Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.

Aan
[redacted]

Van
[redacted]

Kopie
[redacted]

MEMO

Onderwerp: Inschatting vertroebeling granietklei SVV Rotterdamse Hoek

Datum
13/02/2013

Kenmerk
H11105-02-M-02-0-IDAS

Pagina
1/7

Introductie

Als onderdeel van het nieuw te realiseren windmolen park Westermeerwind ter hoogte van de Rotterdamse Hoek, Noordoostpolder, heeft [redacted] opdracht gekregen om een Scheepvaart Veiligheid Voorziening (SVV) aan te leggen. De SVV bestaat uit een dam, die 800m buitendijks van de Noordoostpolder, tussen de dijk en de vaargeul, gerealiseerd zal worden. In de luwte tussen de dam en de dijk zal een verondieping gecreëerd worden met als doel habitatverrijking.

Een deel van het project is reeds uitgevoerd, en voor het resterende werk van de dam en verondieping wordt er op dit moment gekeken of het grondmateriaal 'granietklei' ook geschikt zou kunnen zijn. In deze memo wordt een eerste inschatting gemaakt of met het gebruik van deze granietklei ook aan de geldende vertroebelingeisen kan worden voldaan. Om dit te bepalen is de volgende aanpak gehanteerd:

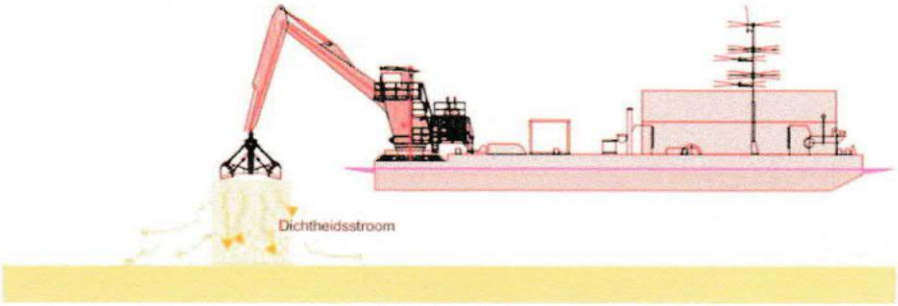
- Via laboratorium proeven zijn de grondeigenschappen bepaald en is er inzicht verkregen in het bezinkgedrag van het materiaal.
- Op basis van de grondeigenschappen, de werkmethode en de productie is de te verwachten mors bepaald.
- Met deze informatie is bekeken hoe het materiaal zich zal verspreiden onder verschillende hydrodynamische condities.

Voor de laatste stap is een versimpeld algemeen model in het software pakket Delft3D opgezet om de typische verspreiding onder verschillende hydrodynamische condities te bepalen.

Methode van aanbrengen

Het materiaal wordt aangeleverd met beunschepen die vervolgens geleegd worden met een kraanschip. Het kraanschip heeft een knijper die het materiaal uit de beunschepen oppakt en weer loslaat daar waar het geplaatst moet worden. De knijper kan het materiaal loslaten bovenin de waterkolom waarbij het materiaal door de waterkolom naar de bodem valt in een dichtheidsstroom, zie Figuur 1. De knijper kan ook door de waterkolom heen gaan en het materiaal dichtbij de bodem loslaten. Bij de laatste methode zal er minder vertroebeling ontstaan. Voor beide methoden is een inschatting gemaakt.

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.



Figuur 1: Werking kraanschip bij loslaten materiaal bovenin de waterkolom inclusief dichtheidsstroom naar de bodem.

Verwachte mors bij aanbrengen granietklei

Vertroebeling ontstaat doordat het aangebrachte materiaal niet allemaal bezinkt op de dam of verondieping en er een deel van het materiaal in suspensie kan gaan. De hoeveelheid die in suspensie gaat hangt af van de grondeigenschappen, de werkmethode en de productie die gehaald wordt (hoeveel kubieke meter die geplaatst wordt per tijdseenheid). Bij het gebruikt van fijner materiaal zal er meer materiaal kunnen blijven zweven in de waterkolom. Ervaring leert dat alleen de fijnere delen in suspensie gaan en verder van het werk tot verhoogde slibconcentraties leiden. Toch zal een groot deel van deze fijnere delen gevangen zitten tussen de grotere delen en hierdoor niet in suspensie gaan.

De verwachte mors wordt uitgedrukt in kg droge stof die per seconde in suspensie gaat en door de hydrodynamische condities van het werk weg getransporteerd kunnen worden. De mors wordt geschat op basis van de werkmethode, productie en grondeigenschappen. De beunschepen met granietklei worden geleegd door de knijper en geplaatst op de bodem met een gemiddelde productie van 300 m^3/uur. Er wordt elke dag ongeveer 12 uur gewerkt. Hierbij is aangenomen dat er 12 uur lang continu wordt doorgewerkt, terwijl er in de praktijk er soms een paar uur niet gewerkt wordt omdat er op dat moment geen grond aangeleverd wordt. Indien het materiaal bovenin de waterkolom wordt losgelaten zal er naar verwachting 10 % van de fijne delen (< 63 µm) in suspensie gaan. Bij het plaatsen van materiaal op de bodem zal naar een lager percentage in suspensie gaan, aangenomen is 3 %. Uit de testen in het laboratorium is gebleken dat maximaal 90 % van het materiaal uit fijne delen bestaat [2]. In totaal kan dus verwacht worden dat de mors tussen de 8 en 27 m^3/uur bedraagt[1]. Omgerekend naar droge stof per seconde resulteert dit in een verwachte mors van tussen de 2.93 en 9.75 kg/s.

Pluimverspreiding

Het materiaal dat in suspensie gaat wordt getransporteerd door de lokale hydrodynamische condities. Om een inschatting te geven van de verwachte verspreiding en om te bepalen of de vertroebeling onder de gestelde limieten blijft is er gebruikt gemaakt van de Delft3D software [1]. Er is een versimpeld algemeen model

[1] Hierbij is ervan uitgegaan dat 10% van het fijne materiaal in suspensie gaat, terwijl dit in werkelijkheid ook een stuk lager kan liggen.

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.

opgezet om de typische pluim verspreiding the stimuleren. De opzet van het model staat beschreven in appendix A.

Aannames

In toevoeging op de algemene aannames die in Delft3D zijn gemaakt, zijn er nog een aantal project specifieke aannames gemaakt voor model opzet en input.

2D simulaties

De simulaties zijn dieptegemiddeld, wat inhoud dat de stroomsnelheden en slibconcentraties dieptegemiddeld zijn. Dit betekent dat de mors gelijkmatig wordt verdeeld over de gehele waterdiepte.

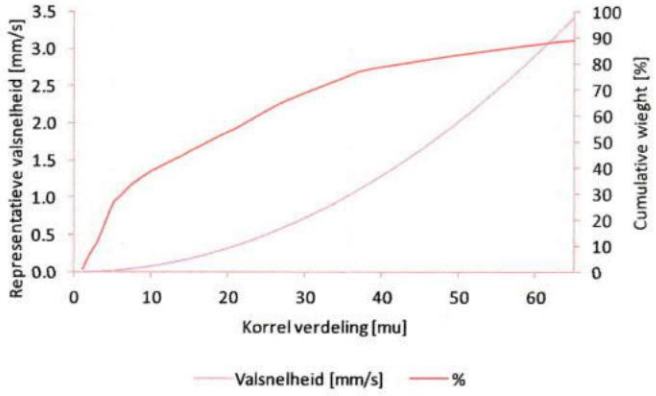
Gedurende het Khalifa[2] (Abu Dhabi) project is er uitgebreid vertroebeling gemodelleerd en gemeten en is de gevoeligheid tussen 2D en 3D simulaties bepaald. Hieruit kwam naar voor dat de 2D simulaties niet significant afweken van de 3D simulaties. Vanwege de vergelijkbare condities kan er worden volstaan met 2D simulaties.

Uniforme stroomsnelheid

Een uniforme stroomsnelheid is gebruikt voor de simulaties. Het IJsselmeer wordt gedomineerd door wind en golfgedreven stroming, wat resulteert in minimale stroomsnelheden [3]. Omdat de stroomsnelheden op de locatie niet precies bekend zijn is een range aan stroomsnelheden gesimuleerd, resulteert in een tweetal scenario's. In het eerste scenario is een uniforme stroomsnelheid van 0.1 m/s aangehouden en in het tweede scenario van 0.25 m/s.

Valsnelheid fijne delen

De valsnelheid van de fijne delen bepaald voor een groot deel de verspreiding van het slib. Om het bezinkgedrag van de grond te bepalen is er in het laboratorium een bezinkproef gedaan [2]. Met behulp van de resultaten van de proeven is een korrelverdeling bepaald met bijbehorende valsnelheden, zie Figuur 2 en Tabel 1. Dit is gebruikt als input voor de modellering.



Figuur 2: Korrelverdeling en valsnelheid van de granietklei zoals bepaald met behulp van de bezinkproef.

[2] Project van [redacted] uitgevoerd tussen 2008 en 2010.

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.

Tabel 1: Aangenomen verdeling voor modellering inclusief representatieve valsnelheid.

Korrel grootte [mu]	Representatieve Valsnelheid [mm/s]	Verdeling [%]
0 – 5	0.01	26.4
6 – 18	0.11	24.6
19 – 36	0.61	24.8
36 – 63	1.98	24.2

Resultaten

Scenario 1

In dit scenario zijn de volgende parameters gebruikt:

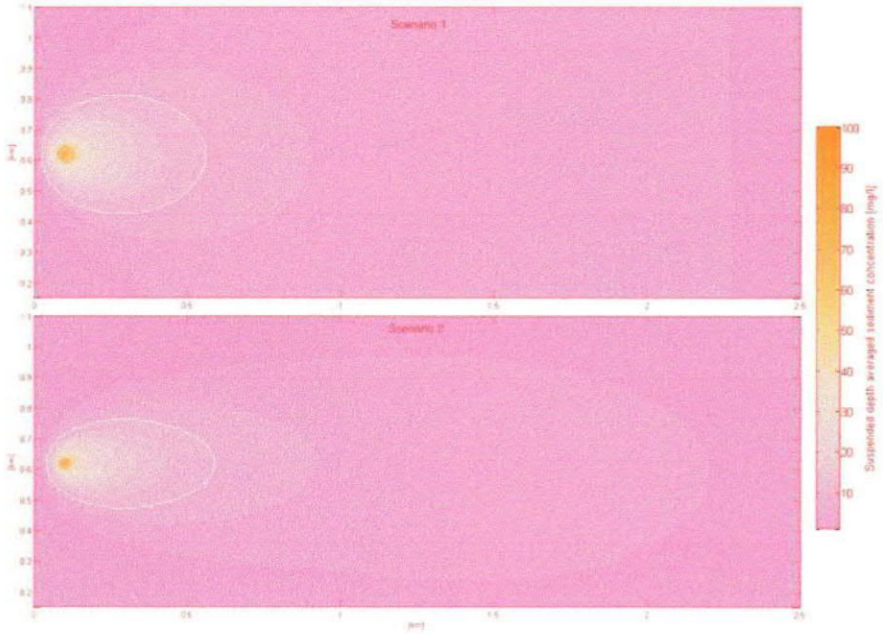
- Waterdiepte van 4.2 m;
- Uniforme stroomsnelheid van 0.1 m/s;
- Korrelverdeling van het fijne materiaal zoals in Tabel 1; en
- Mors van 9.75 kg/s (worst case) voor 12 uur en dan 12 uur geen mors. Deze cyclus is 3x herhaald.

Figuur 3 laat de maximale concentratie zien van de hele simulatie. De witte lijn is de 10 mg/l contour lijn en de rode de 50 mg/l contour lijn. Figuur 5 laat de dieptegemiddelde concentratie in tijd zien over de hele simulatie op zowel 35 meter als 100 meter van de bron. Zoals dit laatste figuur laat zien, is op 35 meter van de bron een dieptegemiddelde concentratie van ongeveer 40 mg/l gesimuleerd. Dit is een stuk minder dan de limiet van 100 mg/l op 35 meter van de bron. Verder van de bron verwijderd neemt de slibconcentratie verder af (Figuur 4) in het geval van uniforme stroming.

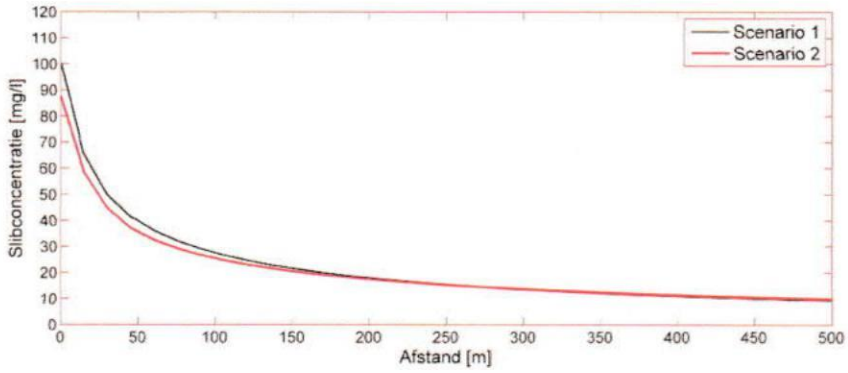
Scenario 2

In scenario 2 zijn dezelfde parameters gebruikt als in scenario 1, behalve voor de stroomsnelheid. Hiervoor is 0.25 m/s aangenomen om de verspreiding onder een andere hydrodynamische conditie in te schatten. Vanwege de hogere stroomsnelheid wordt de vertroebeling meer verspreid, wat resulteert dicht bij de bron (< 150 m) in lagere slibconcentraties ten opzichte van scenario 1, zoals te zien in Figuur 3 en Figuur 4. In het geval van hogere stroomsnelheden zal de vertroebeling zich nog meer verspreiden, en zullen er op 35 m en 100 m van de bron lagere slibconcentraties zijn.

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.

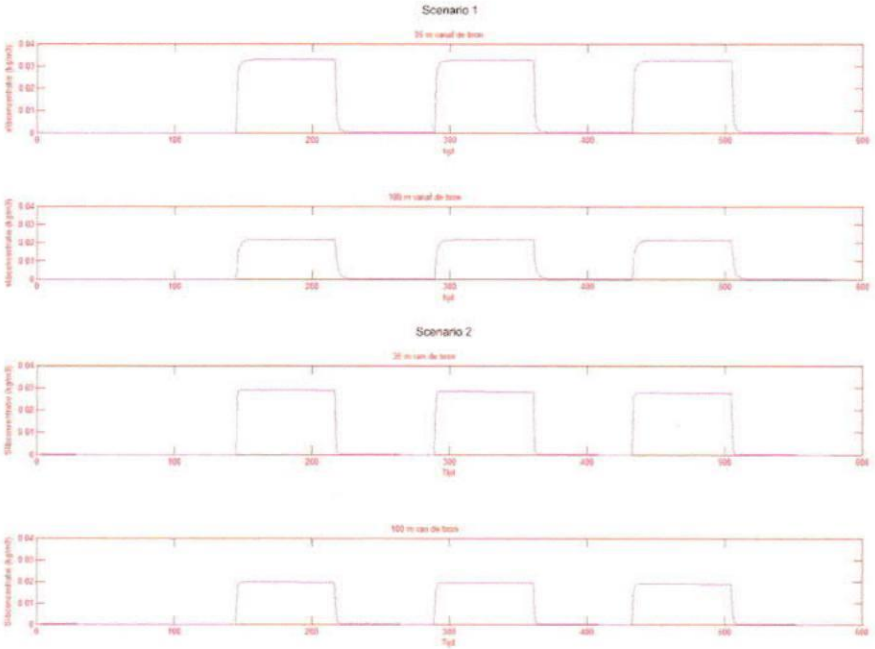


Figuur 3: Maximale concentratie gedurende de hele simulatie voor scenario 1 (boven) en scenario 2 (onder). De rode lijn is de 50 mg/l contour lijn en de witte lijn is de 10 mg/l.



Figuur 4: Gesimuleerde slibconcentratie voor scenario 1 en 2 op tijdstap 200.

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.



Figuur 5: Dieptegemiddelde slibconcentratie in tijd voor scenario 1 (bovenste 2 figuren) en scenario 2 (onderste 2 figuren) op 35 m van de bron en 100 m van de bron.

Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de gedane bezinkproeven en met een simpele opzet met het model Delft3D is een inschatting gedaan van de te verwachte verspreiding van granietklei. De verwachting is dat op zowel 35 m van de bron als 100 m van de bron aan de gestelde vertroebelinglimieten kan worden voldaan bij de werkmethode als het materiaal bovenin de waterkolom wordt losgelaten. Een uniforme stroming zoals hier aangenomen zal waarschijnlijk niet zo optreden, waardoor er accumulatie effecten zouden kunnen ontstaan. Indien de gemeten waarden de limieten dreigen te overschrijden kunnen er mitigerende maatregelen geïmplementeerd worden, zoals het plaatsen van het materiaal op de bodem. Hierbij zal er minder materiaal in suspensie gaan en er dus minder vertroebeling optreden.

Referenties

[1] Deltares, 2011. Delft3D-FLOW User Manual, version 3.15, revision 18392.

[2] Dolman, 2013. 2013-018; Granietklei SVV Rotterdamse Hoek, Urk.

[3] RWS Riza, 2007. Measured wind – wave climatology Lake IJssel (NL), Main results for the period 1997-2006. Report RWS RIZA 2007.020, ISBN 978-90-369-1399-7

Created with a Trial Copy of Aquaforest Software.
This text cannot be removed.

Appendix A: Model opzet

Delft3D beschrijving

Om de verspreiding van de vertroebeling te bepalen is het softwarepakket Delft3D gebruikt. Delft3D is een professionele engineering softwarepakket ontworpen voor 1D, 2D en 3D-simulatie van kustgebieden, rivieren en estuaria. Het kan simulaties uitvoren van stroming, sedimenttransport, golven, waterkwaliteit, morfologische ontwikkelingen en ecologie. Delft3D is een 'proces-based model', wat betekent dat het is gebaseerd op een set van wiskundige vergelijkingen op bases van de eerste fysische principes, zoals behoud van massa, impuls en energie. De niet-lineaire ondiep water vergelijkingen worden opgelost. Deze vergelijkingen zijn afgeleid van de driedimensionale Navier Stokes vergelijkingen voor vrije oppervlakte stroming. Voor meer informatie over de gebruikte methode zie [1].

Het Delft3D softwarepakket bestaat uit meerdere modules, die gegroepeerd zijn rond een gezamenlijke interface. Deze interface zorgt ervoor dat alle modules met elkaar kunnen communiceren. Voor de simulaties gepresenteerd in deze memo is de module Delft3D-FLOW gebruikt. Delft3D-FLOW is een multi-dimensionale (2D of 3D) hydrodynamisch en transport simulatie programma. Het programma is in staat om stroming en transport te berekenen, die het gevolg zijn van getijden en meteorologische aandrijving. Er is een online koppeling tussen de hydrodynamica en het sedimenttransport. Dit betekent dat het sedimenttransport door stroming elke tijdstap wordt uitgerekend. [1]

Model opzet

Een schematisch model is opgezet om de scenario's te simuleren. Het domein van het model is 1 x 2,5 km, met een rechthoekig rooster van 15 x 15 m. Er is een uniforme diepte aangenomen van 4.2 m. De randvoorwaarden aan de west en oostzijde van het domein is een constante stroomsnelheid van ofwel 0.1 m/s (scenario 1) of 0.25 m/s (scenario 2). Er is 4 dagen gesimuleerd, 1 dag voor het opstarten van het model en 3 dagen werkelijke simulatie.

De tijdstap is afhankelijk van het courant-getal (CFL). Er wordt aangeraden om een courant-getal ≤ 10 te hebben, vanwege model stabiliteit [1]. Het courant-getal wordt als volgt berekend: $CFL = \frac{\Delta t \sqrt{gH}}{\{\Delta x, \Delta y\}}$, waarbij Δt de tijdstap (in seconde), g de versnelling van de zwaartekracht, H de waterdiepte en {Δx,Δy} een karakteristieke waarde (in veel gevallen de minimale waarde) van de roosterafstand in beide richtingen is. Door een tijdstap (Δt) van 6 seconde te nemen wordt ruimschoots aan deze eis voldaan.