1.20  
 Emod 30%-50% [MPa] : 161.53  
 Emod 50%-70% [MPa] : 161.53  
 Emod 30%-70% [MPa] : 161.53

Bekeken waarden  
 Bezwijk figuur



Commentaar :

*W.D = 1.1*

Gecontroleerd *SLG*

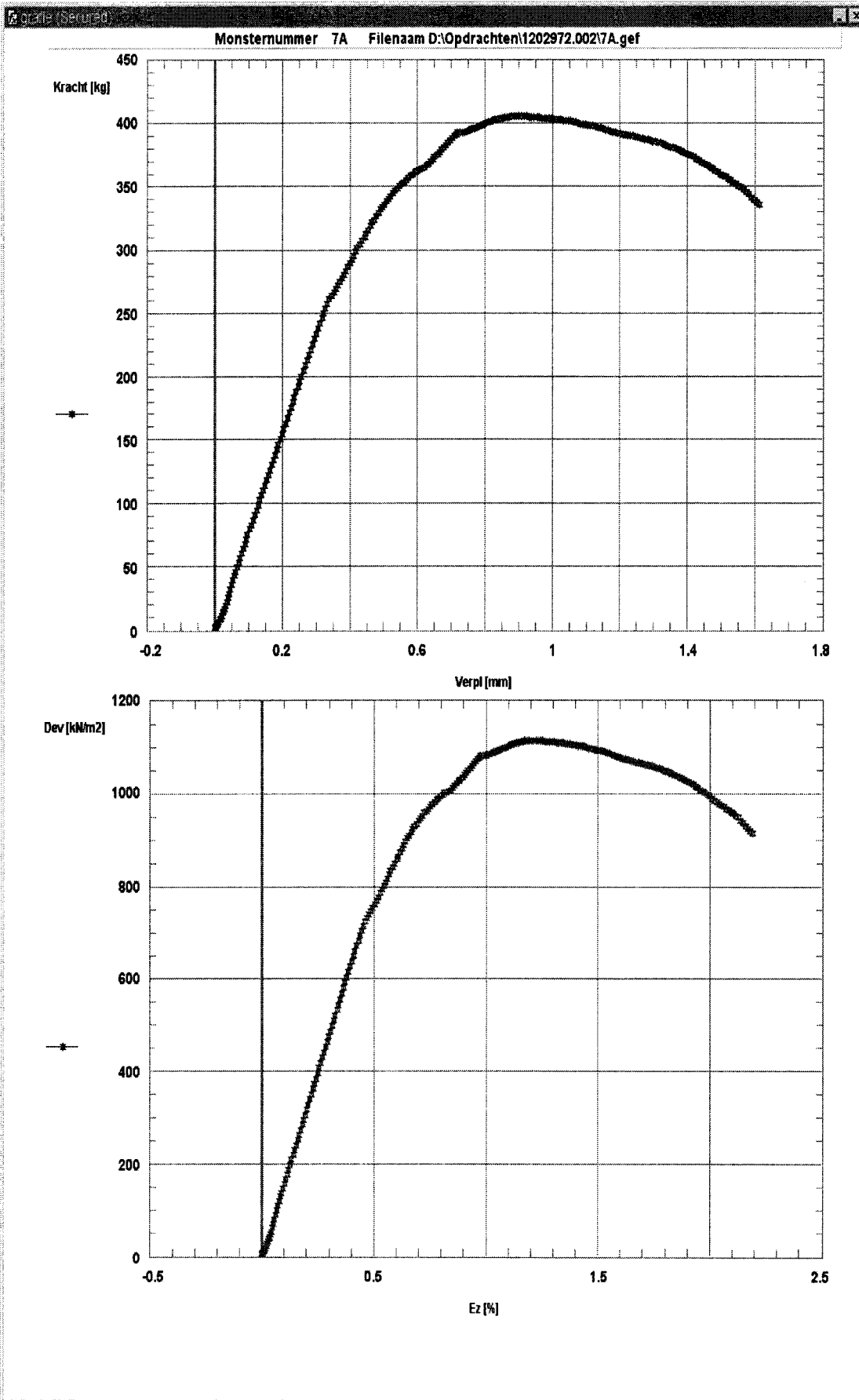
Identificatiecode 300-W-V3-F1

Datum *15-03-2011*

Versienummer VP versie 1.0

Ingangsdatum 31-08-2007

Pagina 1 van 2



**Bijlage 6: Samendrukkingsproeven waterbodem**



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)86-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV

1202972/004

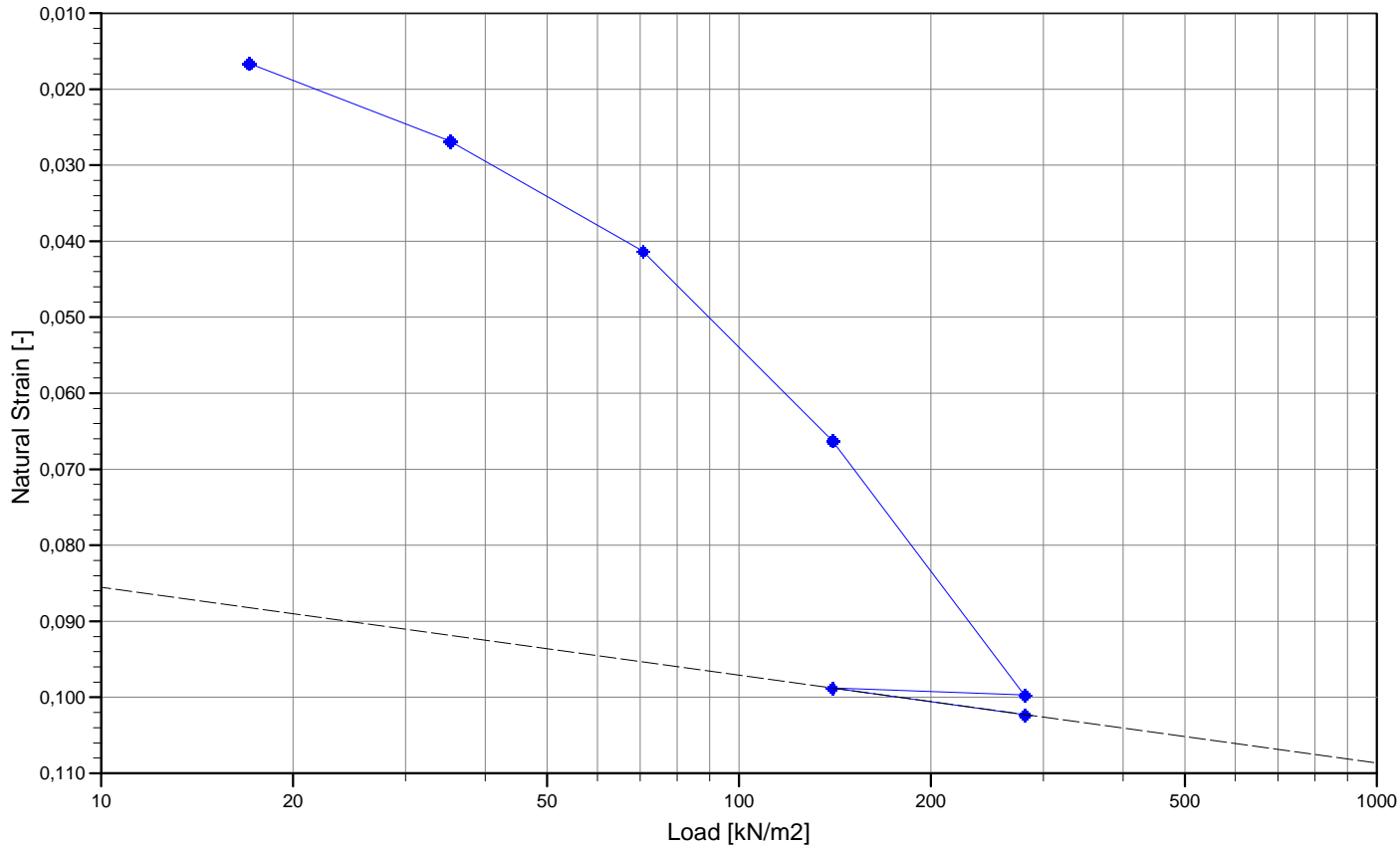
cf.

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S06A

form.  
A4

## Isotachen Method



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

A = 5,020E-003 [-]      C = 1,937E-003 [-]  
B = 4,830E-002 [-]

Klei matig siltig met zandinsluitingen





**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3857200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

date  
25-1-2011

drv.  
Wein

1202972/004

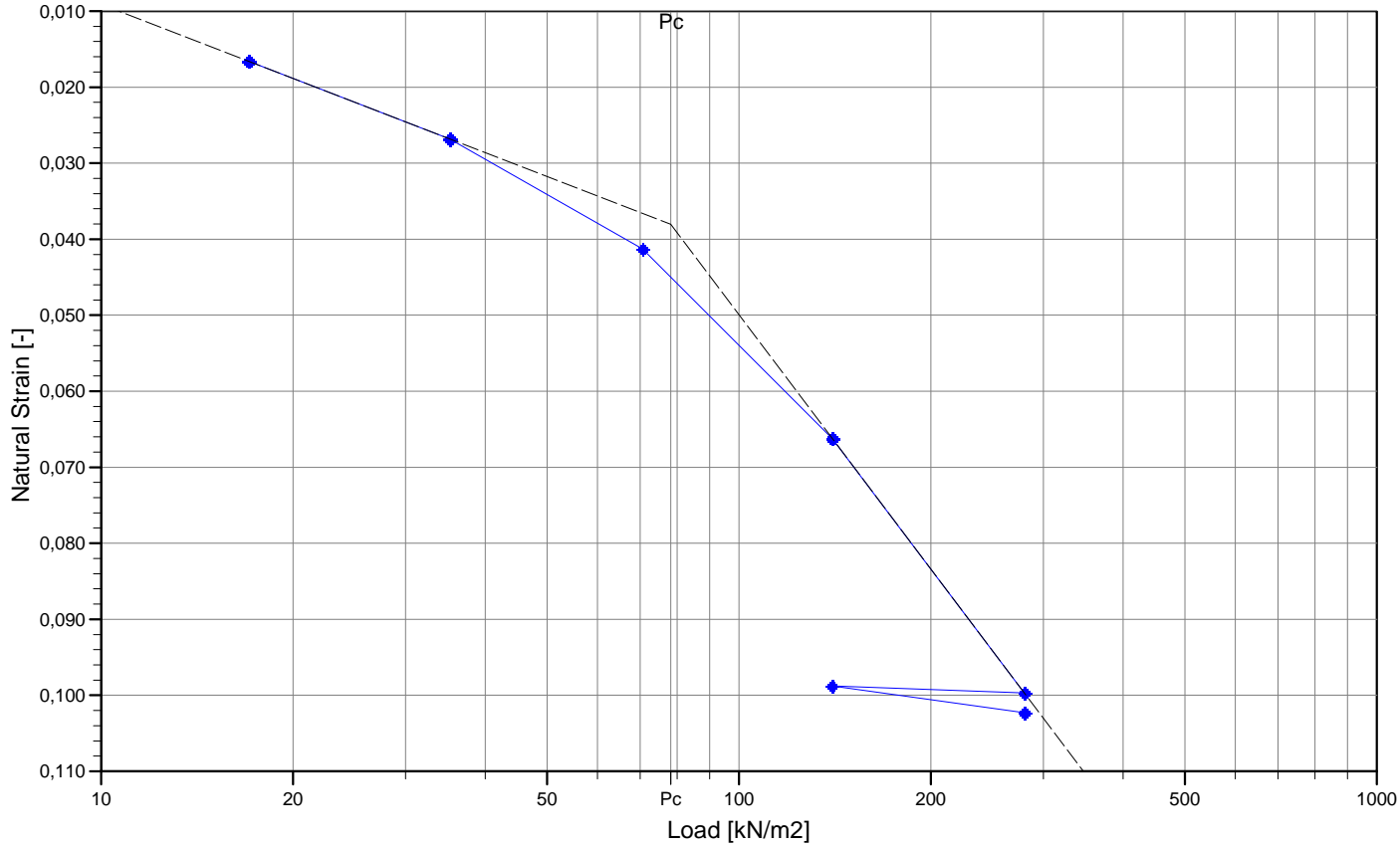
cit.

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Isotachen Method



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Pc = 78,1 [kN/m<sup>2</sup>]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

date  
25-1-2011

drv.  
Wein

1202972/004

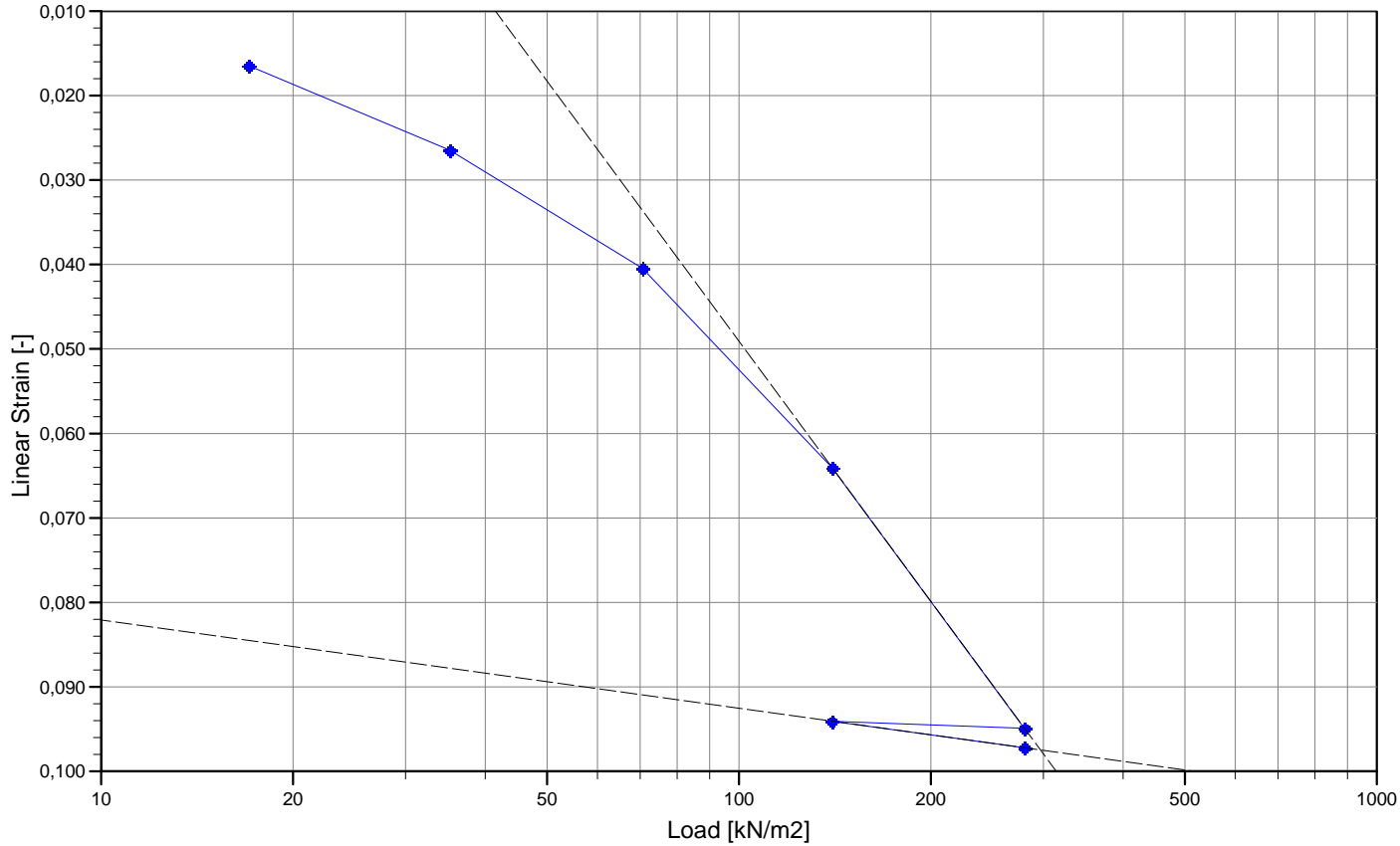
cit.

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 18,2 [kN/m3]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m3]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

RR = 1,045E-002 [-] Ca = 3,741E-003 [-]  
CR = 1,024E-001 [-] Vo = 1,974 [-]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV

1202972/004

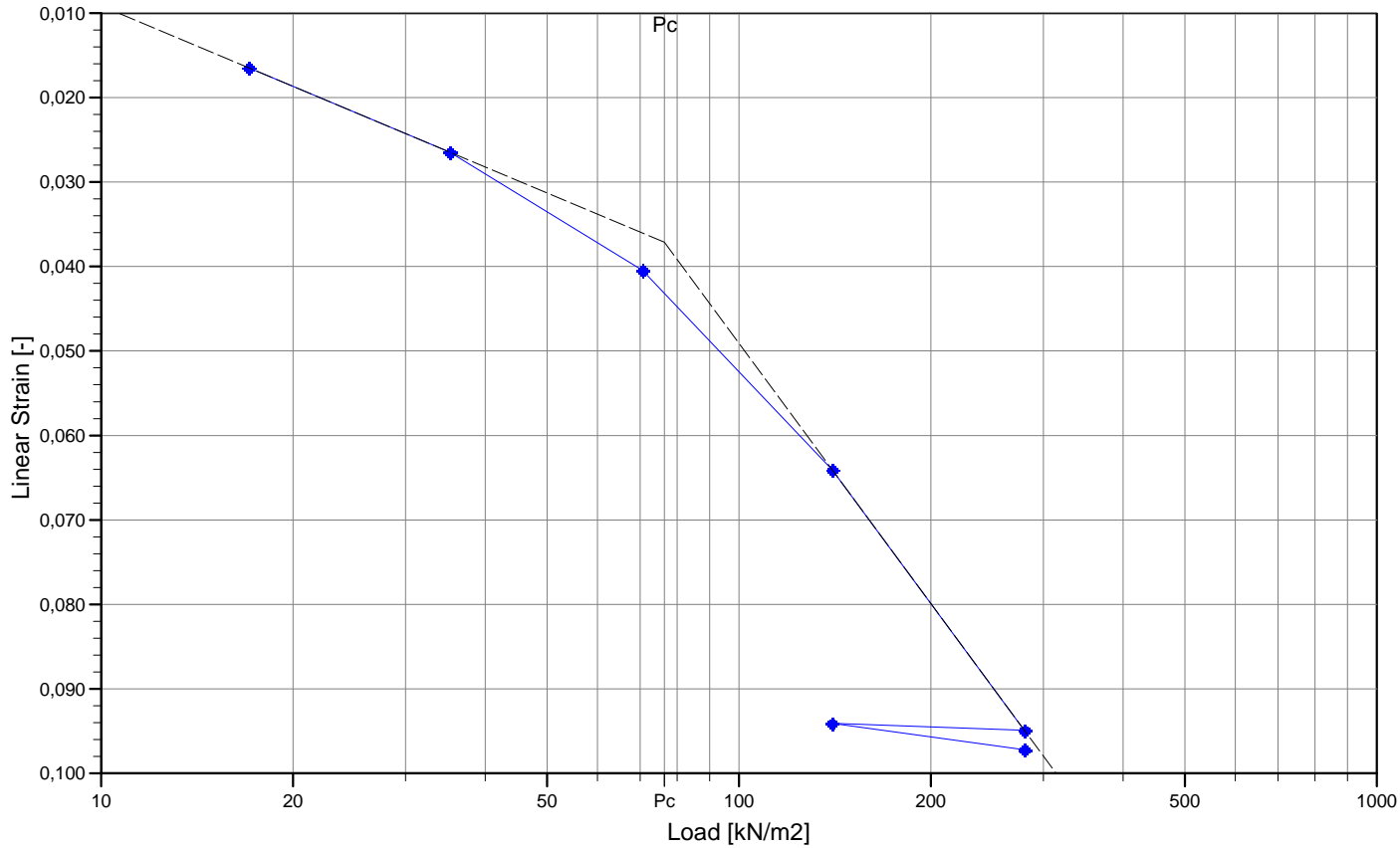
dt.

Oedometer test conform NEN 5118

Annex S06A

form.  
A4

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 18,2 [kN/m3]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m3]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Pc = 76,4 [kN/m2]

Vo = 1,974 [-]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stilleveeg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

date  
25-1-2011

dtv.  
Wein

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV

Oedometer test conform NEN 5118

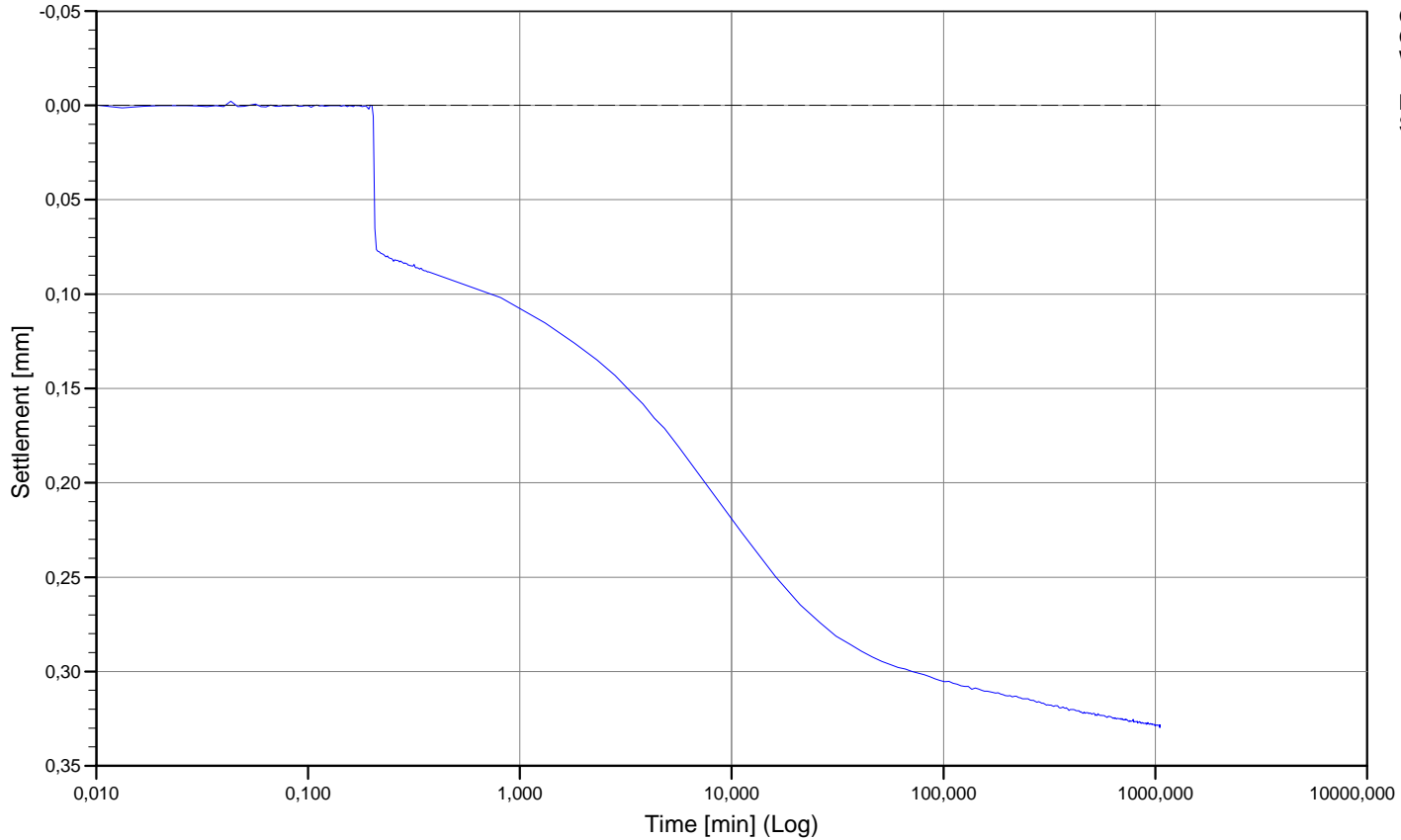
1202972/004

ctf.

Annex S06A

form.  
A4

## Casagrande Method; Loadstep 1



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201104113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

1202972/004

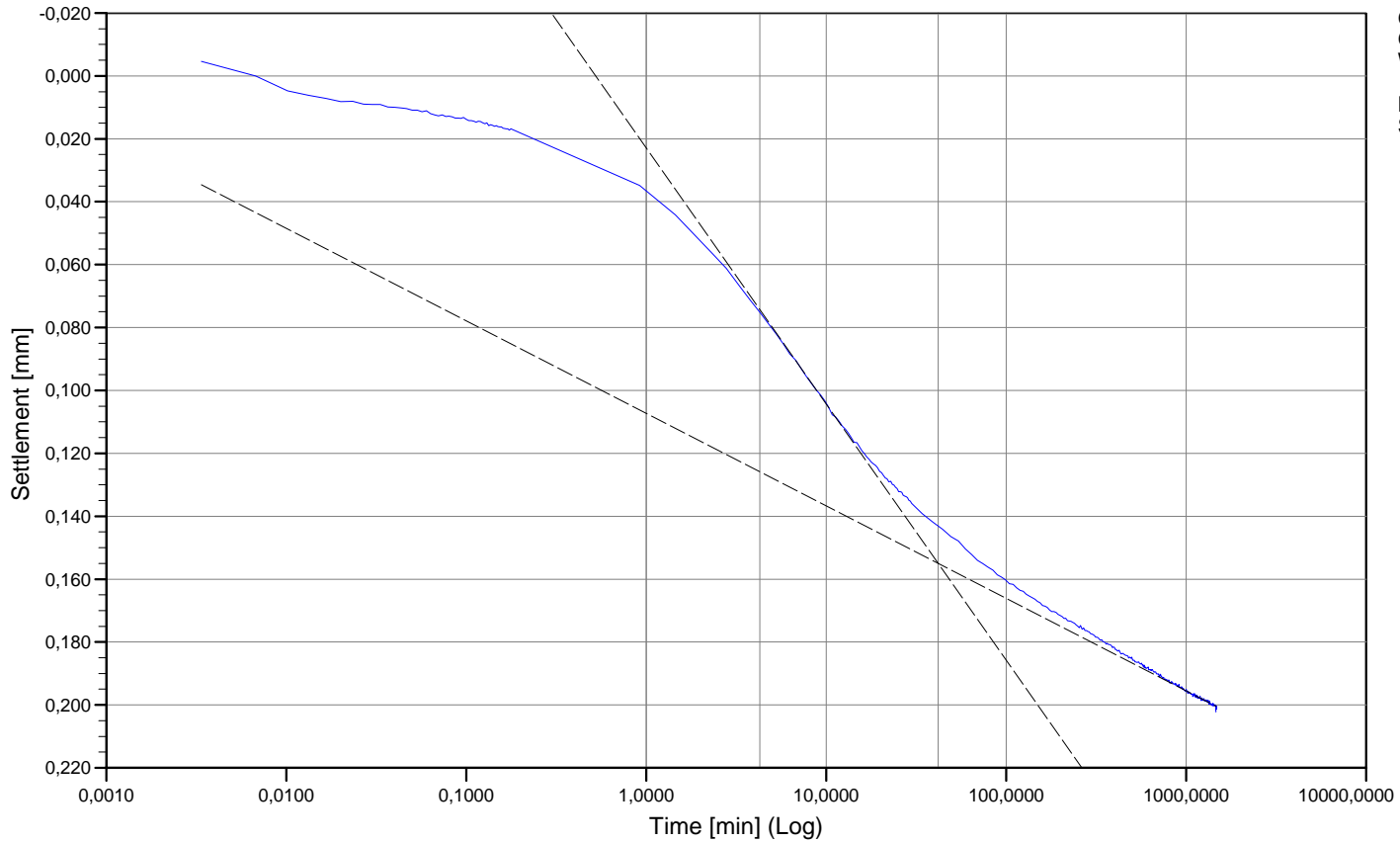
dit.

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 5,674E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 4,467E-004 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]                              K = 2,486E-010 [m/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



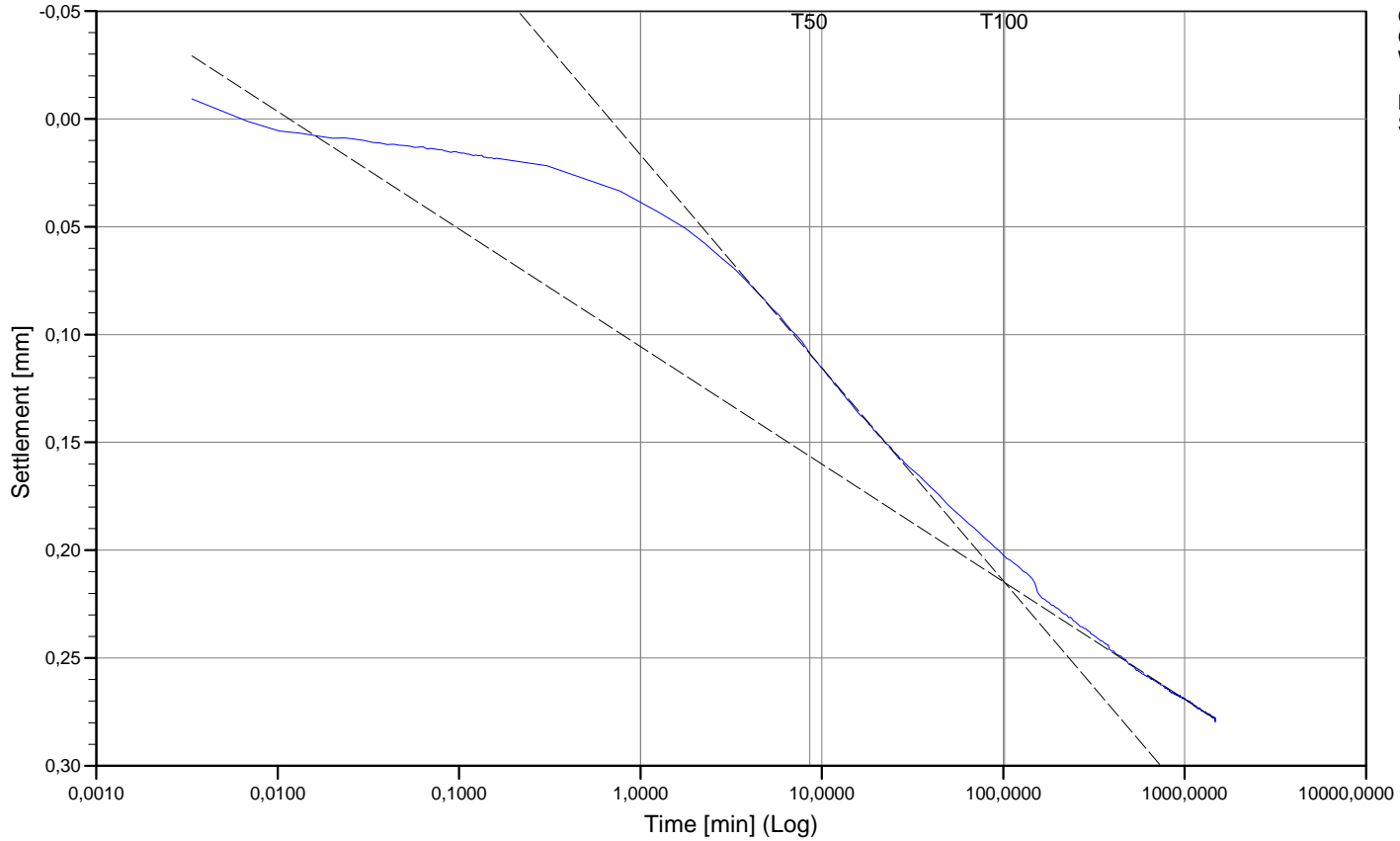
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

### Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 2,767E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 3,081E-004 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 2,800E-003 [-]              K = 8,362E-011 [m/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	25-1-2011	Wain
S06A			
A4			



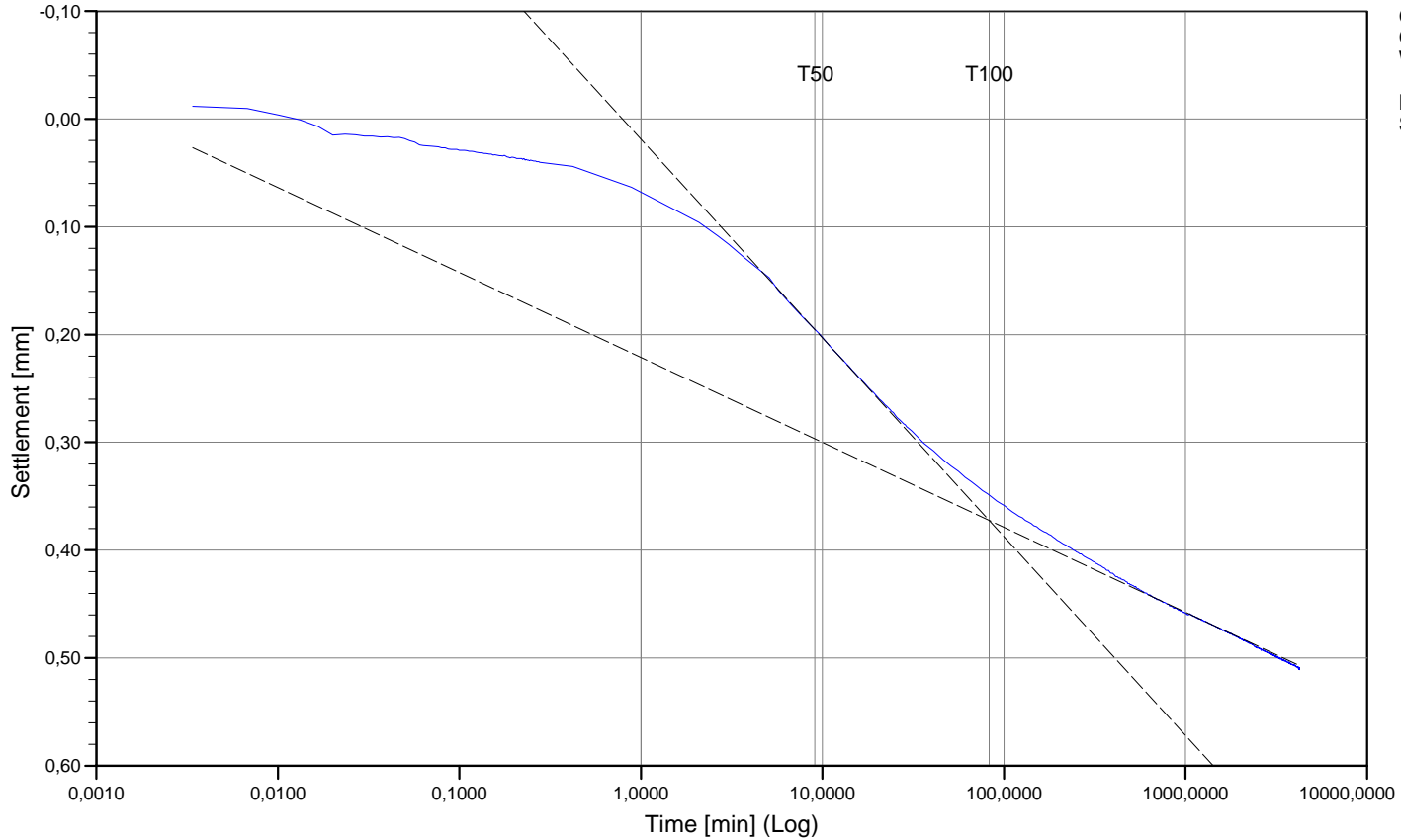
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 2,511E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 2,665E-004 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 4,107E-003 [-]              K = 6,566E-011 [m/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	drv.	Wein
S06A		ctf.		form.	A4



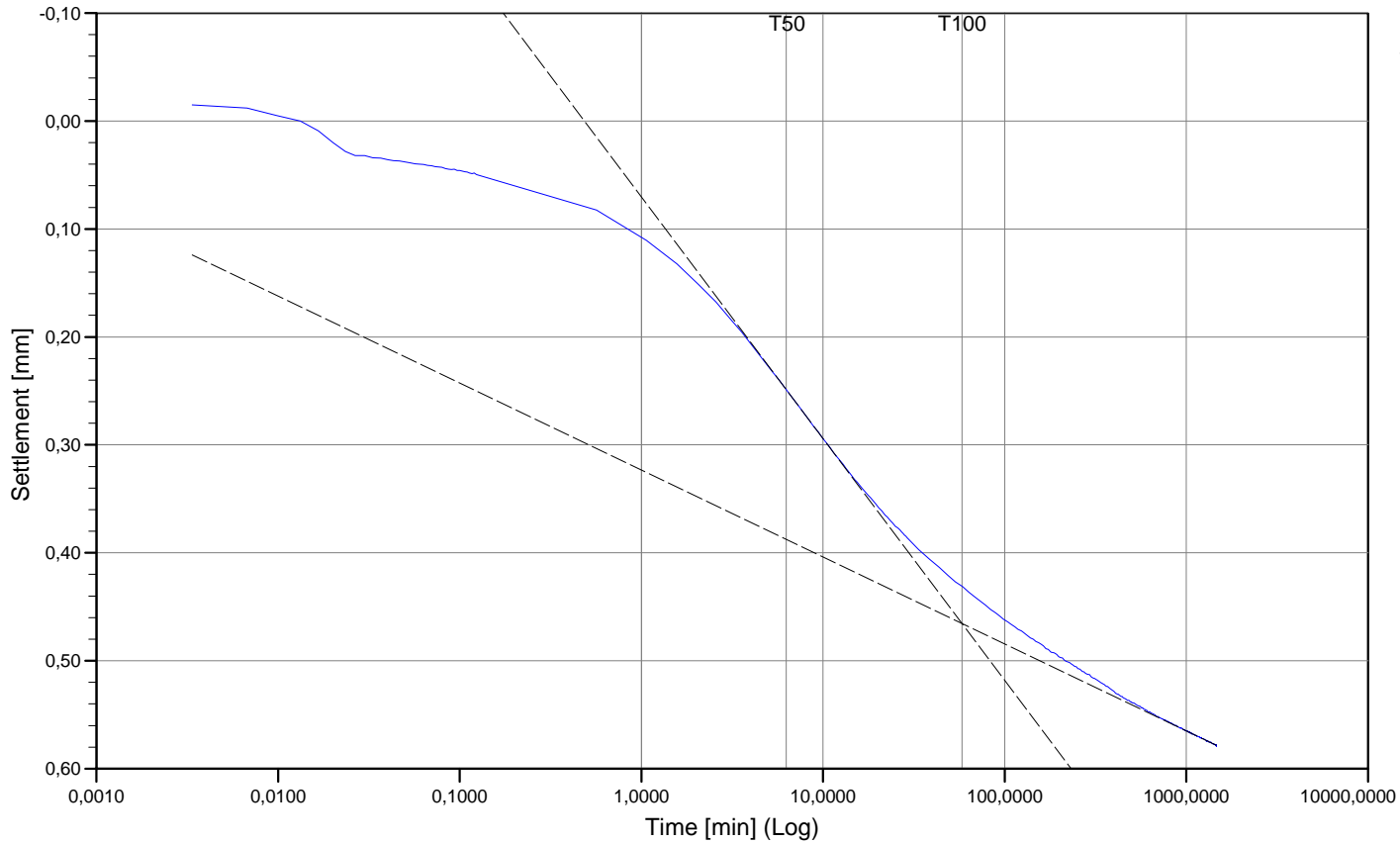
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

$C_v = 3,421E-008$  [m<sup>2</sup>/s]       $M_v = 1,656E-004$  [m<sup>2</sup>/kN]  
 $C_a = 4,315E-003$  [-]                       $K = 5,559E-011$  [m/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S06A		ctf.		form.	A4





**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

1202972/004

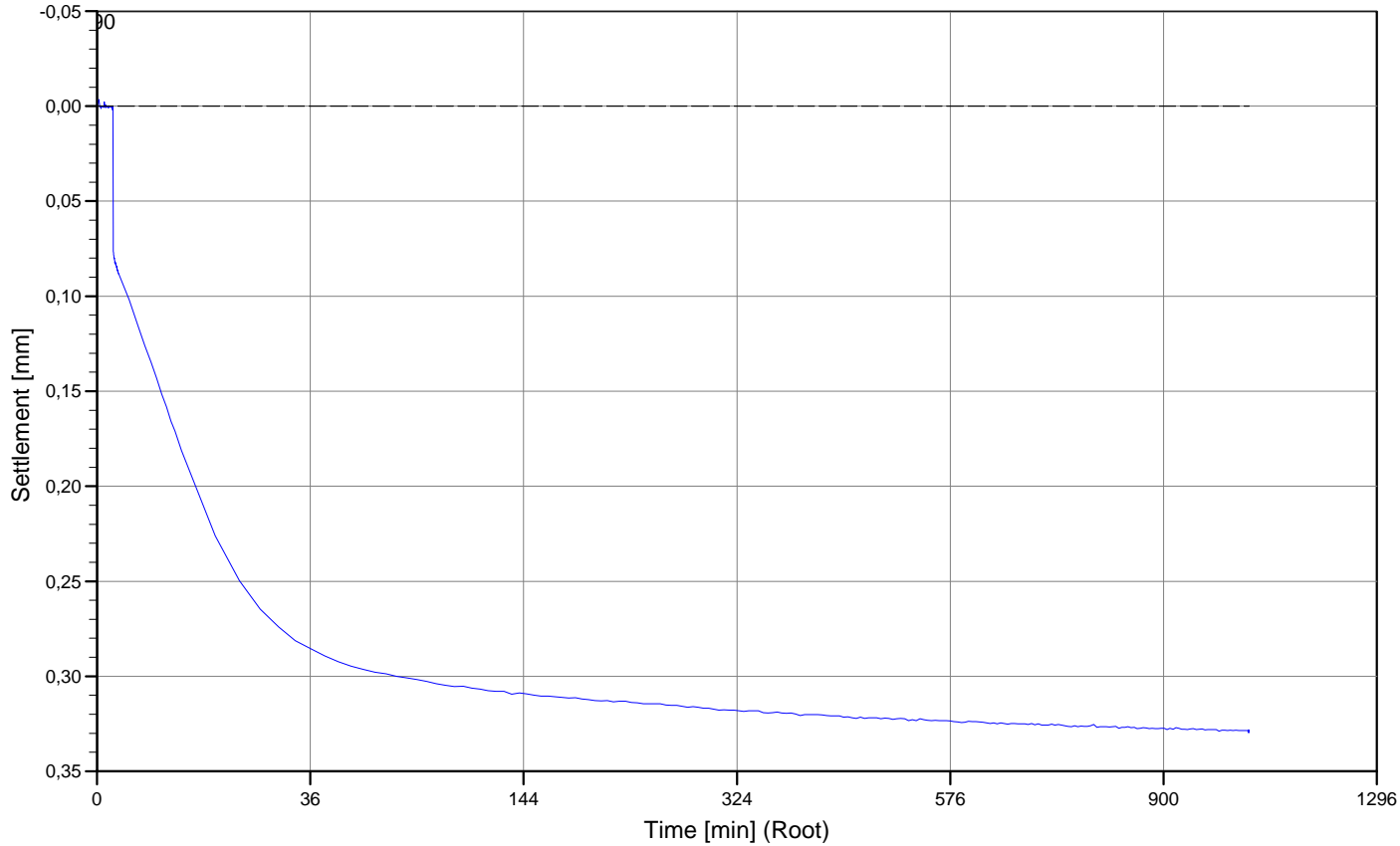
dit.

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 1



Gamma wet = 18,2 [kN/m3]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m3]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 0,000E+000 [m2/s]

No calculation performed.

Klei matig siltig met zandinsluitingen



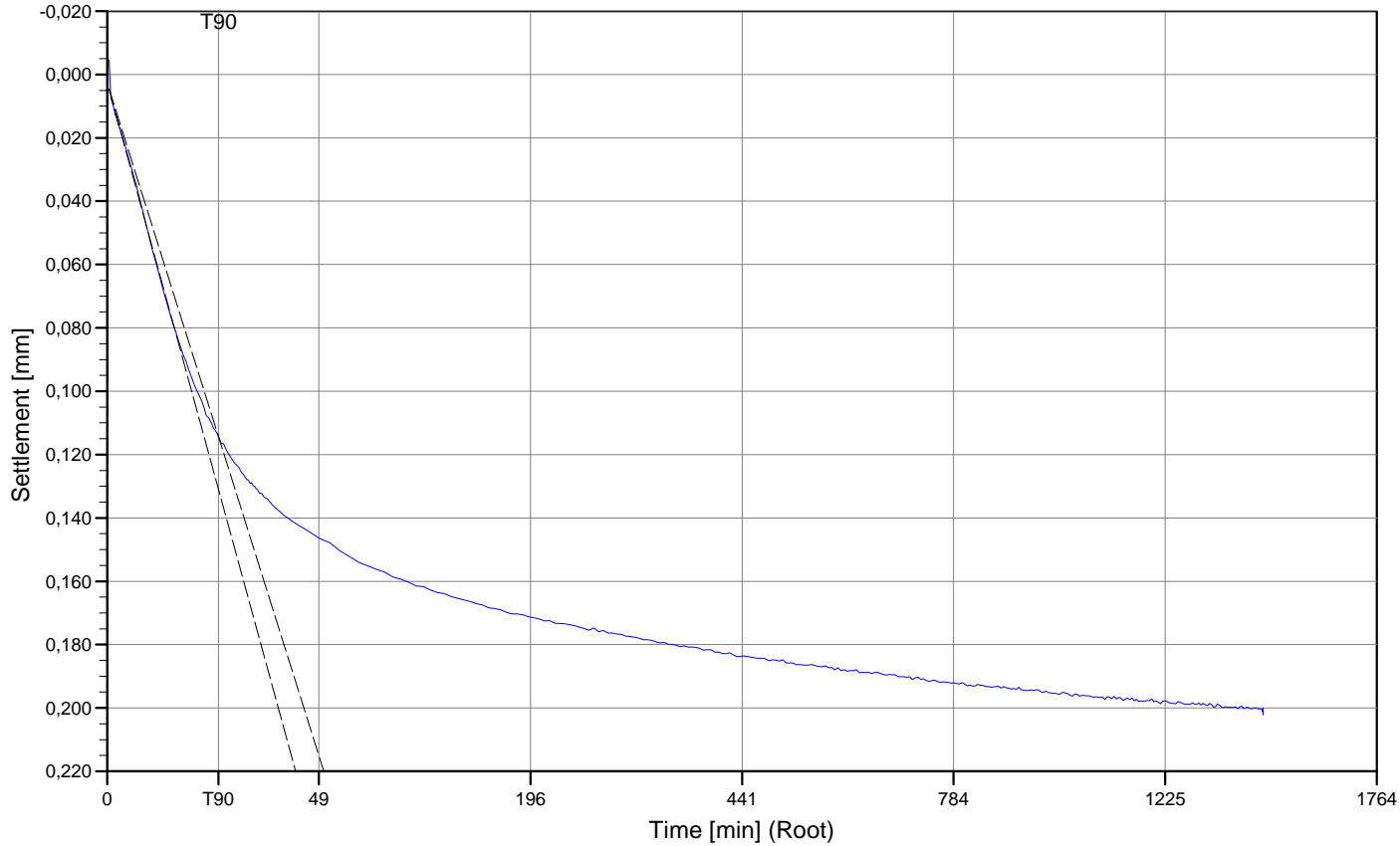
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 7,700E-008 [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S06A		ctf.		form.	A4



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101113.cdl

date  
25-1-2011

drvr.  
Wein

1202972/004

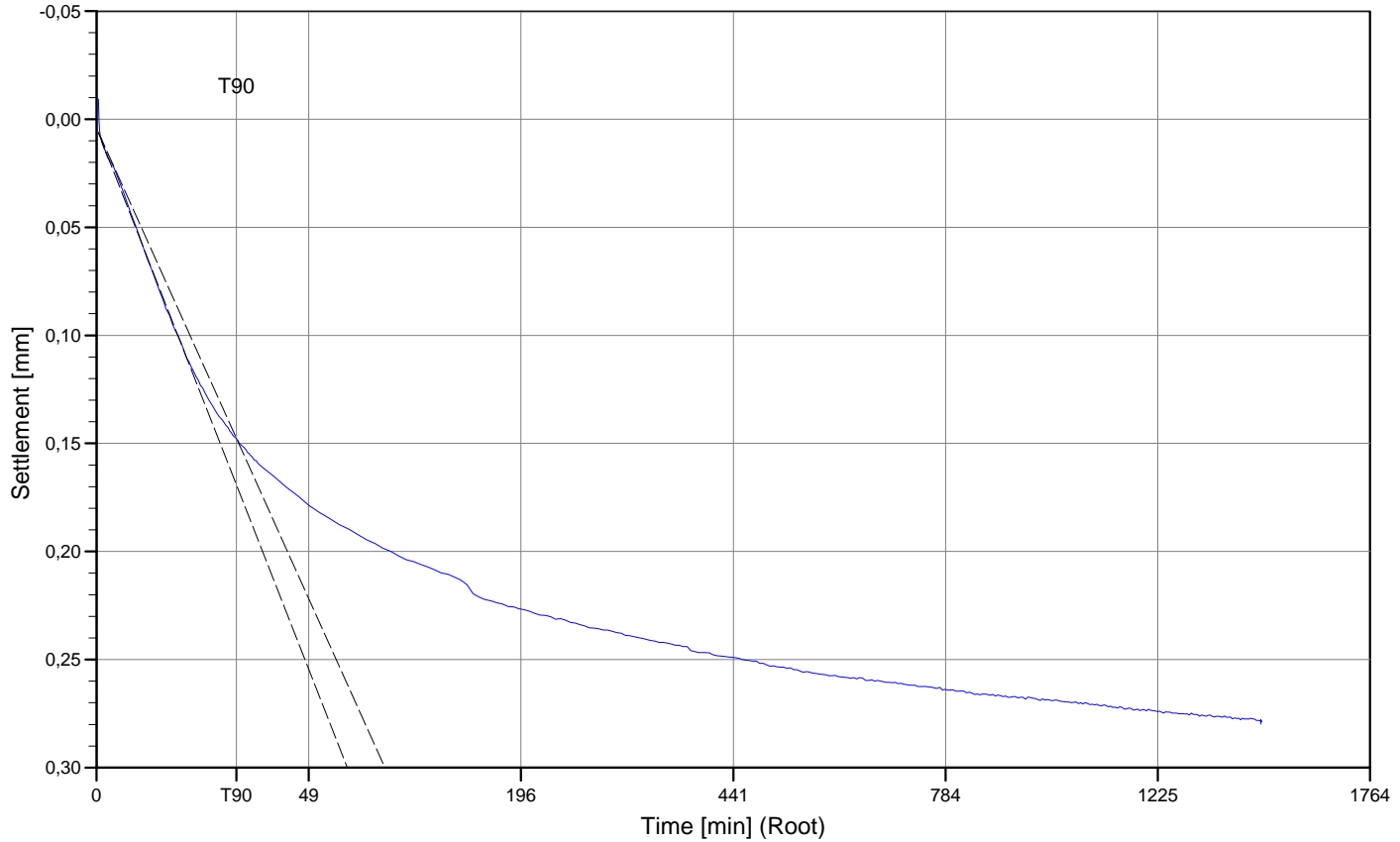
ctf.

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

### Taylor Method; Loadstep 3



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

Cv = 4,770E-008 [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

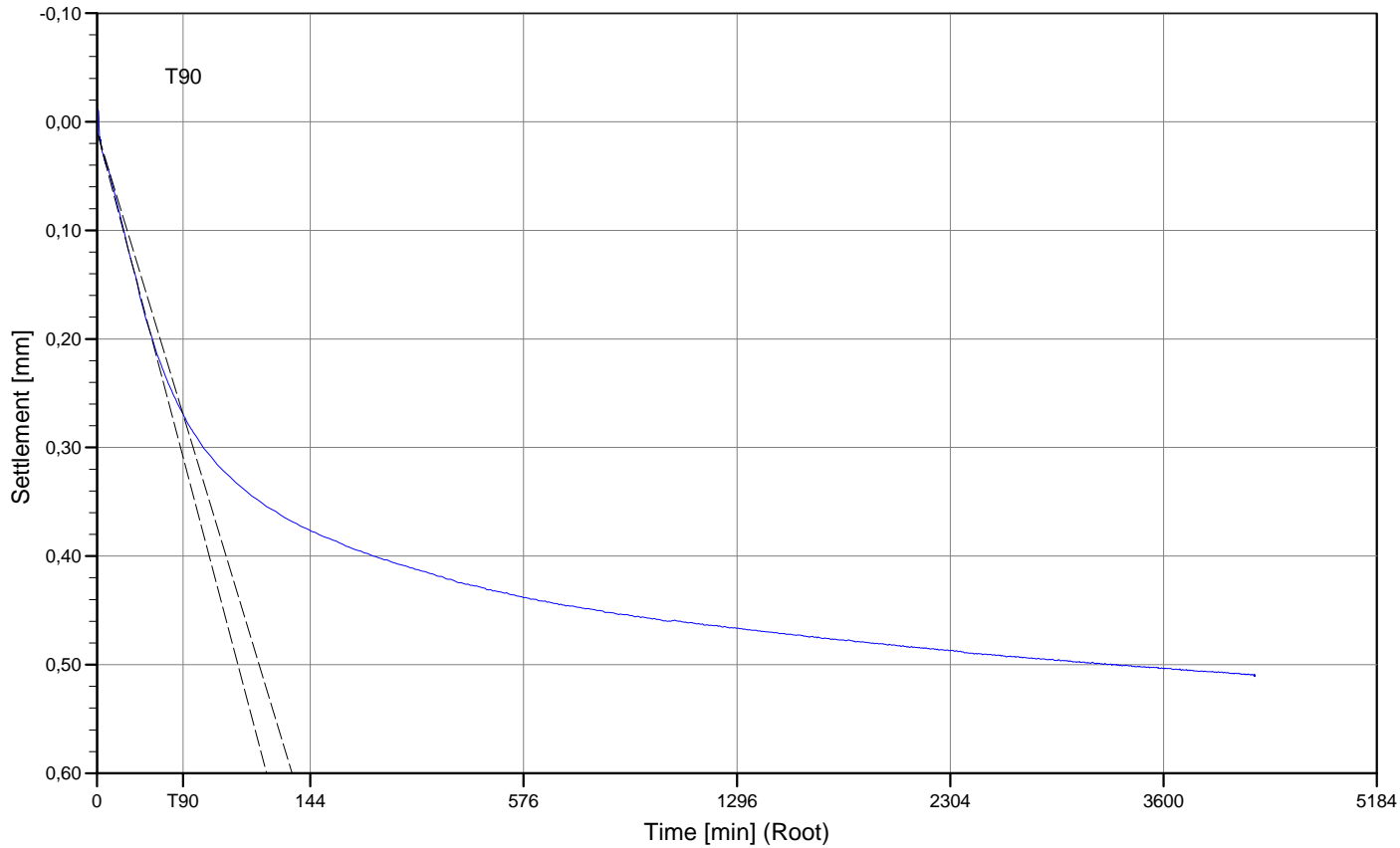
1202972/004

Annex S06A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 4



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

$C_v = 4,153E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 20110113.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 6A;5.20 - 5.25 m - MV

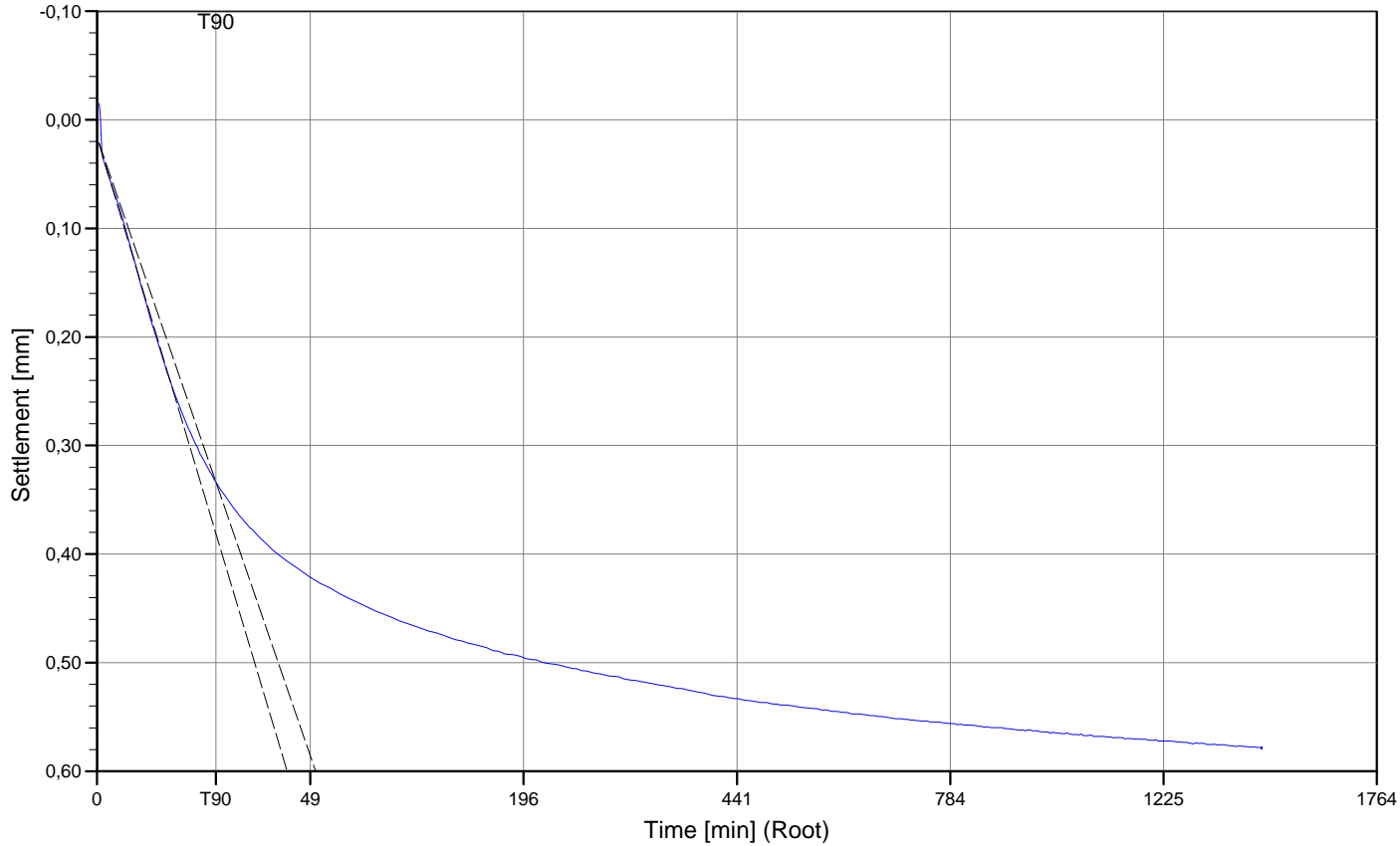
Oedometer test conform NEN 5118

1202972/004

Annex S06A

form.  
A4

## Taylor Method; Loadstep 5



Gamma wet = 18,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 13,3 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 36,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	17
2	35
3	71
4	140
5	280
6	140
7	280

$C_v = 6,030E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig met zandinsluitingen



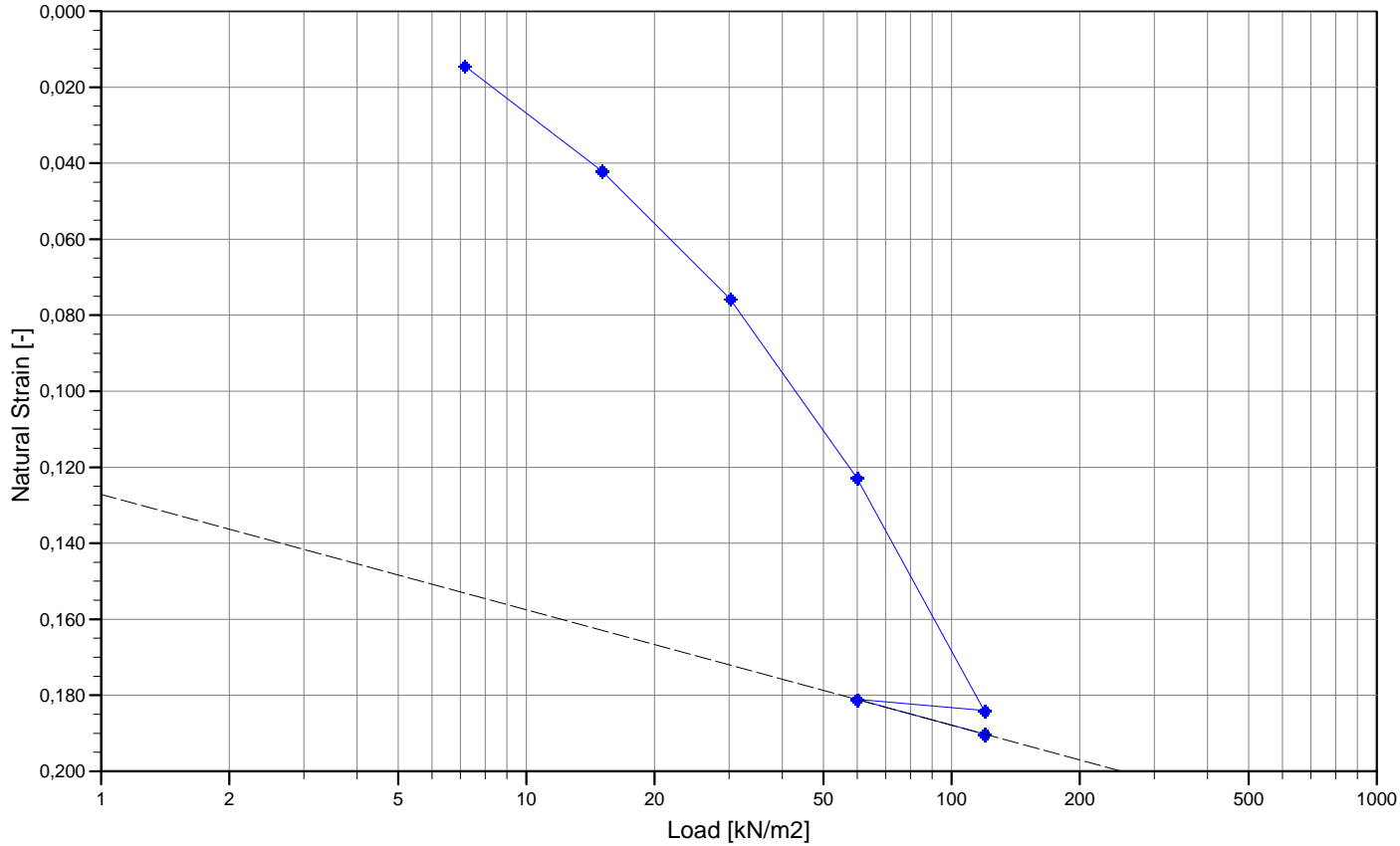
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Isotachen Method



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

A = 1,318E-002 [-]      C = 4,302E-003 [-]  
B = 8,878E-002 [-]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		form.	A4		



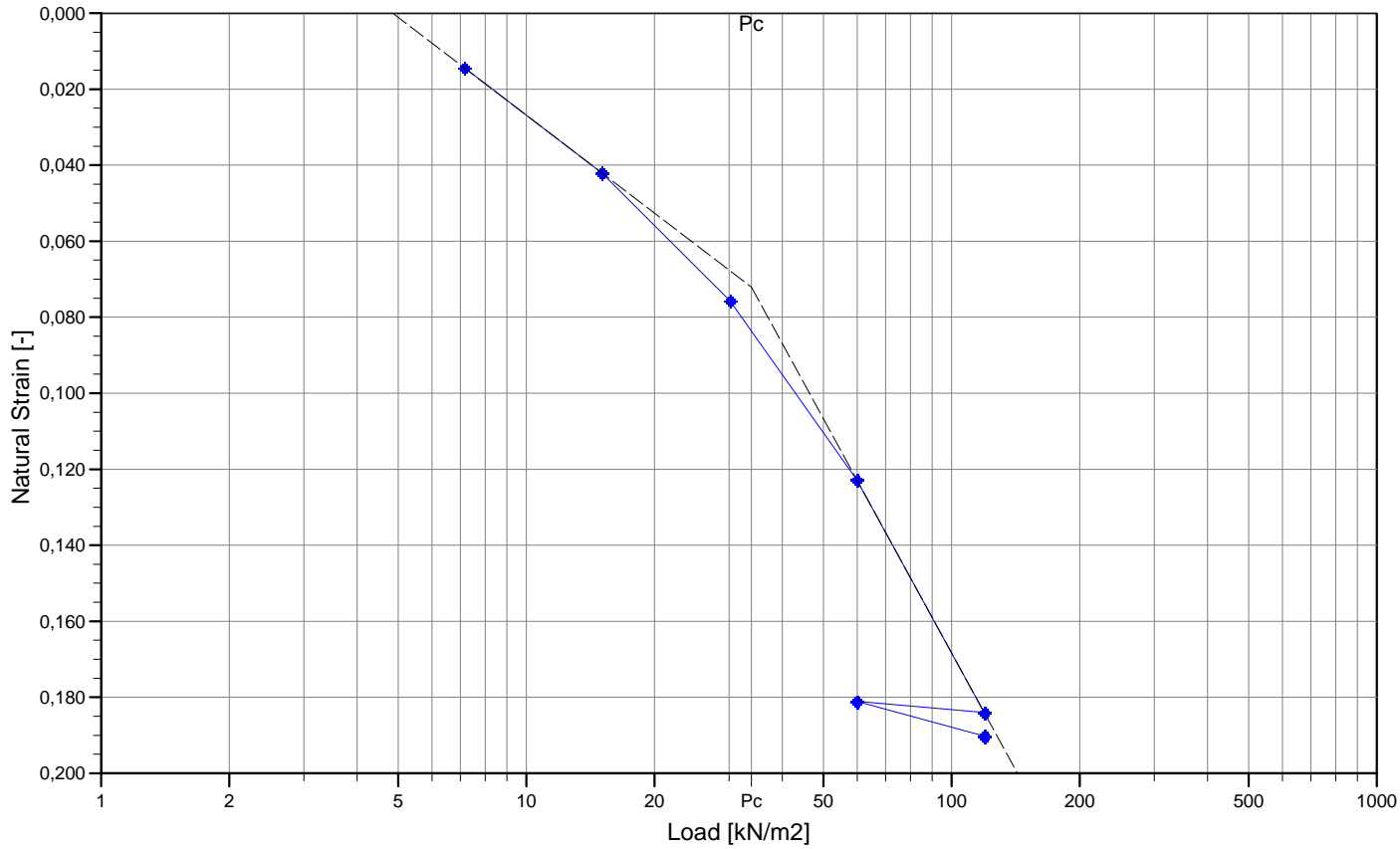
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Isotachen Method



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Pc = 33,8 [kN/m<sup>2</sup>]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S03B

A4

date  
25-1-2011

dwg.  
Wein

1202972-004

cit.



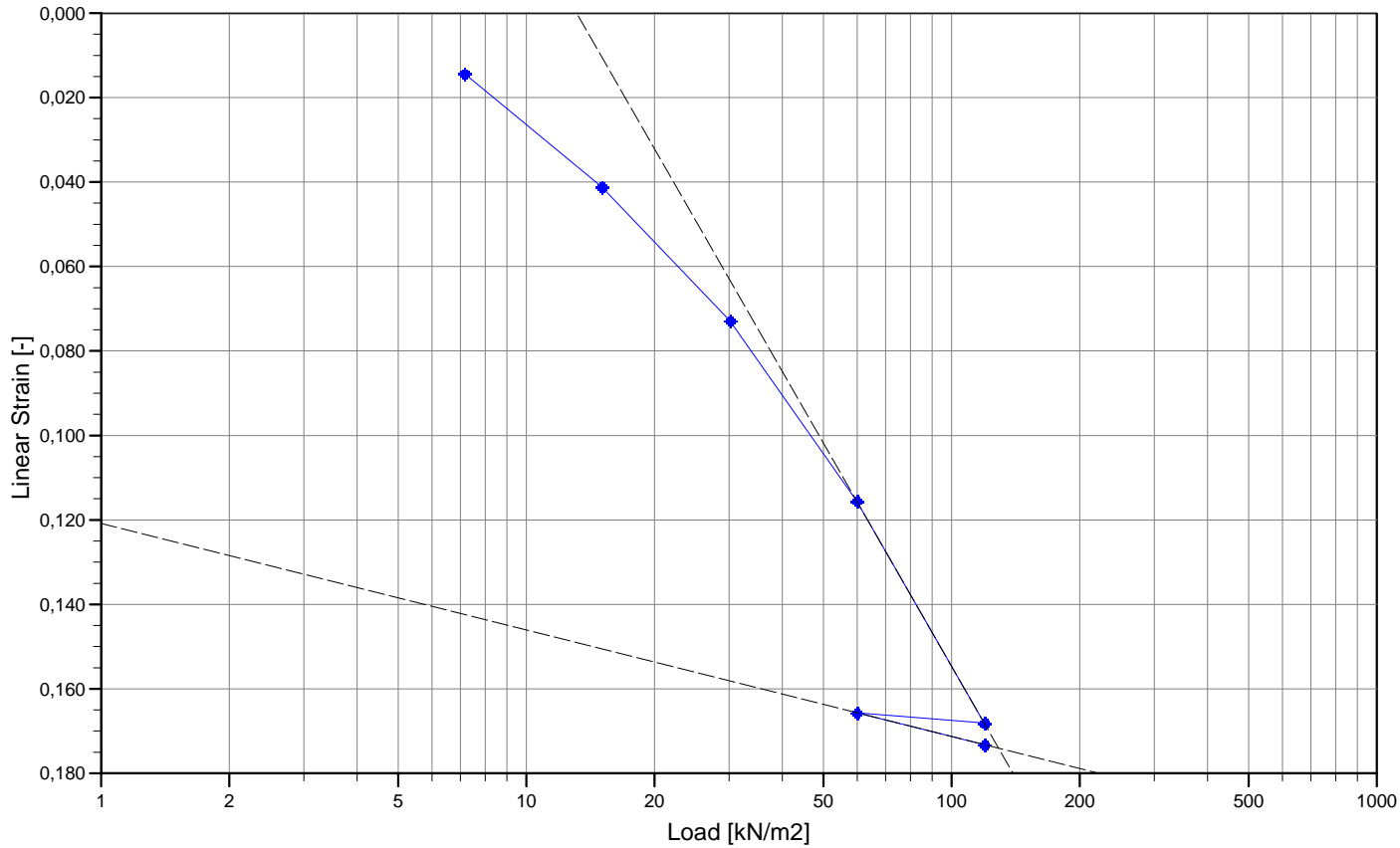
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 15,6 [kN/m3]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m3]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

RR = 2,520E-002 [-] Ca = 9,456E-003 [-]  
CR = 1,754E-001 [-] Vo = 2,928 [-]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		cf.		form.	A4





**Deltares**

Stilleveegweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

dwg.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV

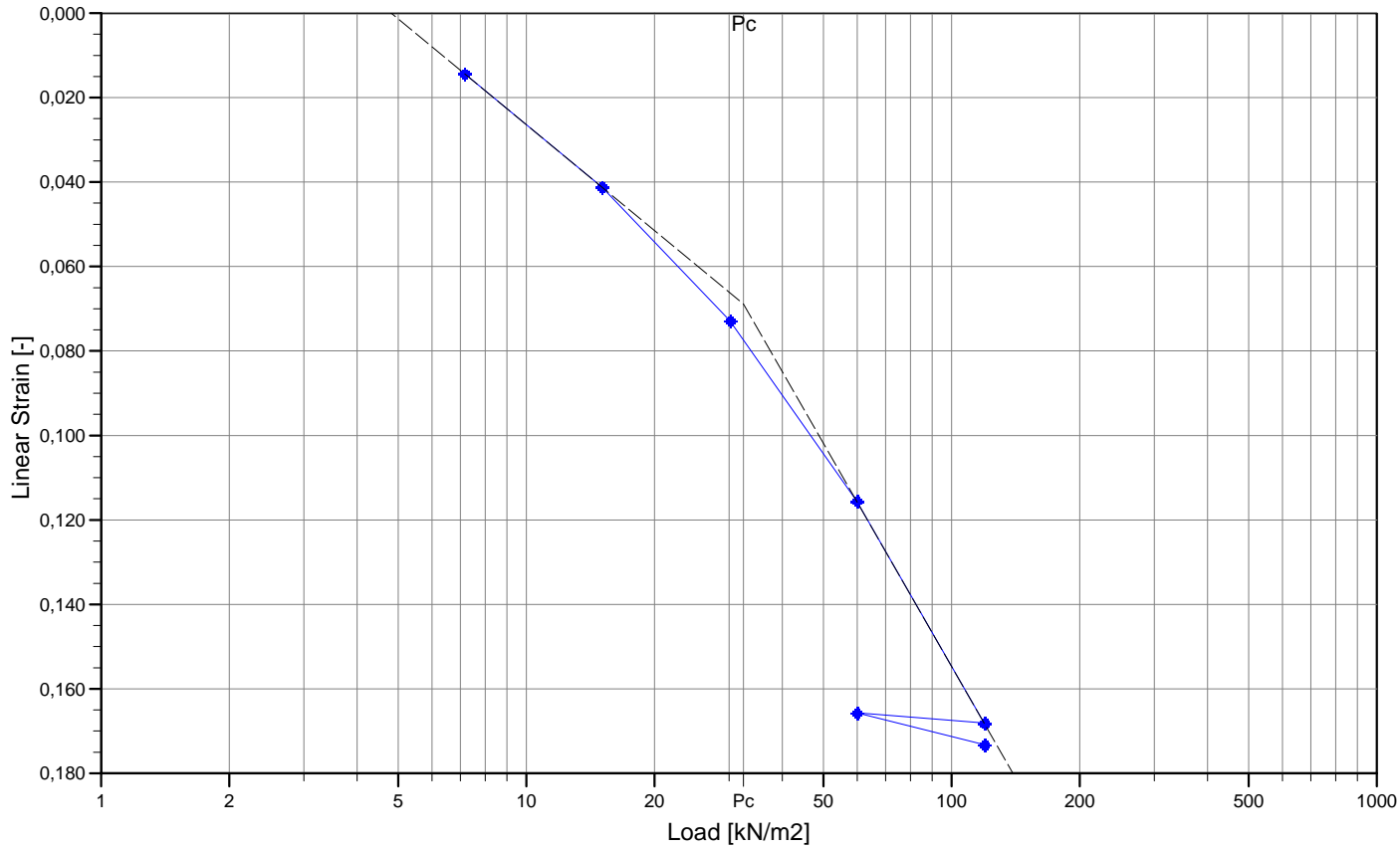
Oedometer test conform NEN 5118

1202972-004

Annex S03B

form.  
A4

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 15,6 [kN/m3]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m3]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m2]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Pc = 32,4 [kN/m2]

Vo = 2,928 [-]

Klei matig siltig



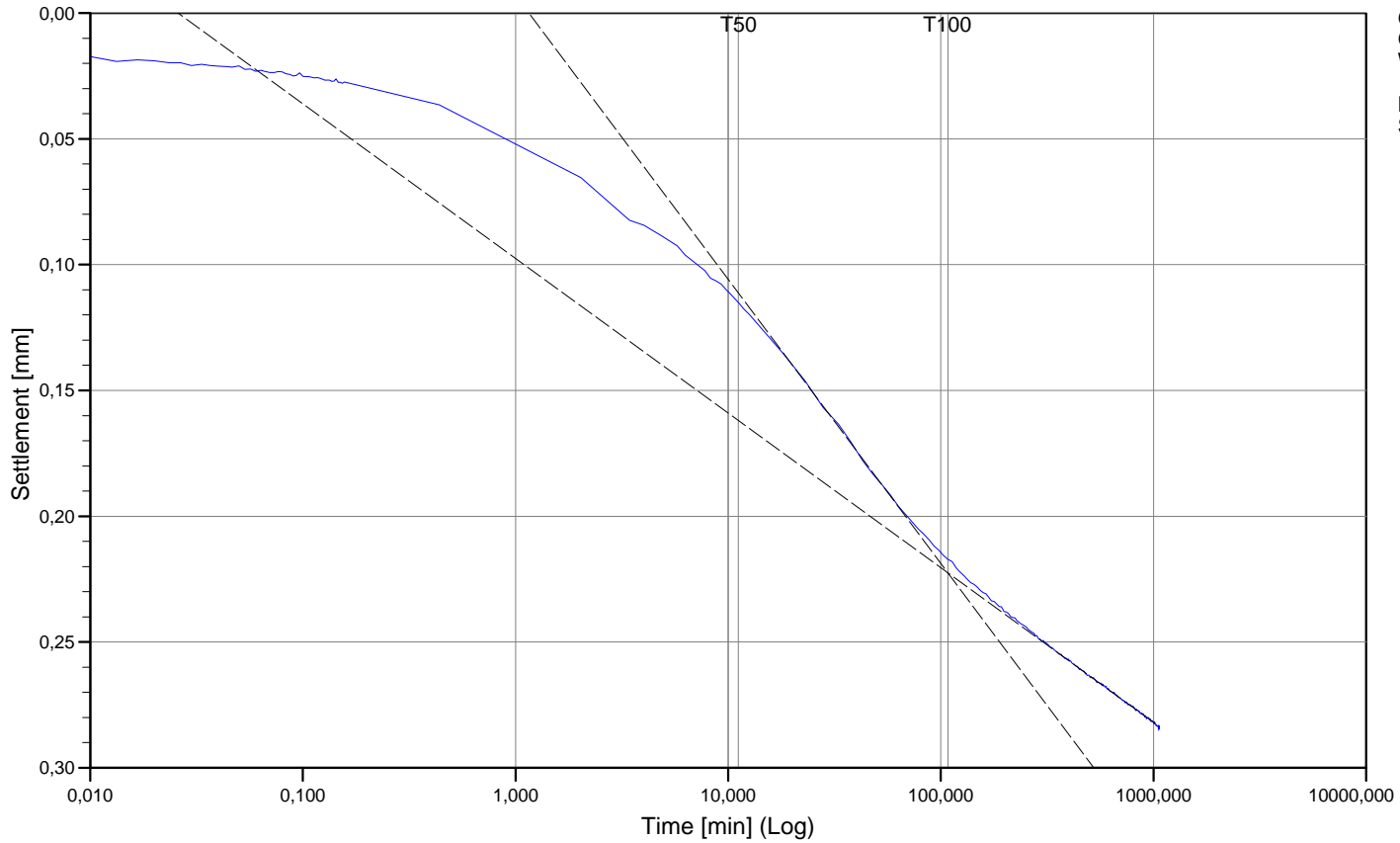
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Casagrande Method; Loadstep 1



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 2,234E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 1,505E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]                              K = 3,298E-010 [m/s]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B; 2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		form.	A4		



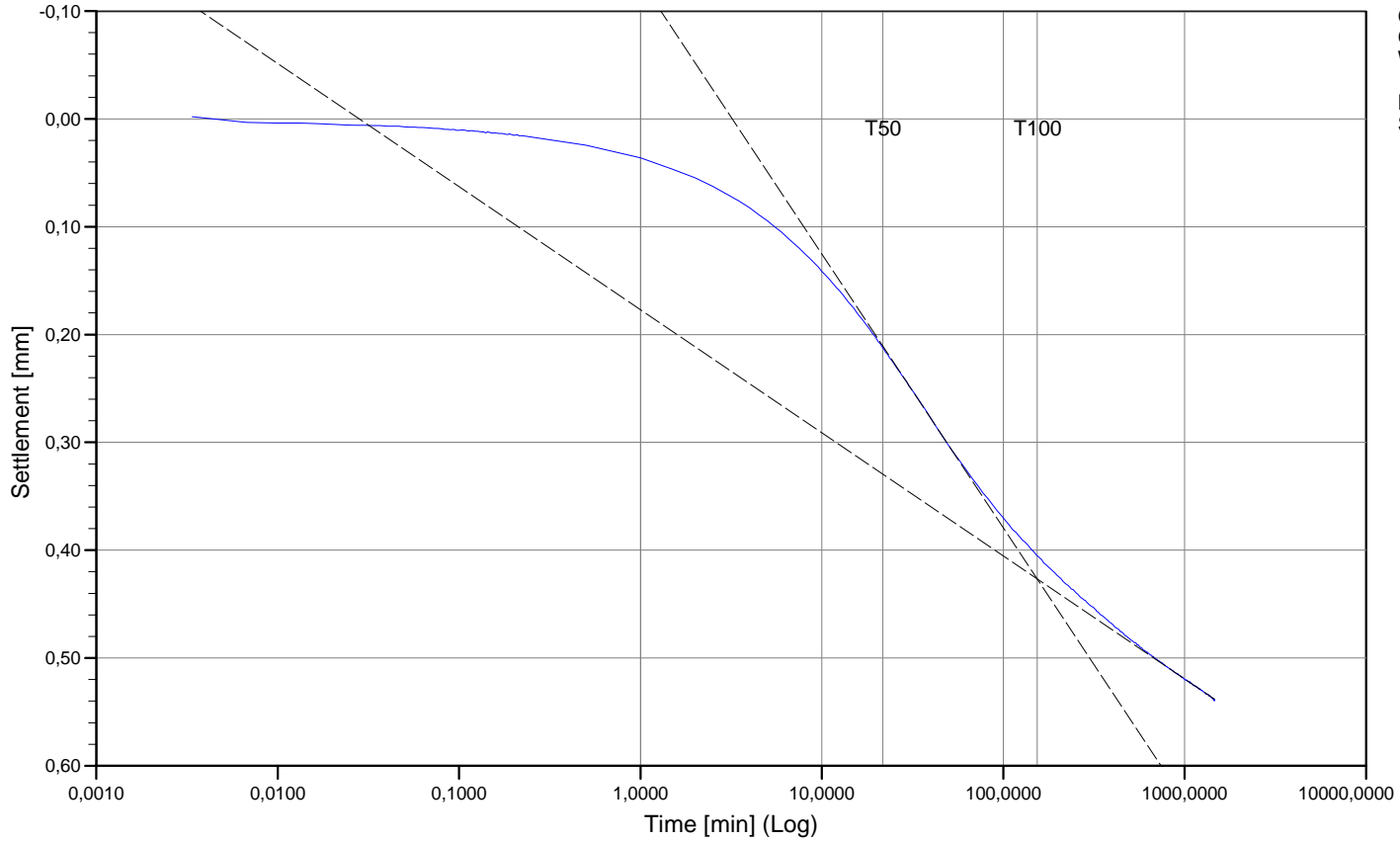
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 1,107E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 2,752E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]                              K = 2,988E-010 [m/s]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B; 2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwg.	Wein
S03B		cf.		form.	A4



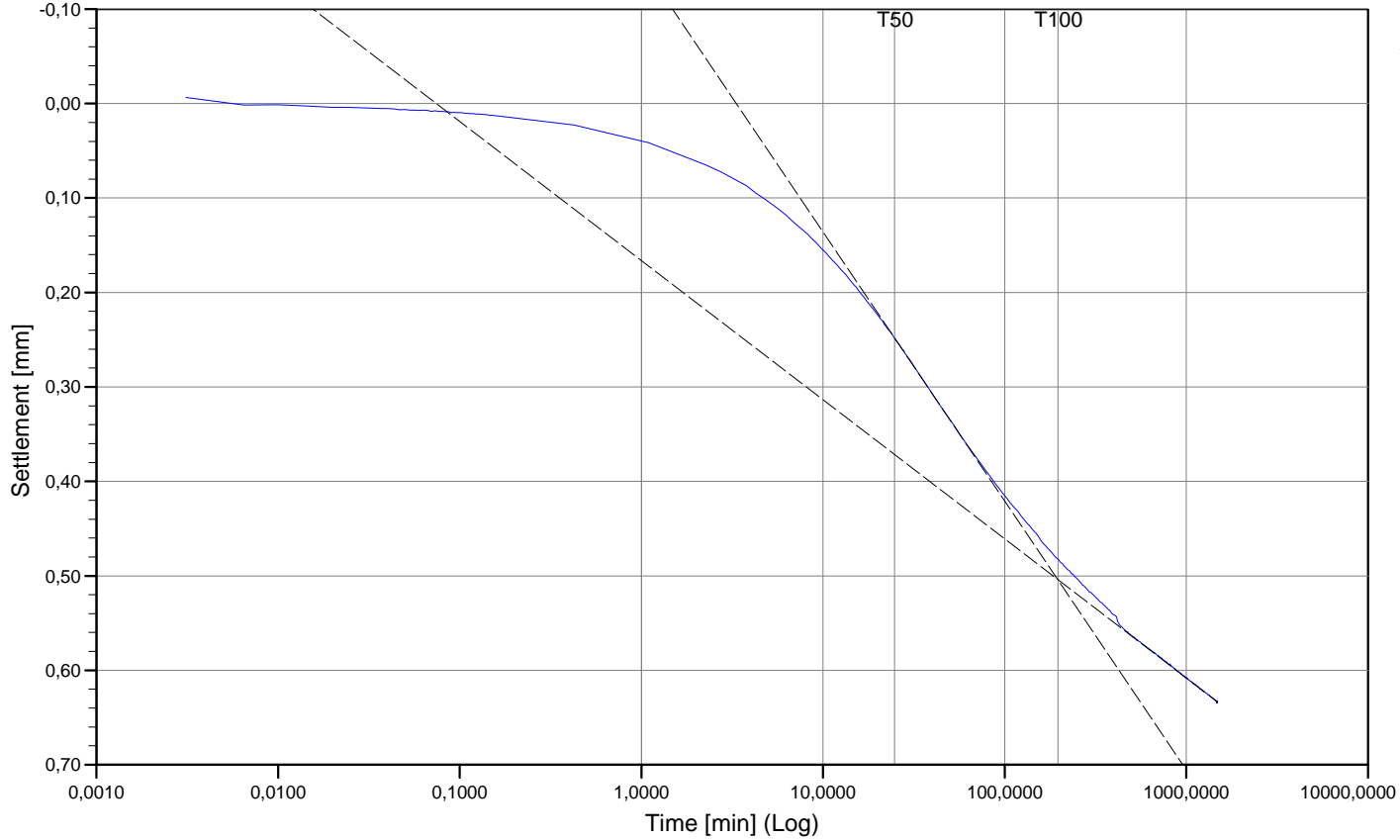
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

### Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 9,111E-009 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 1,770E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 7,682E-003 [-]              K = 1,582E-010 [m/s]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		cf.		form.	A4

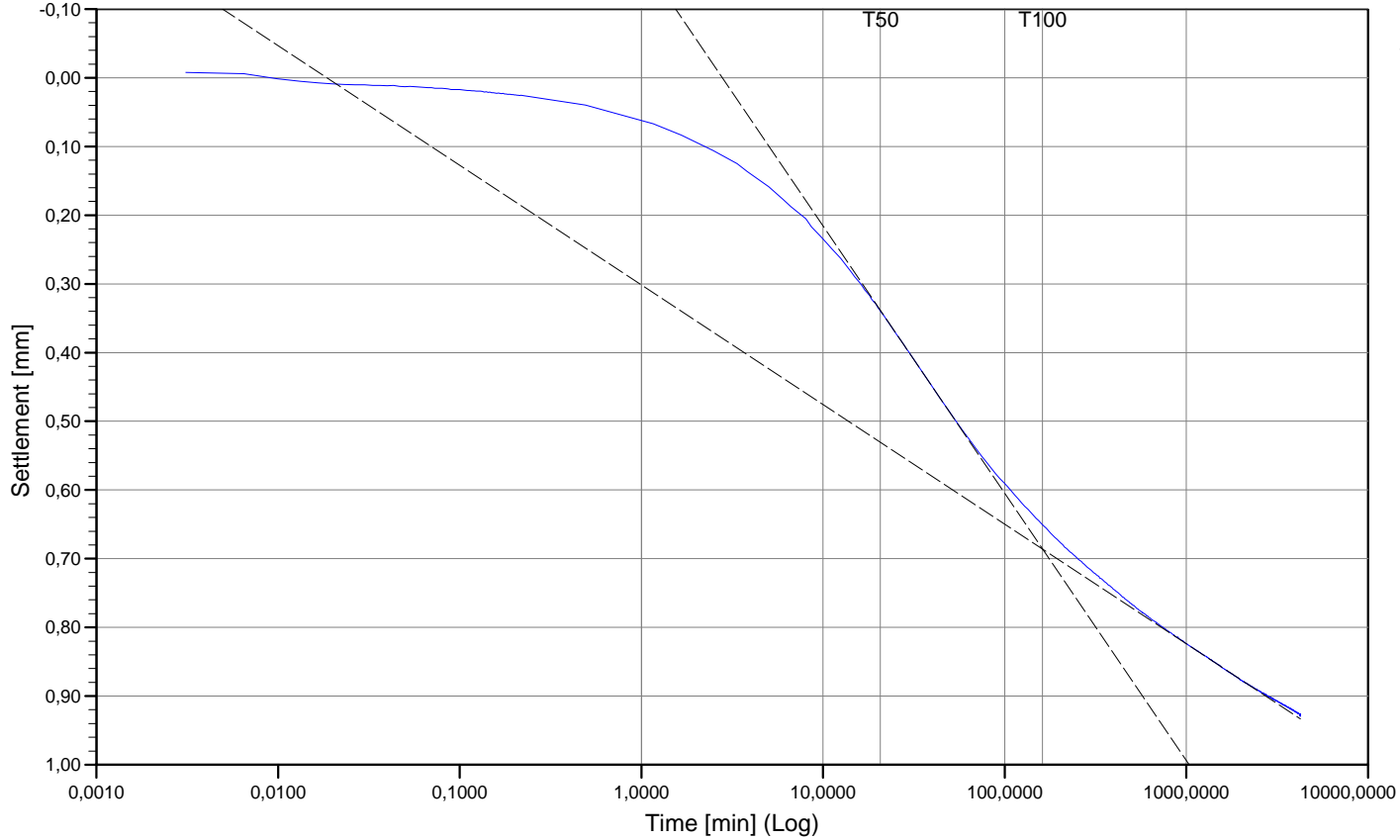


**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 1,012E-008 [m<sup>2</sup>/s] Mv = 1,257E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 9,393E-003 [-] K = 1,249E-010 [m/s]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		cf.		form.	A4



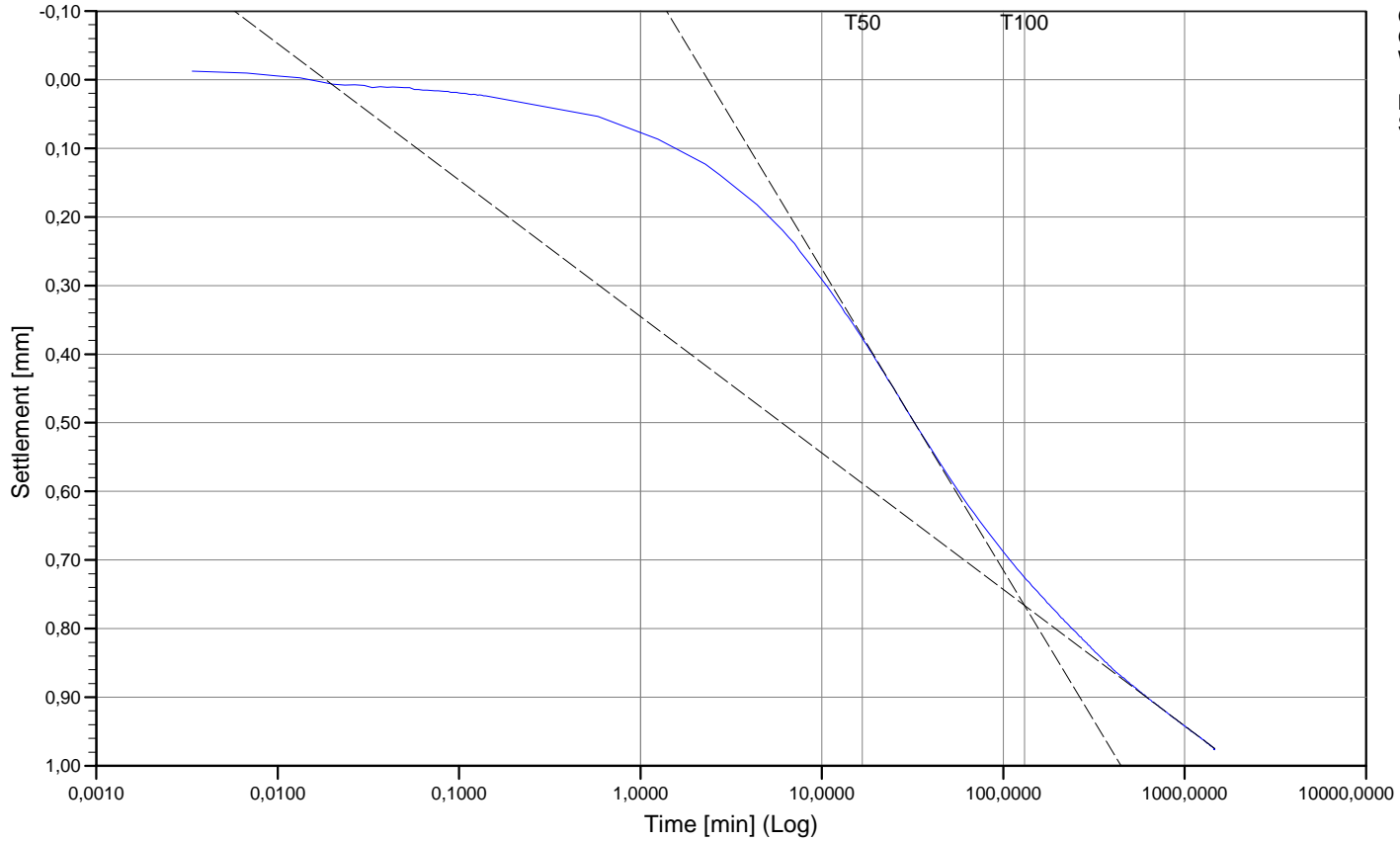
**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 1,122E-008 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 7,427E-004 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 1,130E-002 [-]              K = 8,173E-011 [m/s]

Klei matig siltig

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972-004	date	25-1-2011	dwv.	Wein
S03B		cf.		form.	A4



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

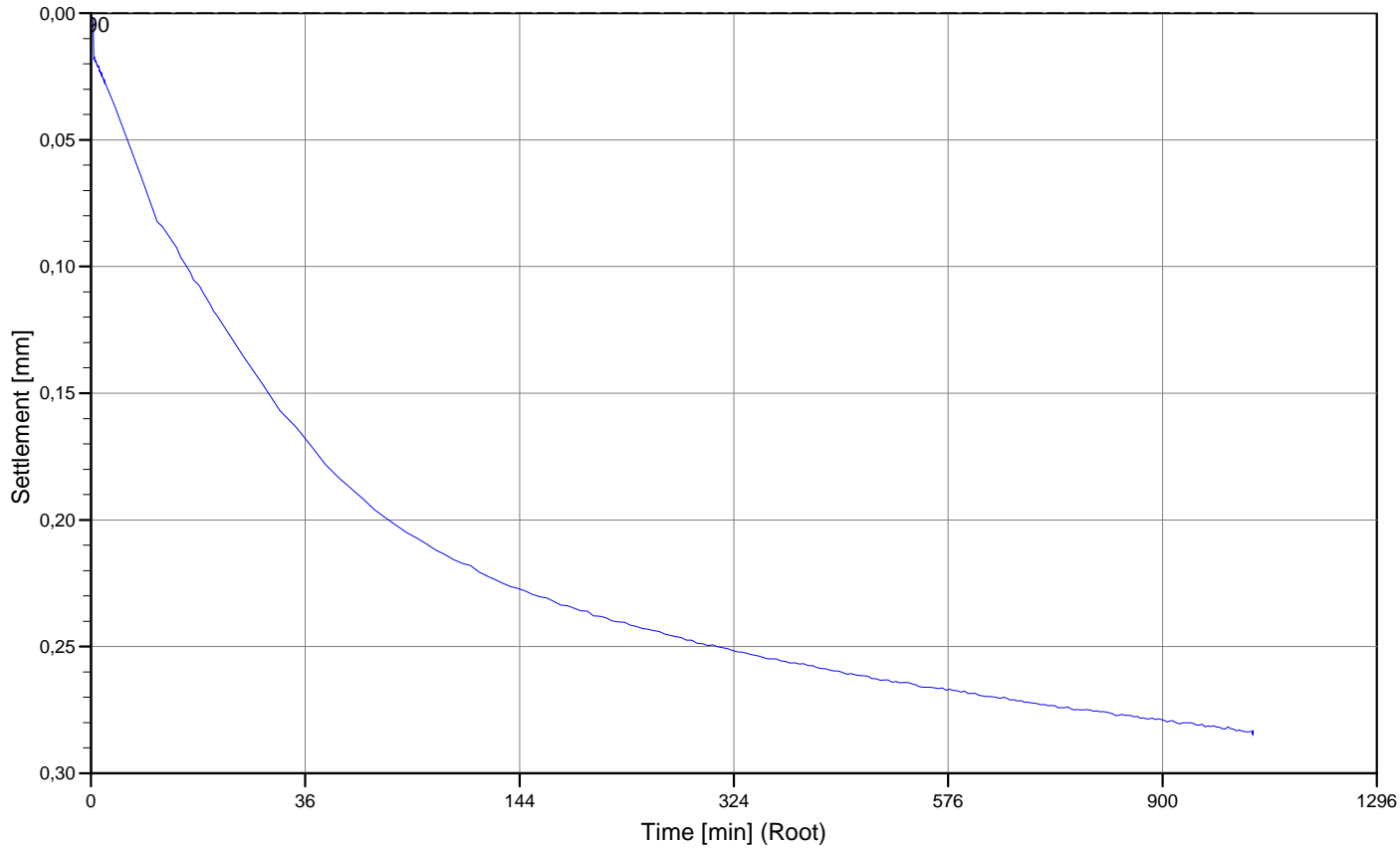
1202972-004

Annex S03B

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B; 2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 1



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.

Klei matig siltig



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

dwg.  
Wein

1202972-004

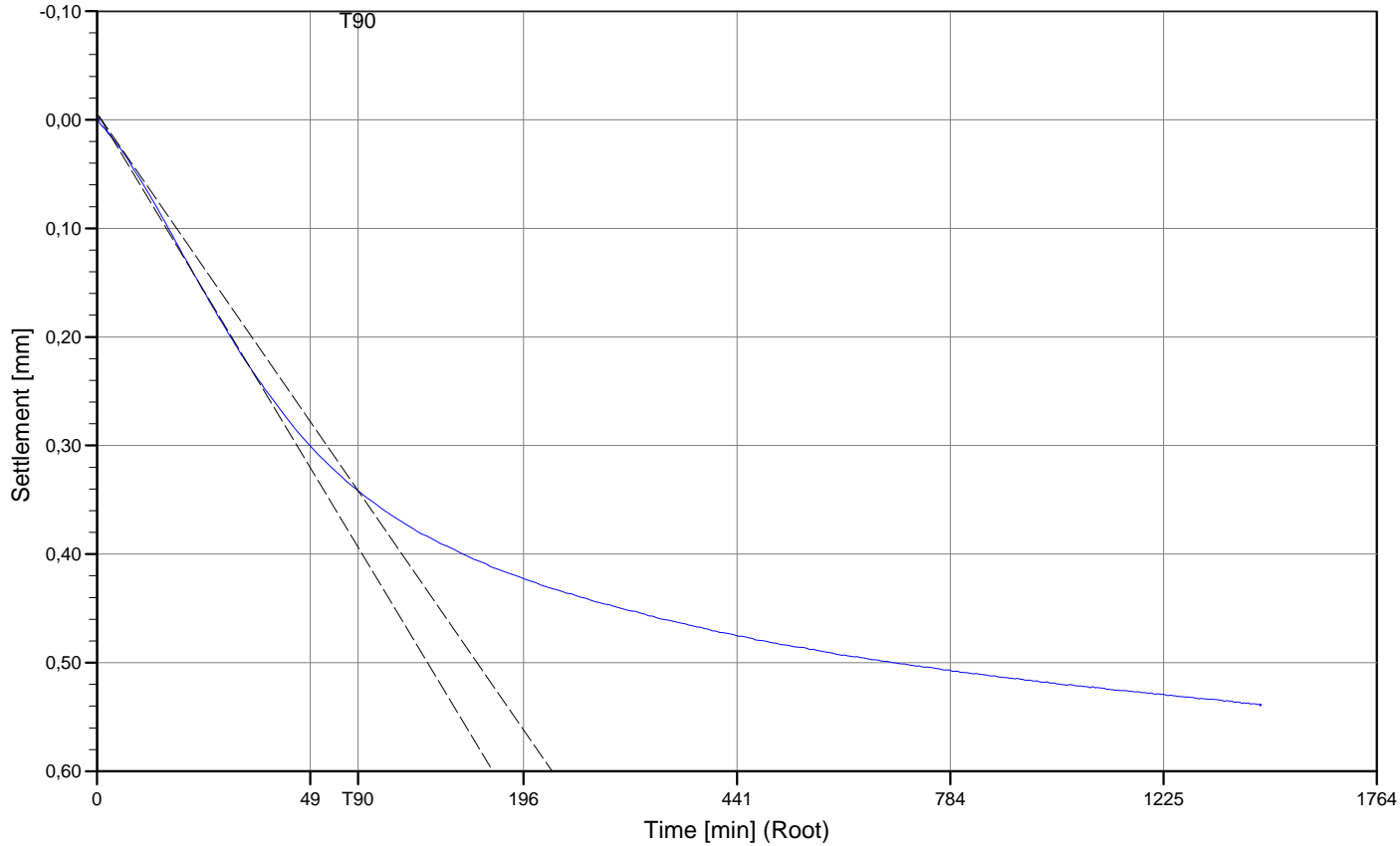
dit.

Annex S03B

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

$C_v = 1,388E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig





**Deltares**

Stijlsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

dwg.  
Wein

1202972-004

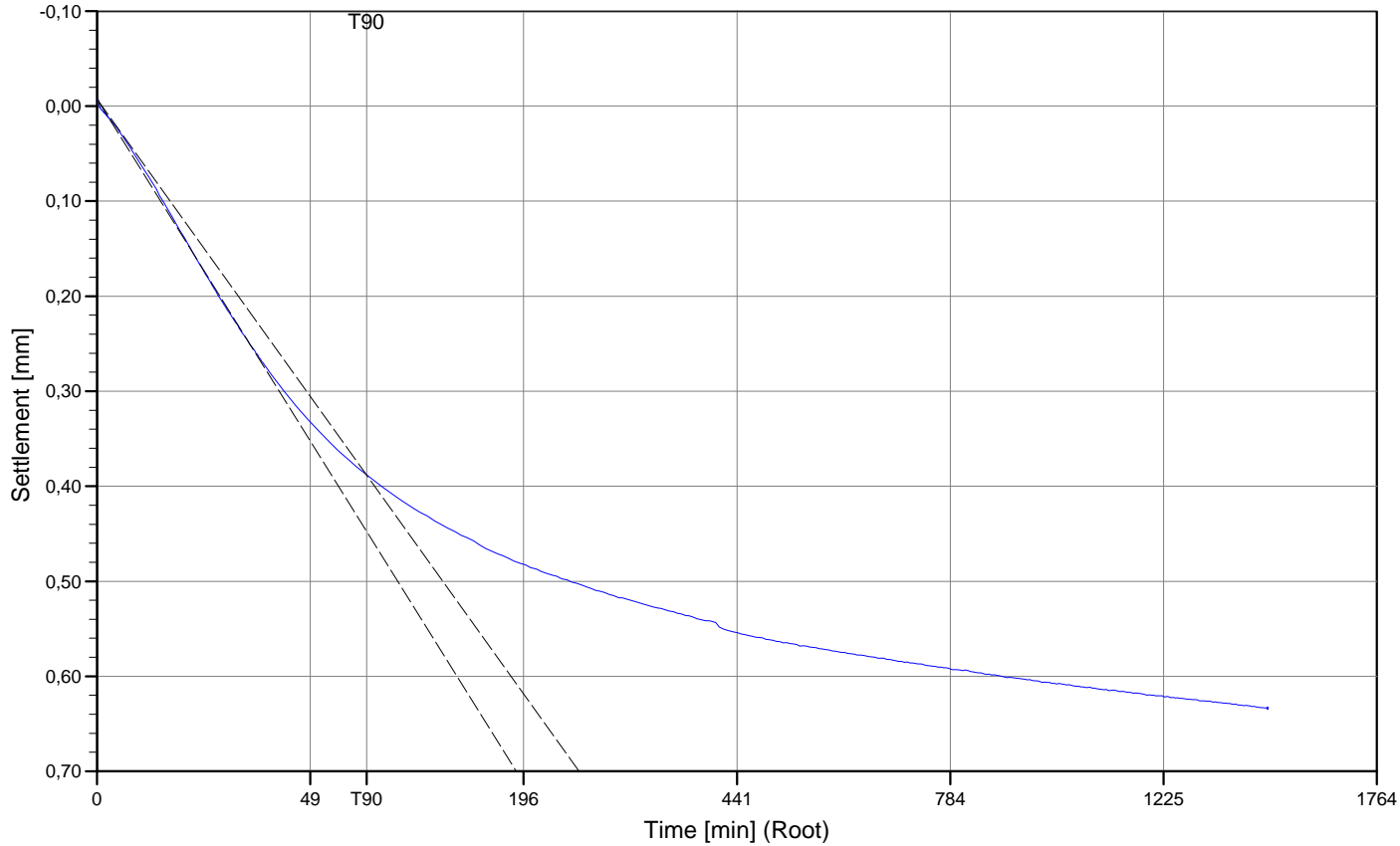
cit.

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B; 2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S03B

form.  
A4

### Taylor Method; Loadstep 3



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

$C_v = 1,224E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig

## Taylor Method; Loadstep 4



**Deltares**

Stilleweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

drw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

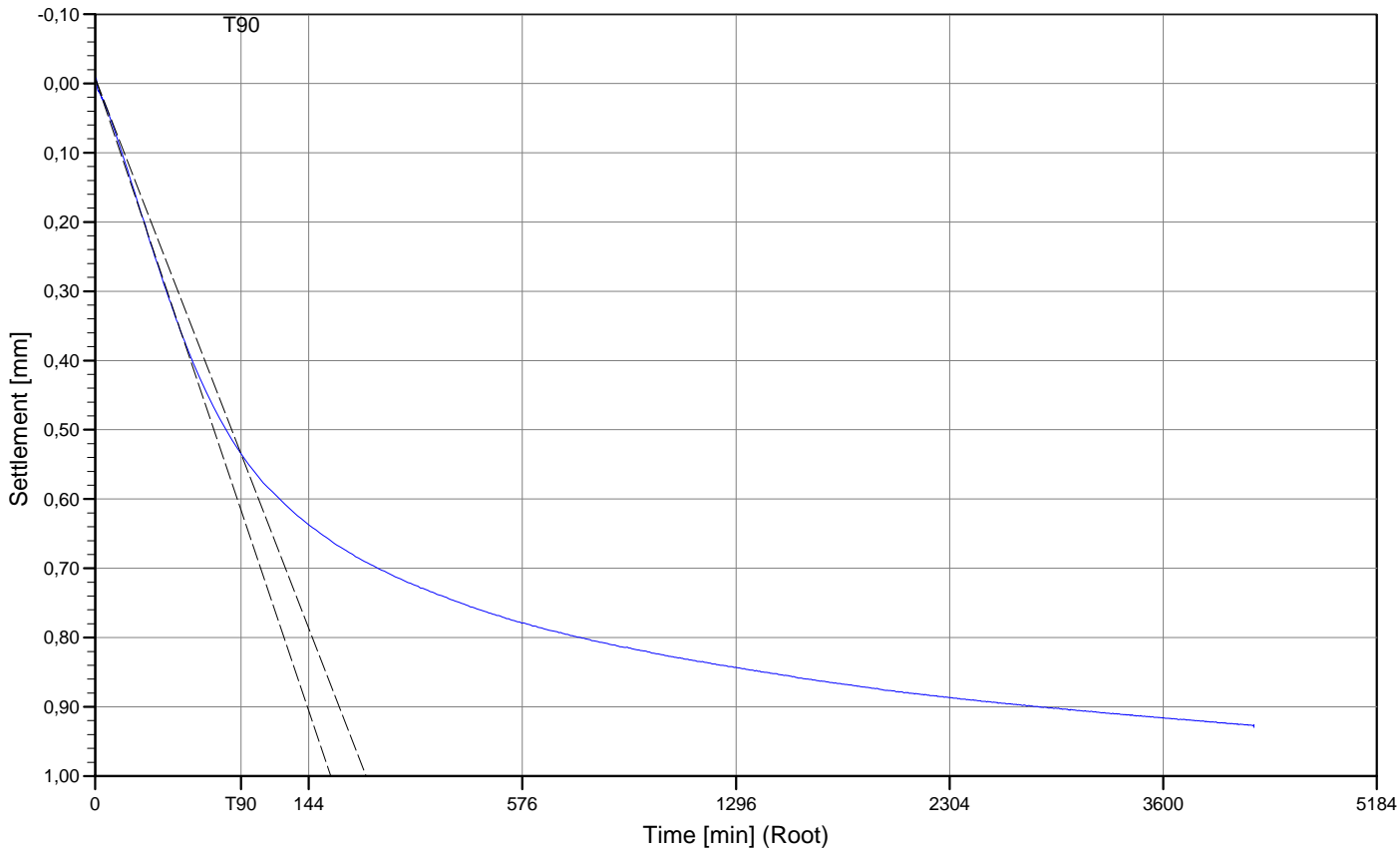
Boring B01, Monster 3B; 2.70 - 2.75 m - MV

Oedometer test conform NEN 5118

1202972-004

Annex S03B

form.  
A4



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

$C_v = 1,312E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101111.cad

date  
25-1-2011

dwg.  
Wein

1202972-004

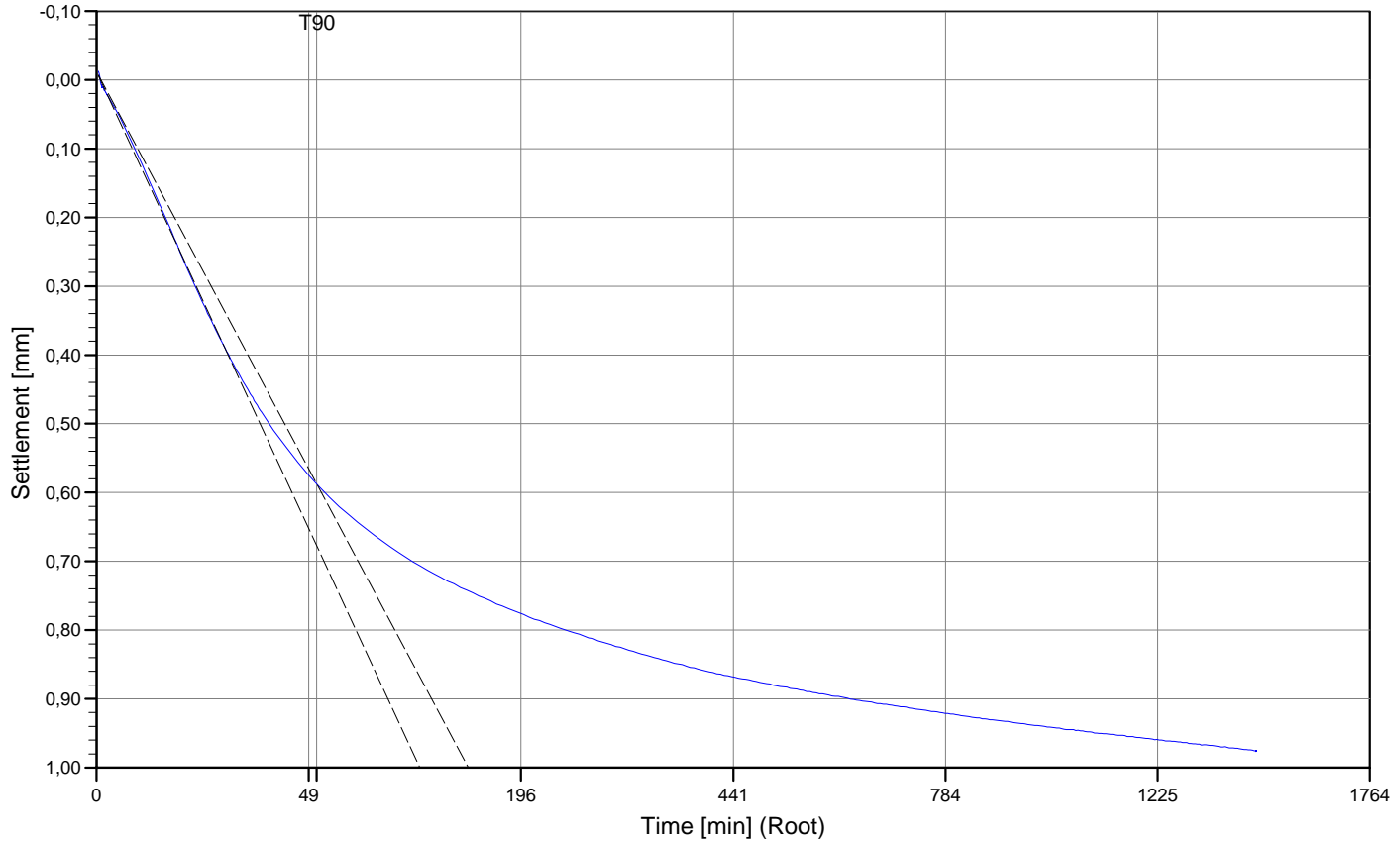
dit.

Annex S03B

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 3B;2.70 - 2.75 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 5



Gamma wet = 15,6 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 9,2 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 70,3 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	7
2	15
3	30
4	60
5	119
6	60
7	119

$C_v = 1,490E-008$  [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig

Boringcode	Monstercode	Diepte		Grondbeschrijving	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
		van [m – MV]	tot [m – MV]		
B01	2B	-1.75	-1.80	Klei, matig siltig, met zandlaagjes.	15.83 <sup>A</sup>
	3A	-2.20	-2.25	Klei, matig siltig, zwak humeus, enkele zandstukjes.	14.45 <sup>A</sup>
	5B	-4.80	-4.85	Klei, uiterst siltig, met zandstukjes en schelpresten.	18.98 <sup>A</sup>
	6B	-5.85	-5.90	Klei, matig zandig	18.81 <sup>A</sup>

A: Geaccrediteerd

# Deltares

Postbus 177, 2600 MH Delft  
Stieltjesweg 2, 2628 CK Delft

Telefoon 088 335 7200  
Telefax 015 261 0821

Homepage:  
www.deltares.nl

Praktijkproef versterkt sediment  
Hoedekenskerke  
TABLAB [blad 1/1]

datum	2011-01-07	get.	Bjl
project	1202972.004	gez.	*)
bijlage	AA1	form.	A4



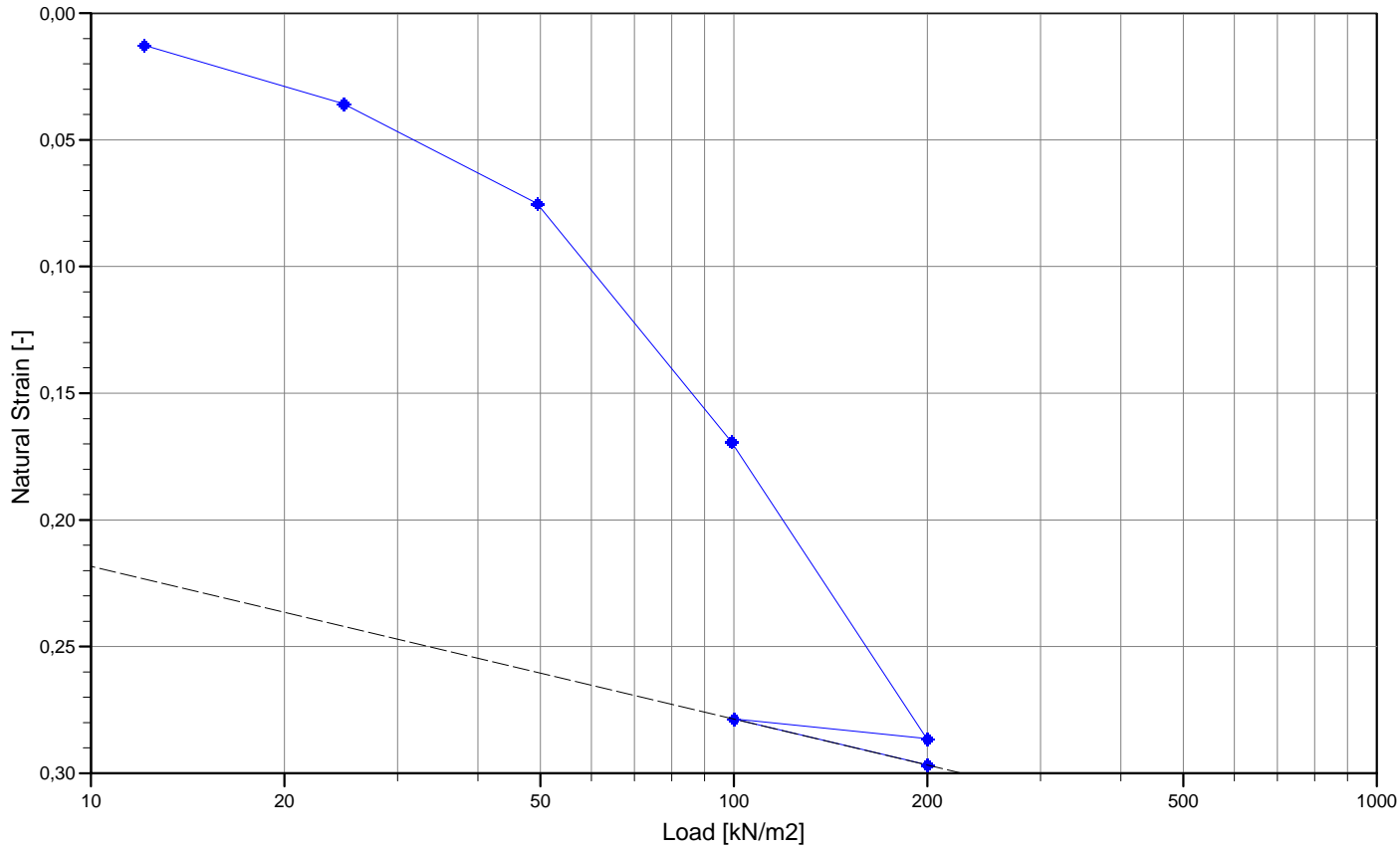
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Isotachen Method



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

A = 2,617E-002 [-] C = 1,120E-002 [-]  
B = 1,673E-001 [-]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	form.	A4
S05A		dt.	Wein		



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 2011041112.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

1202972/004

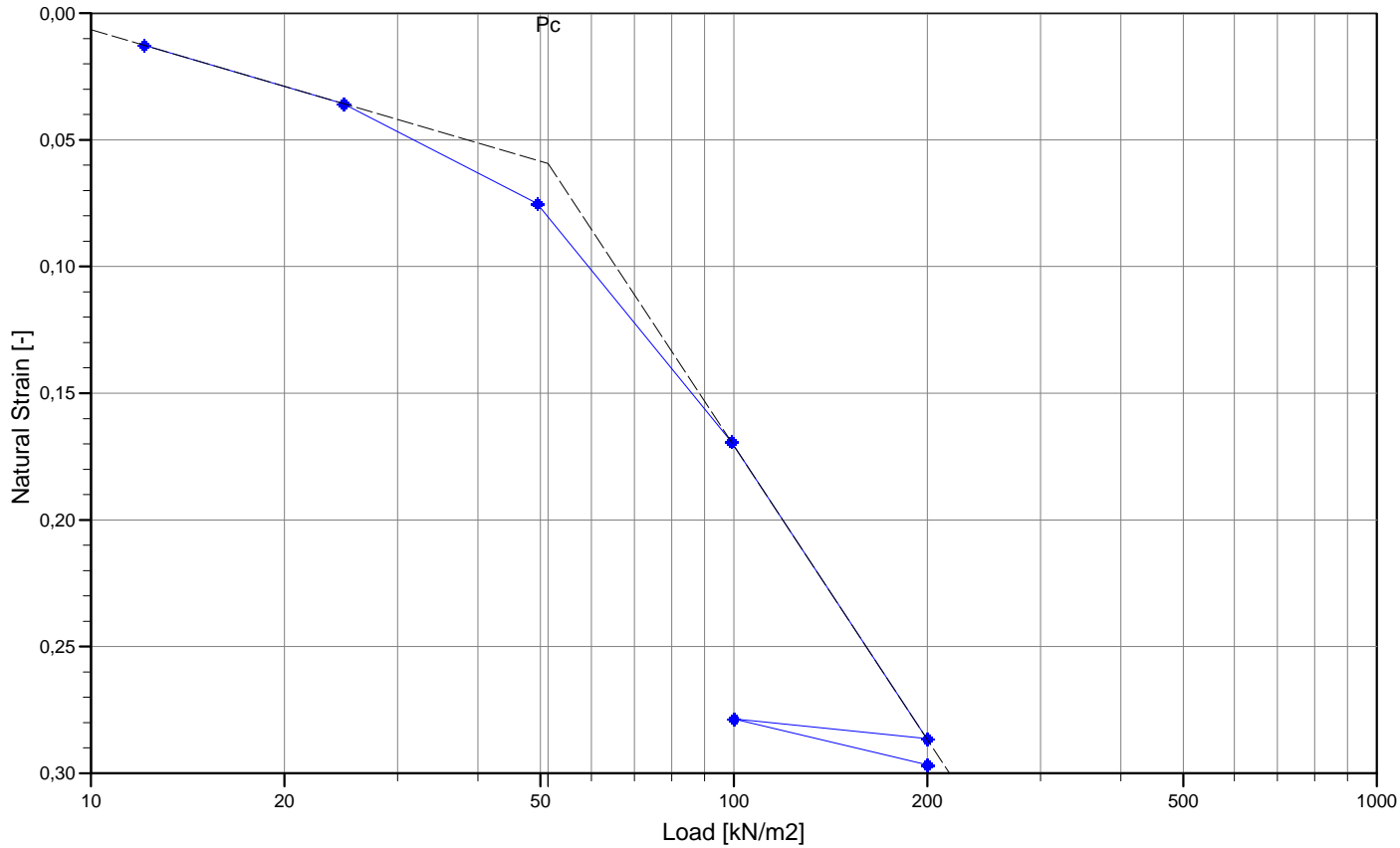
dit.

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S05A

form.  
A4

## Isotachen Method



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Pc = 51,4 [kN/m<sup>2</sup>]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV

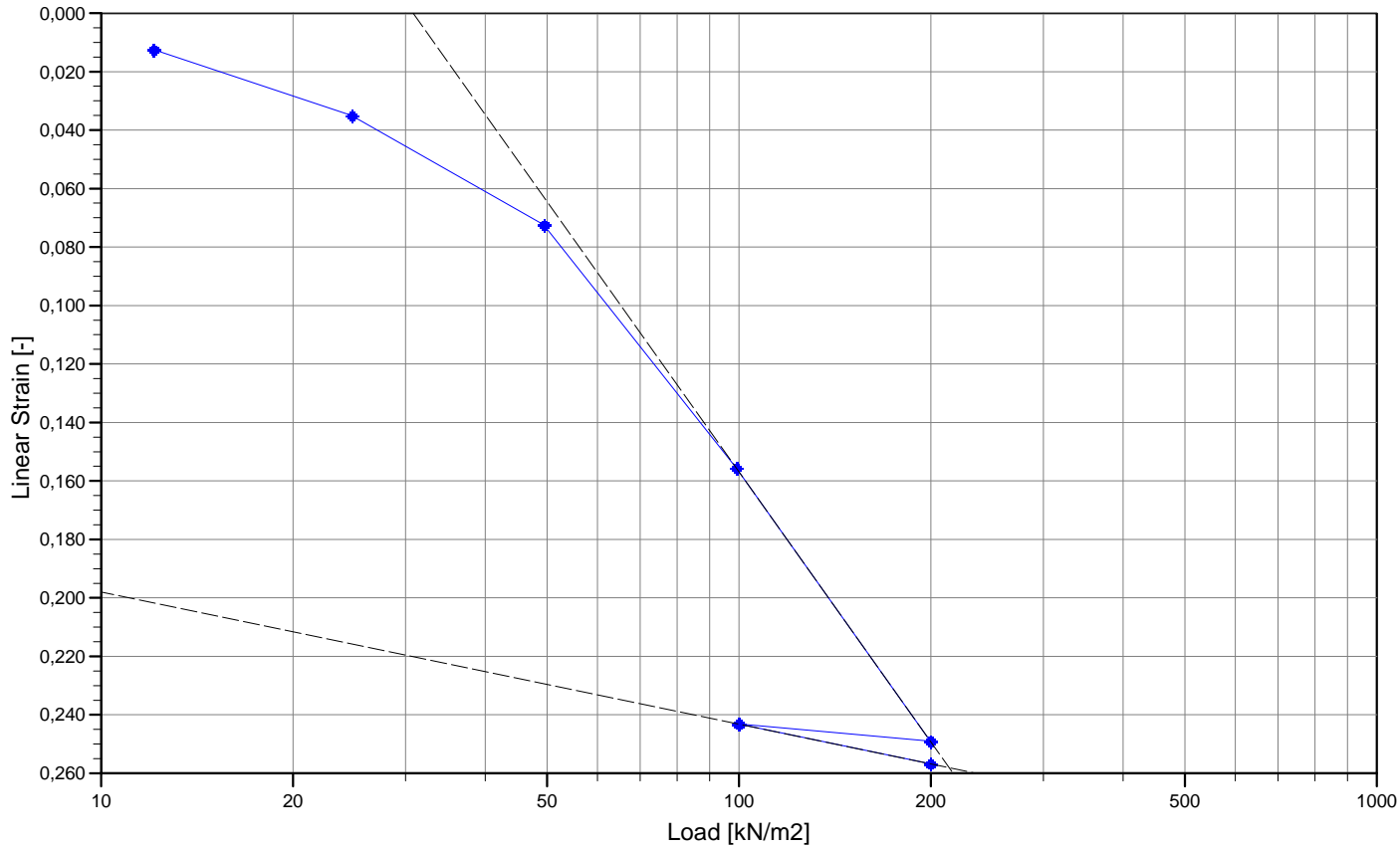
Oedometer test conform NEN 5118

1202972/004

Annex S05A

form.  
A4

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

RR = 4,519E-002 [-] Ca = 2,346E-002 [-]  
CR = 3,070E-001 [-] Vo = 3,216 [-]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



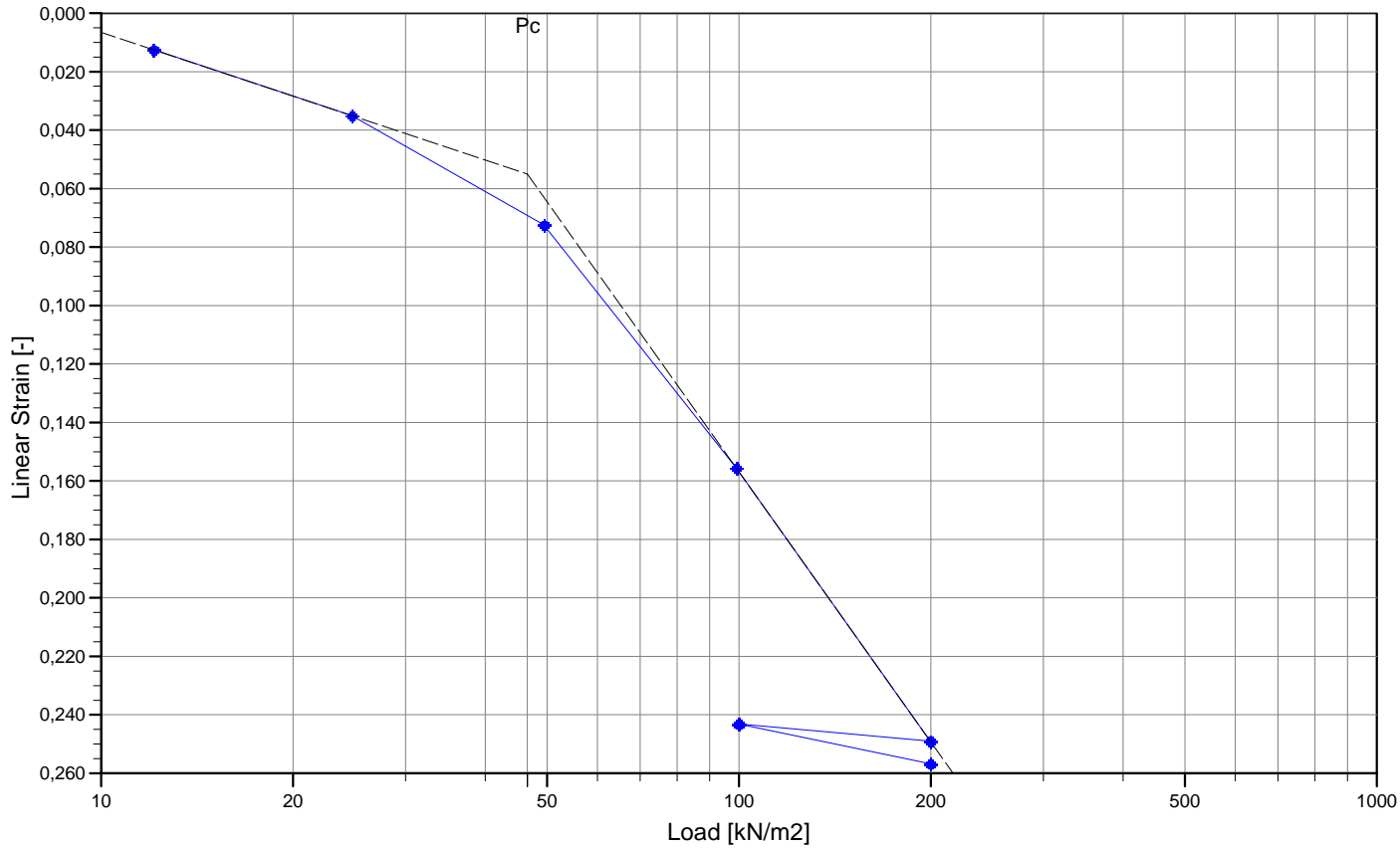
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## NEN-Bjerrum Method



Gamma wet = 14,7 [kN/m3]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m3]  
Water content = 85,4 [%]

Pc = 46,6 [kN/m2]  
Vo = 3,216 [-]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex S05A

A4

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

1202972/004

cf.



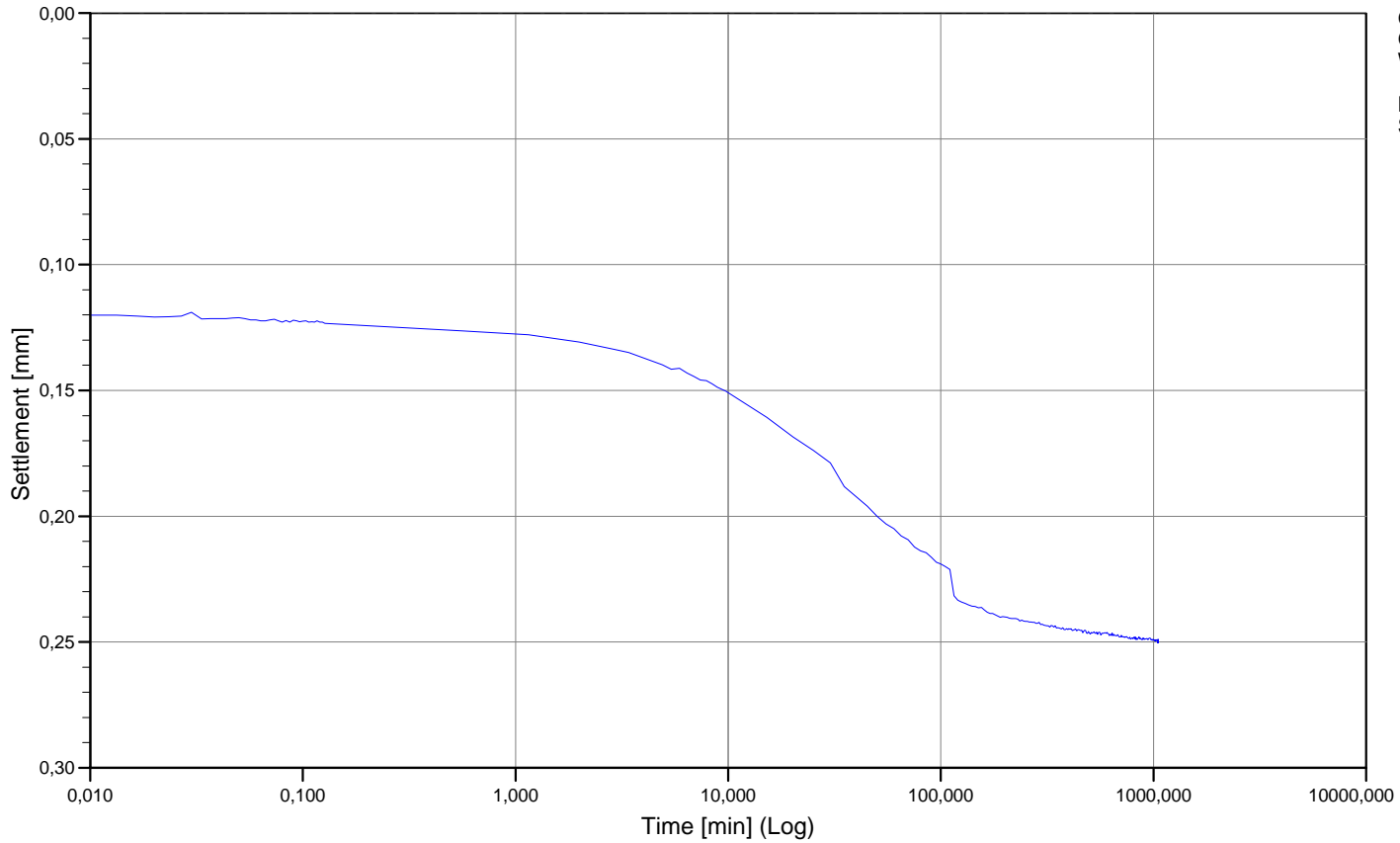


**Deltares**

Stieltjesweg 2  
2628 CK Delft  
Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 1



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = - [m<sup>2</sup>/s]      Mv = - [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]              K = - [m/s]  
No calculation performed

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S05A		form.	A4		



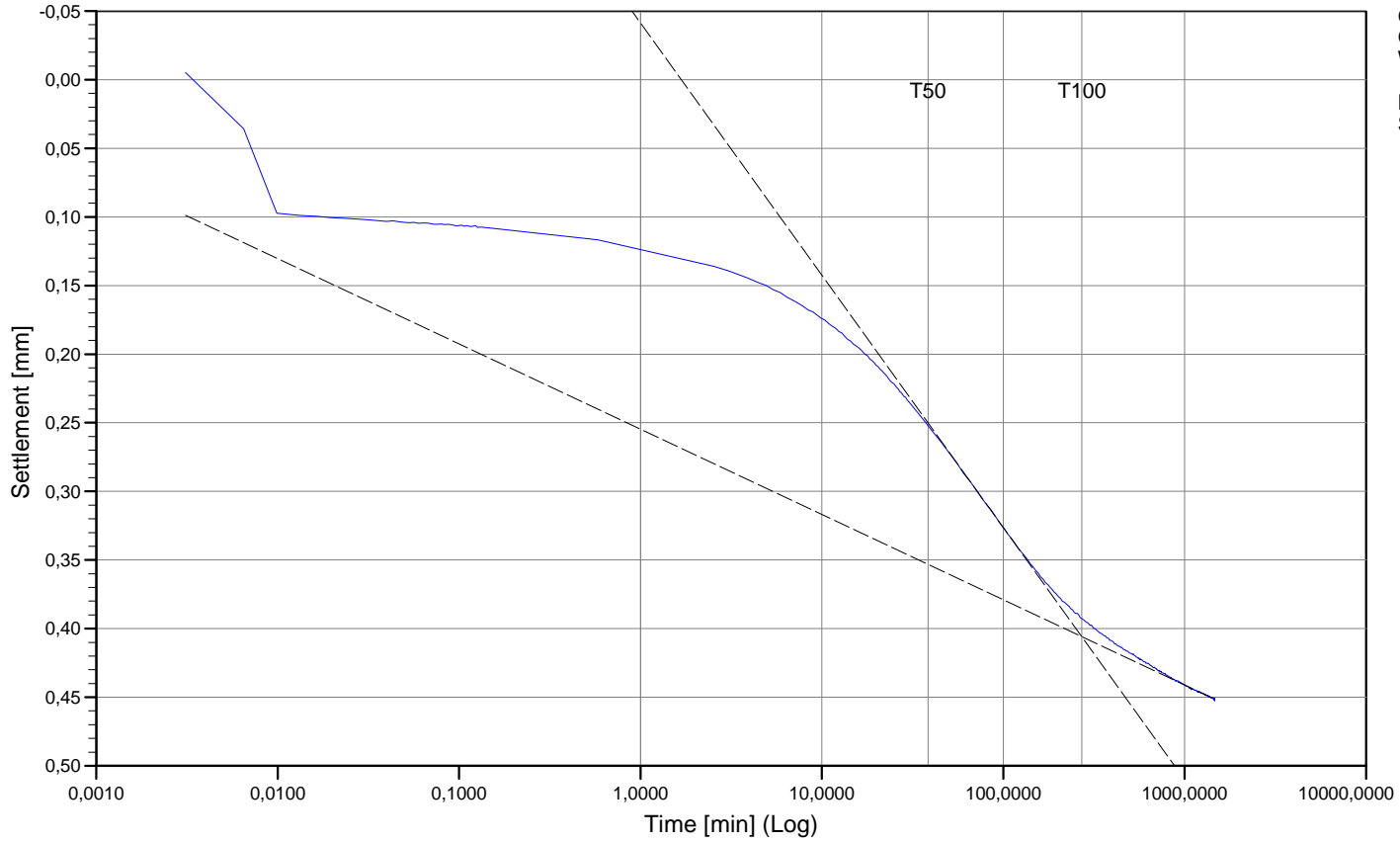
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 2



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 6,248E-009 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 1,242E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = - [-]                      K = 7,610E-011 [m/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S05A		form.	A4		



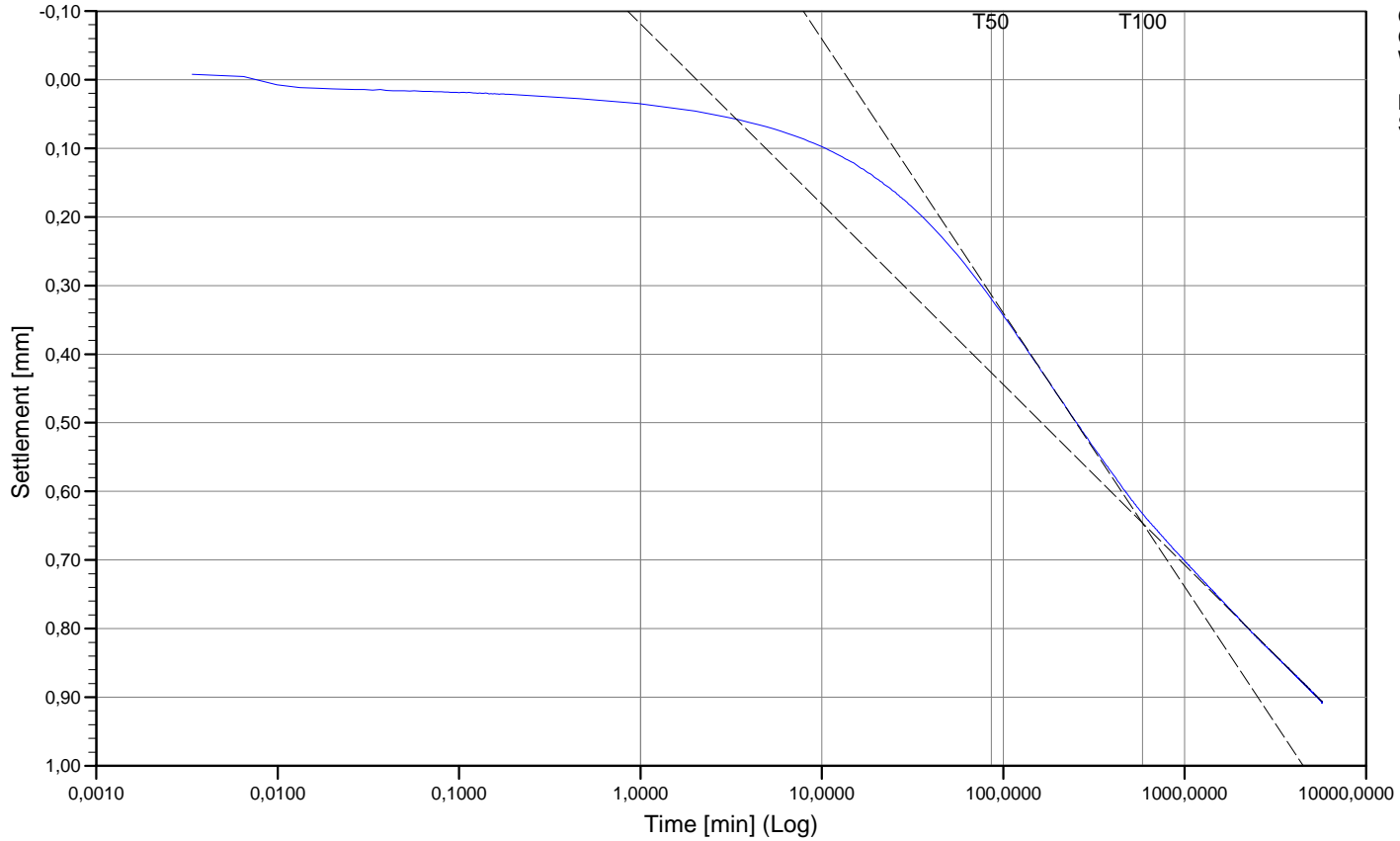
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 3



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 2,654E-009 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 1,370E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 1,363E-002 [-]              K = 3,566E-011 [m/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S05A		form.	A4	cit.	



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV

Oedometer test conform NEN 5118

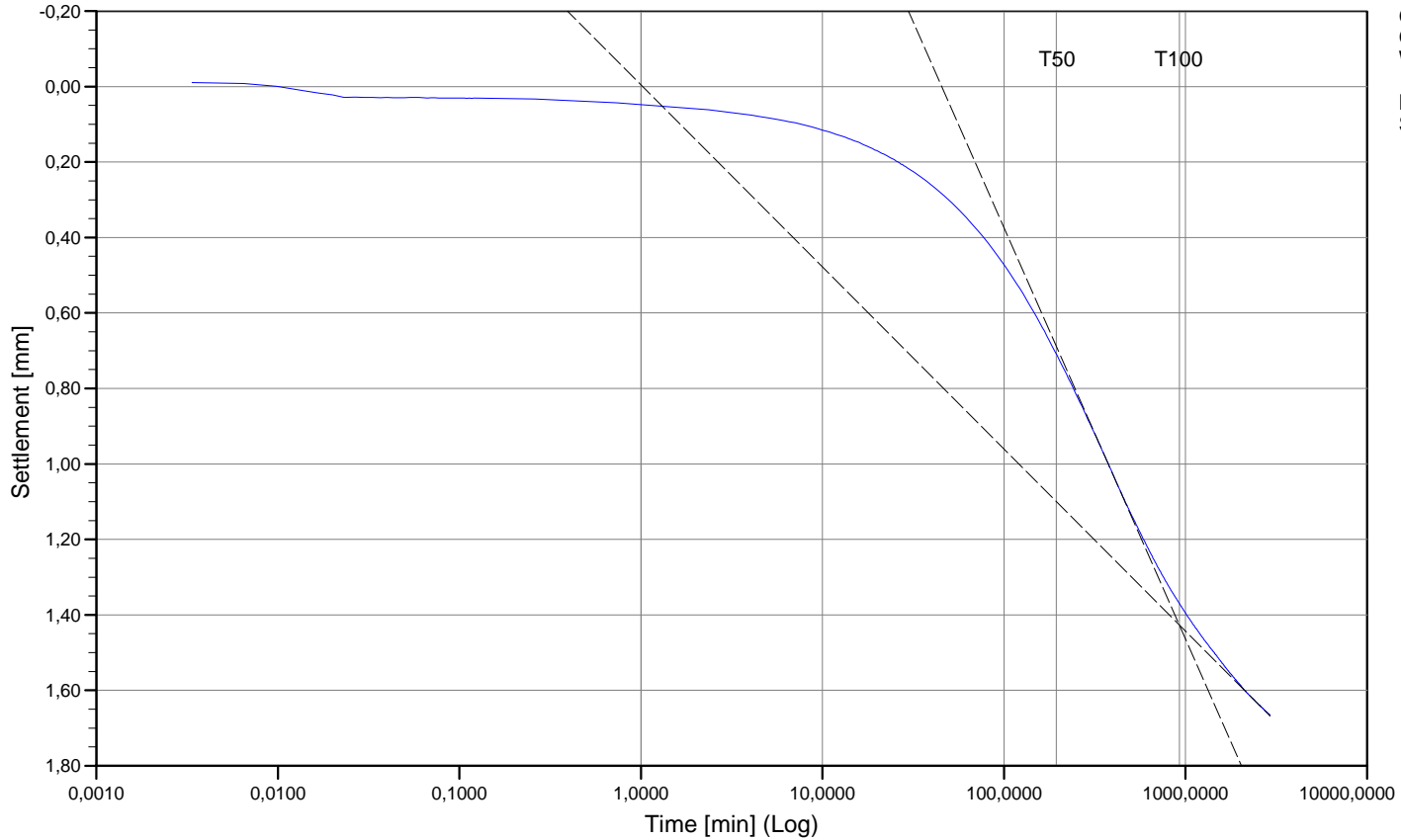
1202972/004

ctf.

Annex S05A

form.  
A4

## Casagrande Method; Loadstep 4



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 1,018E-009 [m<sup>2</sup>/s] Mv = 1,576E-003 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 2,624E-002 [-] K = 1,573E-011 [m/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



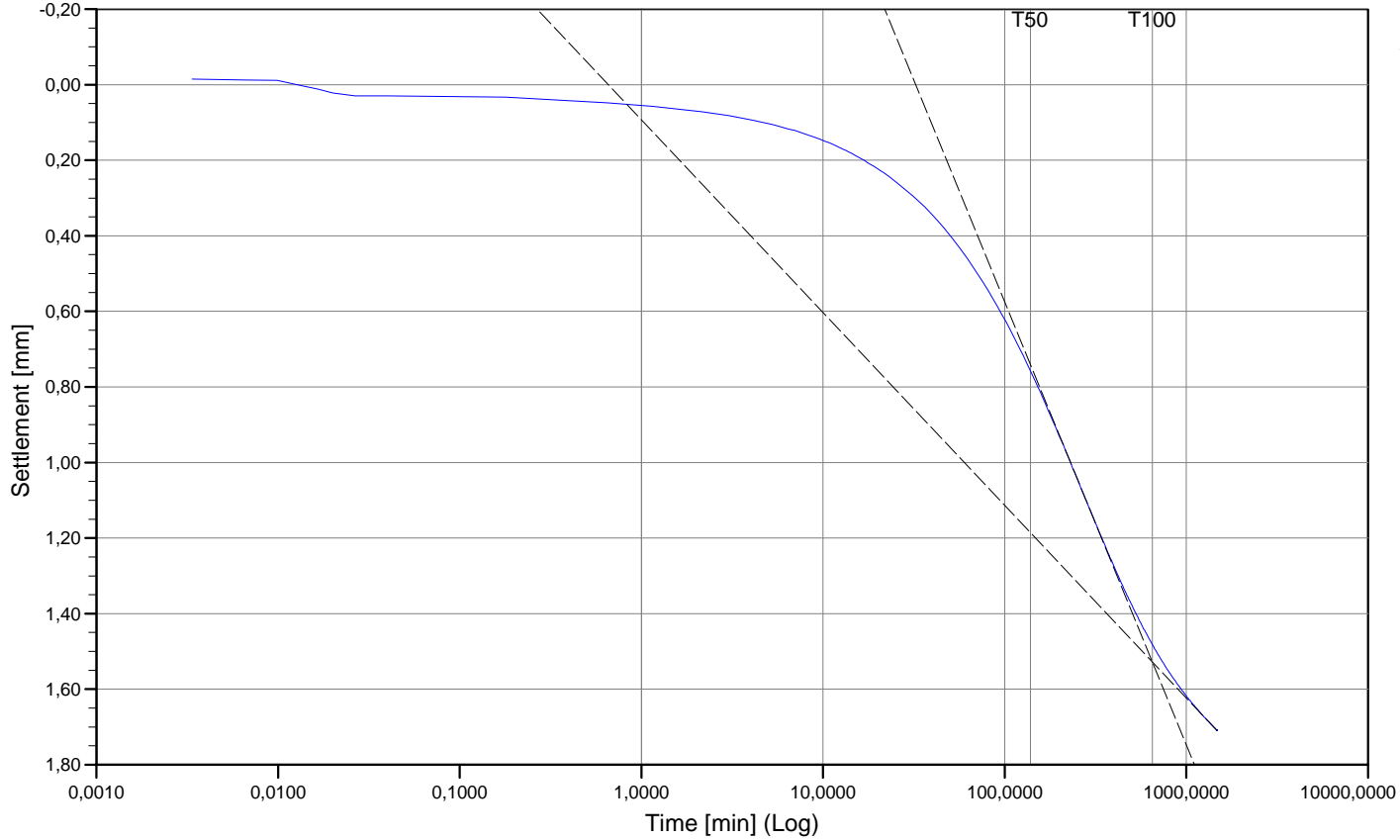
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Casagrande Method; Loadstep 5



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 1,165E-009 [m<sup>2</sup>/s]      Mv = 9,166E-004 [m<sup>2</sup>/kN]  
Ca = 3,051E-002 [-]              K = 1,047E-011 [m/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	form.	A4
	S05A		Wein		



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 5A; 4.35 - 4.40 m - MV

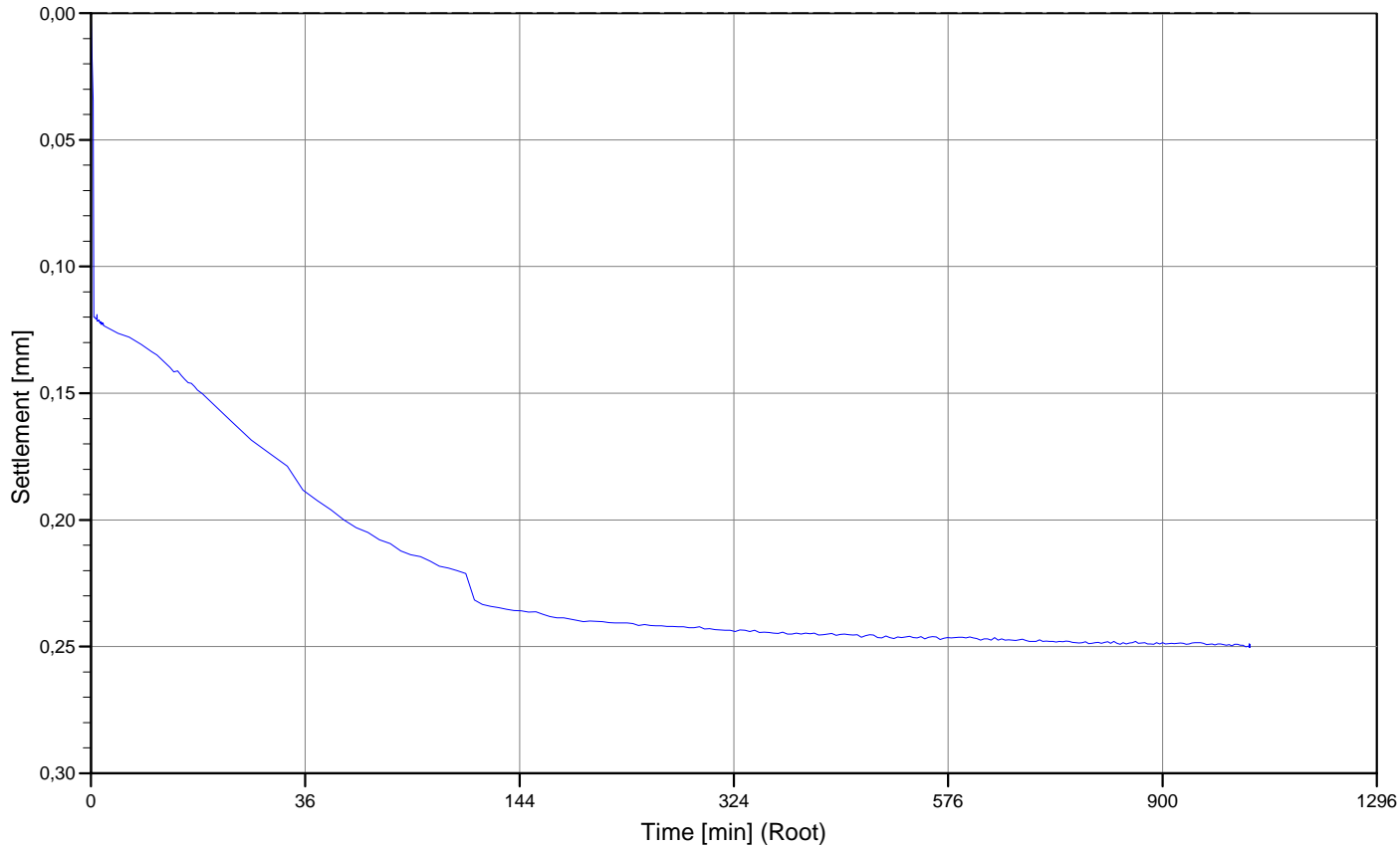
Oedometer test conform NEN 5118

1202972/004

Annex S05A

form.  
A4

## Taylor Method; Loadstep 1



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

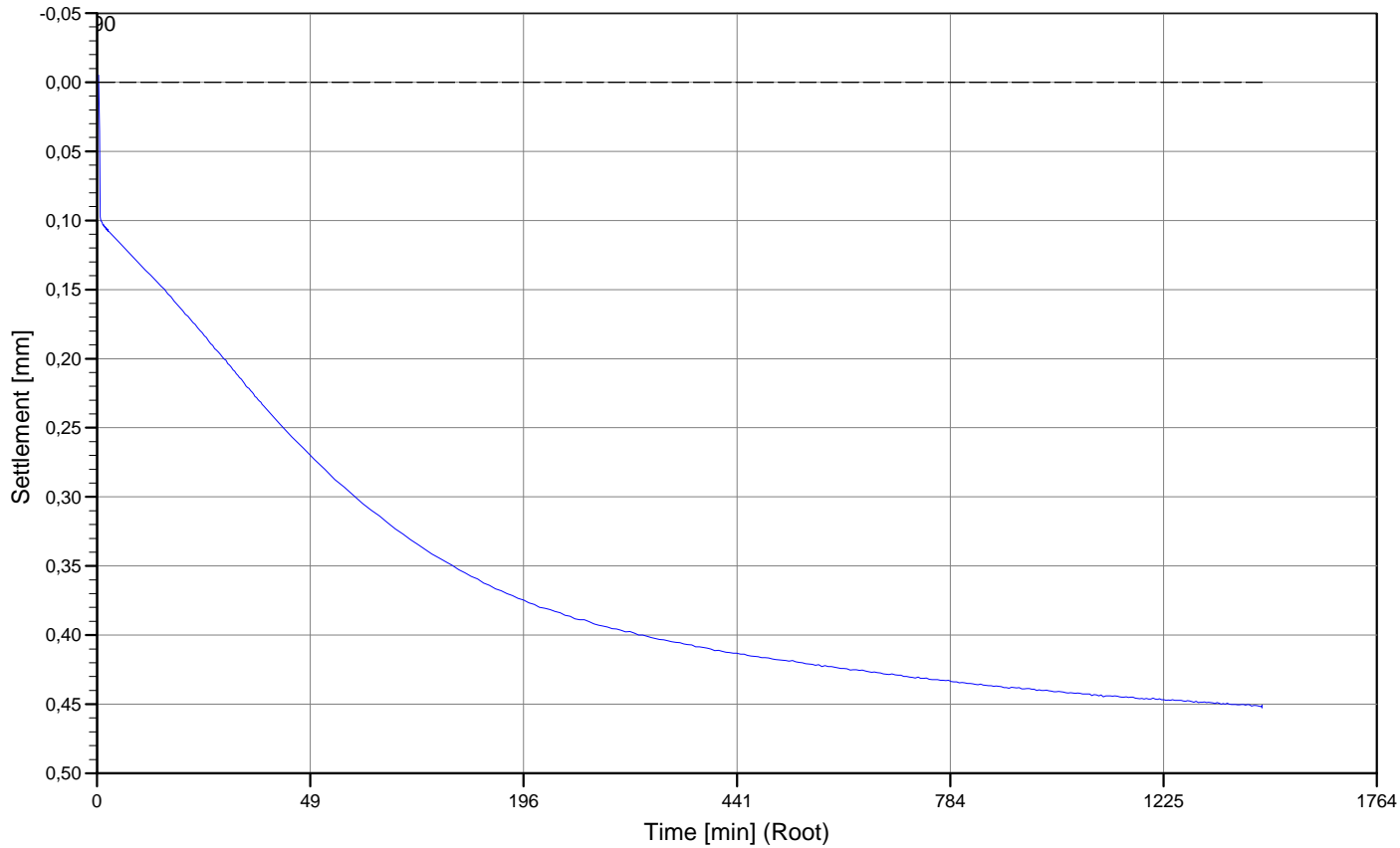
1202972/004

Annex S05A

form.  
A4

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A; 4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

## Taylor Method; Loadstep 2



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 0,000E+000 [m<sup>2</sup>/s]

No calculation performed.

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



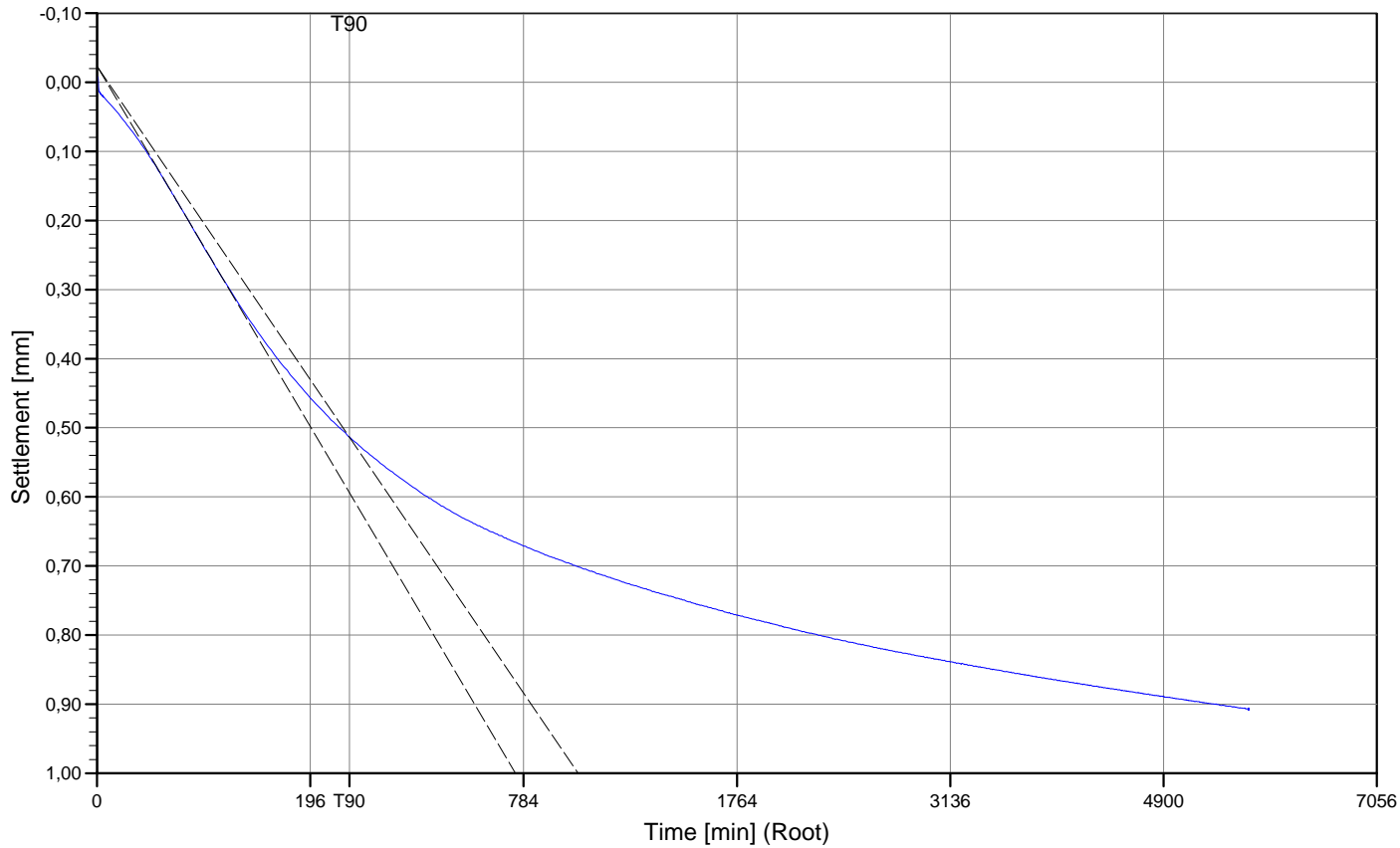
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)86-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cad

### Taylor Method; Loadstep 3



Gamma wet = 14,7 [kN/m<sup>3</sup>]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m<sup>3</sup>]  
Water content = 85,4 [%]

Step	Load [kN/m <sup>2</sup> ]
1	12
2	25
3	49
4	99
5	200
6	100
7	200

Cv = 3,501E-009 [m<sup>2</sup>/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten

Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A;4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

Annex	1202972/004	date	25-1-2011	dtw.	Wein
S05A		form.		cit.	
A4					





**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

Praktijkproef versterkt sediment

Boring B01, Monster 5A; 4.35 - 4.40 m - MV

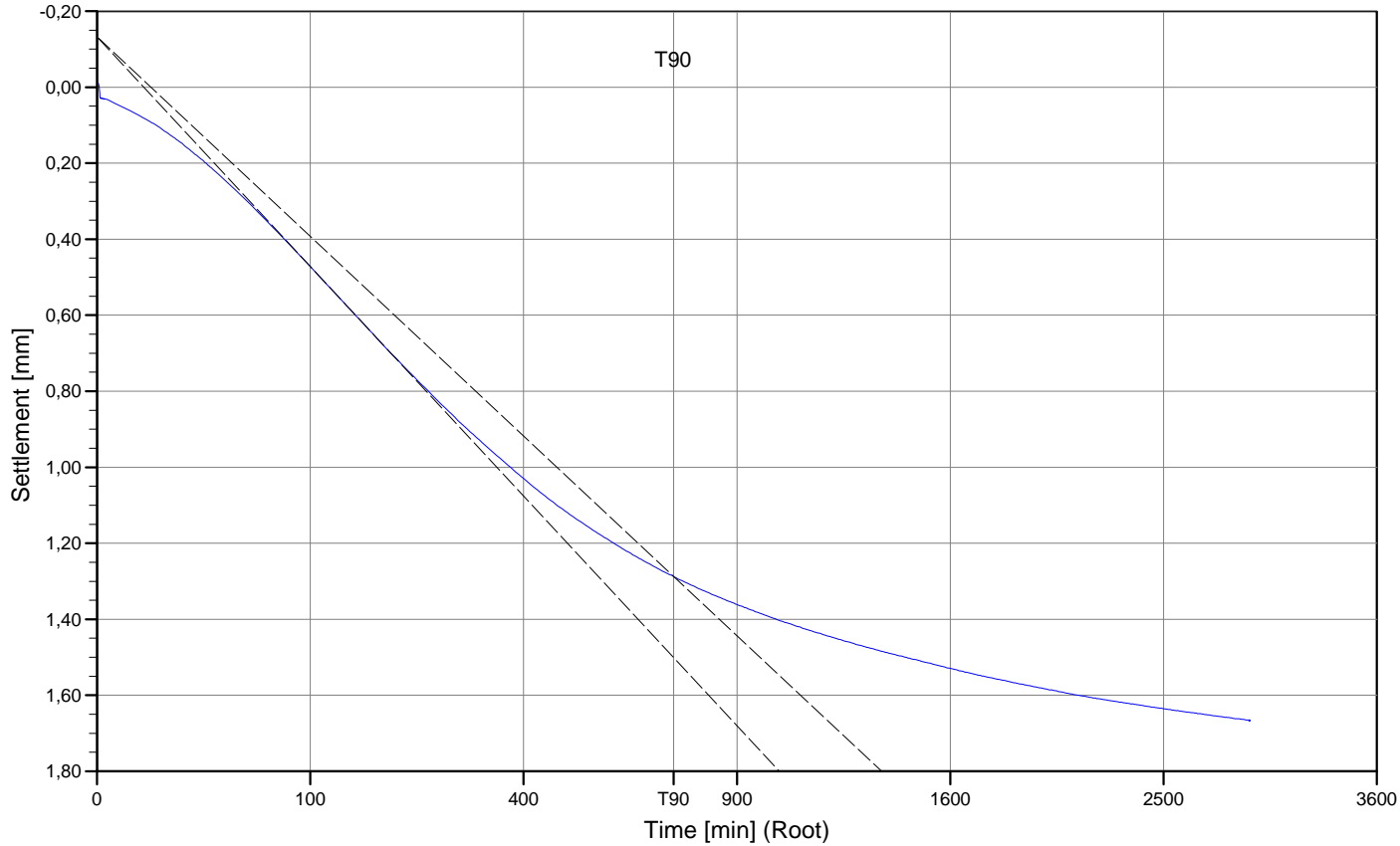
Oedometer test conform NEN 5118

1202972/004

Annex S05A

form.  
A4

## Taylor Method; Loadstep 4



Gamma wet = 14,7 [kN/m3]  
Gamma dry = 7,9 [kN/m3]  
Water content = 85,4 [%]

$C_v = 1,088E-009$  [m2/s]

Klei matig siltig zwak humeus met plantenresten



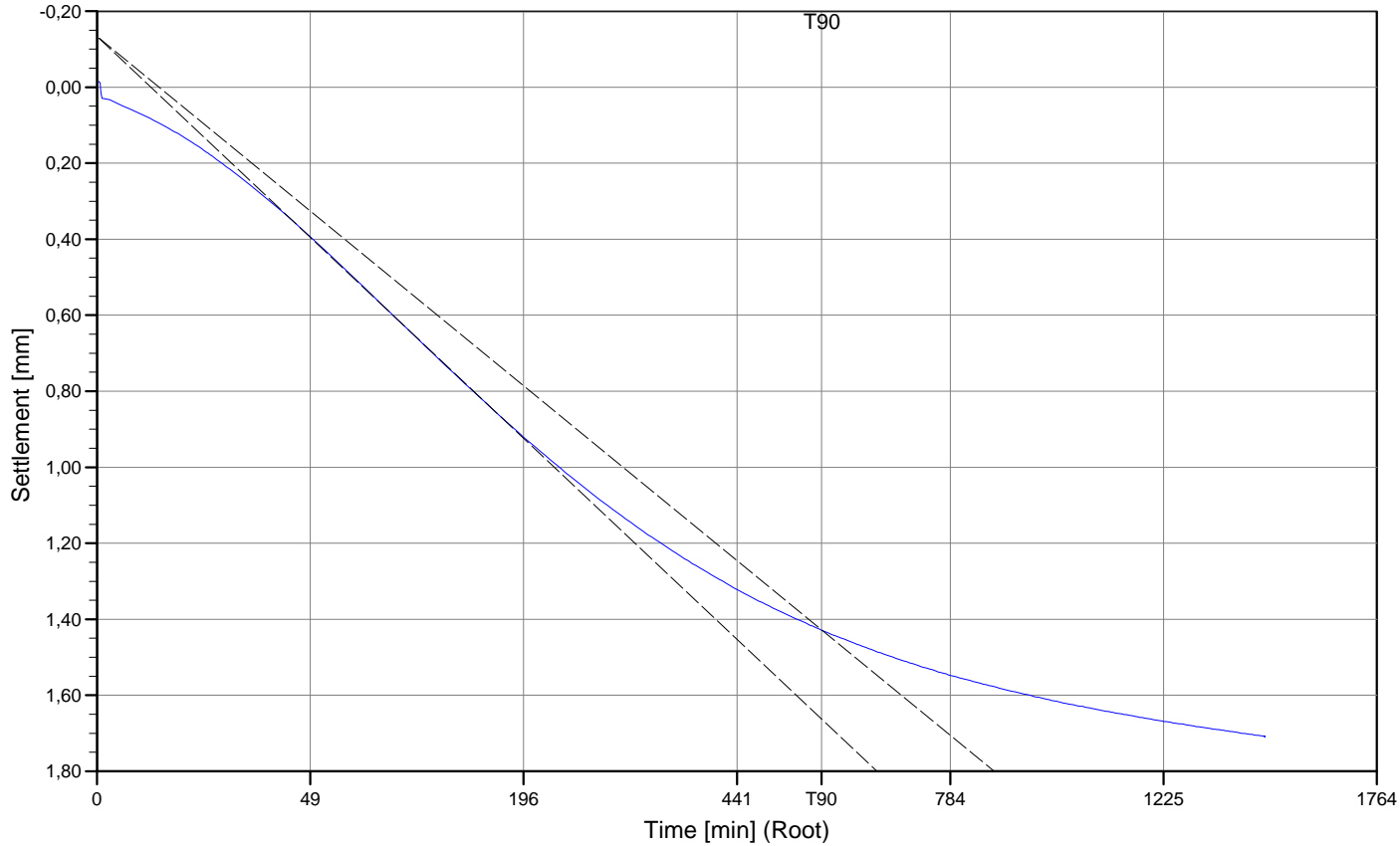
**Deltares**

Stellingsweg 2  
2628 CK Delft

Phone +31(0)88-3357200  
Fax +31(0)15-2610821

MCompress 2.1 : 201101112.cdl

## Taylor Method; Loadstep 5



Praktijkproef versterkt sediment  
Boring B01, Monster 5A; 4.35 - 4.40 m - MV  
Oedometer test conform NEN 5118

date  
25-1-2011

dtw.  
Wein

1202972/004

cf.

Annex S05A

form.  
A4