

Stabiliteitsanalyse zandwinning Oosterweilanden

Berekeningen en advies taluds bij winzuigen



Stabiliteitsanalyse zandwinning Oosterweilanden

Berekeningen en advies taluds bij winzuigen

Dick R. Mastbergen

Opdrachtgever:
VOF Oosterweilanden

Stabiliteitsanalyse zandwinning Oosterweilanden

Berekeningen en advies taluds bij winzuigen

Dick R. Mastbergen

Rapport

januari 2009

Opdrachtgever	VOF Oosterweilanden							
Titel	Stabiliteitsanalyse zandwinning Oosterweilanden							
Samenvatting								
<p>Voor de toekomstige zandlevering vanuit de provincie Overijssel is als nieuwe locatie aangewezen de Oosterweilanden te Vriezenveen, die zal worden geëxploiteerd door de VOF Oosterweilanden.</p> <p>Aan WL Delft Hydraulics is in 2002 gevraagd een stabiliteitsonderzoek uit te voeren op basis waarvan de aan te houden randstroken, taludhellingen en de diepte van de winput in de ontgrondingsvergunning te verlenen door de Provincie Overijssel, kunnen worden omschreven en de veiligheid ten aanzien van oeverinschaling door bresvloeiing wordt gewaarborgd. De resultaten zijn gerapporteerd in de hoofdstukken 1 en 2. Het voorliggende rapport vervangt het rapport van WL Delft Hydraulics verschenen in 2004.</p> <p>Omdat de vervolgfase voor de zandwinning Oosterweilanden in 2008 weer van start is gegaan, heeft VOF Oosterweilanden opdracht gegeven aan Deltares voor een korte review van het in 2002 uitgevoerde stabiliteitsonderzoek. In deze review, gerapporteerd in hoofdstuk 3 wordt het advies vergeleken met de in 2008 verschenen CUR Aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij Zandwinputten, CUR Bouw en Infra, Gouda. In hoofdstuk 4 worden de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.</p>								
Referenties			Z3373					
Ver	Auteur		Datum	Opmerk.	Review		Goedkeuring	
	Dick R. Mastbergen		28-01-2009		Joh. Pennekamp			
Projectnummer			1002701					
Trefwoorden			zandwinning, zandzuigprocessen, taluds, oeverbescherming, zettingsvloeiing					
Aantal bladzijden			27					
Classificatie			Geen					
Status			Definitief					

Inhoud

1	Inleiding.....	3
1.1	Achtergronden en gegevens	3
1.2	Fasering van het onderzoekstraject	3
1.3	Inhoud van het rapport.....	4
2	Analyse van de te verwachten taludhellingen bij winzuigen	6
2.1	Analyse beschikbare grondgegevens	6
2.2	Berekeningen taludontwikkeling door bresvorming.....	7
2.2.1	Bresberekeningen en productie	7
2.3	Advies uitvoering en aan te houden taludgeometrie.....	9
2.3.1	Taludhellingen en zuigbedrijf	9
2.3.2	Volume van de put	10
2.4	Advies metingen tijdens baggerwerk.....	11
2.5	Conclusies berekeningen	12
2.6	Aanbevelingen vervolgfases	13
3	Evaluatie stabiliteitsanalyse in kader CUR Aanbeveling 113.....	14
3.1	Inleiding.....	14
3.2	Samenvatting berekeningen en advies	14
3.3	Evaluatie geadviseerde hellingen met CUR C113.....	16
4	Conclusies en aanbevelingen.....	17
4.1	Conclusies	17
4.2	Aanbevelingen	17
Bijlage A	Resultaten analyse boringen 1, 24	
Bijlage B	Bresberekeningen, taluds en zandproductie	

1 Inleiding

1.1 Achtergronden en gegevens

Voor de toekomstige zandlevering vanuit de provincie Overijssel is als nieuwe locatie aangewezen de Oosterweilanden te Vriezenveen, die zal worden geëxploiteerd door de VOF Oosterweilanden.

Aan WL|Delft Hydraulics is in 2002 gevraagd een stabiliteitsonderzoek uit te voeren op basis waarvan de aan te houden randstroken, taludhellingen en de diepte van de winput in de ontgrondingsvergunning te verlenen door de Provincie Overijssel, kunnen worden omschreven.

Voor de zandwinning Oosterweilanden is al een Milieu-Effect Rapportage uitgevoerd, waarvan momenteel de concept-rapportage gereed is. Het nu beschikbare grondonderzoek bestaat uit 24 grondboringen tot 30 respectievelijk 40 m diepte, elk met een korrelverdeling per laagdikte van 2 m.

Op basis van deze grondgegevens en het beschikbaar gestelde oppervlak van maximaal 100 ha netto ontgroning is een inrichtingsplan opgesteld. De bodemopbouw en de kwaliteit, de samenstelling in ophoog- en industriezand, onderverdeeld in beton- en metselzand, is weergegeven in tabel 1 volgens opgave VOF Oosterweilanden.

Tabel 1 Bodemopbouw en kwaliteit

Bodemopbouw en kwaliteit zand	OHZ	MZ	BZ
0,6 m afdeklaag	-		
2,7 m fijn zand "droog" afgraven	100%		
gem. 20,7 m industriezand nat te winnen	63%	21%	16%
stoorlaag klei op diepte ca. 17 m -MV dikte tot 4.5 m	-		
tot 30 m	100%		

Voorlopig uitgaande van taludhellingen 1:4 tot 30 m diepte zijn de te winnen zandvolumes voor de winlocatie Oosterweilanden door VOF berekend, zie tabel 2:

Tabel 2 Zandvolumes

Zandvolumes	Totaal Mm ³	OHZ Mm ³	IZ Mm ³
in deklaag	2.355	2.355	0
in industriezandlaag	15.372	9.745	5.627
tot 30 m	3.379	3.379	0
Totaal	21.106	15.455	5.651

(zandklasse indeling op basis normering NEN 5905)

De exploitatieperiode is voorzien op 25 jaar. Gezien de geprognosticeerde maximale afzetmogelijkheid van 300 000 m³/jaar ophoogzand betekent dit dat deze zandkwaliteit gedeeltelijk zal worden teruggestort voor latere winning. De uitvoering van de ontgroning zal gefaseerd worden aangepakt.

1.2 Fasering van het onderzoekstraject

In het kader van de beleidsnotitie Taludinstabiliteit en veiligheid bij diepe zandwinningen in Overijssel, december 2001, is gevraagd het stabiliteitsonderzoek in

eerste instantie te richten op het proces van bresvorming. Dit proces dat onlosmakelijk samenhangt met de wijze van zandwinning met een winzuiger, is waarschijnlijk verantwoordelijk voor in het verleden bij zandwinputten in Overijssel opgetreden oeverinscharingen.

In dit rapport wordt nagegaan, op basis van de samenstelling van de bodem (boringen) welke taludhelling en welke diepte met een winzuiger veilig en praktisch realiseerbaar zijn. Op grond van de uitgevoerde bresberekeningen worden aanbevelingen gedaan over de aan te houden hellingen, de wijze van zandwinning en de uit te voeren metingen voor de vergunningshandhaving. Het huidige onderzoek kan daarom als fase 1 van het stabiliteitsonderzoek gezien worden.

Als vervolg op deze studie wordt een nader grondonderzoek (sonderingen), met een geotechnisch advies en een risicobeschouwing aanbevolen en voor de feitelijke ontgroning een baggertechnisch advies.

De fasering van het vooronderzoek, waarvan het huidige onderzoek fase 1 vormt, is dan als volgt:

1. analyse te verwachten optredende hellingen bij winzuigen (bresvorming)
2. aanvullend veldonderzoek w.o. kleefsonderingen
3. geotechnische stabiliteitsanalyse en risicobeschouwing
4. baggertechnologisch advies en implementatie

De fasering van de uitvoering van de ontgroning heeft implicaties voor de optimale wijze van winnen en dus op het baggertechnisch advies. Ook voor een risicobeschouwing heeft deze fasering implicaties, omdat de toekomstige gebruiksfunctie van de oevers en het direct daar achtergelegen land (bijv. wegen, bebouwing, natuur- of grasland) daarin een rol speelt. Echter, voor de ontwikkeling van de taludhellingen onder invloed van het zuigproces, zoals in dit rapport beschouwd, speelt dat geen rol.

1.3 Inhoud van het rapport

Na de inleiding in dit hoofdstuk wordt in hoofdstuk 2 een analyse van de te verwachten optredende hellingen bij winzuigen door bresvorming uitgevoerd op basis van het beschikbare grondonderzoek. Het bestaat uit de volgende onderdelen:

1. analyse beschikbare grondgegevens;
2. berekeningen taludontwikkeling door bresvorming;
3. advies aan te houden taludgeometrie op basis van de uitgevoerde berekeningen in samenhang met totale putopbrengst (randstrookbreedte, hellingen volgens een recht of geleed talud);
4. advies uitvoering en metingen tijdens baggerwerk;
5. aanbevelingen voor nader geotechnisch stabiliteitsonderzoek en toe te passen baggertechniek bij uitvoering in overleg met specialisten resulterend in rapportage voor vergunningverlening, conform beleidsnotitie provincie Overijssel.

De benodigde gegevens door VOF Oosterweilanden aangeleverd zijn:

1. korrelverdelingen boringen 1 t/m 24;
2. boorbeschrijvingen;
3. kaart en inrichtingsplan;
4. gegevens in te zetten zuiger en/of ander baggermaterieel met benodigde zandproducties (op basis exploitatiescenario).

Conclusies en aanbevelingen voor het vervolgonderzoek staan in hoofdstuk 3.

2 Analyse van de te verwachten taludhellingen bij winzuigen

2.1 Analyse beschikbare grondgegevens

Het onderzoek wordt uitgevoerd op basis van het momenteel beschikbare grondonderzoek. Het onderzoek bestaat uit een 24-tal grondboringen (locatie aangetekend op kadaster kaart schaal 1:10.000). Van elke boring zijn boorbeschrijvingen beschikbaar en zijn om de 2 m zeefanalyses uitgevoerd.

De berekeningen en analyses zijn uitgevoerd voor twee kenmerkende boringen, 1 en 24. In principe kan voor iedere boring een dergelijke berekening worden uitgevoerd. De reden dat de boringen 1 en 24 zijn gekozen voor de taludberekening is dat hier het meest duidelijk een (matig) fijne zandlaag is aangetroffen. Dergelijke lagen zijn maatgevend voor de taludontwikkeling, grovere lagen zullen namelijk resulteren in steilere hellingen. Daarnaast vormt de aanwezigheid van een kleilaag een storende factor.

Op basis van de beschikbaar gestelde korrelverdelingstabellen en -diagrammen zijn voor een tweetal boringen (boring 1 en 24) de d_{50} en d_{15} korreldiameter afgelezen (50 resp. 15 gew% is fijner ofwel 50 resp. 85% is grover), zie Bijlage A, tabel A-1 en A-2. De korrelverdelingsdiagrammen van de verschillende lagen zijn per boring weergegeven in de figuren A-1 en A-3, waarbij de korreldiameter op logaritmische schaal is weergegeven en de fractie in de range 0-100% zodat de verschillende fracties goed afgelezen kunnen worden.

In de figuren A-2 en A-4 zijn de d_{50} en d_{15} als functie van de diepte weergegeven. Duidelijk te zien is dat de korreldiameter eerst steeds grover, maar na 20 m diepte weer fijner wordt, dit is bij boring 1 geprononceerder dan bij boring 24.

In de tabellen is de kwalitatieve beschrijving volgens de boorstaten overgenomen. Tevens is per geanalyseerde laag de beschrijving vermeld die op basis van de gemeten d_{50} korreldiameter van toepassing is volgens de indeling van onderstaande tabel 1. Deze kan soms wat afwijken van die van de boorstaten die immers kwalitatief van aard is en op basis van een visueel waargenomen laagverdeling.

In de tabel zijn tenslotte de doorlatendheden vermeld die zijn berekend op basis van de vastgestelde d_{15} uitgaande van een porositeit van $n_0=38\%$ en een grondwatertemperatuur van ongeveer 10 °C (vergelijk met tabel 3).

Deze gegevens die de erosiesnelheid van de betreffende zandlaag bepalen zijn benodigd voor de bresberekeningen (par. 2.2).

Tabel 3 Classificatie zand (volgens NEN 5104)

Zandsoort	Korreldiameter		Doorlatendheid	
	onder μm	boven μm	m/s	m/dag
uiterst grof	420	2000	1.2E-003	100
zeer grof	300	420	5.9E-004	51
matig grof	210	300	2.9E-004	25
matig fijn	150	210	1.5E-004	13
zeer fijn	105	150	7.3E-005	6
uiterst fijn	63	105	2.6E-005	2

Op basis van de boorbeschrijvingen kan worden geconstateerd dat op een aantal punten een duidelijke kleilaag aanwezig is, met dikte van 0,5 tot meer dan 4,5 m, zie tabel 4, die van invloed kan zijn op het winproces en daarmee ook op de stabiliteit. Bij het uitvoeren van kleefsonderingen kunnen dergelijke kleilagen ook aangetoond worden.

Tabel 4 Kleilagen volgens boorbeschrijvingen

Boring no.	diepte m - MV	dikte m
1	-16.5	1.5
4	-18	0.5
6	-25	2.0
8	-14.5	> 4.5
10	-5.0	1.0
11	-21.0	0.5
17	-21.5	1.0
18	-17.5	2.5
21	-20.0	2.0

Er zijn geen direct aangrenzende wegen, leidingen of andere belangen beschouwd, waarmee rekening gehouden moet worden bij de beoordeling van de veiligheid van de taludhellingen.

Omdat aan de noordzijde een randweg is gepland, dient hier mogelijk een extra veiligheidsmarge ten aanzien van de taludhelling en de aan te houden randstrookbreedte in acht genomen te worden. Dit aspect komt bij een geotechnisch vervolgonderzoek aan de orde.

2.2 Berekeningen taludontwikkeling door bresvorming

2.2.1 Bresberekeningen en productie

Op basis van de grondgegevens gegeven in de tabellen A-1 en A-2 voor de boringen 1 en 24 zijn bresberekeningen uitgevoerd die de taludontwikkeling weergeven bij winzuigen op een diepte van 30 m met een zekere verhaalsnelheid die maatgevend is voor de zandproductie van de zuiger.

De taluds ontstaan door terugschrijdende erosie (bressen) vanaf de zuigmond, waarbij zich bij constante verplaatsingssnelheid van de zuiger een stationaire toestand ontwikkelt met een bepaalde vorm, als resultaat van de erosie van de zand-watermengselstroom langs het talud naar de zuigmond. Dit bresproces kan ook autonoom optreden bij een verstoring ergens langs het talud, bijv. afschuiving van een lokale versteiling veroorzaakt door de zuiger, bezwijken van een kleilaag door ondermijning of een zettingsvloeiing in een lokaal losgepakte laag, maar heeft dan een instationair karakter.

Grondwaterstroming in bepaalde lagen heeft een beperkte invloed op de taludvorming ten gevolge van het winzuigproces. Uittredend grondwater heeft een licht verflauwende invloed op het talud; vanwege de in het algemeen geringe verhangen en omdat de

locaties niet bekend zijn is dit effect in de berekeningen niet meegenomen. Het effect van het eventueel doorbaggeren van afsluitende kleilagen is uiteraard wel belangrijk voor de grondwaterhuishouding.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een verhaalsnelheid van 1.5, 1 en 0.5 mm/s voor boring 1, zie figuren B-1 t/m B-3a en b (a geeft taludontwikkeling, b de zandproductie). Door zeer langzaam te zuigen (lage productie) kan een behoorlijk steil talud opgezet worden, dankzij de vrij grove samenstelling van de bovenste zandlagen (tot 1:2 over de bovenste 20 m bij 0.5 mm/s, fig. B-3a, zie ook fig. A-2). Bij iets hogere snelheden nemen de hellingen af tot 1:3 á 1:4 afhankelijk van de diepte (1.5 mm/s zie fig B-1a). Bij boring 24 met iets minder grove zanden in de bovenste lagen zijn de hellingen iets flauwer (fig. B-4a).

Opvallend is dat de natuurlijke taludontwikkeling die steeds flauwere hellingen geeft bij grotere diepte nog versterkt wordt doordat de zandsoort steeds fijner wordt, vooral bij boring 1. Daardoor is er bijna sprake van een geknikt talud.

Ook bij minder grote zuigdiepte is de productie voldoende zonder al te hoge verplaatsingssnelheden, die immers een verhoogd risico vormen voor het veroorzaken van tijdelijke versteilingen en mogelijk resulteren in een oeverinbrossing. Bij een hoge productiecapaciteit van de zuiger en bij toepassing van een jetinstallatie is dat immers goed mogelijk zonder dat de zuigbuis onmiddellijk vastloopt.

De productiecapaciteit van de in te zetten zuiger, die momenteel nog niet precies bekend is, gedacht wordt aan een grotendeels geautomatiseerde kleine zuiger, kan als volgt worden ingeschat.

Het geprognosticeerde te ontgronden volume in de industriezandlaag bedraagt 15.372.000 m³, dat is gemiddeld over 25 jaar 615.000 m³. Bij een werkperiode van stel 48 weken per jaar, 5 dagen per week, gedurende 8 á 12 uur per dag, dan is de benodigde productiecapaciteit 320 á 220 m³/uur.

Met een buisdiameter van 350 mm (inwendig), een snelheid van 3 tot 5 m/s in de buis en een gemiddelde in-situ zandconcentratie van 20% (mengseldichtheid 1200 kg/m³) is dit goed haalbaar. Door opvoeren van de pompcapaciteit kan de productie met dezelfde buisdiameter onder gunstige omstandigheden opgevoerd worden tot maximaal ca. 550 m³/uur, bij een snelheid in de buis van 5 m/s en een gezogen concentratie van 20% (mengseldichtheid 1330 kg/m³). Het is echter de vraag of deze concentratie permanent gerealiseerd kan worden. Een gemiddelde productie van 300 m³/uur is echter zeker haalbaar met deze buisdiameter.

Een zuigproductie van 220 m³/uur komt overeen met een putproductie van bijv. 1 mm/s voortgangssnelheid bij 15 m zuigdiepte over een breedte van 3 á 4 m. Bij een diepte van 25 m is de productie dan 360 m³/uur.

Een kleilaag verstoort het bresproces. Wordt door de laag heen gebaggerd, waarvoor dan wel voldoende jetcapaciteit op de zuigmond geïnstalleerd dient te worden ofwel voldoende gewicht van de ladder om door de kleilaag heen te breken of te snijden, dan kan hoger gelegen zand niet toestromen, terwijl het zand onder de kleilaag wel naar de zuigmond stroomt. Daardoor kan de kleilaag ondermijnd worden plotseling instorten. Bij geringe dikte van de kleilaag (< 0.5 m) zal dit direct gebeuren waardoor geen grote verstoringen te verwachten zijn.

Bij een behoorlijke kleilaagdikte is het echter beter eerst de bovengelegen zandlagen te winnen en de kleilaag daarna zomogelijk te verwijderen met een cutter of graafwielzuiger, waarna de dieper gelegen lagen weer met een winzuiger kunnen worden gebaggerd.

2.3 Advies uitvoering en aan te houden taludgeometrie

2.3.1 Taludhellingen en zuigbedrijf

Op basis van de bresberekeringen kan worden uitgegaan van een helling van 1:3 over de bovenste 15 m en 1:5 daaronder. Dit geldt voor de gehele putomtrek, omdat rekening is gehouden met de aanwezigheid van matig fijne zandlagen, zoals vooral aangetroffen bij boringen 1 en 24. Vanwege de verschillende functies dient bij verdere inrichting rekening gehouden te worden met de aan te houden veiligheidsmarges op basis van de hier voorspelde taludontwikkeling (zoals bij noordelijk randweg).

Restricties aan het baggerbedrijf zijn dan dat bij aanwezigheid van een kleilaag (zie tabel 2 hierboven) het zand in de bovenste lagen (tot -14.5 m t.p.v. boring 8, tot -25 m t.p.v. boring 6) eerst gewonnen wordt en pas daarna dieper gestoken wordt.

Zolang er geen stoorlagen aanwezig zijn, kan tot grotere diepte gezogen worden zonder dat dit invloed heeft op de taludontwikkeling van de bovengelegen lagen. In principe kan de zuigdiepte nog vergroot worden tot -40 m, waarmee de productie van de zuiger verder verhoogd wordt. De zuigdiepte is van invloed op de samenstelling en dus de kwaliteit van het gezogen zand dat immers een mengsel vormt van alle bovengelegen lagen.

De berekende taludontwikkeling over de bovenste 30 m geldt ook voor grotere zuigdiepte. Echter, de helling op grotere diepte wordt steeds flauwer, waardoor het te zuigen volume van de put afneemt.

Om te voorkomen dat de helling op grotere diepte erg flauw worden, kan eerst de bovenste laag van circa 20 - 25 m gewonnen worden. Bij boring 1 wordt de helling namelijk aanzienlijk flauwer vanaf -25 m (zie fig. B-1a, B-2a en B-3a). Bij andere locaties kan dat op een andere diepte of minder prominent optreden.

Wordt vanaf dit niveau in een tweede slag opnieuw gezogen dan is de helling weer steiler, ondanks de fijnere zandsort. Dit is berekend in figuur B-5a, waarbij uit is gegaan van een beginniveau op -26.5 m, dus waar de fijnere zandlagen zich bevinden (zie fig. A-2 en A-4). Op deze manier is het goed mogelijk een talud te realiseren dat over de bovenste 15 m niet flauwer wordt dan 1:3 en over de diepere lagen tot 30 m niet flauwer dan 1:5.

Voorwaarde is dat tijdens het zuigen van de tweede, diepe slag geen bres in het eerste hogergelegen zandtalud wordt gevormd, omdat anders deze helling zich alsnog zou gaan verflauwen en een oeverinbrossing het gevolg zou kunnen zijn. Er moet dus voldoende afstand aangehouden worden.

Hetzelfde proces van taludverflauwing kan optreden bij het terugstorten van overtollig ophoogzand. Aanbevolen wordt dit mengsel niet langs het talud in de put te laten stromen omdat anders dit talud zou kunnen verflauwen en zelfs een oeverinbrossing zou kunnen ontstaan. Een mogelijkheid is om het mengsel met een pijpleiding onder water diep in te brengen, waar het in losgepakte toestand egaal verspreid over de diepste delen van de putbodem zal sedimenteren.

In de hoeken dienen de aan te houden taludlijnen afgerond te worden (kegelvorm).

Verder dient voorkomen te worden dat lokale verstelingen gecreëerd worden door tijdelijk te snel insteken. Het risico hierop is met een grote zuiger duidelijk hoger. Om dit te voorkomen dient in de vergunning duidelijk te worden vastgelegd buiten welke taludlijnen de zuigmond niet mag worden ingestoken. Dit kan worden gecontroleerd met de positiebepaling aan boord van de zuiger. Het achteraf inpeilen van de winputbodem is niet voldoende, omdat bij het insteken van de zuigmond een lokale put wordt gemaakt waar het zand naar toestroomt, die na afloop weer dichtloopt. De zandlaag is

dan wel verstoord en blijft in losgepakte toestand achter, waardoor het risico op een zettingsvloeiing en het ontwikkelen van instationaire, terugschrijdende inbressing in de oever aanwezig blijft.

Het lokaal wegzuigen van zandresten met een winzuiger is alleen mogelijk door het insteken van de zuigbuis tot een niveau lager dan de betreffende zandlagen en geeft dus een risico voor inbressing. Het wordt daarom afgeraden op basis van de bij peilingen gemeten winputbodem gericht zand te zuigen daar waar de voorgeschreven taludlijnen nog niet overschreden zijn. Immers deze voorgeschreven taludlijnen vormen een veilige schematisering van de taluds en zijn niet bedoeld als na te streven baggerwerkwijze.

Beter is het taludlijnen te handhaven die aangeven tot waar de zuigbuis mag worden ingestoken en deze te controleren met positiemetingen. In de kaart van de bodempeilingen blijven dan altijd verschillen zichtbaar tussen de daadwerkelijk taludlijnen van het zand en de toegestane lijnen. Deze verschillen moeten als onwinbare zandvoorraden worden beschouwd. Wel is het zo dat de keuze van het baggermateriaal de marge tussen deze lijnen mede bepaalt. Zo kan met een cutterzuiger de voorgeschreven taludlijnen veel beter gerealiseerd worden zonder deze te overschrijden dan met een winzuiger. Een cutterzuiger is echter ook duurder in gebruik. Met het handhaven van een geknikt talud worden de onwinbare zandvoorraden beperkt. De hoeveelheid zand die zich in de onderste 15 m van de put bevindt tussen een voorgeschreven helling van 1:4 en van 1:5 is met een winzuiger waarschijnlijk niet of nauwelijks winbaar. Gerekend over de totale put kan dit maximaal ongeveer 5 tot 8% in volume winbaar zand schelen (zie volgende paragraaf).

2.3.2 Volume van de put

Behalve naar de veiligheid is ook gekeken naar het totale volume van de put. Door VOF Oosterweilanden is aangehouden een helling van 1:4 tot 30 m diepte rondom de put. Ter vergelijking zijn in de tabellen 5 en 6 de te winnen hoeveelheden zand gegeven op basis van de hier gegeven volumeberekeningen (gebaseerd op een rechthoekig oppervlak van de winput van 98.6 ha op maaiveld en een totale diepte van 30 m incl. afdeklaag).

Volume per laag met dikte h en helling $1:\alpha$, breedte op maaiveld B en lengte op maaiveld L

$$Vol = BLh - \alpha h^2 (B + L) + \frac{4}{3} \alpha^2 h^3 \quad (1)$$

of met een meer algemene benadering met n = aantal lagen:

$$Vol = \sum_{i=1}^n \frac{1}{3} h_i \left(A_{g,i} + A_{b,i} + \sqrt{A_{g,i} \times A_{b,i}} \right) \quad (2)$$

met:

$A_g = B h$ oppervlak grondvlak (op maaiveld = 98.6 ha)

$A_{b,i} = (B - 2\alpha_i h_i)(L - 2\alpha_i h_i)$ oppervlak t.p.v onderzijde laag h_i

Tabel 5 Volume put met constante helling 1:4 volgens formule 1

Dikte m	Laag	Diepte m	helling 1:	Vol Mm ³
0	MV	0		
0.6	afdeklaag	-0.6	4	0.580
2.7	deklaag	-3.3	4	2.470
11.7	tot 15 m	-15	4	7.970
9	IZ laag	-24	4	5.250
6	tot 30 m	-30	4	3.170
30			Totaal	19.450

Tabel 6 Volume put met constante helling 1:4 volgens formule 2

Dikte m	Laag	Diepte m	helling 1:	Vol Mm ³
0	MV	0		
0.6	afdeklaag	-0.6	4	0.590
2.7	deklaag	-3.3	4	2.580
11.7	tot 15 m	-15	4	9.900
9	IZ laag	-24	4	6.290
6	tot 30 m	-30	4	3.610
30			Totaal	22.970

De totale hoeveelheid te winnen zand is dus volgens deze berekening 19.000.000 tot 22.400.000 m³ (na aftrek afdeklaag), dit komt ongeveer overeen met de eerder door VOF gecalculeerde 21.106.000 m³ (zie tabel 1 paragraaf 1.1). De eerste berekeningsmethode ligt hier wat onder, de tweede wat erboven.

Tabel 7 Volume put bij geleed talud 1:3 en 1:5 formule 2

Dikte m	Laag	Diepte m	helling 1:	Vol Mm ³
0	MV	0		
0.6	afdeklaag	-0.6	3	0.590
2.7	deklaag	-3.3	3	2.600
11.7	tot 15 m	-15	3	10.290
9	IZ laag	-24	5	6.620
6	tot 30 m	-30	5	3.670
30			Totaal	23.770

Te zien is dat de hoeveelheden te winnen zand bij geleed talud nagenoeg gelijk zijn, nog afgezien van het feit dat de met een winzuiger onwinbare hoeveelheden geringer zullen zijn.

2.4 Advies metingen tijdens baggerwerk

Zoals eerder gesteld dienen de vergunninglijnen gecontroleerd te worden aan de hand van de gemeten positie van de zuigmond ten opzicht van de toegestane taludlijnen. Tijdens de uitvoering kan dan, gegeven het type baggervaartuig, de werkwijze geoptimaliseerd worden zodat de daadwerkelijk gewonnen hoeveelheden zand,

volgende uit de periodiek uit te laten voeren peilingen van de putbodem, de toegestane hoeveelheden zo goed mogelijk benaderen. Er zal echter altijd een verschil blijven, dat gegeven de restricties in de vergunning als onwinbaar moet worden beschouwd.

Doordat bij zandwinningen tot op heden alleen de gerealiseerde taluds werden beschouwd kon niet worden vastgesteld of de zuigmond deze lijnen al of niet had overschreden. Om de volgens de peilingen nog resterende zandhoeveelheden alsnog te winnen moest, zeker met een winzuiger de zuigbuis wel dieper in het talud ingestoken worden, waardoor, vooral met een grote zuiger, al snel een lokale versteiling wordt gecreëerd, die terugschrijdend langs het talud na verloop van tijd een oeverinscharing kan veroorzaken.

Het monitoren van de zuigbuis is thans nauwkeurig mogelijk met behulp van dGPS systemen, waarmee de X-Y positie van de zuiger en de zuigdiepte wordt geregistreerd (evt. met correctie hoekverdraaiing zuigbuis). Een foutmarge van ten hoogste 0.5 m tussen zuigmond en aan te houden taludlijn is hiervoor toelaatbaar.

Het is wel nodig een referentiemeting uit te voeren om een bekende, vaste positie te registreren waarmee de meting gekoppeld kunnen worden aan kadastrale kaart en periodieke inpeilingen van de zandwinning (schaal 1:1000).

De logboekgegevens dienen te worden geregistreerd op een PC met een interval van 1 minuut als functie van datum en tijdstip gedurende de werktijd van de zuiger. Zonodig moeten de meetsignalen gefilterd worden alvorens deze op te slaan, om ruis en andere elektronisch geïnduceerde afwijkingen te elimineren.

2.5 Conclusies berekeningen

Op basis van de bresberekeningen kan worden uitgegaan van een helling van 1:3 over de bovenste 15 m en 1:5 daaronder. In volume komt dit ongeveer overeen met een constante helling van 1:4 zoals in eerste instantie aangehouden. Doordat een helling van 1:5 in het diepere gedeelte van de put meer overeenkomt met de taludontwikkeling bij winzuigen, zoals berekend, zullen de onwinbare hoeveelheden geringer zijn dan bij een helling 1:4 over de gehele diepte (orde 5%).

Restricties aan het baggerbedrijf zijn dan:

- ter plaatse van de kleilaag (op -14.5 m t.p.v. boring 8, op -25 m t.p.v. boring 6) dient het zand hierboven eerst gewonnen te worden en de kleilaag daarna zomogelijk verwijderd met een cutter of graafwielzuiger, waarna de dieper gelegen lagen weer met een winzuiger kunnen worden gebaggerd.
- om te voorkomen dat de hellingen op grotere diepte (vanaf circa 20 - 25 m) erg flauw worden, vooral bij aanwezigheid van fijnere zandlagen op grotere diepte, kan een tweede slag uitgevoerd worden met de zuiger.
- in de hoeken dienen de aan te houden taludlijnen afgerond te worden.
- in de vergunning dient duidelijk te worden vastgelegd buiten welke taludlijnen de zuigmond niet mag worden ingestoken. Dit kan worden gecontroleerd met de positiebepaling aan boord van de zuiger.

Het lokaal wegzuigen van zandresten met een winzuiger is alleen mogelijk door het insteken van de zuigbuis tot een niveau lager dan de betreffende zandlagen en geeft dus een risico voor inbressing.

2.6 Aanbevelingen vervolgfases

Het wordt afgeraden op basis van de bij peilingen gemeten winputbodem met de winzuiger gericht zand te zuigen daar waar de voorgeschreven taludlijnen nog niet overschreden zijn. Deze verschillen moeten als onwinbare zandvoorraden worden beschouwd.

De logboekgegevens dienen te worden geregistreerd met een interval van 1 minuut als functie van datum en tijdstip gedurende de werktijd van de zuiger.

Het is hierbij nodig een referentiemeting uit te voeren om een bekende, vaste positie te registreren waarmee de logboekmetingen gekoppeld kunnen worden aan kadastrale kaart en periodieke inpeilingen van de zandwinput

Om de noodzaak van eventuele vervolgfases te kunnen vaststellen is overleg gevoerd met adviseurs op geotechnisch en baggertechnologisch gebied. De mogelijke vervolgfases betreffen:

- zonodig aanvullend veldonderzoek w.o. kleefsonderingen;
- geotechnische stabiliteitsanalyse en risicobeschouwing;
- baggertechnologisch advies en implementatie.

Door de geotechnische adviseur (GeoDelft) wordt aanbevolen om conform het rapport "Bressen en Taludinstabiliteit bij zandwinput Haerst", GeoDelft/WL|Delft Hydraulics, 2002, in ieder geval de risicobeschouwing uit te voeren teneinde de bij de voorgestelde taludhellingen behorende risiconiveaus in kaart te brengen en die te vergelijken met de eisen die daar aan gesteld worden. In beginsel kan dit weliswaar zonder sonderingen uit te voeren, maar gegeven de hier aanwezige matig fijne zandlagen dienen toch ca. 5 sonderingen tot 45 m diepte te worden uitgevoerd om te bezien of rekening moet worden gehouden met extra risico's op taludinstabiliteit door zettingsvloeiingen.

Verder wordt aanbevolen om op grond van de vergunning een baggerplan te ontwikkelen, zonodig in samenwerking met een baggerspecialist (Van 't Hoff, Zeist), om de inzet van het materieel, de werkwijze en de metingen aan boord zodanig in te zetten dat een optimale zandwinning wordt verkregen onder waarborging van de taludstabiliteit volgens de vergunningsvoorwaarden.

3 Evaluatie stabiliteitsanalyse in kader CUR Aanbeveling 113

3.1 Inleiding

Omdat de vervolgfase voor de zandwinning Oosterweilanden te Vriezenveen, Overijssel, thans weer van start is gegaan, heeft VOF Oosterweilanden opdracht gegeven aan Deltares voor een korte review van het in 2002 door WL | Delft Hydraulics uitgevoerde stabiliteitsonderzoek. Dit onderzoek bestond uit een analyse van de boorgegevens en het uitvoeren van bresberekeningen met het rekenmodel HMBreach teneinde veilige taludhellingen te adviseren met het oog op het risico van oeverinscharing door bresvloeiing. Dit is opgenomen in de hoofdstukken 1 en 2. Het voorliggende rapport vervangt dus het rapport van WL | Delft Hydraulics verschenen in 2004. In de review, gerapporteerd in het voorliggend hoofdstuk 3, is gekeken naar de in 2008 verschenen CUR Aanbeveling 113, Oeverstabiliteit bij Zandwinputten, CUR Bouw en Infra, Gouda.

3.2 Samenvatting berekeningen en advies

In Hoofdstuk 1 en 2 zijn de berekeningen uitgevoerd van de te verwachten taludontwikkeling op basis van boorgegevens.

Boring B1 en B24 zijn beschouwd omdat daar het meest matig fijne zanden voorkomen, deze zijn maatgevend voor de taludvorming bij zuigen. Matig fijne zanden worden vooral aangetroffen beneden 25 tot 30 m – MV. De rest van de boringen vertoont hoofdzakelijk matig grof tot zeer grof zand. In de meeste boringen wordt een dikke kleilaag op -15 tot -20 m diepte gevonden. Deze moet worden afgegraven.

De uitgevoerde berekeningen geven de taludontwikkeling op basis van boring B1 bij verschillende zuigsnelheden (zandproducties) en boring B24, in 2 slagen: vanaf maaiveld en vanaf -26.5 m waar het fijne zand begint. Hiermee wordt voorkomen dat het talud te veel verflauwt bij diepe winning. Dan moet wel voorkomen worden dat het bovenliggend talud nog nalevert, dus er moet voldoende afstand tot het gezogen talud worden gehandhaafd (berm) bij het zuigen van de volgende laag en er mag naderhand niet meer gewerkt worden in de reeds gezogen taluds.

In figuur 3.1 is het resultaat van deze berekening weergegeven (rode lijn) als combinatie van Bijlagen B.4a en B.5a. en tevens de geadviseerde vereenvoudigde taludhelling, zoals beschreven in paragraaf 2.5 (paarse lijn). In tabel 8 is de geadviseerde taludlijn beschreven.

Zandwinning Oosterweilanden taludstabiliteit

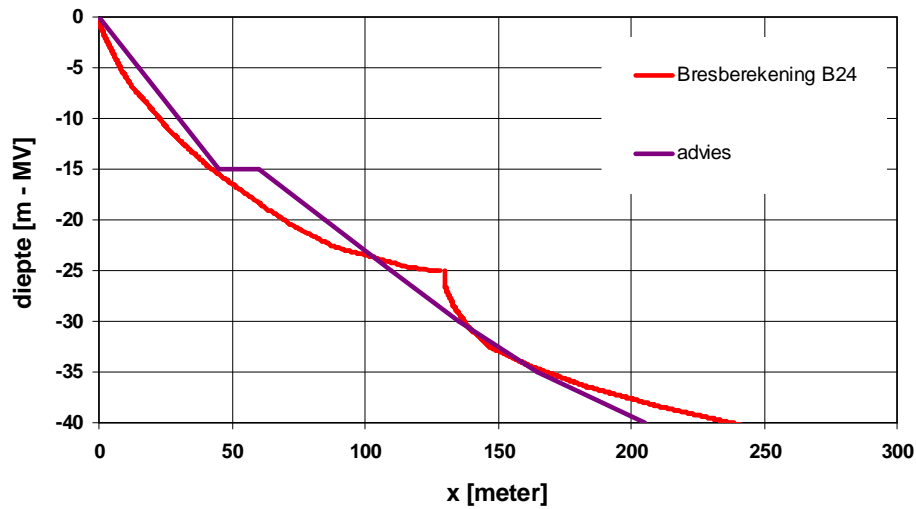


Fig. 3.1 Berekende en geadviseerde onderwaterhelling zandwinplas Oosterweilanden op basis Boring B24 zuigsnelheid 1 mm/s

Bij de berekening is uitgegaan van een laagscheiding op 25 m – MV. Omdat de kleilaag op 15 m – MV ook een natuurlijke laagscheiding vormt wordt geadviseerd hier een berm te handhaven van 15 m ter plaatse van de af te graven kleilaag. De beoogde diepte van de plas is 30 m, maar de taludlijnen zijn ter vergelijking tot 40 m voortgezet, waarbij de geadviseerde helling nog wat verder verflauwt, conform de berekeningen. De geadviseerde taludlijn geeft een veilige benadering van de berekende.

Tabel 8 Geadviseerde taludopbouw zandwinplas Oosterweilanden

Diepte van	tot	Taludhelling
m - MV	m - MV	
0	-5	1:
-5	-10	3
-10	-15	3
-15	berm / kleilaag	15 m
-15	-20	5
-20	-25	5
-25	-30	5
-30	-35	6
-35	-40	8

Bij de berekeningen is uitgegaan van vastgepakt zand. Mogelijke geotechnische instabiliteit door verweking van losgepakte zandlagen is hier niet beschouwd. Om vast te stellen of hiermee rekening moet worden gehouden worden in hoofdstuk 2 diepe sonderingen geadviseerd.

De positie van de zuigkop ten opzichte van het talud dient tijdens het werk continu gemeten te worden en mag niet door vergunninglijn steken. Bij terugstorten in de put moet een drijvende pijp met verticale uitstroming onder water worden toegepast en niet langs het talud.

3.3 Evaluatie geadviseerde hellingen met CUR C113

De geadviseerde taludlijn is in fig 3.2 nogmaals weergegeven ter vergelijking met de taludhelling volgens de in 2008 verschenen richtlijn CUR 113 (blauwe lijn). Daarbij is uitgegaan van een berm op 15 m en een berm op 25 m – MV. Te zien is dat de berekende en de geadviseerde lijn nergens steiler zijn dan volgens de richtlijn CUR 113.

De CUR richtlijn mag alleen toegepast worden als het zand niet verwekingsgevoelig is en bovendien niet zeer bresgevoelig is dus nergens fijner dan 200 μm . Matig fijne zanden, fijner dan 200 μm worden hier vooral aangetroffen beneden 25 tot 30 m - MV, dus de richtlijn van CUR 113 mag dan niet toegepast worden. Dan is een meer geavanceerde bresberekening nodig, bijvoorbeeld zoals uitgevoerd in hoofdstuk 2. Het advies zoals weergegeven in figuur 3.1 en 3.2 (paarse lijn) en tabel 8 is dus nog steeds van toepassing en niet de lijn volgens CUR C113.

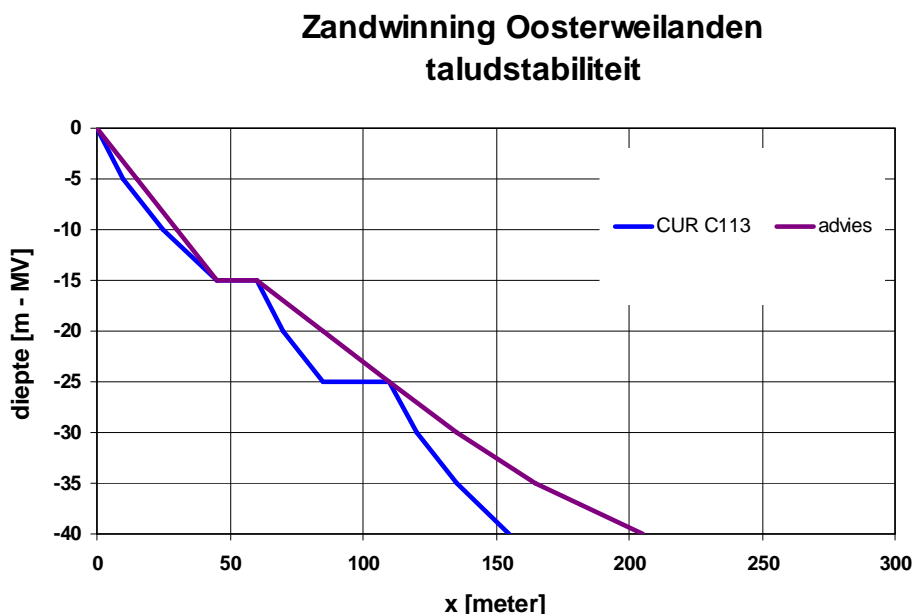


Fig. 3.2 Geadviseerde onderwaterhelling zandwinplas Oosterweilanden en richtlijn volgens CUR C113

Bij de uitvoering moet in horizontale lagen gewerkt worden zoals ook in hoofdstuk 2 vermeld. Naderhand mag niet meer in de bovenliggende taluds worden gezogen. De positie van de zuigkop ten opzichte van het talud dient continu geregistreerd te worden.

In overleg met de provincie Overijssel is bepaald dat het aanvullend uitvoeren van diepe sonderingen ten behoeve van het vaststellen van eventueel losgepakte zandlagen, zoals aanbevolen in hoofdstuk 2 en in CUR C113, vooralsnog achterwege kan blijven.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Op basis van de bresberekeningen kan worden uitgegaan van een helling van 1:3 over de bovenste 15 m en 1:5 daaronder tot 30 m – MV. Dit vanwege de fijnere zandsort. Daarbij moet ter plaatse van de af te graven kleilaag een berm van 15 m worden gehandhaafd.

Bij evt. verdieping tot 40 m dient de helling hier nog verder verflauwd te worden tot 1:8.

De geadviseerde te handhaven taludhelling is beschreven in tabel 8.

Deze helling is veilig ook in het licht van de CUR Aanbeveling C113.

4.2 Aanbevelingen

Bij de uitvoering moet in horizontale lagen gewerkt worden zoals ook in hoofdstuk 2 vermeld. Naderhand mag niet meer in de bovenliggende taluds worden gezogen.

De positie van de zuigkop ten opzichte van het talud dient continu geregistreerd te worden.

Daarnaast dient tijdens de winwerkzaamheden regelmatig een peiling van de bodemligging te worden uitgevoerd.

A Resultaten analyse boringen 1, 24

Tabel A-1 Analyse boring 1 op basis korrelverdelingen

Diepte m	laag dikte m	laag no	D50 mm	D15 mm	Omschrijving NEN5104	K-waarde m/s	Boor beschrijving
0							teelaarde
2	2	1	0.25	0.11	matig grof	8.0E-005	zeer fijn zand
3	1	2	0.3	0.17	matig grof	1.9E-004	matig fijn grindig
5	2	3	0.19	0.1	matig fijn	6.6E-005	zeer fijn zand
7	2	4	0.25	0.15	matig grof	1.5E-004	matig fijn zwak grindig
9	2	5	0.38	0.2	zeer grof	2.6E-004	matig fijn matig grindig
11	2	6	0.38	0.21	zeer grof	2.9E-004	
13	2	7	0.3	0.18	matig grof	2.1E-004	
15	2	8	0.38	0.2	zeer grof	2.6E-004	
16.5	1.5	9	0.36	0.25	zeer grof	4.1E-004	kleilaag 1.5 m
20.5	4	10	0.38	0.21	zeer grof	2.9E-004	matig grof zand
22.5	2	11	0.42	0.24	zeer grof	3.8E-004	
24.5	2	12	0.31	0.2	zeer grof	2.6E-004	
26.5	2	13	0.22	0.15	matig grof	1.5E-004	matig fijn zand
28.5	2	14	0.18	0.14	matig fijn	1.3E-004	zeer fijn zand
30.5	2	15	0.18	0.14	matig fijn	1.3E-004	
32.5	2	16	0.16	0.14	matig fijn	1.3E-004	
34.5	2	17	0.16	0.14	matig fijn	1.3E-004	
36.5	2	18	0.16	0.13	matig fijn	1.1E-004	
38.5	2	19	0.16	0.13	matig fijn	1.1E-004	
40	1.5	20	0.15	0.13	zeer fijn	1.1E-004	

Tabel A-2 Analyse boring 24 met omschrijving op basis korrelverdelingen

diepte tot MV [m]	laagdikte [m]	laag no	D50 mm	D15 mm	Omschrijving NEN5104	K-waarde	Boor beschrijving
1	0.5	0	0.15	0.07	matig fijn	3.2E-005	zeer fijn zand
3	2	1	0.15	0.07	matig fijn	3.2E-005	kleilaag 0.5 m
5.5	2.5	2	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	matig fijn zand
7.5	2	3	0.2	0.095	matig fijn	5.9E-005	
9.5	2	4	0.2	0.11	matig fijn	8.0E-005	matig grof zand
11.5	2	5	0.25	0.125	matig grof	1.0E-004	
13.5	2	6	0.25	0.125	matig grof	1.0E-004	zeer grof zand
15.5	2	7	0.275	0.14	matig grof	1.3E-004	matig grof zand
17.5	2	8	0.275	0.14	matig grof	1.3E-004	matig fijn zand
19.5	2	9	0.3	0.15	matig grof	1.5E-004	
21.5	2	10	0.31	0.15	matig grof	1.5E-004	
23.5	2	11	0.3	0.15	matig grof	1.5E-004	zeer fijn zand
27.5	2	12	0.25	0.125	matig grof	1.0E-004	
29.5	2	13	0.2	0.11	matig fijn	8.0E-005	
31.5	2	14	0.2	0.11	matig fijn	8.0E-005	
33.5	2	15	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	
35.5	2	16	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	
37.5	2	17	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	
39.5	2	18	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	
40	0.5	19	0.18	0.08	matig fijn	4.2E-005	

VOF Oosterweilanden Boring 1

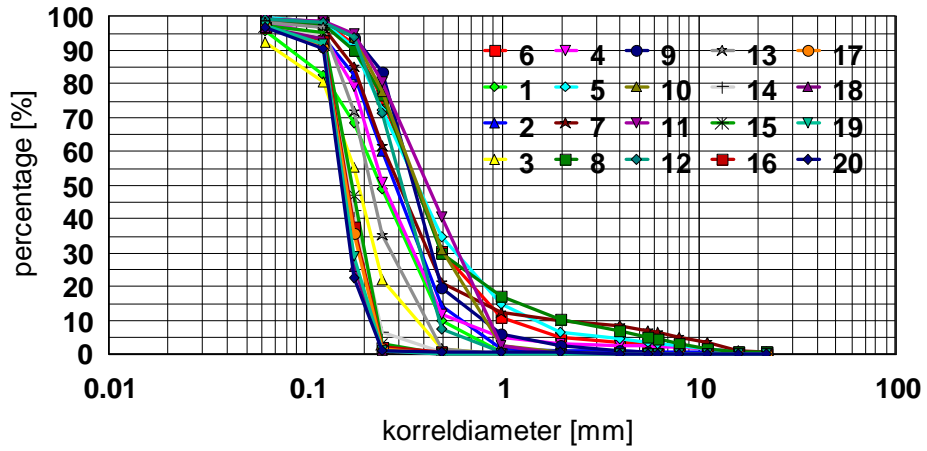


Fig. A-1 Korrelverdelingsdiagram per laag (laag no zie tabel A-1)

VOF Oosterweilanden Boring 1

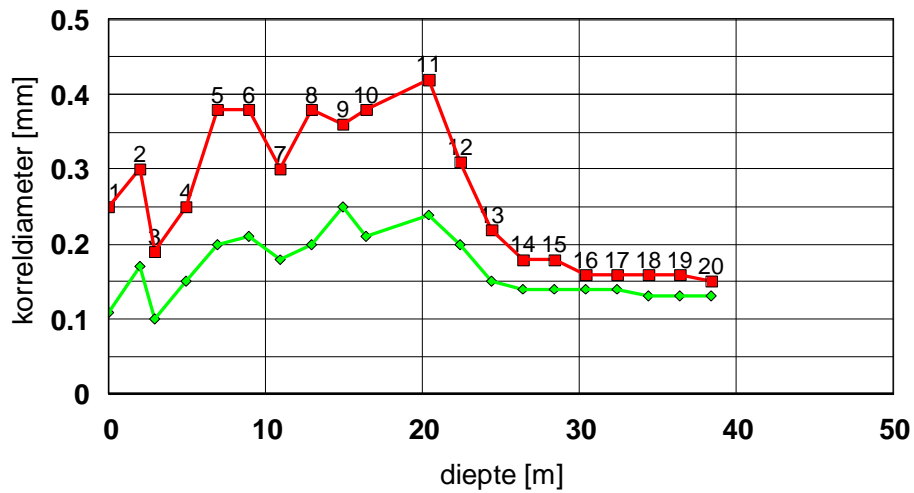


Fig A-2 Korreldiameter D50 en D15 als functie van de diepte

VOF Oosterweilanden Boring 24

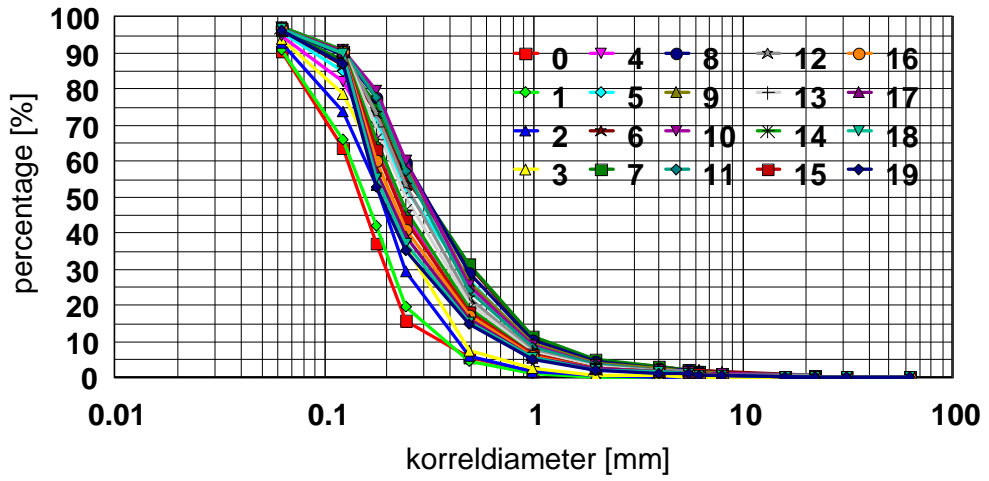


Fig. A-3 Korrelverdelingsdiagram per laag (laag no zie tabel A-2)

VOF Oosterweilanden Boring 24

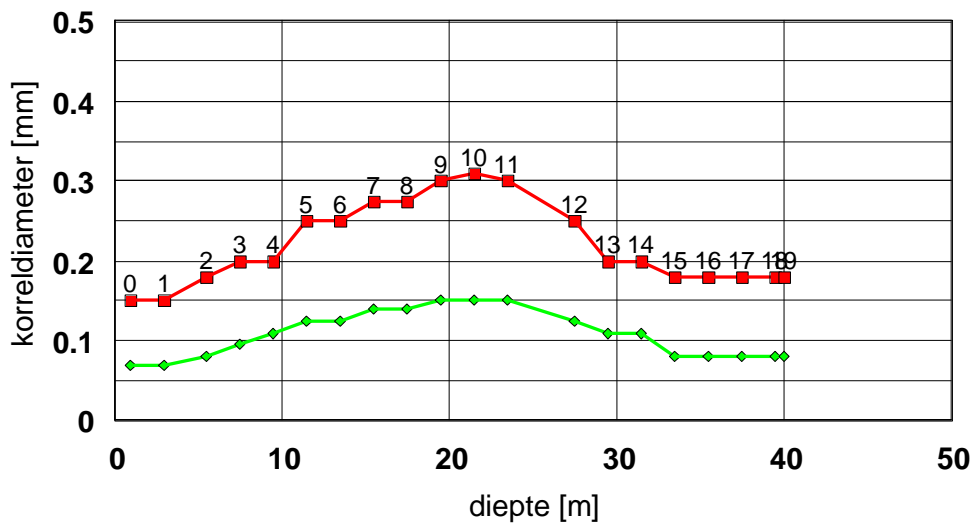
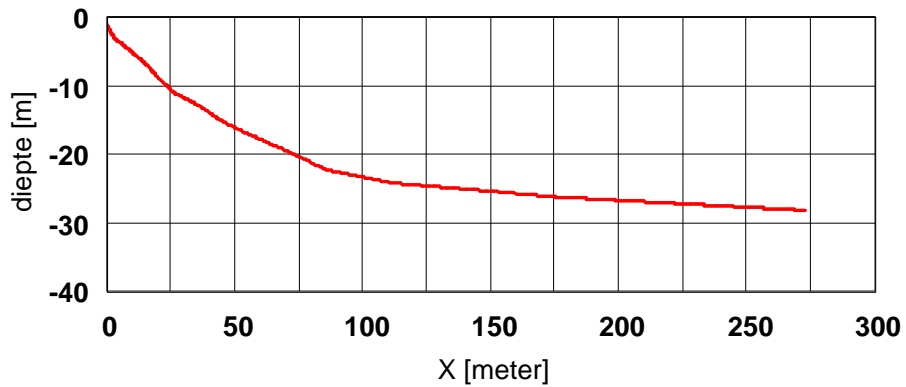


Fig A-4 Korrel diameter D50 en D15 als functie van de diepte

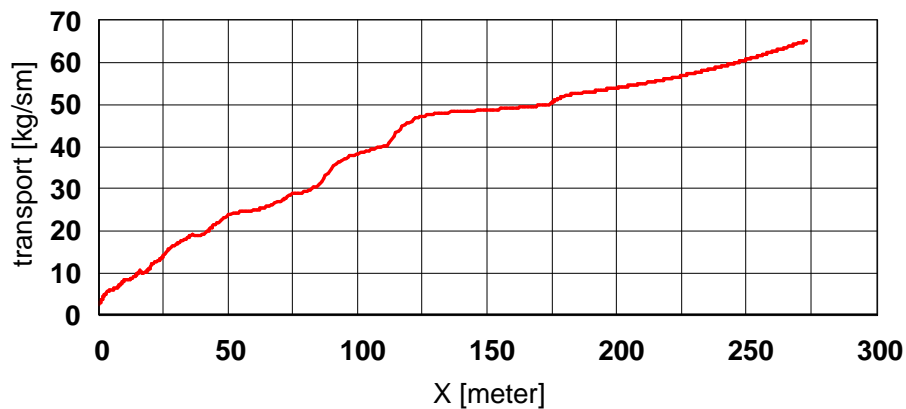
B Bresberekeningen, talud en zandproductie

Bresberekening Oosterweilanden



Boring 1
zuigsnelheid 1.5 mm/s

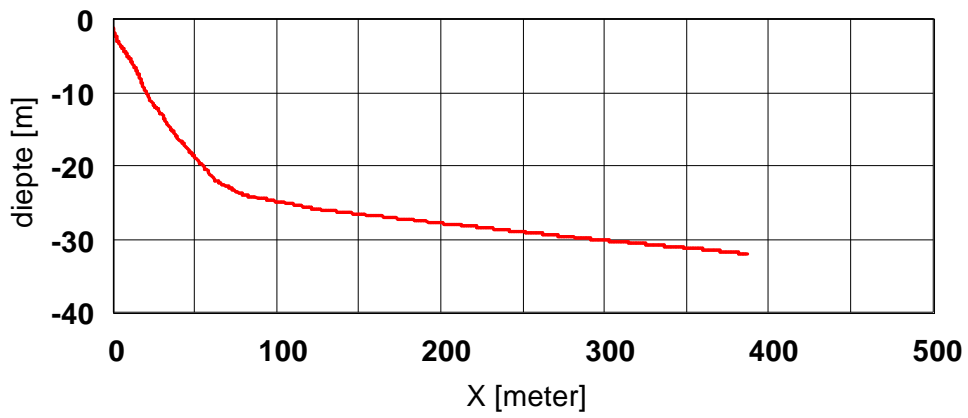
Bresberekening Oosterweilanden



zandsoort
zuigsnelheid

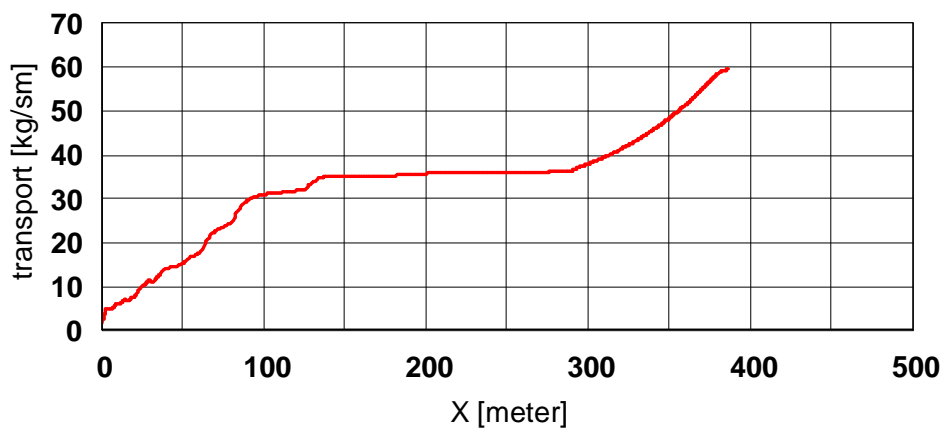
Fig. B-1a en b Taludontwikkeling en zandproductie Boring 1 bij 1.5 mm/s

Bresberekening Oosterweilanden



Boring 1
zuigsnelheid 1 mm/s

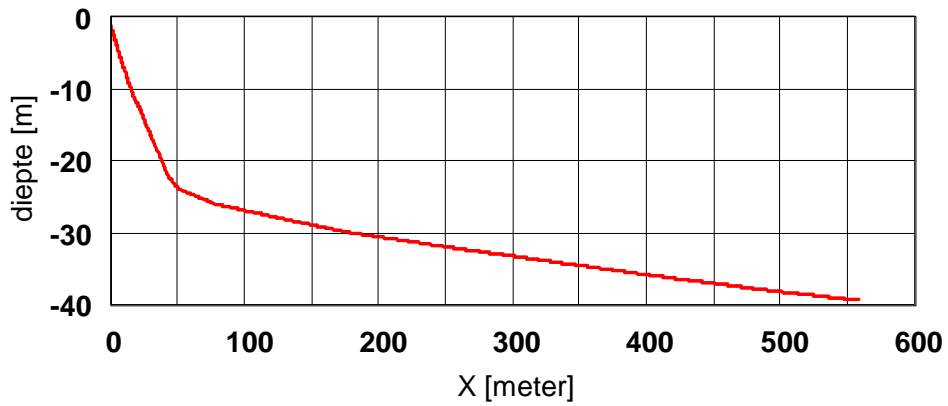
Bresberekening Oosterweilanden



zandsoort
zuigsnelheid

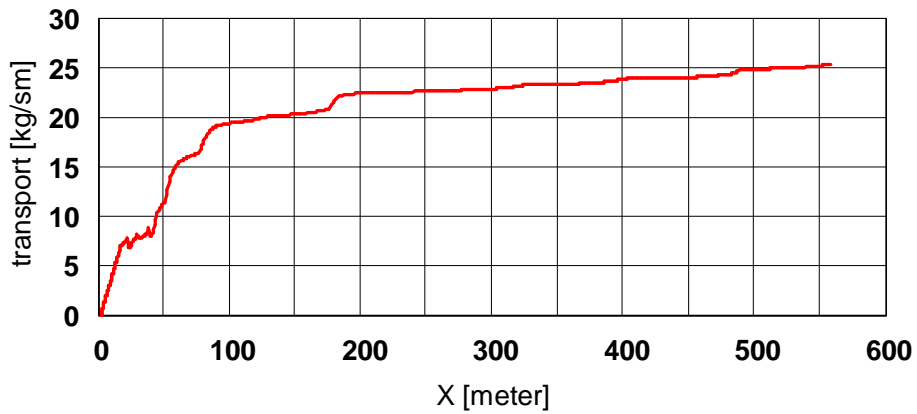
Fig. B-2a en b Taludontwikkeling en zandproductie Boring 1 bij 1 mm/s

Bresberekening Oosterweilanden



Boring 1
zuigsnelheid 0.5 mm/s

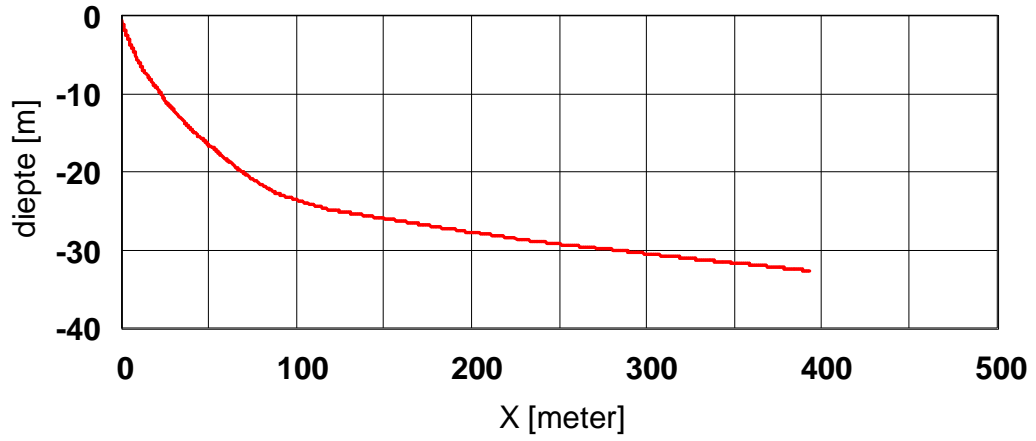
Bresberekening Oosterweilanden



zandsoort
zuigsnelheid

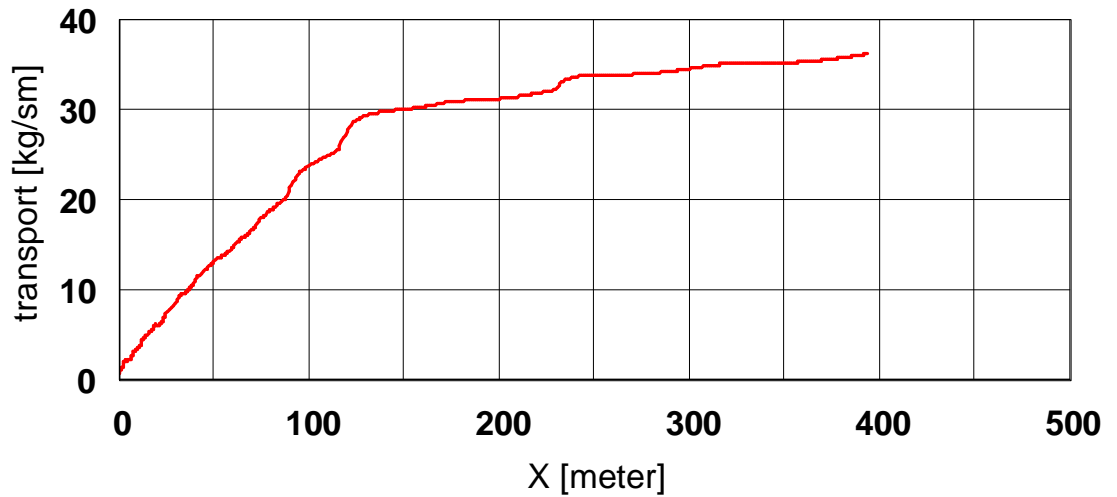
Fig. B-3a en b Taludontwikkeling en zandproductie Boring 1 bij 0.5 mm/s

Bresberekening Oosterweilanden



Boring 24
zuigsnelheid 1 mm/s

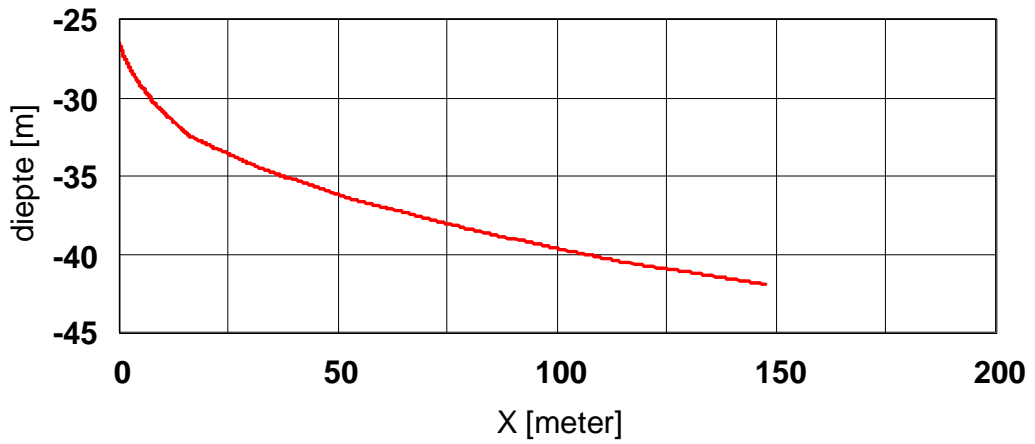
Bresberekening Oosterweilanden



zandsoort
zuigsnelheid

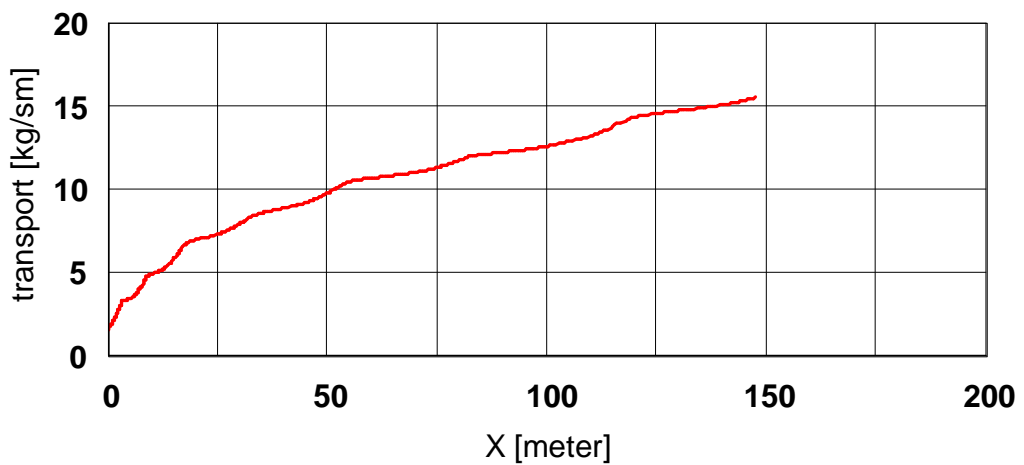
Fig. B-4a en b Taludontwikkeling en zandproductie Boring 24 bij 1.0 mm/s

Bresberekening Oosterweilanden



Boring 1 DIEP
zuigsnelheid 1 mm/s

Bresberekening Oosterweilanden



zandsoort
zuigsnelheid

Fig. B-5a en b Taludontwikkeling en zandproductie Boring 1 bij 1 mm/s, te beginnen op -26.5 m