

689

Evaluatie zandsluitingen

Evaluatie van de opgetreden taludhellingen bij de opbouw van de drempel tijdens de sluiting van het Tholensche Gat.

februari 1987

R.A. Borsboom W.J. van Dijk



THDelft

Technische Hogeschool Delft

Afdeling der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde
Sectie Kustwaterbouw

EVALUATIE ZANDSLUITINGEN

Evaluatie van de opgetreden taludhellingen
bij de opbouw van de drempel tijdens de
sluiting van het Tholensche Gat.

Delft, februari 1987

R.A. Borsboom
W.J. van Dijk

Begeleiders :
ir. F.C. van Roode (T.U.)
drs.ir. J.K. Vrijling (T.U.)
ir. C.C.O.N. Granneman (Rijkswaterstaat)
ir. H. Postma (Kombinatie Zandsluitingen
Oosterschelde)

Afstudeerdocent :
Prof.dr.ir. E.W. Bijker

Technische Universiteit Delft
Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Waterbouwkunde
Sectie Kustwaterbouwkunde

Voorwoord.

Het voor U liggende verslag is het resultaat van de evaluatiestudie van de drempelopbouw in het Tholensche Gat. Deze studie is uitgevoerd door R.A. Borsboom en W.J. van Dijk, studenten aan de Technische Universiteit Delft, faculteit der Civiele Techniek, als onderdeel van hun afstudeerwerk.

Het Tholensche Gat is een stroomgeul in het Oosterschelde bekken, die afgesloten moet worden om de Oesterdam, die een onderdeel vormt van de compartimenteringswerken, te completeren.

Het Tholensche Gat is in oktober 1986 gesloten door middel van een zandsluiting. Er is een meetprogramma uitgevoerd om een uitgebreide evaluatie mogelijk te maken. Een uitgebreide evaluatie is gewenst omdat er op het gebied van zandsluitingen nog weinig kennis is en binnenkort het Krammer en de Slufterdam met een vergelijkbare sluitingsmethode zullen worden uitgevoerd.

Dit rapport behandelt de evaluatie van de drempelopbouw, met name de gerealiseerde zijtaluds van de drempel. Deze drempel is onder water opgebouwd tot een niveau van 5 m. beneden N.A.P., waarna het sluitgat met een horizontale sluitmethode gesloten is.

De mensen die ons begeleid hebben bij het verrichten van deze studie willen wij hartelijk danken. Dit zijn van de vakgroep Waterbouwkunde sectie Kustwaterbouwkunde onze begeleider ir. F.C. van Roode en prof.dr.ir. E.W. Bijker. Voorts danken wij drs.ir. J.K. Vrijling (T.U.), ir. C.C.O.N. Granneman (Rijkswaterstaat) en ir. H. Postma (Kombinatie Zandsluitingen Oosterschelde) voor de geboden begeleiding en informatie.

We spreken de hoop uit dat deze studie een bijdrage zal leveren aan de bestaande kennis t.a.v. zandsluitingen en het onderwaterstorten van zand in het bijzonder, en dat de resultaten gebruikt zullen worden voor de uitvoering van de drempel in het Krammer.

Delft, februari 1987

INHOUD

Voorwoord

blz.

Hoofdstuk 1. Beschrijving van het onderzoeksgebied

1.1. Inleiding.....	5
1.2. Probleemformulering.....	6
1.3. Doel van het onderzoek.....	6
1.4. Belang van het onderzoek.....	7
1.5. Geschiedenis compartimenteringswerken.....	9
1.6. Ontwikkeling (zand)sluitingstechnieken.....	12
1.7. Ervaringen drempelopbouw.....	13

Hoofdstuk 2. Theorie onderwatertalud

2.1. Inleiding.....	14
2.2. Transportmechanismen.....	15
2.3. Zandeigenschappen en zandlichaamparameters..	18
2.4. Het onderwaterstorten van zand.....	19
2.5. Overzicht parameters taludopbouw	
2.5.1. Parameters.....	23
2.5.2. Relaties	24
2.6. Ervaringscijfers onderwatertaluds.....	26

Hoofdstuk 3. Beschrijving uitvoering Tholensche Gat

3.1. Situatiebeschrijving.....	28
3.2. Ontwerpnota.....	28
3.3. Beschrijving van de uitvoering.....	33

Hoofdstuk 4. Verwerking van metingen en gegevens van de uitgevoerde sluiting.

4.1. Beschrijving van de metingen on site.....	37
4.2. Bruikbaarheid van de metingen.....	42
4.3. Verwerking van de metingen.....	44

Hoofdstuk 5. Toetsing van de theorie aan de praktijk.

5.1. Overzicht van de resultaten	
5.1.1. Inleiding	49
5.1.2. Geheel overzicht	49
5.1.3. Ophogingen per raai en zijde	50
5.1.4. Vergelijking van de resultaten	52
5.2. Weergave van de te toetsen theoretische en experimentele relaties	
5.2.1. Inleiding	53
5.2.2. Relaties	53

5.3.	Toetsing van de meetresultaten aan de relaties	
5.3.1.	Inleiding	54
5.3.2.	D50	55
5.3.3.	Debiet	56
5.3.4.	Beweeglijkheid van de spuitmond	59
5.3.5.	Sproeihoogte	60
5.3.6.	Getijstroomsnelheid	61
5.3.7.	Bermhoogte	63
5.3.8.	Taludvoetdiepte	65
5.4.	Steilste en flauwste hellingen	67
5.5.	Samenvoegen van de toetsresultaten	70
5.6.	Nadere beschouwing van enkele parameters	
5.6.1.	Productie	72
5.6.2.	Taludvoetdiepte	75
5.7.	Vergelijking met ervaringscijfers	77
	Hoofdstuk 6. Conclusies.....	78
	Hoofdstuk 7. Aanbevelingen	
7.1.	Uitvoering van zandsluitingen.....	79
7.2.	Het meetprogramma Krammer.....	79
7.3.	Verder onderzoek.....	81
	Bijlagen :	
	1. Literatuurlijst	
	2. Lijst van gebruikte symbolen en termen	
	3. Resultaten beweeglijkheid van de spuitmond	
	4. Evaluatie LGM	
	5. Meetresultaten	
	a. D50 en slibbepaling	
	b. Verval- en profielmetingen overzicht	
	c. Spreadsheet "geheel"	
	d. Spreadsheets "ophoging west" en "ophoging oost"	

HOOFDSTUK 1. BESCHRIJVING VAN HET ONDERZOEKSGBIED.

1.1. Inleiding.

Als onderdeel van de compartimenteringswerken is in oktober 1986 het Tholensche Gat in de Oesterdam door middel van een zandsluiting afgesloten. Daar dit in Nederland, als onderdeel van het deltaplan, de op een na laatste grote zandsluiting is geweest, hebben aannemers en Rijkswaterstaat gezamenlijk besloten de gelegenheid aan te grijpen om de verschijnselen goed vast te leggen met behulp van een uitgebreid meetprogramma. Dit is gedaan omdat er ten aanzien van de fysische processen bij zandsluitingen nog een grote behoefte aan kennis is en er nog een breed terrein van onderzoek open ligt.

Verder wordt in Nederland nog de Slufterdam aangelegd. Dit is een zandsluiting bij de Maasvlakte, met als doel het creëren van een kom voor de berging van rotterdams havenslib.

In hoofdstuk 1 is de afbakening van het probleem waar de onderzoekers zich in hebben verdiept weergegeven. Ook wordt hier nog enige inleidende informatie over zandsluitingen in het algemeen gegeven.

Vervolgens is in hoofdstuk 2 een overzicht van de beschikbare theoretische en experimentele kennis op het gebied van taludopbouw gegeven, zoals die in een literatuurstudie is verzameld.

In hoofdstuk 3 is de situatie van de sluiting van het Tholensche Gat gegeven en is de geplande uitvoering (in de ontwerpnota) vergeleken met de werkelijke uitvoering zoals die heeft plaatsgevonden.

In hoofdstuk 4 worden de metingen kritisch beschouwd en wordt beschreven hoe de verzamelde gegevens en metingen bij elkaar zijn gevoegd en verwerkt.

In hoofdstuk 5 wordt onderzocht welke verbanden er te ontdekken zijn in de diverse gemeten parameters en in hoeverre deze verbanden overeenkomen met de gevonden theoretische en experimentele relaties. Hieruit worden in hoofdstuk 6 conclusies getrokken.

In hoofdstuk 7 worden aanbevelingen gedaan voor het uitvoeren van zandsluitingen in diepere stroomgeulen met een drempel, voor het meetprogramma zoals dat bij de sluiting van het Krammer zou kunnen worden uitgevoerd, en voor verder onderzoek.

1.2 Probleem formulering.

Bij een zandsluiting is de meest kritische fase van de sluiting het moment dat de laatste opening wordt afgesloten ("de laatste klap"). Men zal dit moment het liefst laten vallen in een periode met zo laag mogelijke stroomsnelheden in het sluitgat. De planning wordt zo gesteld dat de laatste fase van de sluiting tijdens doodtij valt; dit beperkt de zandverliezen in deze fase zo veel mogelijk.

Om een tijdsplanning te kunnen maken moet de voortgang van de sluiting bekend zijn. Deze is afhankelijk van de produktie en het te spuiten profiel.

Bij goede winputten is de produktie redelijk te voorspellen, het te maken profiel is gedefinieerd (minimaal profiel). De problemen komen als voorspeld moet worden welk profiel gerealiseerd zal worden (en dus het aantal te spuiten m³). De sluitdamlengte is bekend, maar de helling van de zijtaluds, en daarmee in belangrijke mate de daminhoud, is afhankelijk van vele factoren.

De vraag is hoe taludhellingen worden beïnvloed door sproeimethode, korreldiameter van het zand, stroomsnelheid en -richting, produktie van de zuigers, stortlaagdikte, etc.. Door de (nog) vrij geringe kennis ligt er een duidelijk probleemgebied ten aanzien van de voorspelling van deze hellingen. Bij de sluiting van het Tholensche Gat is een drempel opgebouwd in het sluitgat, met de kruin op NAP - 5 m., waarna het sluitgat met een horizontale sluitingsmethode gesloten is.

In deze evaluatie wordt de opbouw van de drempel bestudeerd, met name worden de opgetreden zijtaluds beschouwd.

1.3 Doel van het onderzoek.

Bij dit onderzoek is als doel gesteld om aan de hand van de metingen die zijn verricht bij de uitvoering van de sluiting van het Tholensche Gat te analyseren welke verbanden er zijn tussen de van belang zijnde parameters en of deze verbanden stroken met de theoretische kennis, voor zover er verbanden in de theorie zijn beschreven. Aan de hand van de resultaten kunnen dan uitspraken worden gedaan over de juistheid en/of de nauwkeurigheid van de beschouwde theorie en kunnen aanbevelingen voor nader onderzoek worden gegeven. Deze evaluatiestudie brengt tevens aan het licht of de gedane metingen voldoen. Dan kan gekeken worden hoe de metingen verbeterd of uit-

gebreed kunnen worden bij de sluiting van het Krammer om de evaluatie van die sluiting te vergemakkelijken en de metingen bruikbaar te maken als invoer voor verder onderzoek.

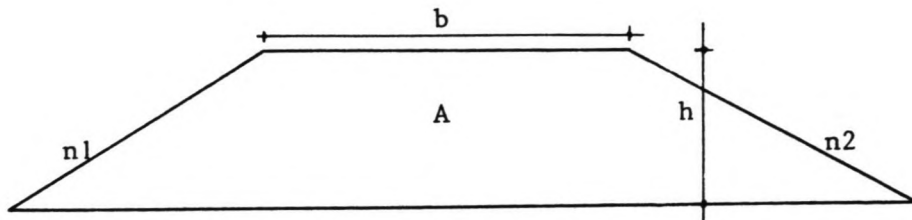
1.4 Belang van het onderzoek.

Genoemd is de planningsproblematiek om de sluiting bij doodtij te kunnen voltooien. Een ander aspect is van financiële aard:

Hoe steiler de hellingen van de zijtaluds, hoe kleiner de doorsnede van het profiel en de hoeveelheid te spuiten zand. De sluiting kost daardoor minder, tenzij de daarvoor vereiste werkmethode dit voordeel teniet doet.

Het minimaal vereiste profiel aan de hand van stabiliteits- en risicocriteria zal ook het profiel zijn dat men feitelijk wil maken.

Hoe groot de toename van het sluitdamprofiel is bij veranderende zijtaluds kan worden geïllustreerd aan de hand van het volgende, geschematiseerde, getalenvoorbeeld van de sluiting van het Tholensche Gat. Dit voorbeeld dient om een indruk te geven over de verschillen in zandhoeveelheden die er kunnen ontstaan, niet om een zo goed mogelijke berekening van de juiste hoeveelheden in de praktijk te geven.



Figuur 1.1 Definitieschets voor de afmetingen.

A = dwarsprofiel van een damsectie
h = drempelhoogte t.o.v. 5m -NAP
b = drempelbreedte op 5m -NAP
n = cotan hellingshoek zijtalud met de horizontaal

De sluitdamlengte op 5 m. -NAP is ongeveer 275 m.
Uit het profiel van het sluitgat uit de ontwerpnota Tholensche Gat (figuur 3.1) is een schematisatie gemaakt in 4 damsecties:

45m : h = 5 m
100m : h = 12,5 m
100m : h = 15 m
30m : h = 5 m

De oppervlakte van het damprofiel wordt berekend volgens :

$$A = b \cdot h + 0.5 \cdot n_1^2 \cdot h + 0.5 \cdot n_2^2 \cdot h$$

De inhoud van de sluitdam kan voor elk geschematiseerd blok worden uitgerekend en de totale inhoud van de sluitdam kan worden bepaald.

Dit is gedaan voor de waarden :

b = 500 , n1 = n2 = 10
b = 500 , n1 = n2 = 15

De waarden voor n1 en n2 zijn zo gekozen omdat de minimaal toegestane helling 1:10 is (stabiliteitseis van Rijkswaterstaat) en de verwachte helling 1:15 is (hiervoor wordt de aannemer betaald).

De daminhoud bedraagt dan:

n = 10 : 1.962.500 m³
n = 15 : 2.162.500 m³

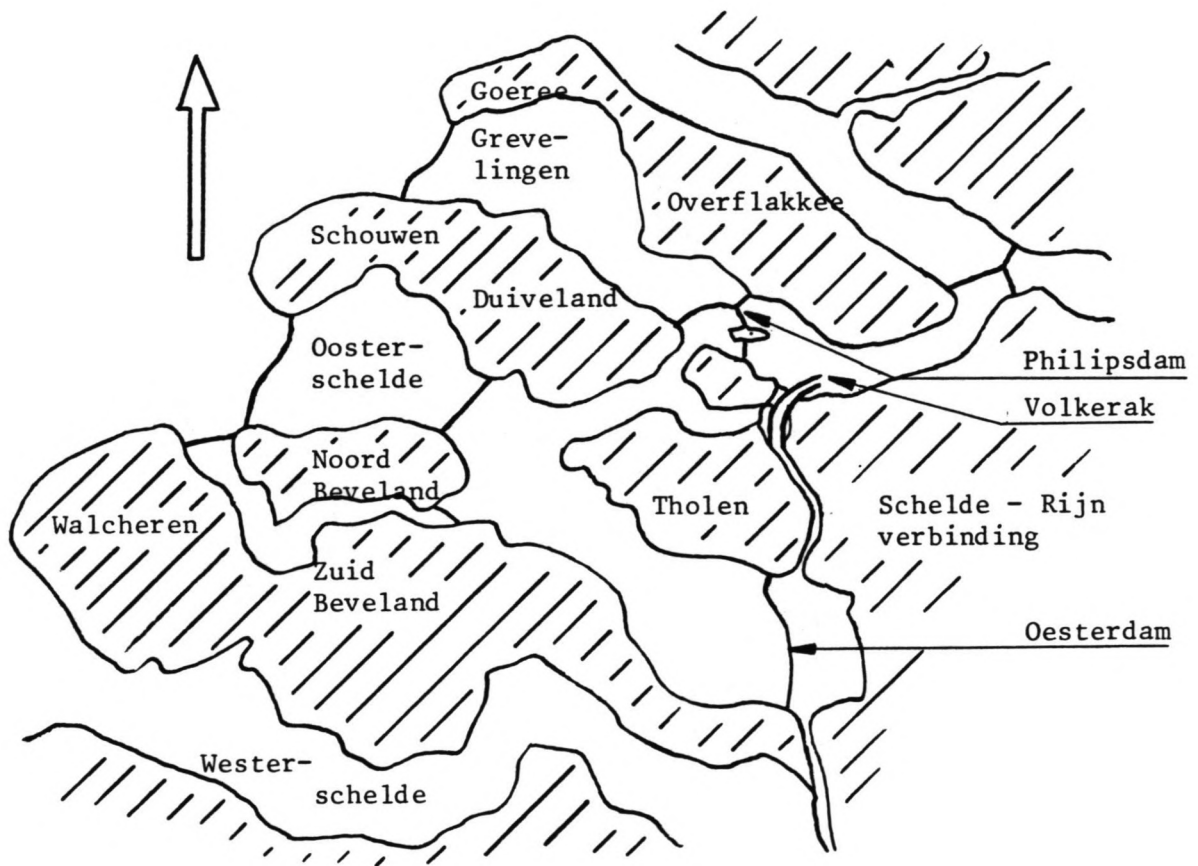
Dit is een verschil van ruim 10 %.

1.5 Geschiedenis van de compartimenteringswerken.

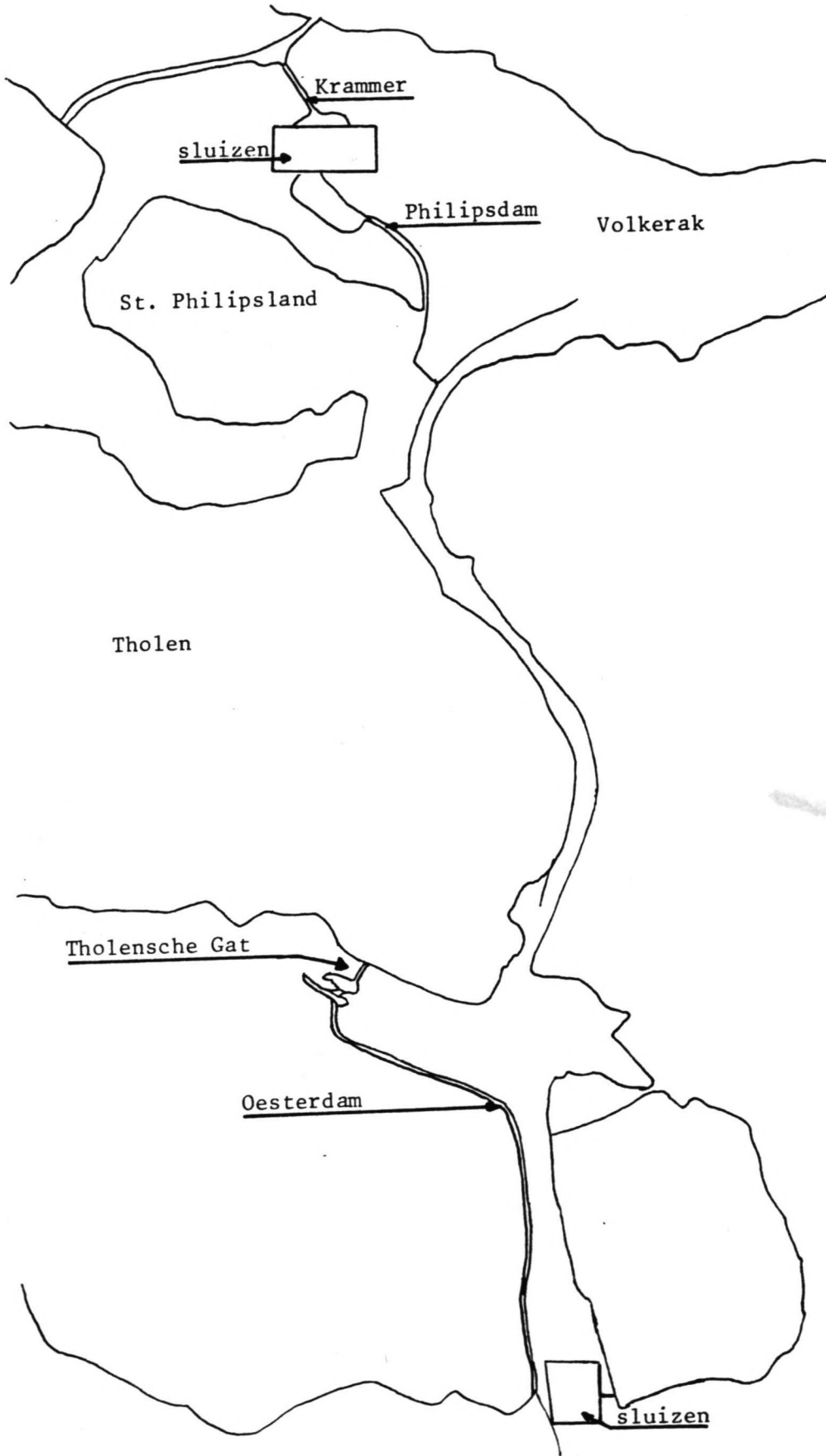
De compartimenteringswerken vormen een belangrijk onderdeel van het deltaplan. Het deltaplan, opgesteld naar aanleiding van de watersnoodramp in 1953, behelst primair de veiligheid van Zeeland en het achterland Zuid-Holland en Brabant. De compartimenteringsdammen die in Zeeland zijn of worden aangelegd, zie figuren 1.2 en 1.3, hebben een aantal functies :

1. Verkorten van de lengte van benodigde zeedijken.
2. Scheiding van zout en zoet water (vergroten van het zoetwatergebied ten behoeve van de waterhuishouding).
3. Gebied zonder getijdewerking vergroten (met name een getij vrije Schelde-Rijn verbinding). De getij vrije Schelde-Rijn verbinding is een politieke afspraak met België en tevens de belangrijkste reden voor de aanleg van de compartimenteringswerken.
4. Verkleining van de komberging in verband met handhaving van het getijverschil.

De compartimenteringswerken zijn noodzakelijk geworden door de beslissing om de Oosterschelde niet geheel af te sluiten, in welk geval de punten 1 t/m 3 ook van toepassing zijn, maar om de stormvloedkering het getij te laten doorlaten en in noodsituaties af te sluiten.



Figuur 1.2 Situatie Deltawerken



Figuur 1.3 Situatieschets compartimeteringswerken

Met de sluiting van het Tholensche Gat (oktober 1986) is de Oesterdam (na afwerking) voltooid. De gehele compartimenteringswerken, en daarmee het deltaplan, zullen zijn voltooid als het Krammer is gesloten en de Philipsdam is afgewerkt.

1.6 Ontwikkeling in de zandsluitingstechniek.

De tot nog toe toegepaste manieren om een stroomgeul te sluiten zijn :

1. stortsteen of kunstmatige steen (betonblokken)
2. caisson
3. klei, keileem, rijspakwerk, schotten, palenwerk
4. zand
5. combinaties van 1,2,3 en 4.

Door de ontwikkelingen in de baggertechniek, met name de toename van de mogelijke zandproduktie per winwerktuig, is het toepassen van zand als afsluitmateriaal steeds beter mogelijk geworden. Voor de Nederlandse situatie geldt het volgende:

De prijs per m³ materiaal is voor zand beduidend lager dan voor stortsteen, en de uitvoeringswijze van een zandsluiting is veel eenvoudiger dan van een caissonsluiting. Om deze redenen heeft de zandsluiting in de loop der tijd veel terrein gewonnen. Dankzij het grote prijsverschil per m³ is de totaal-som (inclusief de eventuele verliezen aan materiaal) voor een zandsluiting kleiner.

In het gebruik van zand bij sluitingen zijn een aantal methoden te onderscheiden:

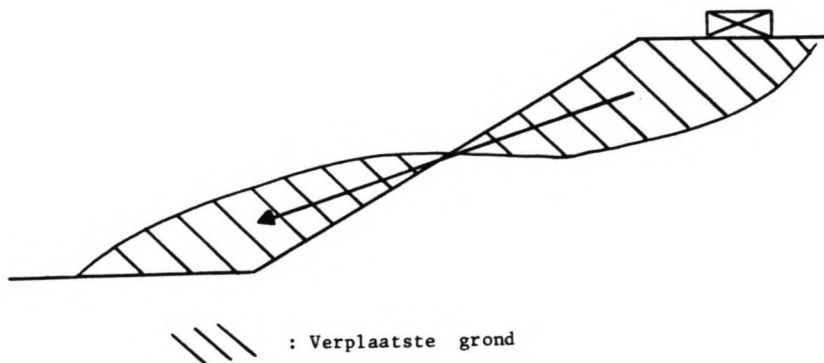
1. Bakkenstort (vertikaal opbouwen van het zandstort d.m.v. slijtbakken; het klappen van het zand).
2. Horizontaal spuiten (uitbouw over de kop van de dam door een of meerdere landleidingen).
3. Vertikaal spuiten (zandstort door pijp vlak boven de bodem, transport via drijvende leiding).
4. Combinaties van 1,2 en 3.

Toepassing van een drempel kan afhankelijk van de breedte van deze drempel een besparing op de totale benodigde hoeveelheid zand geven.

Er zal altijd een gedeelte van het stort worden gerealiseerd met behulp van horizontaal spuiten, daar

er met de andere methoden een bepaalde minimale waterdiepte moet zijn om te kunnen werken. Bij de laatste fase van de sluiting wordt er dan gebruik gemaakt van bulldozers en graafmachines.

Bij sluitingen in stroomgeulen met grote waterdiepte kan er voor een uitvoeringswijze met toepassing van een drempel gekozen worden. Dit reduceert de hoogte van het verse stort dat gespoten wordt en geeft zodoende minder gevaar voor grote zettingsvloeiingen. Deze zettingsvloeiingen kunnen gevaarlijk zijn als grote stukken opgespoten zand onderuit gaan en daarmee mensen en materieel in gevaar brengen (figuur 1.4).



Figuur. 1.4 Illustratie van het gevaar van een grote zettingsvloeiing.

1.7 Ervaringen drempelopbouw.

In Nederland zijn drempels toegepast bij de bouw van de splitsingsdam Europoort (onder de stenen dam) en bij de aanleg van de Grevelingendam in het sluitgat Zuid-Grevelingen (onder de caissons). Beide drempels zijn opgebouwd met als stortmethode het klappen (met bakken) van het zand, er zijn weinig gegevens over.

HOOFDSTUK 2. THEORIE ONDERWATERTALUD.

2.1. Inleiding.

In dit hoofdstuk zal getracht worden in het kort een overzicht te geven van de bestaande theoretische en experimentele kennis ten aanzien van het opbouwen van een zandlichaam onder water. Dit gebeurt aan de hand van gesprekken met de heren F.T. Heezen en F.C. van Roode en een literatuurstudie. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar de betreffende literatuur.

Heezen en Van der Stap [lit. 3] hebben studie verricht naar het onder water opspuiten van een zandlichaam door middel van vertikaal spuiten (par. 2.4), in de overige literatuur wordt onderzoek beschreven waar gebruik is gemaakt van het horizontaal spuiten (zie ook paragraaf 1.6). Horizontaal spuiten gebeurt in principe boven water, alleen Mastbergen heeft ook onderzoek verricht naar horizontaal spuiten onder water.

Opgemerkt moet worden dat er over de fysische processen, die optreden bij de ontwikkeling van taluds onder water tijdens het zandstortproces, nog erg weinig bekend is. Een belangrijk deel van de theorievorming is onderbouwd met aannames over het mechanisme van zandtransport, terwijl van deze mechanismen het bestaan bij taludvorming door middel van het onderwater spuiten van zand niet algemeen wordt aanvaard en zij niet het gehele proces afdoende kunnen beschrijven.

In paragraaf 2.2 wordt de procesbeschrijving van de taludontwikkeling weergegeven, die uitgaat van de ontwikkeling van een evenwichtshelling en de instelling van een meer-lagen stroming: Deze is opgebouwd uit een suspensielaag, een dispersielaag (zandwaterdichtheidsstroming) en een bodemtransportlaag [lit. 2,6].

De optredende (flauwe) hellingen kunnen niet uit de theorie betreffende evenwichtshellingen worden verklaard. Kennelijk spelen andere verschijnselen dan de lagen-theorie een rol. Gedacht wordt aan grondmechanische verschijnselen, bijvoorbeeld grote en kleine zettingsvloeiingen.

Paragraaf 2.3 gaat in op de eigenschappen van zand en hoe deze de opbouw van een zandlichaam kunnen beïnvloeden [lit. 3].

Uit veel geraadpleegde literatuur komt naar voren dat het in paragraaf 2.4 behandelde, de uitvoeringswijze van het spuiten bij de sluiting (zoals depositiemethode en spuitdebiet van het mengsel), een belangrijke en misschien wel de belangrijkste invloedsfactor voor de taludopbouw is. Een probleem is dat de uitvoeringswijze zich moeilijk in een aantal fysische parameters laat beschrijven en dat dit het onderzoek naar de invloed hiervan op de gerealiseerde taludhellingen dus moeilijker zal maken.

In paragraaf 2.5 wordt een beschrijving gegeven van parameters die het meest waarschijnlijk een (belangrijke of minder belangrijke) rol spelen bij de taludvorming.

In paragraaf 2.6 tenslotte worden enige ervaringscijfers weergegeven van gerealiseerde taludhellingen bij eerder uitgevoerde werken.

2.2 Transportmechanismen.

Het transport van zand langs een talud kan via een aantal mechanismen plaatsvinden. Deze zijn:

Suspensietransport:

Bij het afstromen van een zand-watermengsel langs een talud is er sprake van hoge snelheden, zodat de stroming een turbulent karakter zal hebben. Bij een turbulente stroming is het aannemelijk dat er suspensietransport zal optreden [lit. 5].

Bij een stroomsnelheid u van 1 m/s, een laagdikte d van 10 cm. en een viscositeit ν van het water van $10e-6$ is het Reynoldsgetal:

$$Re = \frac{u*d}{\nu} = \frac{1*0.1}{10e-6} = 10000$$

Dit betekent dat de stroming turbulent is.

Bij suspensietransport zorgt de verticale component van de turbulente stroming voor opwaarts transport. De valsnelheid van de deeltjes zorgt voor neerwaarts transport.

Onduidelijk is voor wat voor deel van het totale transport het suspensietransport verantwoordelijk is.

Parameters die op het suspensietransport van invloed zijn, zijn:

- Stroomsnelheid van het mengsel.
- Bewegen van de waterdeeltjes in de sluitgatstroming.
- Invloed van de zandconcentratie in het water op de valsnelheid van de korrels.

Bodemtransport:

Het transport van zanddeeltjes over de bodem speelt zich af in een laag met een dikte van enkele malen de korreldiameter bij een vlakke bedding, tot lagen met dikte in de orde van de afmetingen van de ribbels, gevormd door het transport [lit.8].

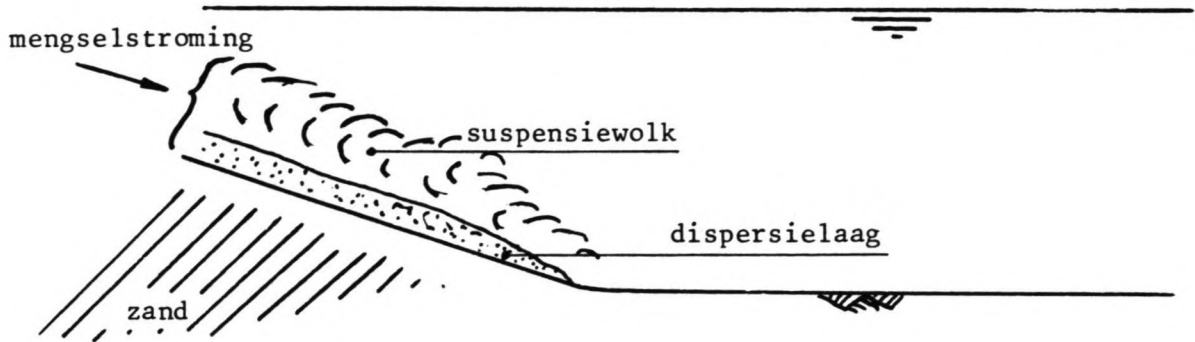
Bij fijn zandige bodems ($D_{50} < 300 \mu$) blijkt over het algemeen dat bij de maatgevende omstandigheden (stroomsnelheden groter dan 1 m/s) het bodemtransport verwaarloosbaar is ten opzichte van het suspensietransport [Lit. 5].

Dichtheidsstroom:

Een ander mechanisme van zandtransport kan een dichtheidsstroom zijn: Het zandwatermengsel wordt horizontaal gespoten en stroomt vanaf het bovenwaterstort als een dunne laag, met een groter soortelijk gewicht dan het water, af naar het onderwatertalud. De vraag is in hoeverre de op het bovenwaterstort geconstateerde dichtheidsstroom zich onder water zal kunnen handhaven. Boven de mengselstroom ontstaat een wolk van gesuspendeerd zand t.g.v. het snelheidsverschil van het mengsel met het water in het sluitgat. Er zijn volgens Mastbergen [Lit. 6] drie belangrijke verschillen tussen de dichtheidsstroom op respectievelijk het boven- en onderwatertalud:

1. Het effect van de zwaartekracht als aandrijvende kracht voor de dichtheidsstroming is onder water geringer dan boven water vanwege het kleinere dichtheidsverschil.
2. De dichtheidsstroming ondervindt niet alleen weerstand aan de bodem, maar bij onderwaterstroming ook aan het bovengrensvlak.
3. Het bovengrensvlak is bij onderwaterstroming niet scherp maar diffuus, en er zal zand door verloren kunnen gaan (dat in suspensie komt).

Niet bewezen is dat de dichtheidsstroom zich op het onderwaterstort over grotere afstand in stand zal houden.



Figuur 2.1 Onderwaterstort.

Zettingsvloeiing:

Een vierde mechanisme dat bij het opbouwen van een talud zandtransport kan veroorzaken is de zettingsvloeiing. Een zettingsvloeiing kan optreden over kleine of grote hoogte, en is afhankelijk van taludhelling, taludhoogte, poriëngehalte van het zandlichaam, vorm en gradering van de korrels, gemiddelde korreldiameter (D50) en slibgehalte.

Het bestaan van dit mechanisme van zandtransport is aannemelijk en mogelijk de oorzaak van de in praktijk optredende taludhellingen, die wezenlijk flauwer zijn dan de in het laboratorium gevonden evenwichtshellingen [Lit. 3].

Afschuiving:

Als laatste wordt het mechanisme van afschuiving genoemd, waarbij een gedeelte van het talud langs een glijvlak afschuift.

Volgens Heezen en Van der Stap [lit. 3] zal in de praktijk instabiliteit optreden door zettingsvloeiingen, en niet door afschuiving. Het mechanisme van afschuiving wordt dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

2.3 Zandeigenschappen en zandlichaamparameters.

De eigenschappen van een zandlichaam onder water zijn ondermeer afhankelijk van de zandparameters. De diverse parameters beschrijven de zandsoort en de toestand waarin dit zand zich bevindt.

- * Korrelverdelingsdiagram (zeefkromme):
 - Gemiddelde korreldiameter D50
 - Gradering D90/D10
 - Slibgehalte (gewichtsperscentage korrels < 50 µm)
- * Korrelvorm.
- * Hoekigheid van de korrels (KAS-getal).
- * Chemische samenstelling.

De volgende te meten eigenschappen zijn hieruit afgeleid:

- * Het poriëngehalte n . Hierin zijn te onderscheiden:
 - Het minimum poriëngehalte:
 $n(\min) = \text{"optimale verdichting"}$.
 - Het maximum poriëngehalte:
 $n(\max) = \text{"zo los mogelijke pakking"}$.
 - Het kritieke poriëngehalte $n(kr, nat)$:
Bij dichtheden kleiner dan de natte kritieke dichtheid ontstaat volumevermindering bij schuifspanningen op het pakket en hierdoor, bij een verzadigd zandpakket, wateroverspanning. De grootte hiervan is afhankelijk van de grootte van de volumevermindering, de belastingssnelheid en de doorlatendheid (grofheid, slibgehalte) van het zand.
 $n(kr, nat)$ is 0.5 - 1 % lossier gepakt dan $n(kr, droog)$.
- * Cohesie c ; de minimum schuifweerstand van de grond.

Afhankelijk van de pakkingstoestand waarin het zand zich bevindt zijn:

- * Doorlatendheid k .
- * Hoek van inwendige wrijving $\bar{\alpha}$.

Er zijn drie verschillende toestandbeschrijvers:

- * $n/n(kr)$: Deze beschrijft de zettingsvloeiingsgevoeligheid van het zand.
- * $Dr = \text{relatieve dichtheid}$ (deze is 100 % bij maximale verdichting ($n=n(\min)$) en 0 % bij $n=n(\max)$).

$$Dr = \frac{n(\max) - n}{n(\max) - n(\min)}$$

- * $T/T(\max)$: Deze beschrijft de veiligheid tegen afschuiven.

Een aantal van deze parameters is bij de sluiting van het Tholensche Gat te achterhalen. Dit zijn de D50, de gradering (D90/D10) en het slibgehalte.

De twee belangrijkste bezwijkcriteria zijn het afschuiven van (een gedeelte van) het talud en het verweken van (een gedeelte van) het talud (zettingsvloeiing). Dit laatste bezwijkcriterium blijkt in de praktijk maatgevend te zijn [lit. 3].

Indien de dichtheid van een zandpakket kleiner is dan de natte kritieke dichtheid en er een steil taludgedeelte is ($\approx 1:4$) kan een zettingsvloeiing optreden indien er een inleidingsmechanisme is, zoals trillingen of uitschuring van het benedentalud.

2.4 Het onderwaterstorten van zand.

Bij de zandsluiting van het Tholensche Gat is als stortmethode het hydraulisch persen gebruikt. Het zand/water mengsel wordt via een pijp gespoten. Het spuiten gebeurt door de pijp min of meer vertikaal in het water te hangen met de mond vlak boven de bodem.

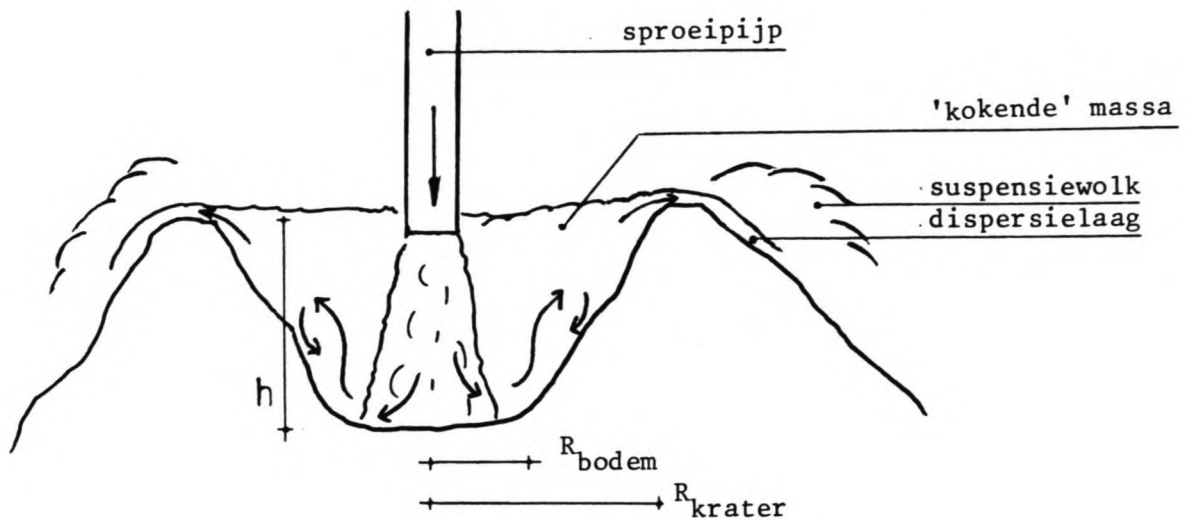
Belangrijke factoren zijn de hoogte van de spuitmond boven de bodem (dit is de storthoogte), de concentratie van de mengselstroom, de diameter en vormgeving van de stortmond en het debiet.

Enkele belangrijke aspecten van het vertikaal onderwaterstorten zijn:

De woelkrater:

Door de straal ontstaat een woelkrater (figuur 2.2). De woelkrater ontstaat vrijwel meteen bij het begin van het persen. Er wordt een kuil met een wal er omheen gevormd.

Behalve mengselstroom kan er ook een getijdestroom door het sluitgat plaatsvinden. Deze heeft invloed op de zandverliezen door de wrijving.



Figuur 2.2 Woelkrater bij onderwaterspuiten.

Invloedsfactoren op de vorm van de woelkrater zijn de pakkingstoestand van het zand, de doorlatendheid en de hoek van inwendige wrijving. De hoek van inwendige wrijving geeft aan onder welke hoek het zand boven water los gestort zou gaan staan (natuurlijk talud) en is onder water ook van invloed op de hoek die de kraterwand maakt met de horizontaal. De steundruk van de kraterinhoud (zware vloeistof) heeft ook nog invloed op deze hoek.

Het zand/water mengsel verlaat de spuitopening, met als beginparameters het debiet, de mengseldichtheid, de diameter van de spuitmond en de zandsort. Het mengsel gedraagt zich als een "ronde straalstroming", door de hoge turbulentie wordt water van de omgeving opgenomen waardoor de mengseldichtheid afneemt en de straal groter wordt.

Het gedeelte van het turbulente zand-watermengsel, dat in de krater woelt en gedeeltelijk sedimenteert, is gemiddeld grover dan de korrel van het gespoten zand. Op de rand van de kuil treedt geregeld overslag van het kratermengsel op. Dit mengsel heeft een fijnere korrel dan het oorspronkelijke zand. Vorm en afmetingen van de kuil blijven in de tijd vrij constant. De kuil bouwt op en komt in de loop van de tijd in z'n geheel hoger te liggen. De afmetingen van de kuil zijn afhankelijk van het debiet door de pijp en de snelheid van het mengsel, dus de impuls van het mengsel.

De vorm van deze woelkrater wordt beïnvloed door:

- Gemiddelde snelheid van het zand/watermengsel.
- Trefoppervlak van de mengselstraal.

- Valsnelheid van de deeltjes.
- Mengseldichtheid.
- Hoogte van de spuitmond boven de bodem.

Afstroming:

De afstroming vindt plaats radiaal vanaf de krater-rand en is superkritisch door de grote stroomsnelheid en de kleine laagdikte. Bovenaan is de buitentalud-helling van de kraterwal steil. Onderaan is de helling flauwer, waarschijnlijk doordat zettings-vloeiingen optreden. Langs het talud kan een korrel-dispersiestroming in de vorm van zandtongen omlaag glijden, deze levert een poriëngehalte en een talud-helling die alleen beïnvloed worden door de zand-soort.

Talud:

De bodem om de krater hoogt zich als een schotel op; bij de buitenrand van de kruin van de kraterwal gaat het wat langzamer dan verder weg, door de hoge stroomsnelheid bij de rand. Er ontstaat geen gelijkmatige opbouw van een talud onder een evenwichtshelling, maar een afwisselend beeld van kuilen, bulten en vlakke stukken, allemaal in de omgeving van de krater.

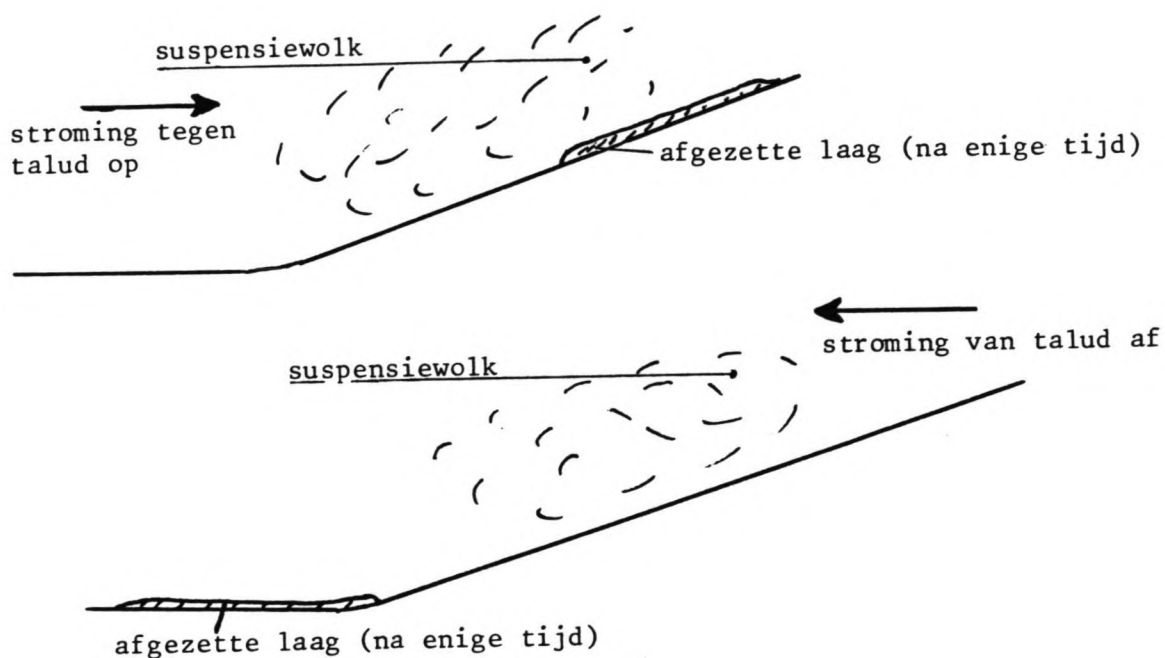
Langs het talud spelen diverse transportmechanismen een rol:

- Zandtongen: Korreldispersiestromen glijden als zandtongen naar beneden. Dit proces verloopt niet continu.
- Suspensiestromen: Golfjes vloeien met een hogere snelheid dan de zandtongen. Deze suspensiestroom verliest soms het karakter van een dichtheidsstroom, door het sedimenteren van korrels uit het mengsel en door plotselinge instabiliteit ("ploffen"), zodat zwevend transport ontstaat.
- Zwevend transport in het water: Ontstaan uit suspensiestromen langs het talud.
- Rollend transport: Vergelijkbaar met bodem transport.

Enkele factoren bij het onderwaterstorten van zand die van invloed kunnen zijn op het uiteindelijk gerealiseerde talud zijn:

- Specifiek debiet: Dit hangt af van het debiet dat door de leiding geperst wordt en de breedte waarover dit debiet zich verspreidt. Deze breedte hangt onder andere af van de geometrie van de gevormde woelkrater.

- De stroomrichting tijdens het spuiten: Het is aannemelijk dat een stroming 'tegen het talud op' een gunstig effect zal hebben op het te realiseren talud en op de voortgang van het werk. Het zand dat niet meteen bezinkt maar in suspensie blijft en door de stroom meegevoerd zal worden, wordt tegen het talud aangedrukt. In het omgekeerde geval zal het zand van het talud af getransporteerd worden en zal mogelijk buiten het damprofiel terecht komen. Zie ter illustratie figuur 2.3 en figuur 3.6 (positionering pontons).



Figuur 2.3 Invloed van de stroomrichting.

- De beweging van de spuitmond. Het is mogelijk dat het voortdurend verplaatsen van de spuitmond een positieve invloed heeft op de te vormen hellingen. Door de spuitmond langere tijd op dezelfde plaats te houden kan er mogelijk over een grotere hoogte een talud worden opgebouwd (er wordt op één plaats een grote hoeveelheid zand gespoten). Hierdoor kan zich gemakkelijker instabiliteit van het talud voordoen (zettingsvloeiing over een grote hoogte).
- De produktie: Over het algemeen is geconstateerd dat er bij grotere produkties een lagere dichtheid optreedt, het effect hiervan is overigens meestal gering [Lit. 3].

De sterkte en stabiliteit van een zandlichaam onder water worden bepaald door de veiligheid ten aanzien van afschuiven en ten aanzien van zettingsvloeiingen. In de praktijk is het criterium van zettingsvloeiing maatgevend.

De stabiliteit van een berm wordt het best beschreven door $n/n(\text{krit})$ in plaats van de dichtheid Dr.

Uitvoering:

Zoals ook uit het bovenstaande blijkt kan de uitvoeringsmethode van invloed zijn op de gerealiseerde taludhellingen: De hoogte van de spuitmond boven de bodem, de tijdsduur dat op dezelfde plaats gespreeid wordt, opbouw van de stortlagen etc.

Bij het bewegen van de spuitmond (door het verhalen van het sproeiponton) bestaat de keuze uit continu verhalen of intermitterend verhalen. Dit laatste kan dan met lange intervallen in grote stappen of met korte intervallen in kleine stappen.

Er kan over beperkte hoogte een redelijk steile helling gerealiseerd worden (in de Beaufort Zee is bijvoorbeeld incidenteel 1:5 gerealiseerd met een D50 waarde van 350 - 400 μm) indien niet te lang op één positie gespreeid wordt.

2.5 De parameters en de empirische relaties.

2.5.1 Parameters.

Dichtheid en taludhelling van een onderwater gestort zandlichaam zijn afhankelijk van de stortmethode en een aantal parameters. De stortmethode en de parameters beïnvloeden de val-, tref-, afstromings- en sedimentatieprocessen.

De parameters worden onderverdeeld in stort-, berm- en zandparameters. De parameters zijn:

* Stortparameters:

- Debiet
- Mengseldichtheid
- Storthoogte

* Bermparameters:

- Dichtheid
- Taludhelling
- Bermhoogte

* Zandparameters:

- Zandsoort:
 - Korrelgrootte
 - Korrelverdeling
 - Slibgehalte
 - Hoekigheid van de korrels
 - Vorm van de korrels
 - Chemische samenstelling
- Pakking

* Overig:

- Stroming
- Golven
- Viscositeit van het water

2.5.2 Relaties.

De empirische of theoretische relaties die geconstateerd zijn door verschillende onderzoekers worden hier kort beschreven:

Stortmethode:

Een nadere analyse van de zandsluitingen van Brouwersdam, Haringvliet en het storten van de splitsingsdam in de Nieuwe Waterweg langs Europoort gaf de indruk dat vooral uitvoeringstechnische parameters, zoals depositiemethode en spuitdebiet, in belangrijke mate de te realiseren hellingen bepaalden [lit. 6].

Slibgehalte:

Een hoger slibgehalte levert een duidelijk flauwere taludhelling en een lager poriëngehalte [lit. 3].

Storthoogte:

Sputen met grotere storthoogte levert een iets vastere pakking en geeft door een wijder suspensiegebied een iets flauwere helling [lit. 3].

Korrelgrootte:

Fijner zand levert over het algemeen flauwere hellingen [lit. 3].

Het rekenmodel van Delver/Verwoert [lit. 2] geeft aan dat evenwichtshellingen afnemen bij afnemende D50.

Gemiddelde hellingen van taluds zijn ondermeer afhankelijk van de D50 van het zand [lit. 6].

Bermhoogte:

Bij grotere bermhoogten treedt verflauwing op [lit. 3].

Steilere gedeelten in taluds komen voor over grotere

hoogte, naarmate de waterdiepte toeneemt [lit. 6].

Mengseldichtheid:

Verandering van mengseldichtheid in de leiding heeft geen wezenlijke invloed op de hellingen [lit. 3,7].

Debiet:

Een hoger debiet levert een flauwere helling [lit. 3].

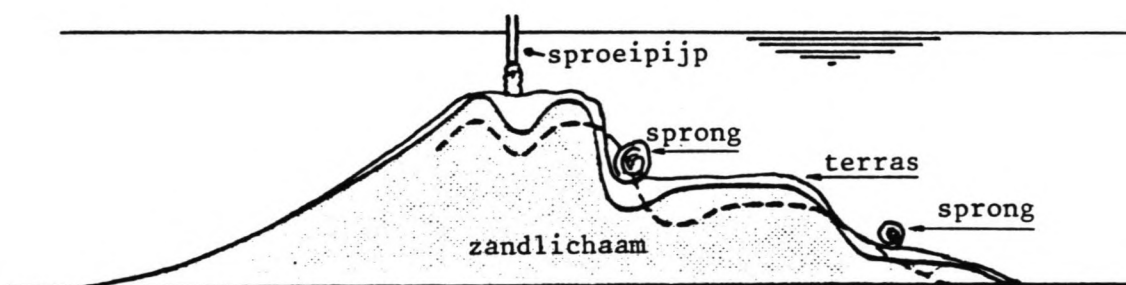
Het rekenmodel van Delver/Verwoert [lit. 2] geeft aan dat de evenwichtshelling afneemt bij toenemend specifiek debiet.

Gemiddelde hellingen van taluds zijn ondermeer afhankelijk van het (spuit)debiet van het zand [lit. 6].

Getijstroomsnelheid in het sluitgat:

Een lagere stroomsnelheid levert een flauwere helling [lit. 3].

Overtrekkende stroom geeft versteiling van het bovenste gedeelte van het talud en een verflauwing van het onderste gedeelte, aan de benedenstroomse zijde. Tevens wordt het ontstaan van mengselsprongen en terrasvorming belemmerd aan de benedenstroomse zijde door de overtrekkende stroom (zie fig. 2.4): Daardoor kunnen lokaal steilere hellingen ontstaan. De invloed van de stroomsnelheid op de gemiddelde hellingen van taluds is gering [lit. 6].



Figuur 2.4 Onderwaterstort met mengselsprongen [lit. 7].

Dichtheidsstromen:

De evenwichtshelling voor onderwatertaluds wordt volgens Mastbergen [Lit. 6, blz. 126-136] beschreven met:

$$i_{ev.} = \left(\frac{f_0 + f_1}{8} \right)^{0,1} \times \left(\frac{d^2 c D}{0,05} \right)^{0,6} \times \left(\frac{g^{0,2}}{\epsilon q^{0,4}} \right)$$

Hierin is :

- i evenwichtshelling
- f₀ wrijvingscoëfficiënt
- f₁ interne wrijvingscoëfficiënt
- d relatieve dichtheid van zand in water
- D D₅₀
- g zwaartekrachtsversnelling
- q specifiek debiet
- c concentratie
- ε relatieve mengseldichtheid

Een getallenvoorbeeld met "gangbare" waarden voor de diverse parameters levert het volgende beeld van een evenwichtshelling:

- f₀ = 0.15 [Lit. 6 blz. 65]
- f₁ = 0.015 [Lit. 6 blz. 129]
- d = 1.57 (zout water)
- D₅₀ = 180 μm
- c = 20% = 0.2
- g = 9.81 m/s²
- ε = 0.239 (met gegeven waarden voor d en c)
- q = h * u
 - h = 0.1 m.
 - u = 1 m/s

De evenwichtshelling behorende bij deze getallen is: tan α = 0,25 of een helling van 1:4.

2.6. Ervaringscijfers onderwatertaluds.

Aangezien voor dit onderzoek alleen hydraulisch persen interessant is, worden enkele ervaringscijfers m.b.t. deze stortmethode weergegeven.

Er moet onderscheid gemaakt worden tussen onderwatertaluds, die ontstaan onderaan een bovenwaterstort, en onderwatertaluds, die ontstaan bij een onderwaterstort.

Onderwater storten:

Vertikaal spuiten (door een pijp) [lit. 7]:

	diepte [m]	D50 [µm]	hell.	opm.
-Tijd. toegang Europoort	22	200 300	1:7 1:4	pijp vlak boven bodem
-Beaufort Zee -Tarsuit	20	350-400	1:6	pijp op bodem
-Issugnak	20	250	1:8	vanaf wateropp. gesproeid
-Grondverbe- tering SVK Oosterschelde	20-40	200-300	1:4/ 1:6	pijp vlak boven bodem

Voorspelling voor het Tholensche Gat [lit. 7]:

Op basis van het debiet (100 m³/uur/m') ca. 1:25.

Op basis van de D50 (= 150 - 180 µm):

Hellingen van gemiddeld 1:15, tussen 1:10 en 1:25.

Onderwatertaluds onderaan een bovenwaterstort:

Hoewel onderwatertaluds bij een bovenwaterstort anders gevormd worden dan bij een onderwaterstort, worden nog enkele ervaringsgetallen voor onderwatertaluds gevormd bij een bovenwaterstort gegeven:

Ervaring zandsluitingen [lit. 8]:

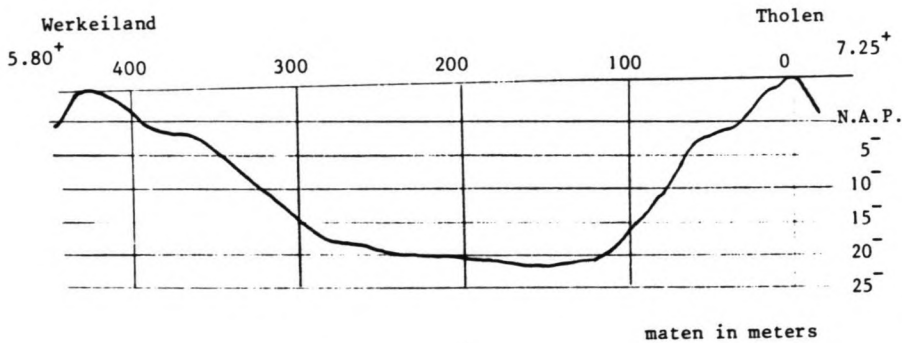
	D50:	Helling:
Pampus	135 µm	1:15
Geul	150 µm	1:30
Speicherkoog	350 µm	1:10

HOOFDSTUK 3. SLUITING VAN HET THOLENSCHE GAT.

3.1. Beschrijving van de situatie.

Het Tholensche Gat vormt de belangrijkste stroomgeul door het Oesterdamtracé. Het tracé van de afsluiting ligt in het verlengde van het damvak Speelmansplaten dat in 1984 en 1985 is aangelegd (zie situatieschets fig. 3.2).

Het sluitgat is ter hoogte van N.A.P. ongeveer 380 m. breed en heeft een maximale diepte van 22 m. (zie schets lengteprofiel, figuur 3.1).



Figuur 3.1 Lengteprofiel van het sluitgat.

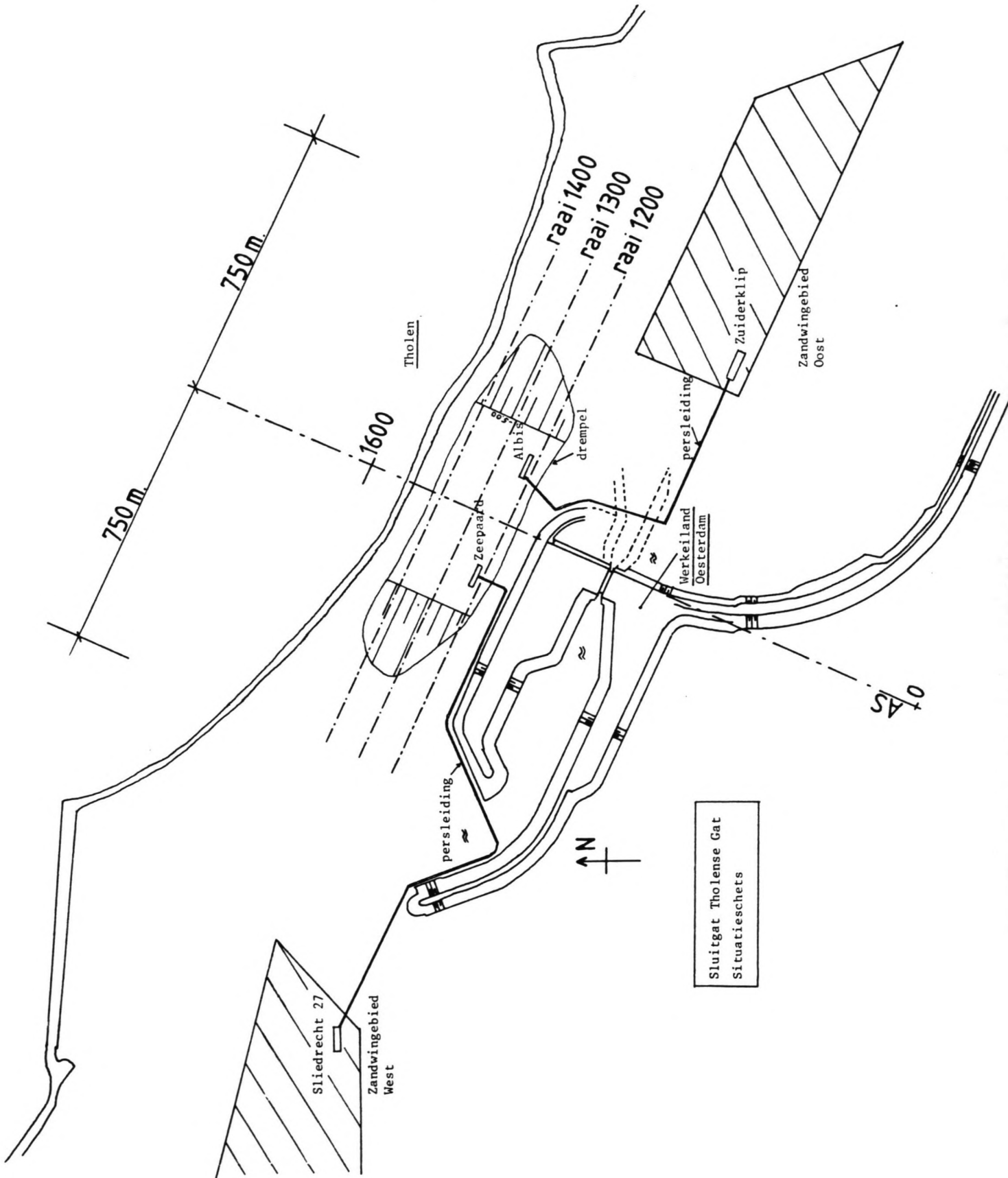
Voor de zandwinning zijn 2 zandwingebieden beschikbaar: Tholensche Gat-West en Tholensche Gat-Oost. Beide wingebieden zijn ten zuiden van de vaargeul door het Tholensche Gat gelegen.

Zandwingebied	Diepte [m. t.o.v. NAP]	D50	
		μ [μm]	σ [μm]
TG-West	tot - 25	179	39
	tot - 30	182	36
TG-Oost	tot - 25	188	40
	tot - 30	189	39

Tabel 3.1 Zandwingebieden.

3.2. Ontwerpnota.

Het ontwerp, zoals dat in de ontwerpnota voor de sluiting van het Tholensche Gat beschreven is, bevat de volgende voor de bouw van de drempel relevante



Figuur 3.2 Situatieschets Tholense Gat

aspecten:

Het Tholensche Gat zal gesloten worden met behulp van een zandsluiting. Dit zal plaatsvinden in oktober 1986, na het gereedkomen van de Stormvloedkering Oosterschelde. Een zandsluiting is alleen mogelijk als gebruik wordt gemaakt van de Stormvloedkering om het getij te beïnvloeden. Bij een zandsluiting bepalen de zandproduktie, het zandverlies en de daminhoud gezamenlijk de voortgang van de sluiting. Bij grote stroomsnelheden zal het zandverlies dermate groot worden dat er, met een reëel geachte produktie, geen voortgang meer plaatsvindt. Bij een geopende Stormvloedkering zouden de stroomsnelheden in het sluitgat oplopen tot ca. 5 m/s, hetgeen erg hoog is voor een zandsluiting. In de opeenvolgende fasen van de sluiting kunnen met de Stormvloedkering de stroomsnelheden gereduceerd worden.

Om een voldoende veilige sluiting te kunnen realiseren, is voor de verschillende konstrukties bekeken welke bezwijkmechanismen er zijn en hoe deze door de sluitingsoperatie beïnvloed worden. Zo blijkt de waterkering van Tholen bedreigd te kunnen worden door een zettingsvloeiing, die zich vanuit een zandwingebied over grote lengte zou kunnen uitstrekken. Ook het damvak Speelmansplaten, de zandkade en delen van het werkeiland worden hierdoor bedreigd. Bij de bepaling van de begrenzingen van de zandwingebieden is hiermee rekening gehouden.

De drempel:

Als sluitwijze is gekozen voor het eerst aanbrengen van een drempel, waarop vervolgens van twee zijden horizontaal een kap wordt uitgebouwd. De argumentatie om de drempel op deze wijze op te bouwen bestaat uit verschillende elementen. Redenen om niet volledig te sluiten met een horizontale uitbouwmethode zijn:

- Bij een volledige horizontale sluiting is het gevaar dat een zettingsvloeiing van het zandlichaam doorzet tot in de hoogwaterkering van Tholen groter dan wanneer op een drempel wordt uitgebouwd.

- Er is weinig ervaring met het horizontaal sluiten van diepe getijgeulen. Door uit te bouwen op een drempel wordt de sluiting dichterbij het ervaringsgebied gebracht.

- Door beperking van de diepte verloopt in de laatste fase van horizontale uitbouw op een drempel, waarbij

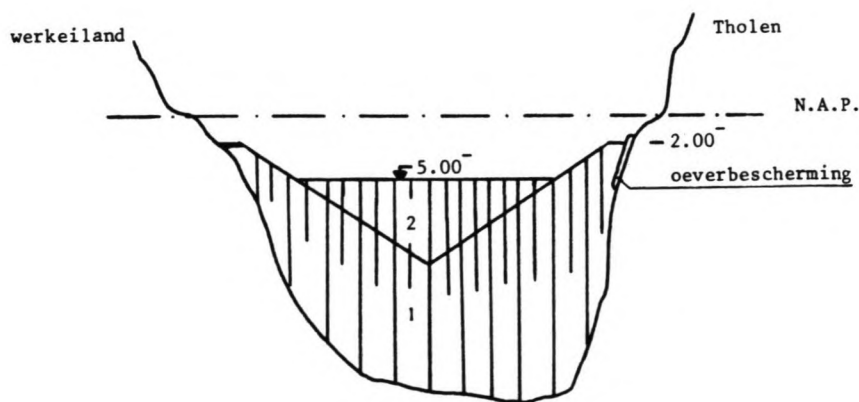
de Stormvloedkering grotendeels of geheel gesloten wordt, de afname van het doorstroomprofiel sneller dan wanneer horizontaal wordt uitgebouwd zonder drempel.

Als om de voorgaande redenen besloten wordt om het zandlichaam vertikaal op te bouwen, moet het volgende gerealiseerd worden:

- Bij een volledig verticale sluiting is het onmogelijk om boven water te komen met het zandbedrijf. Voor de sluiting van het laatste gat zal derhalve moeten worden overgeschakeld op horizontaal uitbouwen. Bovendien kan bij horizontaal uitbouwen een grotere produktie worden ingezet dan bij verticale opbouw, hetgeen de tijdsduur van de laatste fase van de sluiting zo kort mogelijk maakt.

Teneinde erosie van de oevers tijdens de opbouw van de drempel te voorkomen, is gekozen voor een opbouw in twee fasen (figuur 3.3). In de eerste fase wordt de drempel met de pijpstortmethode vanuit de geul tegen beide oevers opgebouwd, waardoor een V-vormig doorstroomprofiel ontstaat en de stroom van de oevers wordt weggedrukt.

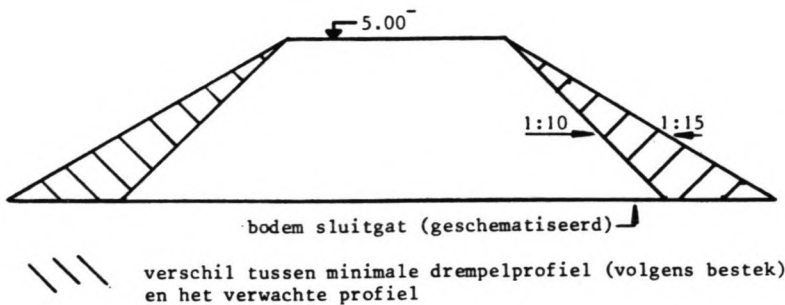
In de tweede fase wordt het middendeel van de drempel op een hoogte gebracht van NAP -5 m. De drempel krijgt op dat niveau een breedte van 540 m. De doorsnede van het sluitgat is dan 1400 m² (t.o.v. NAP). Het toegestane hoogteverschil tussen twee op te spuiten lagen bij het opbouwen is volgens bestek 5 m.



Figuur 3.3 Overzicht van de bouwfasen.

Profiel:

Bij het vertikaal of horizontaal storten van een zand/watermengsel treden hellingen op, die afhankelijk zijn van de D₅₀ van het zand, het slibgehalte, de produktie, de wijze van uitvoeren, etc. Voor zand met D₅₀=185 µm. leek voor de drempelopbouw een helling van 1:15 reëel met de methode pijpstorten. Om zettingsvloeiingen te voorkomen, mogen de hellingen volgens RWS niet steiler zijn dan 1:10.



Figuur 3.4 Profielschets van de drempel.

Plan van uitvoering:

Met de genoemde afmetingen en hellingen, en met een volgens bestek minimaal geïnstalleerde capaciteit van 6000 m³/uur, duurt de opbouw van de drempel 21 à 22 dagen. Deze tijd wordt berekend met een produktie van 4500 m³/uur. Dit komt doordat wordt gerekend met een initieel verlies van 25%. Dit reduceert de produktie tot $0,75 * 6000 = 4500$ m³/uur. De produktie is tijdens de opbouw van de dam niet konstant, maar afhankelijk van opgetreden storingen in het zandbedrijf. Voor het opbouwen van de drempel zelf speelt de tijdsduur een ondergeschikte rol, de tijdsduur is echter wel van belang voor de planning van de totale sluiting, met name voor het tijdstip van "de laatste klap". In de tabel is de kolom SVK het openingspercentage van de stormvloedkering Oosterschelde; dit is het percentage van de volledige doorstroomopening van de stormvloedkering dat opengehouden wordt (t.o.v. NAP). De daminhoud is de inhoud van de dam in miljoenen m³ per fase van de drempelopbouw.

Fase:	SVK: [%]	A sl. [m ²]	Kruinh [m]	Prod [m ³ /u]	Daminh	Tijdsduur [dagen]
1	80	4700-2100		4500	1.85	17
2	80	2100-1400	-5.0	4500	0.44	4.6
					<u> </u> +	<u> </u> +
					2.29	21.6

Tabel 3.2 Opbouw drempel.

3.3. Beschrijving van de uitvoering.

Op 6 oktober werd met het werk begonnen, op 7 oktober was er volledige produktie.

Er wordt in het westelijke wingebied gebaggerd met de zuiger Sliedrecht 27, die via een persleiding naar het sproeiponton Zeepaard perst en in het oostelijke wingebied met de zuiger Zuiderklip, die naar het sproeiponton Albis perst (zie ook fig. 3.1).

De specie wordt via een pijp zo dicht mogelijk boven de bodem gespreeid. In eerste instantie werd er gebruik gemaakt van bochtstukken aan het eind van de sproeipijp. Op 13 oktober werd het bochtstuk bij de Zeepaard verwijderd, en op 14 oktober bij de Albis.

De kop van de pijp lag steeds 10 tot 15 min. op een vaste plaats, waarna het sproeiponton verhaald werd naar een naastliggende positie.

De drempel werd opgeleverd op 18 oktober.

Duidelijk is dat de uitvoering veel sneller is gegaan dan gepland. Het bleek dat er nauwelijks verlies optrad. In het bestek was gerekend met een initieel verlies van 25%, dit percentage van het zand zou buiten het profiel van de drempel terecht komen. Daarbij zou nog gerekend moeten worden op stromingsverlies.

De produktie van de zuigers lag hoger dan geraamd; gemiddeld werd door beide zuigers samen gedurende het spuiten een produktie van ongeveer 9000 m³/uur gehaald. Als de stilligtijd hier nog bij gerekend wordt (ongeveer 10% van de totale tijd), betekent dit een totaal gemiddelde produktie van:

$$0.9 * 9000 = 8100 \text{ m}^3/\text{uur}.$$

Dit houdt in dat er ongeveer

$$8100 \text{ m}^3/\text{uur} * 24 \text{ uur} * 12 \text{ dagen} = 2.3 \text{ miljoen m}^3 \text{ zand}$$

in de drempel verwerkt is en dat komt bij een klein verlies goed overeen met de berekende inhoud van de

dam. De taluds zijn iets flauwer gespoten dan geraamd, het verschil tussen de in de in de drempel verwerkte hoeveelheid zand en de berekende hoeveelheid zand voor de drempel is echter klein en valt binnen de berekeningsnauwkeurigheid van de uurproduktie. Merk op dat de gehaalde gemiddelde produktie dus 2 maal zo veel is als waarmee in het bestek is gerekend en dat dit een oorzaak kan zijn voor de iets flauwere taluds, aangenomen dat de relatie tussen produktie en helling juist is.

Zand:

Uit de D50 bepalingen m.b.v. de zeefkromme's van de monsters die gedurende de uitvoering genomen zijn, kwamen de volgende resultaten:

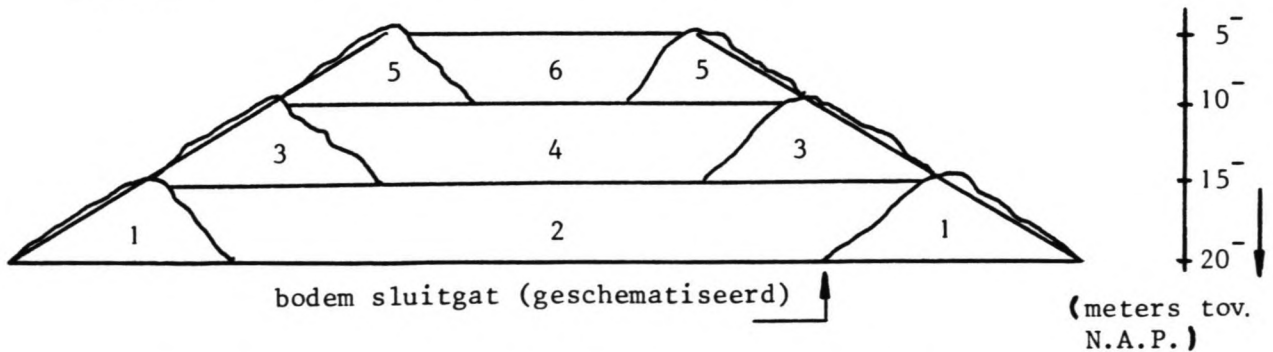
	Slidrecht 27	Zuiderklip	
Gemiddelde	178	184	µm
Minimum	154	155	µm
Maximum	200	208	µm
Std.afw.	11.4	15.3	µm
Slibgehalte	1.52 (0.76)	2.94 (1.76)	%
Aantal metingen	25	13	

Tabel 3.3 D50 en bepaling slibgehalte.

Aangenomen is dat de D50 normaal verdeeld is. Het slibgehalte is benaderd door het percentage zand met een korreldiameter kleiner dan 63 µm, dat voor de monsters bepaald is, tussen haakjes staat de standaardafwijking.

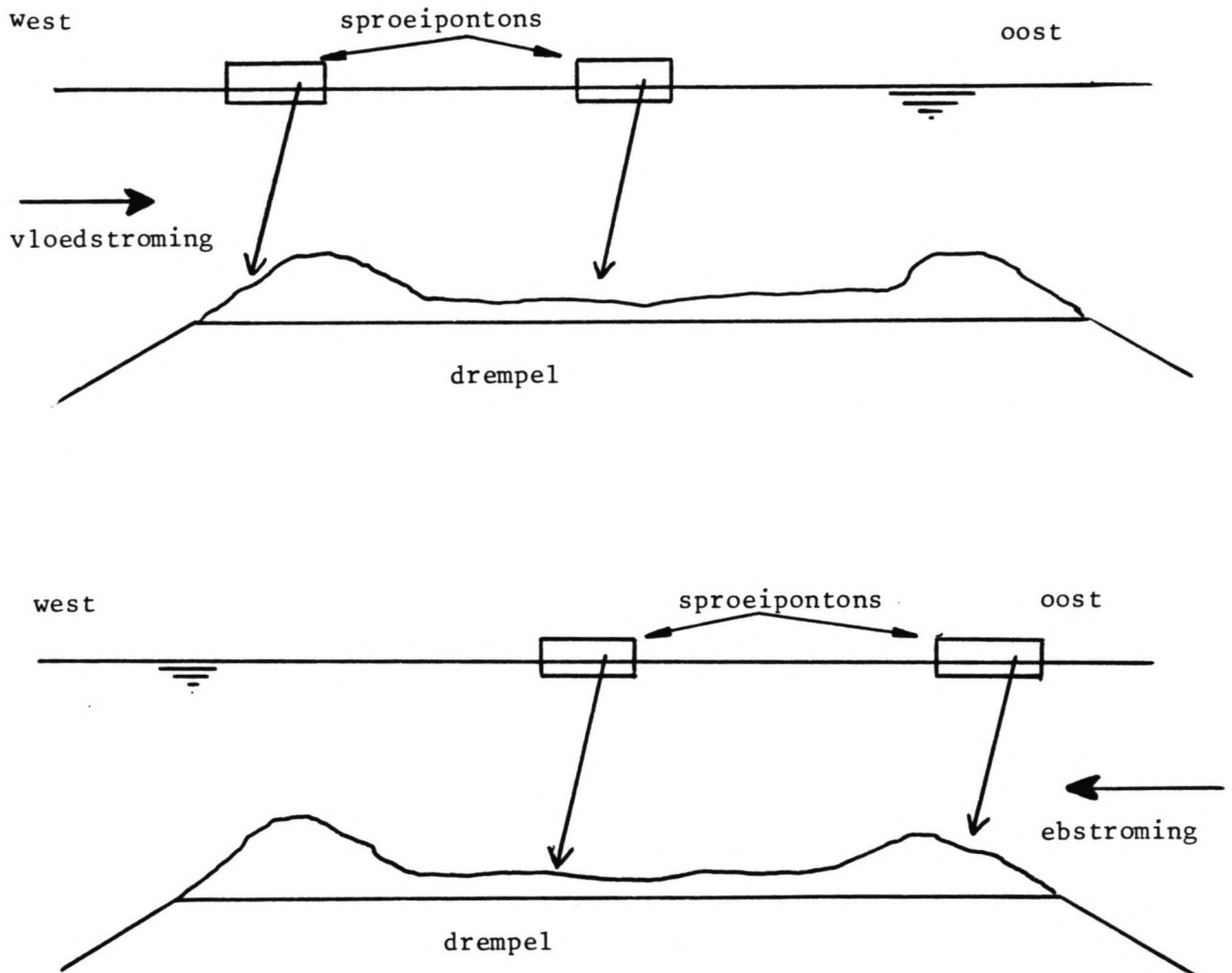
Profiel:

De bedoeling was de drempel op te bouwen in lagen van ongeveer 5 m., rekening houdend met de opbouw in fasen.



Figuur 3.5 Geschematiseerde opbouw in lagen.

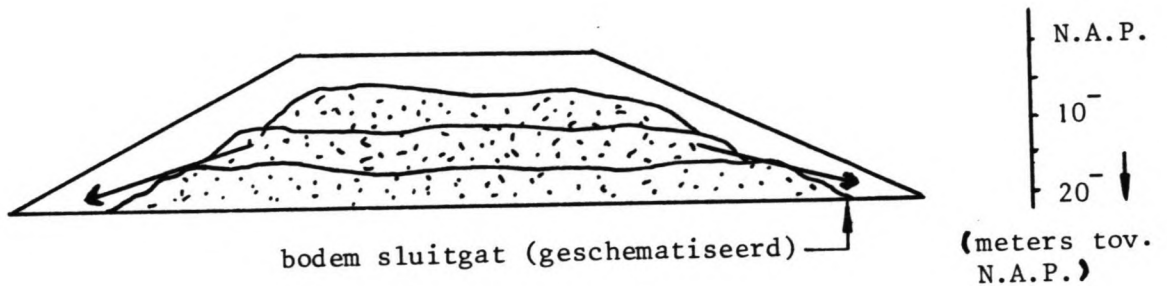
Met vloedstroom zou er aan de westzijde van de gebieden die de pontons bestreken gespreeid worden, met ebstroom aan de oostzijde.



Figuur 3.6 Spuiten bij ebstroom of vloedstroom.

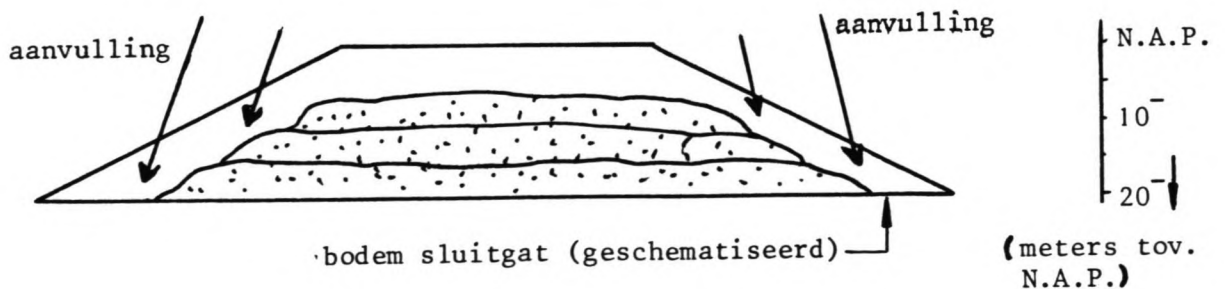
Om uitvoeringstechnische redenen is na enige dagen van dit principe afgestapt. Er onstonden problemen met de drijvende leiding indien het ponton aan de andere zijde van het sluitgat (Tholen) moest sproeien, aangezien de leiding dan over de hele breedte van het sluitgat lag. Door het relatief zware

mengsel dat werd gespoten lag de leiding diep in het water en werd het aanstroomoppervlak van de leiding groot. Hierdoor werd de leiding instabiel. In de beginfase van de drempelopbouw werden de lagen smaller opgebouwd dan het minimale profiel (zie figuur 3.7). Dit kwam niet overeen met het idee om de gelaagde opbouw over de hele breedte uit te voeren, waardoor de hoogte waarover een vers gespoten talud wordt aangebracht niet groter wordt dan de te spuiten laagdikte (ongeveer 5m). In de latere fasen van de drempelopbouw zijn de lagen wel over de gehele breedte van de drempel opgebouwd.



Figuur 3.7 Opspuiten van lagen.

Door dit verschijnsel moest er in de beginfase bij het opbouwen van de volgende laag aan de zijkanten over de gehele hoogte opgehoogd worden (zie figuur 3.8). Dit kan geresulteerd hebben in de betrekkelijk flauwe taluds die toen gerealiseerd werden, daar vermoed wordt dat er een relatie bestaat tussen de gespoten taludhoogte en de gerealiseerde helling van het talud. In de latere fase van de drempelopbouw bleken de gerealiseerde taluds ook steiler.



Figuur 3.8 Het opspuiten van de drempel.

HOOFDSTUK 4. DE METINGEN.

4.1. Beschrijving van de metingen.

Gedurende de sluiting zijn er diverse meetprogramma's uitgevoerd, waarvan in dit hoofdstuk een overzicht wordt gegeven.

Profielmeting.

Meetmethode: Peilboot.

Tijdens de opbouwfase van de drempel is twee maal per dag het profiel van de sluitgatbodem gemeten met een peilboot, die langs 5 raaien (om de 50 meter), loodrecht op de as van het sluitgat (zie situatieschets, fig. 3.1), de peilingen uitvoerde.

De waarnemingen die er zijn gedaan:

- De x- en y-coördinaat t.o.v. vaste bakens (de positionering).
- Het getij (het waterniveau t.o.v. getijdebaken).
- Diepte bodemligging t.o.v. N.A.P. (deze wordt automatisch voor het getij gecorrigeerd).

Mogelijke fouten in de meting van het profiel zijn:

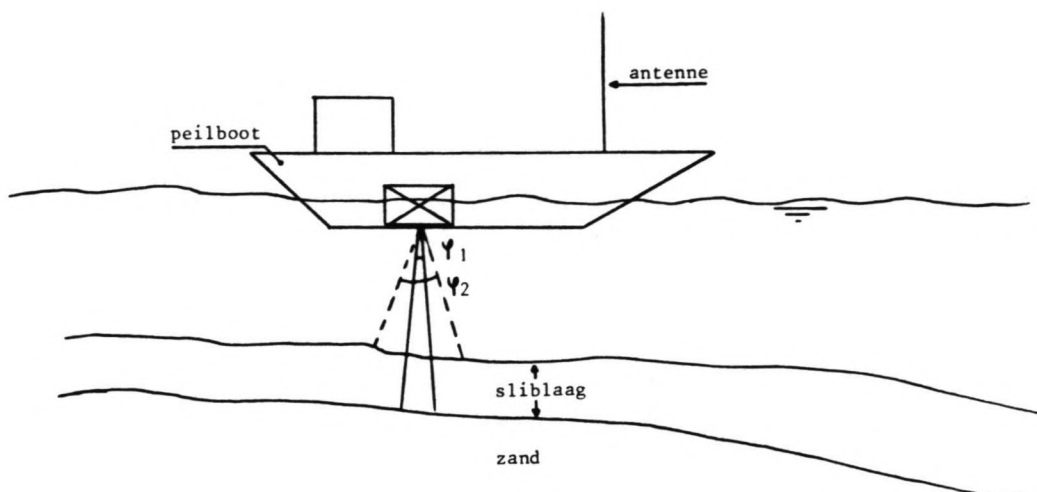
- Afwijkingen in de coördinaten x en y.
- Afwijkingen van de getijcorrectie.
- Afwijking van de dieptemeting.
- Diepte meetpunt t.o.v. waterlijn afhankelijk van de vaarsnelheid.

Van de coördinaten is de grootte van de fout afhankelijk van de afstand tot de reflectiebakens. De fout in het getij is afhankelijk van de fout in het getijdebaken.

De afwijking in de profielmeting is afhankelijk van de frequentie en tophoek van het signaal (zie fig. 4.1) en van de dichtheid van de reflecterende bodemlaag (slib reflecteert een signaal met een grote frequentie slecht, harde grond reflecteert zo'n signaal goed).

Er wordt een signaal uitgezonden met een frequentie van 70 Hz of 210 Hz.

De afstand meetpunt-waterlijn kan goed vastliggen, afhankelijk van de kwaliteit van de ijking.



Figuur 4.1 Profielmeting.

Produktiemeting.

Meetmethode: Meters op de persleiding aan boord van de zuigers.

De waarnemingen zijn:

- Concentratiemeting in de leiding (de dichtheid van het mengsel legt de in suspensie gemeten concentratie van zanddeeltjes vast).
- Debietmeting in de leiding.

Fouten in de meting van de produktie:

Afhankelijk van de meetmethode;

- nauwkeurigheid van het apparaat,
- nauwkeurigheid van het aflezen,
- hoeveelheid verontreiniging (organische delen) in het mengsel,
- plaatsing van de sensoren op de leiding (vertikaal of diagonaal).

Meting van de korrelverdeling van het zand.

Meetmethode: Zeefkromme's.

De waarnemingen zijn gedaan door monstername van het geproduceerde mengsel van de zuigers.

Fouten in de meting:

- Fout in de apparatuur; de zeven waarmee het gedroogde zand geanalyseerd wordt.
- Aflezing gewichtspercentages.
- Wijze van monsterneming; waar wordt het monster genomen langs de persleiding.

Deze metingen zijn met onregelmatige tussenpozen gedaan, het aantal metingen is vrij klein. De wijze van monsterneming is de belangrijkste oorzaak van fouten.

De verval- en stroomsnelheidsmetingen.

Op enkele punten in het sluitgat zijn stroomsnelheidsmetingen uitgevoerd (continu). De resultaten hiervan blijken echter onbruikbaar. Dit komt doordat de snelheid niet overal even groot is en door het optreden van neren e.d.. Daarom zijn deze metingen niet gebruikt en is er gekeken naar het verval.

De vervalmetingen zijn te gebruiken voor de bepaling van de hoofdstroomrichting (eb of vloed) en de stroomsnelheid.

De vervallen zijn continu geregistreerd door de waterstanden bij een waterstandsmeetpaal ten westen en een waterstandsmeetpaal ten oosten van het sluitgat te vergelijken. Het verschil in de metingen is het verval over het sluitgat.

De vervallen ontstaan hier ten gevolge van:

- Getijdebeweging.
- Oscillaties als gevolg van manipulaties met de stormvloedkering.
- Wind set-up.
- Bui-oscillaties.
- Vernauwing van de doorstroomopening van het sluitgat.

Fouten in de meting van het verval:

- Door de ongunstige plaatskeuze van de westelijke waterstandsmeetpaal is het resultaat van de metingen enigszins beïnvloed. Bij grotere ebvervallen (= hogere stroomsnelheden) stond het peilbaken benedenstrooms in het gebied waar door de grotere snelheid een waterspiegeldaling optrad. Hierdoor werd niet het juiste verval over het sluitgat gemeten, doch een groter verval.

- De verticale ijking van de peilbakens (Als een bakens te hoog of te laag staat, dus N.A.P. niet precies op het nulvlak, zit er in alle waarnemingen een systeemfout. Dan zijn de waarnemingen van het verval bij vloedstroom te groot en bij ebstroom te klein, of omgekeerd.
- Registratie methode (aflezing) van het peil.

Bepaling positie sproeiponton.

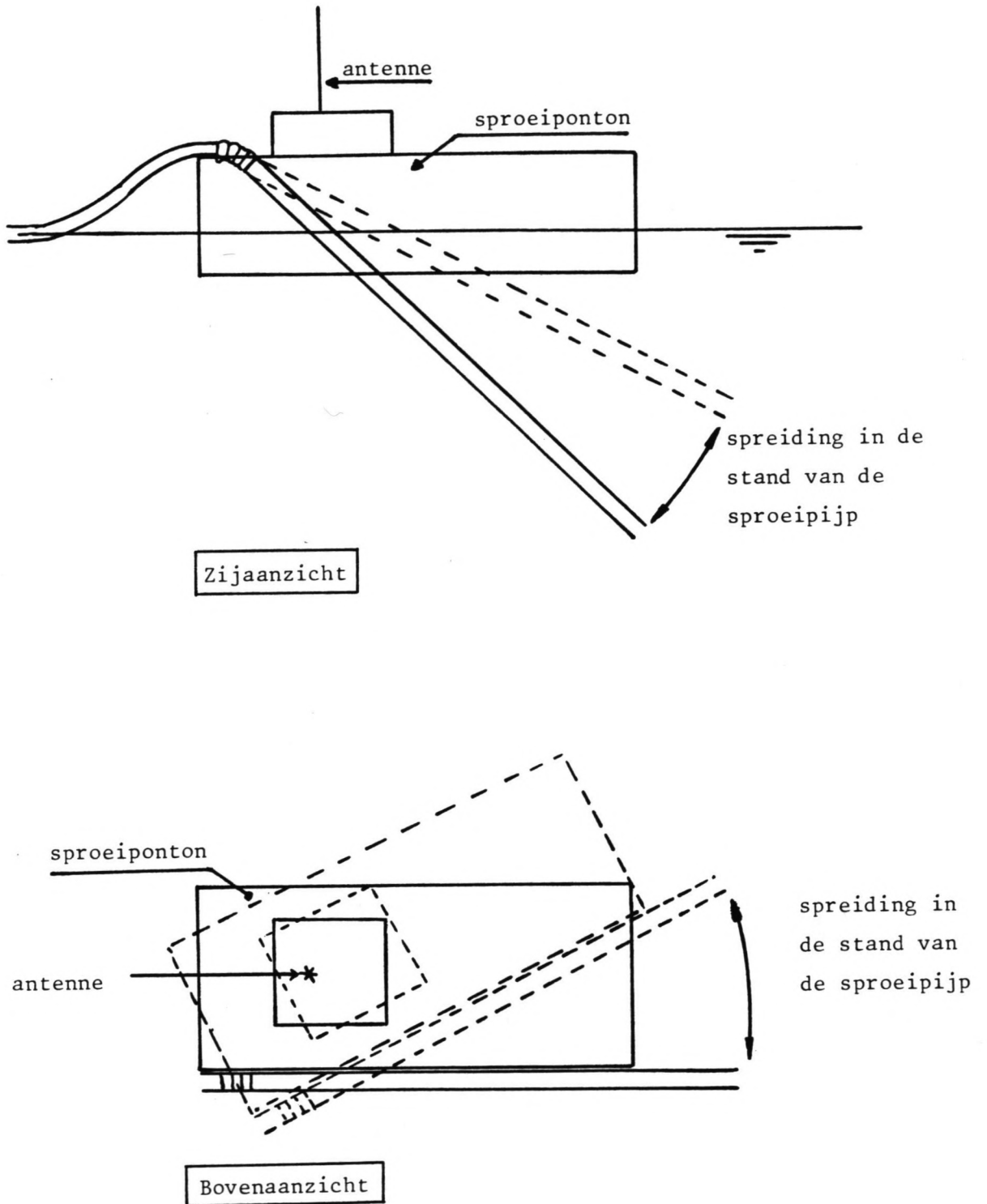
Op het sproeiponton is een plaatsbepalingssysteem aanwezig voor de positionering van het ponton. Hierdoor kan op de juiste, geplande positie worden gesproeid. Dit positioneringssysteem (werkend met soortgelijke bakens als de peilboot) is gekoppeld aan een x-y plotter, die met korte intervallen een stip zet op een kaart met daarop het bovenaanzicht van de drempel en het aangebrachte assenstelsel/raaiplan. Op deze kaarten wordt met bepaalde tijdsintervallen een getal bijgeschreven (met de hand) op de plaats waar de plotter op dat moment aangeeft dat het sproeiponton zich bevindt.

De zo opgeschreven reeks getallen geeft dan aan hoe het sproeiponton zich die dag over de drempel bewogen heeft.

Bovendien worden de coördinaten ongeveer elk half uur genoteerd. De diepte van de pijp werd er dan regelmatig met de hand bijgeschreven.

Fouten in de meting:

- Geplotte positie: Zie nauwkeurigheid positionering peilboot.
- Bijgeschreven getallen: Handwerk, getal "in de buurt" van de plotterpositie.
- Verschil tussen het plotpunt (antenne van het ponton) en het einde van de sproeipijp (zie fig. 4.2). Dit verschil is afhankelijk van de lengte van de sproeipijp, de hoek met de vertikaal en de hoekverdraaiing van het ponton zelf. Bij deze hoekverdraaiing blijft de plaats van de antenne onveranderd.



Figuur 4.2 Verschil plotpunt en einde sproeipijp.

4.2. Bruikbaarheid van de metingen.

Afgezien van de nauwkeurigheid is de vorm waarin de metingen worden gepresenteerd van groot belang. Met behulp van de metingen moeten de voor de evaluatie benodigde factoren afgeleid of bepaald kunnen worden.

Profielmeting.

De profielmetingen zijn weergegeven op de volgende schalen:

- Horizontaal:	- Vertikaal:	
1:2000	1:200	of
1:2500	1:250	

Op de profielkaarten is aangegeven:

- De oorspronkelijke bodem,
- profiel van de te maken drempel,
- huidige bodemligging (vorige profielmeting en laatste profielmeting).

Door de weergave van twee metingen op verschillende tijden in dezelfde figuur kan de voortgang goed worden beschouwd.

De metingen zijn goed bruikbaar bevonden.

De produktiemeting.

De produktiemetingen zijn semi-continu beschikbaar (er zijn tabellen met metingen die elke 10 minuten zijn uitgevoerd).

Deze tabellen zijn duidelijk leesbaar en bruikbaar.

De zandkorrelverdelingsmetingen.

Met behulp van de analyse van de zandmonsters wordt de zeefkromme getekend en kunnen de voor de evaluatie benodigde parameters, de gemiddelde korreldiameter D50 en het slibgehalte, bepaald worden.

De D50 lijkt de belangrijkste parameter, het slibgehalte wordt aangenomen als zijnde het percentage materiaal met een diameter kleiner dan 63 μm .

Ondanks het incidentele karakter van de metingen kan er wel een idee worden verkregen van de gemiddelde waarden en standaardafwijkingen van de parameters van het gewonnen zand in de beide winputten gedurende het hele projekt. De koppeling van de parameters aan de gerealiseerde taludhellingen echter is door dit in-

cidentele karakter bemoeilijkt.

Als bekend is wanneer een bepaald talud gespoten is, wordt gekeken welke parameter-bepalingen daar vlak voor en na gedaan zijn en wordt de betreffende parameter geïnterpoleerd. Gezien het feit dat de metingen momentopnamen zijn en de kleine variatie in de D50 waarden en grote variatie in slibgehaltenes moeten er wel vraagtekens bij de nauwkeurigheid gezet worden. Wel kunnen de resultaten aan de westzijde en de oostzijde vergeleken worden, aangezien hier verschillende winputten voor gebruikt zijn.

De vervalmeting.

De vervalmeting is door de kleine waarden tijdens de drempelopbouw fase onderhevig aan relatief grote onnauwkeurigheid.

Met behulp van de metingen wordt het verval over het sluitgat gesimplificeerd tot een sinusvormige kromme. Bepaald moeten dus worden:

- Het moment van kentering.
- Het maximale verval.
- De richting van het verval (positief of negatief).

Met behulp van de (absolute) waarde van het verval kan de gemiddelde stroomsnelheid door het sluitgat bepaald worden.

Dit gebeurt met behulp van de afvoerformule voor een onvolkomen overlaat:

$$u = \mu * \sqrt{2 * g * dh}$$

Hierin is:

u = gemiddelde stroomsnelheid door sluitgat [m/s]

μ = afvoercoëfficiënt

g = 9.81 [m/s²]

dh = verval [m]

De onbekende faktor hierin is de afvoercoëfficiënt μ . De grootte hiervan is bij het ontwerp berekend voor enkele fasen van de uitvoering en varieert tussen 0.8 en 1.4. In de eerste bouwfase treedt door de geringe vernauwing van het sluitgat nog geen overlaatsituatie op. De vervallen worden daardoor niet bepaald door de geometrie van het sluitgat, maar door de wrijving. Gebruik van de formule voor een onvolkomen overlaat resulteert dan in een hoge afvoercoëfficiënt.

Uit de stroombeelden zijn de snelheidsverdelingen ($u/u(\text{gem.})$) in de as van het tracé van de toekomstige dam afgeleid m.b.v. WAQUA, een twee-dimensionaal mathematisch stromingsmodel.

Onnauwkeurigheid ontstaat door de bepaling van de grootte van het verval en het moment van kentering.

Positie sproeiponton.

Door de wijze van noteren (punt-plotter + handgeschreven getallen) is het resultaat onoverzichtelijk en slecht leesbaar geworden. Het enige wat bruikbaar bleek waren de aangegeven vloed- en ebzone's.

Deze zone's geven aan dat in die zone's bij vloed-respectievelijk ebstroom is gespreeid. In eerste instantie werd geprobeerd met overtrekkende stroom te spuiten, dus bv. bij vloedstroom aan de westzijde van de drempel. Later werd dit gewijzigd vanwege uitvoeringstechnische redenen met betrekking tot de aanstroming tegen de drijvende leiding en de verbinding van de drijvende leiding met de walleiding. Door de toenemende stroming (sluitgatvernauwing) bleek het niet mogelijk de leiding bij grote stroomsnelheden naar de andere zijde te laten lopen (zie paragraaf 3.3).

Het resultaat was over het algemeen dat er in de hoge raainummers (1300-1350-1400) bij eb is gewerkt en in de lage raainummers (1200-1250) bij vloed.

Later werden de geprinte positiegegevens van de pontons ontvangen. Deze bleken beter bruikbaar. Deze gegevens zijn gebruikt om na te gaan wanneer een bepaald talud gespoten is en met welke stroomsnelheid (verval) dat is gebeurd.

Ook de diepte van de pijp, die er soms bijgeschreven werd, werd hieruit gehaald.

4.3. Verwerking van de gegevens.

De beschikbare gegevens zijn op een aantal manieren te rangschikken:

- Volgens de tijd-as: Interpolatie van de gegevens met het resultaat op een bepaald tijdinterval uit elkaar. Dit houdt in het interpoleren van de metingen van profiel, D50, produktie, verval (stroomrichting).

- Volgens profielmeting: De profielmeting als vast tijdstip waarop gekeken wordt, met het middelen van de waarden van de D50, produkties, verval (stroomrichting). Deze rangschikking is verder onder te verdelen in:

- Rangschikking per raai.
- Rangschikking per dag.
- Rangschikking oost-west.

Gekozen is om de gegevens te verwerken met een spread-sheet programma. Op deze wijze kan gemakkelijk d.m.v. sorteeropdrachten elke gewenste rangschikking worden verkregen en afgedrukt.

Bovendien kan geselecteerd worden op alle verwerkte parameters voor het vastleggen van onderlinge verbanden tussen de diverse parameters. Bijvoorbeeld kan geselecteerd worden op resultaten van Zuiderklip/Albis (oost) of Sliedrecht 27/Zeepaard (west), of opgehoogde of onveranderde taluds.

Een bijkomend voordeel is nog dat statistische functies in de software zijn verwerkt, zodat gemiddelden en standaardafwijkingen (voor het vaststellen van bepaalde trends) direkt beschikbaar zijn.

De bewerking van de gegevens om ze in het spreadsheet te kunnen opnemen.

Het gehele spreadsheet is afgedrukt en opgenomen in bijlage 5c van dit rapport. In bijlage 5d zijn de spreadsheets "ophoging West" en "ophoging Oost" weergegeven. Per kolom zal, indien nodig, worden toegelicht hoe de gegevens zijn verwerkt in de spreadsheet.

Uit de profielmetingen:

Datum en tijd; tijdstip waarop het betreffende talud is gemeten.

Raai; raai waarover het talud is gemeten (zie figuur 3.2).

Zijde sluitgat; de oostkant of de westkant van de gemeten raai.

Talud; de drie kolommen geven aan van waar tot waar (hoogte bovenkant talud -"van"- tot hoogte onderkant talud -"tot"-) is gemeten en wat deze hoogte bedraagt. Door de profielen van de zijtaluds zijn één (redelijk gelijkmatig talud) of twee (knik in talud) lijnen getrokken als aan te nemen gemiddelde talud. In de volgende 2 kolommen is dan de gemeten hellingshoek aangegeven, eerst als cotangens (1:n) en vervolgens in graden ten opzichte van de horizontaal. Er moet duidelijk onderscheid gemaakt worden in het

werken met cotangens of graden. De gemiddelde helling van 3 taluds met cotangens 3,4 en 5 is indien de cotangens gebruikt wordt 1:4, terwijl bij het gebruik van graden de hoeken respectievelijk 18,4, 14,0 en 11,3 graden zijn, wat een gemiddelde hoek geeft van 14,6 graden, en dit is gelijk aan een helling van 1:3,8! In dit rapport is verder gewerkt met de cotangens voor het uitdrukken van hoeken.

Tevens moet opgemerkt worden dat het talud dat gemeten wordt langs een raai loodrecht op de richting van het sluitgat niet het steilste opgetreden talud hoeft te zijn; dit verschijnsel treedt op als schuin over een talud wordt gemeten wanneer de steilste richting niet in de lengterichting van het sluitgat ligt.

Drempelhoogte; de hoogte van de bovenkant van de drempel op het moment dat het talud is gemeten.

Voor alle hierna volgende bewerkingen van de metingen is rekening gehouden met de positie van het sproeiponton op een bepaald tijdstip. De waarden van de metingen zijn afhankelijk van het tijdsinterval waarin in een bepaalde raai een talud is opgehoogd.

Stroomrichting en maximaal verval; uit de vervalmeting kan de hoofdstroomrichting (eb of vloed) en de amplitude van het verval worden afgelezen.

D50 en slibgehalte; de D50 bepalingen zijn lineair geïnterpoleerd tussen de twee metingen rond het tijdstip van meting van het profiel. De waarde van dit resultaat is betrekkelijk, daar een D50 waarde nogal sprongsgewijs kan wijzigen, bijvoorbeeld bij het aanbreken van een "nieuwe" laag in de zandwinput. Als uit de posities van het sproeiponton blijkt dat een profiel is gespoten op een tijdstip vlak voor of na een D50 bepaling, wordt dus een waarde gevonden die dicht in de buurt van de waarde van die D50 ligt. Voor de bepaling van het slibgehalte geldt exact hetzelfde, daar deze op dezelfde tijdstippen zijn verricht.

Opmerkingen: In de spreadsheet zijn voorts opmerkingen gezet om aan te geven of een profiel er t.o.v. de vorige meting onveranderd ("onv") bij lag, of opgehoogd ("oph") was, soms over het gehele oude talud, soms alleen bovenaan. Soms is een talud opgedeeld in twee stukken ("knik"), bijvoorbeeld als er een zeer flauw beneden gedeelte was.

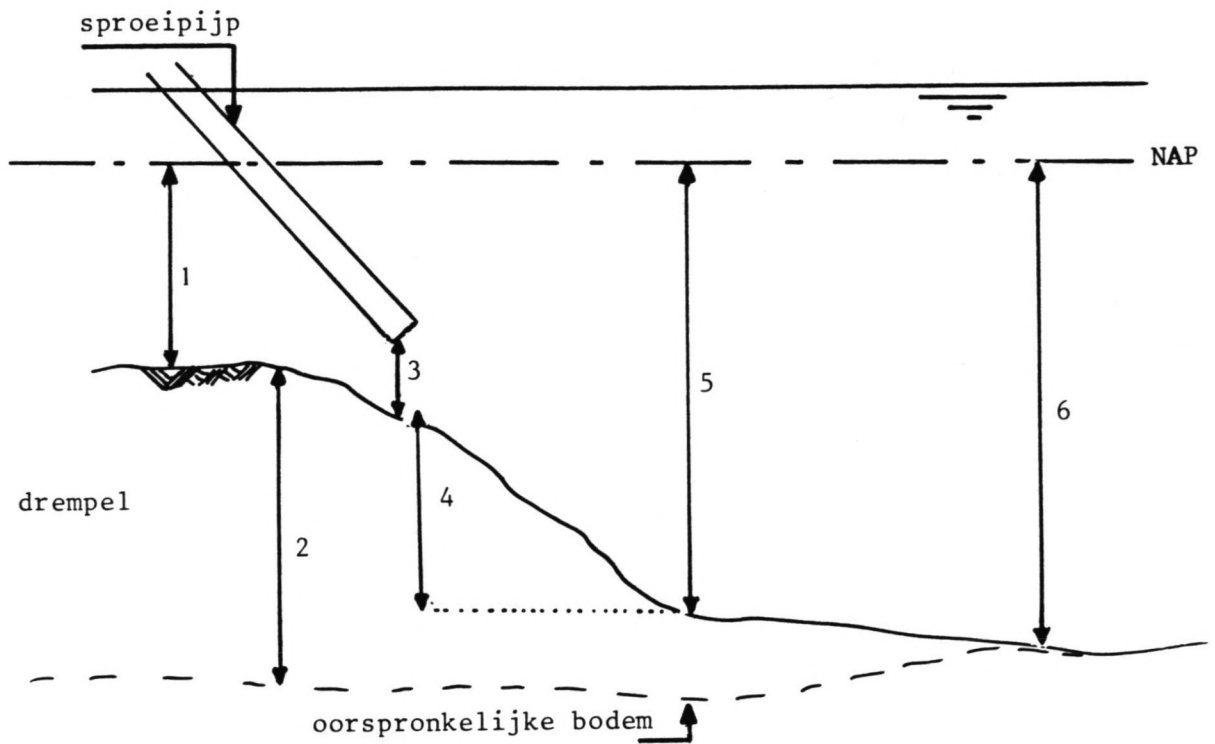
Diepte pijp: In bijlage 5c is de diepte van de sproeipijp aangegeven; deze is nodig voor het bepalen van de sproeihoogte.

Sproeihoogte: De sproeihoogte is de hoogte van de mond van de pijp boven het stortoppervlak. Deze is in bijlage 5d weergegeven. De sproeihoogte is volgens de uitvoerders altijd zo klein mogelijk gehouden (liefst 0).

Uit de gegevens is de diepte van de sproeimond ("diepte pijp") gehaald bij het spuiten van een talud. Als sproeihoogte is aangenomen het hoogteverschil tussen de sproeimonddiepte en de hoogte van de drempel. Dit is een grove benadering omdat er niet persé bovenaan de berm gespreeid hoeft te zijn, maar dit ook op een naastliggend punt kan zijn gebeurd.

Bij de betrouwbaarheid van de waarden van de sproeihoogte bij het onderwater spuiten kunnen de nodige vraagtekens worden geplaatst. De sproeihoogte wordt beïnvloed door de hoek van de pijp t.o.v. de horizontaal, de positie van de mond van de pijp, de waterstand etc.

Productie; de produkties zijn gemiddeld over de periode, waarin een talud opgehoogd is, indien die te achterhalen was. Als deze niet te achterhalen was, is over de perioden tussen twee peilingen het gewogen gemiddelde genomen.



Defenitieschets

1. drempelhoogte
2. bermhoogte
3. sproeihoogte, storthoogte
4. taludhoogte
5. taludvoetdiepte
6. waterdiepte

Figuur 4.3 Definitieschets.

HOOFDSTUK 5. TOETSING VAN DE RESULTATEN.

5.1. Overzicht van de resultaten.

5.1.1. Inleiding.

Alle gegevens die bij de evaluatie verzameld zijn, zijn in de worksheet "geheel overzicht" gezet (zie bijlage 5c). Hierin staat elk gemeten profiel, de bijbehorende gegevens en opmerkingen of het talud bijvoorbeeld opgehoogd is in de voorliggende periode (dus na de vorige profielmeting). Dit betekent dat in deze worksheet taluds meerdere malen voor kunnen komen, zonder dat zij veranderen. Daarom zijn uit deze worksheet de opgehoogde taluds geselecteerd en in een worksheet "ophoging" gezet. Omdat de resultaten aan de west- en oostzijde van het Tholensche Gat (in het vervolg aangegeven door "West" en "Oost") duidelijk verschillen, is de worksheet "ophoging" gesplitst in een worksheet "ophoging West" (zie bijlage 5d-1-) en een worksheet "ophoging Oost" (zie bijlage 5d-2-), met welke verder hoofdzakelijk gewerkt is.

5.1.2. Geheel overzicht:

Uit de worksheet "geheel overzicht", met daarin alle gemeten taluds, volgen de volgende gemiddelde hellingen en bijbehorende taludhoogtes per zijde en raai waarover het talud gemeten is, berekend met hellingen uitgedrukt in de cotangens van de hoek:

<u>West</u>		<u>Raai</u>		<u>Oost</u>		
hoogte:	helling:			helling:	hoogte:	
8,6 m.	1:22,1	----	1400	----	1:14,1	6,4 m.
9,0	1:19,9	----	1350	----	1:18,7	9,0
8,5	1:18,3	----	1300	----	1:18,4	9,4
4,0	1:19,7	----	1250	----	1:14,6	9,2
3,6	1:15,8	----	1200	----	1:14,3	6,8
Overall gemiddelde: Helling: 1:18,5; hoogte 7,6 m.						

Tabel 5.1 Gemiddelde taludhoogtes en hellingen.

5.1.3. Ophogingen per raai.

Uit de worksheet "ophoging per raai", met de taluds die opgehoogd zijn in de voorgaande periode, volgen de volgende gemiddelde waarden voor de taluds die aan een zijde langs de raai gemeten zijn:

<u>West</u>							
Raai	Prod	Slib	D50	h	td	hell	n
1400	5080	1,6	179	9,3	18,4	1:17,5	10
1350	5250	1,5	183	8,4	18,6	1:19,8	13
1300	5020	1,5	182	8,2	17,2	1:18,6	9
1250	5110	1,8	182	3,3	13,1	1:18,0	11
1200	4370	1,3	181	3,3	12,8	1:16,3	3
x =	5160	1,7	182	6,7	17,0	1:19,1	56
sd	780	0,6	5,7	3,8	3,5	1: 4,8	
min	2550	0,4	162	1,0	9,5	1:30	
max	7200	2,8	191	14,5	23,0	1: 9	
* Gemiddelde D50 Sliedrecht = 178 μm ., slib 1,5 % < 63 μm .							

Tabel 5.2 Resultaten per raai en alle ophogingen aan de westzijde.

<u>Oost</u>							
Raai	Prod	Slib	D50	h	td	hell	n
1400	4980	3,5	180	6,0	10,8	1:13,3	3
1350	4590	3,4	187	9,3	18,6	1:16,1	14
1300	5030	3,2	189	9,1	18,7	1:18,0	12
1250	4290	3,3	185	9,2	16,9	1:14,6	14
1200	4120	3,2	187	6,8	14,9	1:14,3	11
x =	4750	3,2	189	7,6	17,1	1:15,7	63
sd	745	1,1	9,4	3,7	2,4	1: 4,6	
min	2240	1,6	168	1,5	10,0	1:26	
max	6700	7	206	16,5	22,0	1: 5	
* Gemiddelde D50 Zuiderklip = 184 μm ., slib 2,9 % < 63 μm .							

Tabel 5.3 Resultaten per raai en alle oph. oostzijde.

Toelichting bij de tabellen in dit hoofdstuk:

Prod: Gemiddelde produktie per uur in m³.
Sl : Slibgehalte, voorgesteld door het percentage zand met diameter kleiner dan 63 µm.
D50 : Gemiddelde korreldiameter in µm.
h : Hoogte waarover talud gemeten is in m.
td : Taludvoetdiepte in m. - N.A.P.
hell: Helling van het talud [1:].
gem : Gemiddelde waarde van de toetsparameter voor de geselecteerde groep.
n : Aantal metingen.

Voor alle betrokken taluds aan de betreffende zijde:
x : Gemiddelde waarde van betreffende parameter.
sd : Standaardafwijking.
min : Minimum opgetreden waarde.
max : Maximum opgetreden waarde.

Over de x waarden van de D50 in tabellen 5.2 en 5.3 kunnen de volgende opmerkingen worden gemaakt:

- De waarden in het midden van de tabel zijn de gemiddelde waarden van alle ophogingen. Dit getal komt tot stand uit geïnterpoleerde waarden van de D50 van de monsters.
- De waarden onder aan de tabel zijn de gemiddelde waarden van alle genomen monsters aan die zijde.
- De waarden kunnen vergeleken worden met de voorspelde D50 waarden in de ontwerpnota [Lit. 9], die vermeld staan in tabel 3.1 en exact overeenkomen met de bepaalde gemiddelden van de ophogingen.

Gekozen is voor de notatie van de hellingshoek met 1:a, waarin a de cotangens van de hoek van het talud met de horizontaal is. Het volgende overzicht illustreert het verschil tussen werken met graden of cotangens:

	West		Oost	
	cot	graden	cot	graden
sd	4,8	0,9°	4,6	1,7
x-sd	14,3	2,3°= 1:24,9	11,1	2,4°= 1:23,9
x	19,1	3,2°= 1:17,9	15,7	4,1°= 1:14,0
x+sd	23,9	4,1°= 1:14,0	20,3	5,8°= 1:9,8

Tabel 5.4 Vergelijking cotangens en graden.

De gemiddelde hoek berekend met graden is dus niet dezelfde als die berekend met cotangens ! In graden is de marge tussen x-sd en x+sd groter; voor Oost is

de marge 1:9,8 tot 1:23,9 (uitgedrukt in graden) en uitgedrukt in de cotangens is de marge 1:11,1 tot 1:20,3.

De indruk bestaat dat de helling flauwer wordt bij toenemen van de taludhoogte (wat over het algemeen optreedt bij toenemende waterdiepte), maar als gekeken wordt naar bijvoorbeeld West 1250 (dit is de westelijke helling langs raai 1250), dan heeft deze een flauwe helling (\approx West 1300), over een kleine hoogte (\approx West 1200). Dit zou kunnen komen door een duidelijk hogere produktie (die een hoger specifiek debiet geeft) voor West 1250 dan voor West 1200 (5110 m³/uur i.p.v. 4370 m³/uur gemiddeld) en misschien de invloed van de naastliggende taluds.

De invloed van naastliggende taluds zou ook kunnen spelen bij Oost 1350 en Oost 1250:

Oost 1350 heeft een gemiddelde helling tussen die van Oost 1400 en Oost 1300 in, over ongeveer dezelfde hoogte als Oost 1300 (9.3 m./ 9.1 m.), en met een lagere produktie. Oost 1250 heeft ook een steilere helling dan Oost 1300 over dezelfde hoogte, en een lagere produktie.

De invloed van naastliggende taluds zou verklaard kunnen worden door het feit dat taluds niet langs de raai gespoten hoeven te zijn, maar ook schuin daarop gespoten kunnen zijn. In dat geval worden flauwere taluds gemeten dan welke feitelijk zijn gerealiseerd. Een diepgaande studie is niet verricht naar dit verschijnsel, mede omdat de raaiafstand van 50 meter tussen de profielmetingen erg veel is om dit goed te kunnen doen.

5.1.4. Vergelijking van de resultaten.

Oost-West:

Aan de oostzijde zijn duidelijk steilere taluds gerealiseerd dan aan de westzijde.

Redenen hiervoor zouden kunnen zijn:

- Iets grotere D50 (gemiddeld iets groter dan aan westzijde).
- Grotere ebstroom dan vloedstroom door het Tholensche Gat; de overtrekkende stroom reduceert misschien ook de negatieve invloed van slib, dat aan de oostzijde meer aanwezig is, maar door de dwarsstroom misschien uitgespoeld wordt bij het spuiten.
- Lagere gemiddelde produktie; dit kan een kleiner specifiek debiet over de rand van de woelkrater

geven.

- Mogelijk een verschil in uitvoeringsmethode.

Geheel-Ophoging:

De hellingen in "geheel" West 1250, West 1400 en Oost 1350 zijn duidelijk flauwer dan bij "ophoging".

Redenen hiervoor kunnen zijn:

- Dubbeltellen van flauwe hellingen in "geheel".
- Optreden van zettingsvloeiingen na verloop van tijd; dan zal namelijk een helling gemeten als ophoging steiler zijn dan wanneer het als niet op dat moment opgehoogde helling in geheel is opgenomen.
- Flauwere hellingen onderaan berm die niet meegenomen zijn in "ophoging" (onderuit gezakte taluds, aanzanding).
- Grotere taludhoogte voor West 1250 (zie paragraaf 5.1.3.).
- Een opgehoogde helling in een nabij gelegen raai kan door een zijdelingse zettingsvloeiing een flauw talud, niet over de lengterichting gemeten, in de betreffende raai veroorzaken. Deze flauwe helling zal wel in "geheel" opgenomen zijn, maar niet in "ophoging".

5.2 Weergave van de te toetsen theoretische en experimentele relaties.

5.2.1. Inleiding.

Aan de hand van het gestelde in hoofdstuk 2 kunnen de resultaten uit de evaluatie worden getoetst. Dit zal worden gedaan in de vorm van een parameterstudie. Per parameter zal worden beschouwd of, eventueel in verhouding met andere parameters, aan de verwachting dat er een relatie is tussen de betreffende parameter(s) en gerealiseerde taludhelling is voldaan. Voor de duidelijkheid moet hier gesteld worden dat een relatie in de meeste gevallen slechts een kwalitatieve trend en geen kwantitatief verband zal zijn.

5.2.2. Relaties.

Uit paragraaf 2.5.2 kunnen puntsgewijs de volgende trends worden genoemd, die in paragraaf 5.3 getoetst zullen worden aan de resultaten van de metingen die bij de sluiting van het Tholensche Gat zijn verricht.

Hierbij moet nog worden opgemerkt dat een aantal van deze trends conclusies zijn aan de hand van praktijkmetingen, terwijl andere alleen uit modelonderzoek naar voren zijn gekomen of zijn gebaseerd op vermoedens.

- * toenemende D50 - steilere helling (5.3.2)
- * toenemend debiet - flauwere helling (5.3.3)
- * beweeglijkheid spuitmond - steilste hellingen bij vaste locatie sproeimond gedurende ongeveer 10 min.. (5.3.4)
- * toenemende sproeihoogte - flauwere helling (5.3.5)
- * toenemende getijstroomsnelheid: (5.3.6)
 - benedenstrooms opgehoogd talud flauwer dan bovenstrooms opgehoogd talud
 - benedenstrooms bovenaan talud - steilere helling
 - benedenstrooms onderaan talud - flauwere helling
- * toenemende bermhoogte - flauwere helling (5.3.7)
- * toenemende taludvoetdiepte - flauwere helling (5.3.8)

5.3. Toetsing van de meetresultaten aan de relaties.

5.3.1. Inleiding.

Bij het beschouwen van de invloed van één parameter op de gerealiseerde helling wordt in het spreadsheet, met daarin de ophogingen van taluds aan oost-respectievelijk westzijde, gesorteerd volgens oplopende waarde van die parameter. Van die parameter is een groep grootste en een groep kleinste waarnemingen te selecteren, en van deze groepen wordt dan de gemiddelde helling bepaald. Door het sorteren kunnen (toevallig) de gemiddelde waarden van de andere parameters wijzigen t.o.v. het totale gemiddelde. Daarom worden voor de geselecteerde groepen met de grootste en kleinste waarden van de toetsparameter de gemiddelden van de andere parameters ook berekend en vergeleken met hun totale gemiddelde.

5.3.2. D50.

Voor de uitgevoerde toets met de bepaalde D50-waarden moet worden opgemerkt dat de D50 bepalingen het resultaat zijn van kleine of grotere interpolatie tussen twee meetwaarden in; als de positie van het sproeiponton op een bepaald tijdstip goed bekend is, zal ook nauwkeuriger kunnen worden bepaald wat op dat moment de D50 van het gespoten zand is geweest. De stelling dat gemiddeld grovere korrels onder een steiler talud gaan staan dan fijnere korrels is voor zowel de droge korrel als de onderwater situatie aangetoond met modelproeven en praktijkmetingen. De toets van deze stelling gaf bij de metingen van het Tholensche Gat het volgende resultaat te zien:

Zijde	D50 [μm]		n	helling
	groep	gem		
West	< 175	171.1	7	1:17,6
	< 176	172.9	11	16,8
	< 180	175.6	19	18,2
	x =	182	56	19,1
	> 185	187.3	16	17,1
	> 188	190.1	7	14,7
Oost	< 175	173.9	8	16,4
	< 176	174.5	11	15,8
	< 180	175.9	17	15
	x =	189	63	15,7
	> 195	200.9	11	14,6
	> 200	203.4	7	14,1

Tabel 5.5 D50 - helling.

Duidelijk is dat de verschillen in de grootte van de D50 helemaal niet groot zijn, en dat daarom nauwelijks te verwachten is dat de genoemde trend zich nadrukkelijk manifesteert. Bij de westhellingen, waar de grootste en kleinste D50 waarden zeer dicht bij elkaar liggen, moet de onlogische waarde van de gemiddelde hellingen ≥ 185 dan ook niet als een grote tegenstrijdigheid worden opgevat. Bij de oosthellingen is het verschil in D50 waarden wat groter, en hier is ook duidelijk te zien dat bij grote D50 waarden hellingen van +/- 1:14,5 optreden en bij de

kleinere D50 waarden de hellingen afzakken naar +/- 1:16. Opvallend is ook dat de westhellingen voor zowel kleine als grote D50 waarden steiler zijn dan gemiddeld.

Verder wordt geanalyseerd of bij de beschouwde groepen metingen met kleine en grote D50 metingen de andere parameters belangrijk van het gemiddelde van alle metingen afwijken. Hiervan kan dan een invloed van die parameter op de geconstateerde trend worden verwacht.

West: D50	≤175	≤176	≤180	x	≥185	≥188
hell.	17,6	16,8	18,2	19,1	17,1	14,7
t.d.	15,5	15,1	14,5	17,0	19,0	18,1
taludh.	8,7	9,0	7,9	6,7	5,3	6,1
slibgeh.	1,4	1,6	1,7	1,7	1,6	1,3
sproeih.	3,2	2,9	2,9	3,3	3,7	1,6
produktie	5000	4900	4755	5160	5190	5305
Oost: D50	≤175	≤176	≤180	x	≥185	≥188
hell.	16,4	15,8	15,0	15,7	14,6	14,1
t.d.	17,6	17,2	16,6	17,1	16,8	17,1
taludh.	9,9	9,4	9,1	7,6	10,0	9,5
slibgeh.	2,7	2,7	2,7	3,2	4,0	3,6
sproeih.	4,1	3,7	3,5	5,2	3,5	3,1
produktie	4705	4815	4805	4745	4850	5020

Tabel 5.6 Resultaten selectie D50

Te zien is dat aan de westzijde de grootste D50 waarden optreden bij kleinere taludhoogten en grotere taludvoetdiepte; dit komt overeen met de op de eerste dagen gemeten grote D50, terwijl de berm nog laag was (kleine taludhoogte in diep water). Bij de oosthellingen is de taludhoogte opvallend groter dan gemiddeld voor de kleinere en grotere D50-waarden.

5.3.3. Debiet

Het specifiek debiet waarmee een bepaald talud gespoten wordt, wordt evenredig met de produktie verondersteld. Onderzoek naar de invloed van de produktiegrootte geeft de volgende resultaten:

Zijde	Produktie [m3/uur]		n	helling
	groep	gem		
West	< 4600	4050	10	1:18,6
	< 5000	4330	16	1:18,3
	x =	5160	56	1:19,1
	> 5400	6025	16	1:21,5
	> 5590	6330	10	1:23,5
	> 6000	6900	5	1:26,2
Oost	< 4000	3165	9	1:16,8
	< 4800	3800	16	1:15,1
	x =	4750	63	1:15,7
	> 5090	5380	15	1:17,0
	> 5250	5500	10	1:17,1

Tabel 5.7 Produktie - Helling

Aan de westzijde is bij toename van de produktie een duidelijk flauwere helling te constateren. Aan de oostzijde is dit in mindere mate het geval voor grote produkties (>5090 m3/uur). De overige parameters hebben de volgende gemiddelde waarden:

West	prod	< 4600	x=5160	> 5590
	n	10	56	10
	hell	1:18,6	1:19,1	1:23,5
	td	17,1	17,0	16,2
	h	7,2	6,7	7,1
	D50	179	182	182
	Slib	1,1	1,7	1,9
	Sp.h.	2,2	3,3	3,6
Oost	prod	< 4000	x=4750	> 5250
	n	9	63	10
	hell	1:16,8	1:15,7	1:17,1
	td	17,7	17,1	17,1
	h	7,3	7,6	9,8
	D50	189	189	186
	Slib	3,3	3,2	2,8
	Sp.h.	5,2	5,2	4,5

Tabel 5.8 Resultaten selectie produktie.

De parameters verschillen niet significant voor de westzijde, zodat de produktie waarschijnlijk invloed heeft.

Aan de oostzijde is verschil te constateren in de taludhoogte, deze is groter bij hogere produktie, hetgeen verflauwing van het talud zou kunnen geven. Daarom is hier weinig te zeggen over de invloed van de produktie. Bovendien zijn 4 taluds die gespoten zijn met produktie > 5250 m³/uur opgehoogd met grote vloedstroom (verval 14 cm.). Voor een uitgebreidere behandeling van de invloed van de produktie op de gerealiseerde helling wordt verwezen naar paragraaf 5.6.

5.3.4. Beweeglijkheid van de spuitmond

Volgens Heezen en van der Stap moet er niet te lang op één positie gespoten worden. Aan de hand van de gegevens van de positie van de sproeipontons is een selectie gemaakt van taluds die met een marge van 5 meter op de raai gespoten zijn (de spuitmond zat dan dus maximaal 5 meter van de raai waarover het profiel gemeten is). Met behulp van de bij de positie vermelde tijd is te bepalen wanneer en hoelang er op die positie gespoten is en de produktie die er in die periode geleverd is (zie bijlage 3).

Het blijkt dat er tussen de tijdsduur van het spuiten op één positie en de gerealiseerde helling nauwelijks direct verband bestaat (voor de westzijde is de correlatiecoëfficiënt $-0,35$, voor de oostzijde $0,39$, zie bijlage 3). Om te bestuderen of de produktie gedurende het spuiten invloed heeft, bijvoorbeeld dat bij grote produktie kort gespoten moet worden en bij kleine produktie wat langer, is gekeken naar de hoeveelheid gespoten zand. Dit is het produkt van produktie en tijdsduur (aangegeven in de tabel in bijlage 3 door "P * T"). Ook dan blijkt er weinig verband te zijn (voor West een correlatiecoëfficiënt van $-0,18$ en voor Oost $0,34$).

Daarom is er voor elke zijde een selectie gemaakt van hellingen die met korte respektievelijk lange duur (T) gespoten zijn en is bestudeerd hoe de parameters veranderen:

West	T(min)=25 min. T(max)=70 min.					
	T	≤ 25	≤ 35	x=39,5	≥ 40	≥ 50
n	3	5	10	5	3	
hell	18,0	20,2	18,6	16,9	15,8	
td	18,3	17,0	16,2	15,4	15,7	
h	8,7	8,5	9,0	9,4	10,0	
D50	188	185	181	176	175	
Prod	5150	5060	4780	4510	3935	
Oost	T(min)=10 min. T(max)=95 min.					
	T	≤ 20	≤ 25	x=39,3	≥ 40	≥ 55
n	4	7	14	7	4	
hell	13,5	13,7	15,2	16,6	19,0	
td	15,1	15,9	16,6	17,4	18,8	
h	9,1	8,3	9,5	10,8	12,4	
D50	188	190	187	184	188	
Prod	5260	5060	5060	5050	4860	

Tabel 5.9 Selectie spuitduur

Gewezen wordt op het vrij kleine aantal hellingen waarvoor de spuitduur te achterhalen was (10 resp. 14).

Aan de westzijde is de helling het flauwst voor spuitduren van 35 minuten of korter. De helling wordt steiler voor langere spuitduren, maar ook voor spuitduren van 25 minuten of korter.

Dat de hellingen steiler worden bij toenemende spuitduur, en niet zoals verwacht flauwer, kan veroorzaakt worden door de taludvoetdiepte (afnemend) en vooral de produktie (sterk afnemend).

Aan de oostzijde is duidelijk te zien dat de helling flauwer wordt bij toenemende spuitduur, ondanks een afnemende produktie. Dit kan tevens bevorderd worden door de toenemende taludvoetdiepte en taludhoogte.

5.3.5 Sproeihoogte.

De opgehoogde taluds zijn geselecteerd op taluds die gespoten zijn met kleine sproeihoogte respektievelijk grote sproeihoogte.

Resultaat:

West	sp.h.	≤ 1 m.	$x = 3,3$	≥ 6 m.
	n		11	56
hell		1:19,2	1:19,1	1:19,1
td		16,5	17,0	19,9
h		9,0	6,7	5,7
D50		182	182	182
Slib		1,4	1,7	1,9
Prod		5280	5160	5230
Oost	sp.h.	≤ 1 m.	$x = 5,2$	≥ 7 m.
	n		14	63
hell		1:14,1	1:15,7	1:17,6
td		17,0	17,1	18,4
h		8,5	7,6	5,4
D50		191	189	191
Slib		3,2	3,6	3,3
Prod		5040	4750	4770

Tabel 5.10 Resultaat selectie sproeihoogte.

Beschouwing van het resultaat:

Aan de westzijde zijn weinig verschillen te constateren. Te zien is dat bij grote sproeihoogtes de taludvoet gemiddeld dieper ligt en de taludhoogte gemiddeld kleiner is.

Aan de oostzijde is de helling duidelijk flauwer bij grote sproeihoogtes (1:17,6 tegen 1:14,1). Bovendien is de gemiddelde produktie lager (4770 tegen 5043), wat een steiler talud zou moeten opleveren. De sproeihoogte lijkt hier invloed te hebben.

Opvallend is voorts dat aan de oostzijde op 8 en 9 oktober vanaf het wateroppervlak gesproeid is, wat resulteerde in grote sproeihoogtes (13,5 tot 16,5 meter, tegen maximaal 8 meter voor de overige metingen). Ondanks deze grote sproeihoogtes is er op die dagen een gemiddeld talud gerealiseerd van 1:15,8 (over 9 gemeten taluds). Dit is ongeveer gelijk aan de gemiddelde helling van alle ophogingen van Oost.

5.3.6. Getijstroomsnelheid.

De overtrekkende stroom is hier vertaald in waterstandsverschillen. Als een verval over het sluitgat heeft gestaan van meer dan 10 cm., is er bij de vor-

ming van taluds in die tijd uitgegaan van invloed van de overtrekkende stroom. De geplande werkwijze was om zolang mogelijk te spuiten zodanig dat de stroom tegen het talud op ging. Zie voor een verduidelijking van dit begrip de figuren 2.3 en 3.6.

De toets van de invloed van de overtrekkende stroom op de taludhellingen had het volgende resultaat:

<u>vloedstroom</u>		
Oost	n = 63	x = 1:15,7
verval \leq -10 cm	8	16,7
<u>West</u>		
verval \leq -10 cm	n = 56	x = 1:19,1
	8	20,8
<u>ebstroom</u>		
Oost	n = 63	x = 1:15,7
verval \geq 10 cm	8	18,4
<u>West</u>		
verval \geq 10 cm	n = 56	x = 1:19,1
	4	17,2

Tabel 5.11 Verval - Helling

Een zeer opvallend resultaat: De gedachte, die is beschreven in hoofdstuk 2 en diende als richtlijn voor de uitvoerder, was dat bovenstrooms sproeien een gunstig effect op de hellingen zou hebben. Juist het tegendeel lijkt hier te zijn opgetreden. Er zijn bij stroming van het talud af steilere hellingen geconstateerd dan bij stroming tegen het talud op.

Het LGM [Lit. 7] maakt bij het benedenstroomse talud (waarbij de stroming "van het talud af" optreedt) onderscheid in de boven- en onderzijde van het talud. Bekeken kan worden over welke hoogte de benedenstroomse hellingen zijn gemeten:

Oost: Bij vloedstroming is Oost de benedenstroomse helling. De gemiddelde taludhoogte van deze 8 waarnemingen is 10,4 m. Na controle van de juiste gemeten profielen bleek dat er in het talud drie maal een knik optrad, terwijl vijf maal een min of meer recht talud is gemeten.

West: Bij ebstroming is West de benedenstroomse helling. De gemiddelde taludhoogte bedroeg hier 11,3 m. Na controle bleek dat er van de 4 hellingen twee maal een knik optrad ("hol" talud) en twee maal een rechte helling. De flauwe taluds onderaan hebben dan een helling van 1:20 à 1:30.

De toetsing van de andere parameters bij de vervaltoets levert het volgende resultaat:

Oost	eb ≥ 10 cm.	x	vloed ≤ -10 cm.
helling	18,4	15,7	16,7
t.d.	16,7	17,1	16,6
taludh.	10,5	7,6	10,4
D50	183	189	191
slibgeh.	3,9	3,2	4,1
sproeih.	3,8	5,2	5,9
produktie	4910	4750	5040
West			
helling	17,2	19,1	20,8
t.d.	15,0	17,0	15,6
taludh.	11,3	6,7	9,8
D50	174	182	178
slibgeh.	1,7	1,7	1,6
sproeih.	3,8	3,3	4,3
produktie	5130	5160	5220

Tabel 5.12 Resultaat selectie verval.

Te zien is dat er bij grote vervallen over een duidelijk grotere taludhoogte is gemeten. Dit ligt voor de hand, omdat bij het toenemen van de drempelhoogte de taludhoogte groter wordt en de vervallen ook groter worden door het verkleinen van de sluitgatgrootte.

5.3.7. Bermhoogte.

Vermoed wordt dat als de bermhoogte toeneemt, er op een grotere schaal zettingsvloeiing kan optreden. Er zou in dat geval een groter zandlichaam ineens "onderuit" kunnen gaan. Het vermoeden dat dit voor de gemiddelde totale helling een verflauwende werking heeft, is getoetst aan de metingen verricht bij het Tholensche Gat. Hierbij moet onderscheid gemaakt worden tussen bermhoogte en taludhoogte. De bermhoogte is de hoogte van het zandlichaam t.o.v. de oorspronkelijke bodem. De taludhoogte is de hoogte waarover in dit onderzoek een helling is gemeten. Zie voor verduidelijking de defenitieschets in hoofdstuk 4.

Toetsresultaat taludhoogte:

Zijde	Taludhoogte [m]		n	helling
	groep	gem		
Oost	≤ 2	1,8	3	20
	≤ 3	2,5	13	14,5
	x =	7,6	63	15,7
	≥ 10	12,4	16	18,8
	≥ 11	13,1	12	19,8
	≥ 12	13,4	10	19,6
West	≤ 2	1,8	10	19,9
	≤ 3	2,0	14	18,9
	x =	6,7	56	19,1
	≥ 10	12,0	14	18,1
	≥ 11	12,5	11	18,2
	≥ 12	13,2	7	18,9

Tabel 5.13 Taludhoogte - helling

Bij de oosthellingen is de categorie ≤ 2 m. geen goede steekproef door het kleine steekproefaantal. Bij controle van deze 3 hellingen in de gemeten profielen bleek dat alle 3 de metingen afkomstig zijn van het begin van het projekt. Ze zijn gemeten op 7, 9 en 10 oktober. In de beginfase van het projekt zijn een aantal flauwe hellingen gerealiseerd. Voor de lage oosthellingen (≤ 3 m) geldt dat er opvallend steiler is gespoten dan voor de grote taludhoogten. Bij de westhellingen is dit verschijnsel helemaal niet waargenomen, voor alle taludhoogten treedt ongeveer de gemiddelde helling van West op.

De toets op eventuele belangrijke verandering van andere parameters heeft het volgende resultaat:

Oost:						
taludh.	≤ 2	≤ 3	x	≥ 10	≥ 11	≥ 12
hell.	20,0	14,5	15,7	18,8	19,8	19,6
t.d.	16,8	17,5	17,1	18,8	19,3	19,3
D50	194	194	189	185	186	189
slibgeh.	2,8	2,8	3,2	3,9	4,2	4,6
sproeih.	8,3	11,2	5,2	4,3	4,5	4,2
produktie	4500	4600	4750	4710	4665	4530
West:						
taludh.	≤ 2	≤ 3	x	≥ 10	≥ 11	≥ 12
hell.	19,9	18,9	19,1	18,0	18,2	18,9
t.d.	14,9	15,3	17,0	17,9	17,7	17,9
D50	183	181	182	180	179	176
slibgeh.	1,8	1,7	1,7	1,4	1,4	1,4
sproeih.	3,7	3,9	3,3	2,8	2,9	2,1
produktie	5510	5285	5160	5150	5250	5030

Tabel 5.14 Resultaten selectie taludhoogte

Dat er grotere taludhoogtes worden geconstateerd bij grotere taludvoetdiepten ligt voor de hand. Opvallend is de grote sproeihoogte voor lage taluds bij Oost. Op 8 en 9 oktober werd er over de rand van het ponton gesproeid (vanaf de waterlijn), terwijl er nog nauwelijks opgehoogd was: Er is op de bodem opgehoogd (dus met een grote sproeihoogte) over kleine hoogte. Een verklaring hiervoor kan zijn dat het zand door de grote sproeihoogte zich over een groter oppervlak op de bodem verspreidt, en dat hierdoor alleen lage ophogingen zijn gerealiseerd.

5.3.8. Taludvoetdiepte.

Omdat in deze evaluatie van elk talud de taludvoetdiepte is gemeten wordt deze getoetst in plaats van de waterdiepte.

In de geraadpleegde literatuur wordt weinig gezegd over de invloed van de taludvoetdiepte van het talud dat gespoten wordt op de gerealiseerde hellingen. Dit komt misschien omdat er van wordt uitgegaan dat niet de taludvoetdiepte maar de storthoogte van belang is. Als de sproei pijp maar diep genoeg kan worden gebracht is de afstand spuitmond - bodem ook bij grote taludvoetdiepten klein. In het LGM rapport [Lit. 7] wordt alleen gesteld dat steilere gedeelten in taluds voorkomen bij grotere waterdiepten. Over de gemiddelde hellingen bij toenemende waterdiepten wordt geen

uitspraak gedaan. Controle van de hellingen bij het Tholensche Gat leverde het volgende resultaat:

Toetsresultaat taludvoetdiepte:

Oost	td [m.-NAP]		n	helling
	groep	gem		
	< 13	11,5	5	1:10,5
	< 15	13,7	15	13
	x =	17,1	63	15,7
	> 19,5	20,0	12	19,9
	> 20	20,3	8	21,5
	West	< 13	10,8	9
	< 15	12,5	17	17,8
	x =	17,0	56	19,1
	> 20	20,8	16	20
	> 20,5	21,6	8	20,5

Tabel 5.15 Taludvoetdiepte - Helling.

Hierbij valt bij de oosthellingen duidelijk te concluderen dat naarmate de diepte van de taludvoet kleiner wordt de hellingen steiler worden. Deze trend is bij de westhellingen wel aanwezig, doch veel minder duidelijk.

Voor de westhellingen geldt weer dat deze in z'n algemeenheid flauwer zijn dan de oosthellingen, vooral bij kleinere taludvoetdiepten is dit verschil frappant.

De toets op verandering van andere parameters bij deze selectie:

Dost:					
t.d.	< 13	≤ 15	x	≥ 19,5	≥ 20
hell.	10,5	13,0	15,7	19,9	21,5
taludh.	6,2	7,3	7,6	12,0	12,3
D50	183	186	189	189	186
slibgeh.	3,5	3,5	3,2	4,1	4,0
sproeih.	2,5	3,9	5,2	4,4	5,4
produktie	4390	4650	4750	4260	3890
West:					
t.d.	< 13	≤ 15	x	≥ 20	≥ 20,5
hell.	18,5	17,8	19,1	20,0	20,5
taludh.	4,4	4,1	6,7	7,1	6,3
D50	179	179	182	186	185
slibgeh.	1,9	1,7	1,7	1,8	2,0
sproeih.	2,6	2,9	3,3	4,0	5,2
produktie	5155	5090	5160	5190	5450

Tabel 5.16 Resultaat selectie taludvoetdiepte.

Hetzelfde resultaat wordt gevonden als bij de toets van de taludhoogte: Er openbaart zich een logisch verband tussen toenemende taludvoetdiepte en taludhoogte, zowel bij Oost als bij West. Voor de sproeihoogte geldt hetzelfde.

5.4. Steilste en flauwste hellingen.

Bestudeerd is welke parameters veranderen bij een selectie van de flauwste respectievelijk steilste hellingen aan de oost- en westzijde van het sluitgat. Voorts zijn nog twee "tussengroepen", i.e. een groep redelijk steile en een groep redelijk flauwe taludhellingen, in de vergelijking opgenomen. Voor West zijn dit taluds steiler dan 1:24 en flauwer dan of gelijk aan 1:22 respectievelijk taluds steiler dan 1:18 en flauwer dan 1:14, voor Oost taluds steiler dan 1:21,5 en flauwer dan of gelijk aan 1:19 respectievelijk taluds steiler dan of gelijk aan 1:13 en flauwer dan 1:11.

Resultaat:

West					
hell	$\leq 1:24$	(1:24, 1:22]	x = 1:19,1	(1:18, 1:14)	$\geq 1:14$
gem	1:27,0	22,4		15,7	1:12,5
n	9	10	56	10	10
td	18,0	16,6	17,0	17,2	14,9
h	5,3	5,3	6,7	8,7	3,7
D50	183	182	182	182	183
Slib	1,9	1,8	1,7	1,8	1,6
Sp.h.	3,8	3,7	3,3	3,2	3,2
Prod	5850	4810	5160	5210	4915
Oost					
hell	$\leq 1:21,5$	(1:21,5, 1:19]	x = 1:15,7	[1:13, 1:11)	$\geq 1:11$
gem	1:23,7	19,8		12,5	1:8,4
n	8	8	63	10	9
td	19,1	18,9	17,1	17,4	14,7
h	7,9	11,1	7,6	6,6	6,4
D50	188	188	189	191	188
Slib	3,3	4,2	3,2	2,9	3,2
Sp.h.	6,6	5,0	5,2	6,8	3,6
Prod	4560	5110	4750	4270	4650

Tabel 5.17 Resultaat selectie hellingen.

Worden de twee groepen met flauwste en steilste hellingen met elkaar vergeleken, dan kan het volgende geconcludeerd worden:

Aan beide zijden treden flauwe hellingen op bij grote taludvoetdieptes en in mindere mate grote taludhoogtes, aan de westzijde bovendien bij grote produktie, aan de oostzijde bij grote sproeihoogte.

Opvallend is voorts dat aan de westzijde de taludhoogte voor zowel steile als flauwe taluds kleiner is dan de gemiddelde waarde voor alle westelijke taluds. Worden de twee "tussengroepen" in de beschouwing meegenomen, dan vallen de volgende punten op:

Aan de westzijde voegen de tussengroepen weinig aan het beeld toe; er is weinig verschil in de parameters te constateren (produktie en taludhoogte nemen iets toe bij steilere hellingen), zodat de steilere hellingen hier waarschijnlijk veroorzaakt worden door

andere factoren.

Aan de oostzijde vallen de verschillen in produktie en sproeihoogte op. De flauwste hellingen worden gerealiseerd met een lagere produktie, grotere sproeihoogte en kleinere taludhoogte dan de ernaast weergegeven tussengroep, de steilste hellingen met een grotere produktie, kleinere taludvoetdiepte en kleinere sproeihoogte.

Taluds vanaf 11 oktober.

De eerste dagen is er over enkele meters opgehoogd op de sluitgatbodem, zodat er bij grote taludvoetdiepte kleine taludhoogtes optraden. Om de invloed hiervan te elimineren en tevens omdat er van de eerste dagen slechts in beperkte mate gegevens beschikbaar zijn, is gekeken naar taluds die vanaf 11 oktober 's ochtends gespoten zijn.

Resultaat:

West	hell	$\leq 1:20$	$x=1:17,7$	$\geq 1:15,5$
	n	10	29	10
	td	16,3	15,3	13,8
	h	8,1	8,0	5,6
	D50	179	179	181
	Slib	1,3	1,5	1,7
	Sp.h.	2,9	3,0	2,9
	Prod	4800	5020	4900
Oost	hell	$\leq 1:19$	$x=1:15,5$	$\geq 1:12,5$
	n	10	39	9
	td	19,7	16,7	14,8
	h	12,9	9,6	7,9
	D50	185	186	188
	Slib	4,4	3,5	3,2
	Sp.h.	4,7	3,8	2,7
	Prod	4870	4740	4340

Tabel 5.18 Taluds vanaf 11 oktober.

Aan beide zijden treden nu steilere hellingen op bij afnemende taludvoetdiepten en taludhoogtes, aan de oostzijde bovendien bij afnemende sproeihoogte en produktie.

5.5. Samenvoegen van de toetsresultaten.

Om een overzicht te krijgen van de resultaten van de verschillende toetsen is een methode gezocht om de resultaten overzichtelijk bij elkaar te krijgen. Hiertoe is een soort matrix opgezet met daarin uitgezet de verandering van de parameters per toets.

De grootte van de verandering van een parameter is een betrekkelijk getal; als de taludhoogte met 3 meter toeneemt, moet dit gerelateerd worden aan het bereik waarin de waarde van de parameter kan variëren. Daarom is de verandering vergeleken met de standaardafwijking van de betreffende parameter over alle ophogingen aan de betreffende zijde (zie tabel 5.2 en 5.3). De getallen in de matrix geven de verhouding aan tussen de grootte van de verandering en de standaardafwijking.

Per toets is vergeleken de groep met kleinste respectievelijk grootste waarden van de toetsparameter en in welke mate de overige parameters dan veranderen. Een voorbeeld is de toets steilste en flauwste hellingen (par. 5.4):

De taludvoetdiepte is voor de groep flauwste hellingen voor West 18,0 m. en voor de groep steilste hellingen 14,9 m.. Het steiler worden van de helling geeft dus een afname van de taludvoetdiepte van 3,1 m.. De standaardafwijking voor de taludvoetdiepte aan de westzijde is 3,5 m.. Het getal in de matrix wordt dus $-3,1/3,5 = -0,9$ (negatief geeft aan een negatief verband). Met het groter worden van de helling wordt het steiler worden bedoeld; het hier aangegeven negatieve verband houdt in dat bij een steilere helling een kleinere taludvoetdiepte is opgetreden.

Voor de oostzijde is voor deze relatie ook een negatief verband gevonden: $(14,7-19,1)/2,4 = -1,8$.

In tabel 5.19 staan de toetsen uitgezet met de verandering van de parameters. De toets "helling" is de toets voor steilste en flauwste hellingen (par. 5.4, tabel 5.17), de toets hellingII de toets voor steilste en flauwste hellingen vanaf 11 oktober (par. 5.4, tabel 5.18).

De minimum faktor die ingevuld is, is (+/-) 0,3, als de faktor kleiner is staat er =.

Om een indruk te krijgen van de belangrijkste parameters is vervolgens een selectie gemaakt. De factoren die groter zijn dan 1 of kleiner zijn dan -1 geven aan dat de verandering van die parameter groter is dan één maal de standaardafwijking. Deze factoren zijn in het volgende overzicht verzameld, hierin zijn

toets	parameter tabel		helling		td		h		D50		slib		sp.h.		prod.	
	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O
helling	--	--	-0,9	-1,8	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	=	=	-0,5	=	-0,3	-0,7	-1,2	=
td	-0,4	-2,4	--	--	0,5	1,6	1,1	0,3	0,3	1,1	=	0,5	1,2	0,6	0,4	-0,7
h	=	=	0,9	1,0	--	--	-1,2	-0,5	-0,5	-0,7	1,6	-0,8	-0,8	-0,9	-0,6	=
D50	0,6	0,5	0,7	=	-0,7	=	--	--	--	--	=	0,8	-0,8	=	0,4	0,4
sp.h.	=	-0,8	1,0	0,6	-0,9	-0,8	=	=	=	=	0,8	=	--	--	=	-0,4
prod.	-1,0	=	=	=	=	0,7	0,5	=	=	0,5	1,3	-0,5	0,7	=	--	--
vloeds.	-0,4	=	-0,6	=	0,7	0,8	-0,7	=	=	=	=	0,8	0,5	=	=	0,4
ebstr.	0,4	-0,6	-0,6	=	1,2	0,8	-1,4	-0,6	-0,6	-1,4	=	0,6	=	-0,3	=	=
T	0,5	-1,2	-0,7	1,5	0,3	0,9	-2,3	=	=	=	--	--	--	--	-1,6	-0,5
hel.II	--	--	-0,7	-2,0	-0,7	-1,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,7	-1,1	=	-0,4	=	-0,7

Tabel 5.19 Vergelijking van toetsresultaten.

de factoren betreffende D50 en slibgehalte niet meegenomen omdat deze parameters zo weinig variëren dat ze door een erg kleine standaardafwijking in het overzicht zouden overheersen.

West: Produktie-Helling	: -1,0
Helling-Produktie	: -1,2
Sproeihoogte-Taludvoetdiepte	: 1,0
Taludvoetdiepte-Sproeihoogte	: 1,2
Ebstream-Taludhoogte	: 1,2
Sproeitijd-Produktie	: -1,6
Oost: Taludvoetdiepte-Helling	: -2,4
Helling-Taludvoetdiepte	: -1,8
HellingII-Taludvoetdiepte	: -2,0
Sproeitijd-Helling	: -1,2
HellingII-Taludhoogte	: -1,4
Taludhoogte-Taludvoetdiepte	: 1,0
Taludvoetdiepte-Taludhoogte	: 1,6
Sproeitijd-Taludvoetdiepte	: 1,5

Aan de westzijde is een duidelijk negatief verband tussen de produktie en de helling te zien; een lagere produktie geeft een steilere helling. Tussen de produktie en de sproeitijd op één positie bestaat ook een negatief verband. Dit kan er de oorzaak van zijn dat er bij toenemende sproeitijd een steilere helling geconstateerd werd (faktor in matrix +0,5); de toenemende sproeitijd ging samen met een afnemende produktie, die een sterkere invloed had.

Aan de oostzijde heeft de taludvoetdiepte (3 maal een negatief verband) een grote invloed, de taludhoogte (negatief verband voor hellingen vanaf 11 oktober) en de sproeitijd in mindere mate. Tussen de taludhoogte en de taludvoetdiepte bestaat een positief verband, evenals tussen de sproeitijd en de taludvoetdiepte. Er kan dus niet geconcludeerd worden dat een langere sproeitijd een flauwere helling geeft; een langere sproeitijd gaat samen met een grotere taludvoetdiepte, zodat deze grotere taludvoetdiepte ook de oorzaak kan zijn van de flauwere hellingen bij een langere sproeitijd.

5.6. Nadere beschouwing van enkele parameters.

5.6.1. Produktie.

Gebleken is dat de produktie waarschijnlijk invloed heeft op de gerealiseerde taludhellingen, vooral aan de westzijde.

Daarom is getracht deze relatie nader te bepalen, zonder de andere parameters hierin te betrekken. In figuur 5.1 zijn de resultaten van de toetsen steilste/flauwste hellingen (par. 5.4, tabel 5.17) en produktie (par. 5.3.3, tabel 5.8) weergegeven.

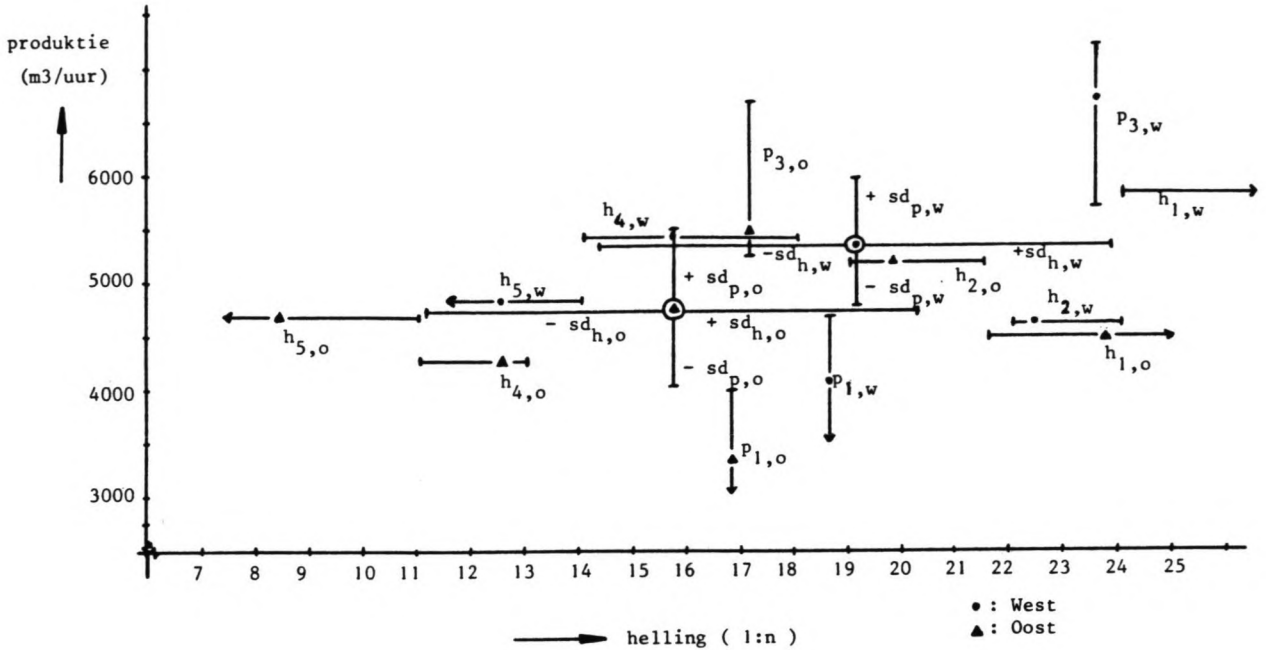


Fig. 5.1 Toetsresultaten relatie helling-produktie.

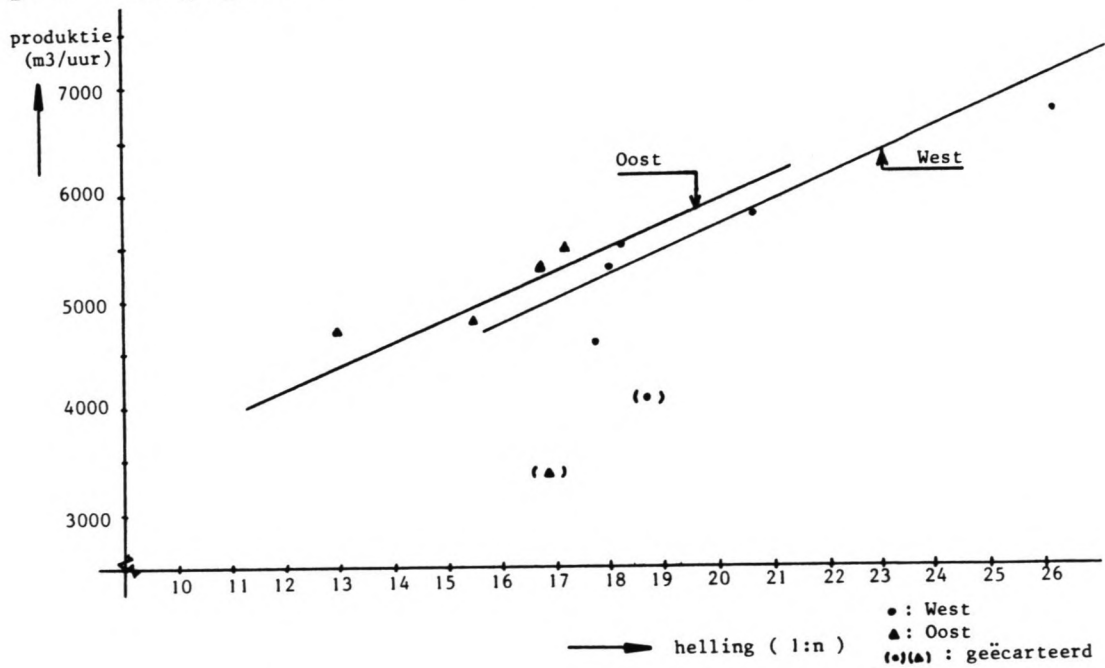
In deze figuur is voor elk punt uit de tabellen (aangegeven met behulp van het kolomnummer uit de tabel) het interval aangegeven waarover de toetsparameter varieert (helling (h) respectievelijk produktie (p)). Bovendien is het gemiddelde voor alle ophogingen aan westzijde (w) en oostzijde (o) aangegeven, met de daar geldende standaardafwijking (sd). Zo is bijvoorbeeld het punt $h_{1,o}$ het punt gevonden in tabel 5.17, eerste kolom voor oostzijde; hier staat hellingen $\leq 1:21,5$, gemiddeld $1:23,7$, produktie $4560 \text{ m}^3/\text{uur}$.

Voorts is de produktie in een aantal klassen ingedeeld en is de gemiddelde produktie en helling voor die klasse berekend.

zijde	produktie [m3/uur]		n	helling
	klasse	gem		
West	< 4600	4050	10	1:18,6
	4600-5000	4800	6	1:17,8
	5000-5400	5160	24	1:18,0
	5400-5590	5510	6	1:18,2
	5590-6000	5760	5	1:20,7
	> 6000	6900	5	1:26,2
Oost	< 4000	3165	9	1:16,8
	4000-4800	4620	7	1:12,9
	4800-5090	4930	32	1:15,4
	5090-5250	5145	5	1:16,7
	> 5250	5500	10	1:17,1

Tabel 5.20 Klasse indeling van de produktie.

De resultaten van tabel 5.20 zijn in de volgende figuur weergegeven:



Figuur 5.2 Relatie produktie - helling aan de hand van tabel 5.20.

In figuur 5.2 is een redelijk goed verband te zien. De getrokken lijnen zijn de beste rechten door de punten uit de tabel. Dit zijn berekende regressielijnen, waarbij de som van de kwadraten van de verti-

kale afstanden tussen punt en lijn is geminimaliseerd. Hierin is de steekproefgrootte nog verdisconteerd. De gevonden lijnen lopen vrijwel parallel. Het niet samenvallen van de lijnen komt overeen met het gevonden verschil in gemiddelde taludhelling tussen West en Oost. Dit verschil in taludhelling zal niet alleen door het verschil in produktie (aan de oostzijde was de gemiddelde produktie lager dan aan de westzijde) veroorzaakt worden (zie ook par. 5.1.4).

De twee meetpunten met zeer lage produkties (West < 4600 en Oost < 4000 m³/uur) zijn niet bij het bepalen van de lijn meegenomen om de volgende redenen:

- Bij deze relatief zeer lage produkties (gemiddeld 4050 respektievelijk 3165) is er waarschijnlijk sprake geweest van storingen of het opnieuw opstarten van het zand persen na een storing, zodat de opgetreden taludhellingen niet gerelateerd kunnen worden aan de produktie.

- De interesse gaat uit naar de gerealiseerde taludhellingen bij een "normale" produktie.

5.6.2. Taludvoetdiepte.

Zoals in paragraaf 5.3.8 en 5.5 bleek heeft de taludvoetdiepte, die over het algemeen overeenkomt met de waterdiepte, waarschijnlijk invloed op de gerealiseerde hellingen, vooral aan de oostzijde bleek er verband tussen taludvoetdiepte en helling.

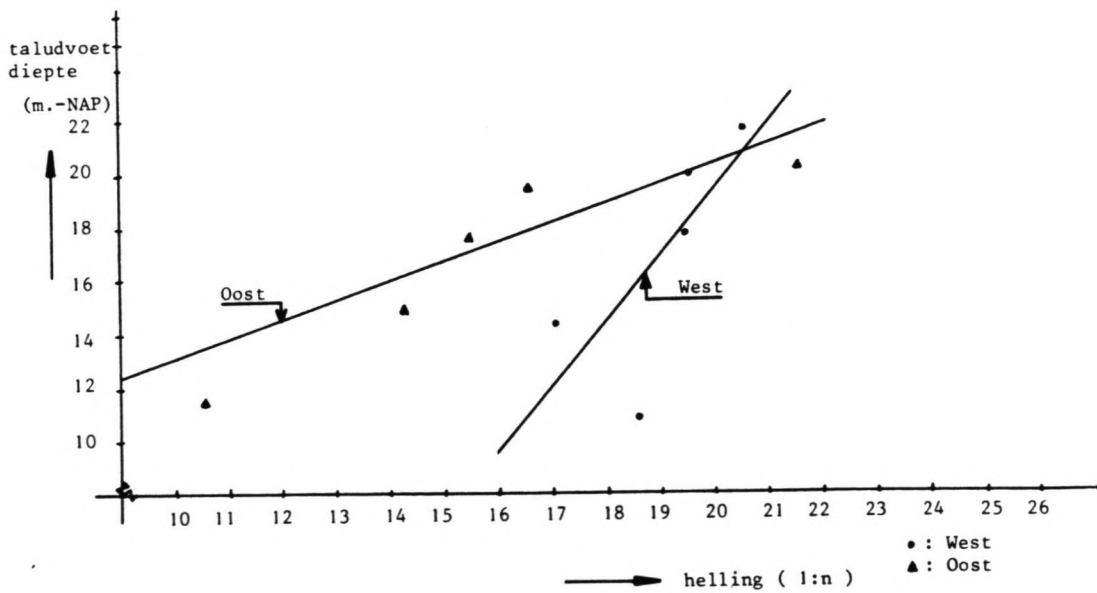
Voor West en Oost is de taludvoetdiepte ingedeeld in een aantal klassen en is de gemiddelde helling voor die klasse berekend. De overige parameters zijn buiten beschouwing gelaten.

Resultaat:

Zijde	t.d. [m.-NAP]		n	helling
	klasse	gem		
West	≤ 13	10,8	9	1:18,5
	13-15	14,4	8	1:17,0
	15-20	17,7	23	1:19,4
	20-20,5	20,0	8	1:19,5
	≥ 20,5	21,6	8	1:20,5
Oost	≤ 13	11,5	5	1:10,5
	13-15	14,8	10	1:14,2
	15-19,5	17,6	36	1:15,4
	19,5-20	19,5	4	1:16,5
	≥ 20	20,2	8	1:21,5

Tabel 5.21 Klasse indeling taludvoetdiepte aan de hand van tabel 5.21.

Het resultaat uit tabel 5.21 is weergegeven in figuur 5.3:



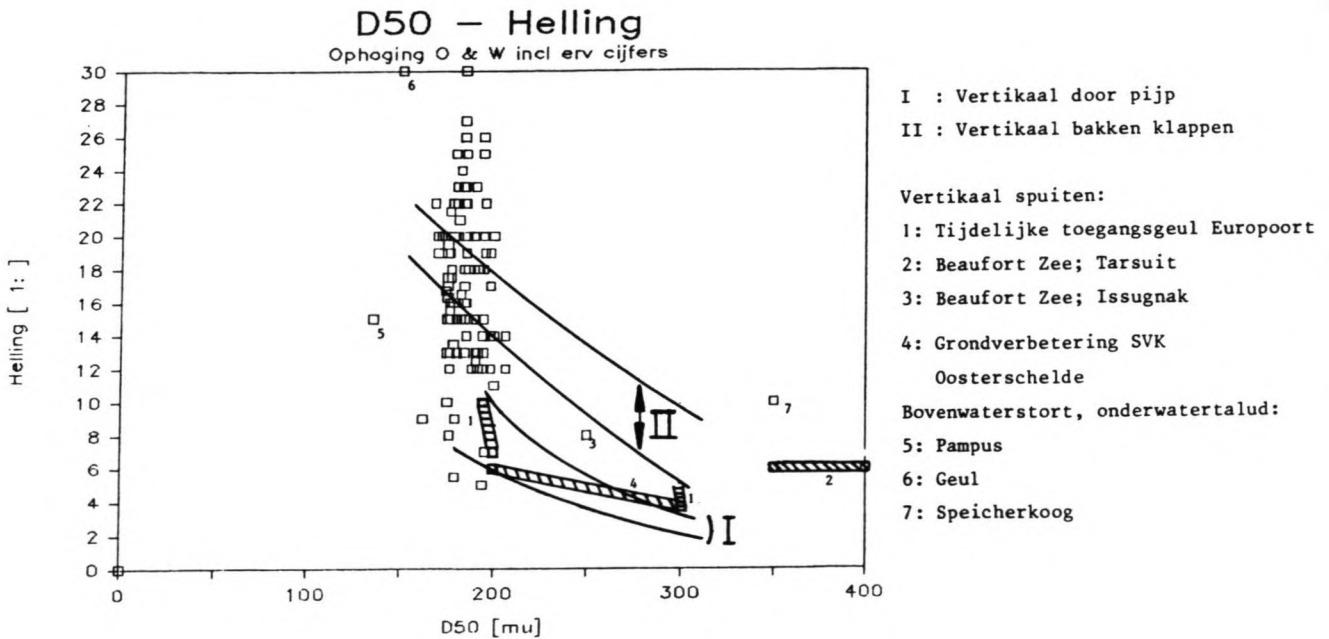
Figuur 5.3 Relatie taludvoetdiepte - helling aan de hand van tabel 5.21.

In figuur 5.3 is te zien dat er vooral aan de oostzijde verband bestaat tussen de taludvoetdiepte en de helling. Aan de westzijde heeft de taludvoetdiepte waarschijnlijk ook invloed, maar daar wordt de helling in geringe mate flauwer bij toename van de taludvoetdiepte. De lijnen zijn weer de regressielijnen, waarbij de som van de kwadraten van de verticale afstanden tussen punt en lijn is geminimaliseerd. Hierbij is ook nog rekening gehouden met de steekproefgrootte.

5.7. Vergelijking resultaat met ervaringsgetallen.

In paragraaf 2.6 zijn enkele ervaringscijfers gegeven met betrekking tot gerealiseerde onderwatertaluds. Deze hebben vooral betrekking op het gebruikte zand, voorgesteld door de gemiddelde korreldiameter D50. Deze D50 uitgezet tegen de gerealiseerde taludhellingen geeft het resultaat zoals dat in figuur 5.4 te zien is.

De in de figuur aangegeven gebieden I en II zijn overgenomen uit de figuur op blz. 25 in het evaluatierapport van het LGM [lit. 7]. Voorts zijn de ervaringsgetallen erin aangegeven met cijfers, de overige punten zijn de waarden voor de opgehoogde taluds van de drempel in het Tholensche Gat.



Figuur 5.4 D50 tegen taludhelling.

HOOFDSTUK 6. CONCLUSIES.

Uit de parameterstudie, zoals die is uitgevoerd in hoofdstuk 5, kunnen puntsgewijs de volgende conclusies worden getrokken:

1. De gemiddelde gerealiseerde taludhelling wordt flauwer bij toenemende grootte van de produktie en de waterdiepte, en waarschijnlijk ook bij het toenemen van de taludhoogte.
2. Binnen de kleine marge waarin de D50 en het slibgehalte van het gebruikte zand variëren, hebben deze geen aanwijsbare invloed op de gerealiseerde taludhellingen.
3. De invloed van de stroming door het sluitgat is onduidelijk, niet gebleken is dat bovenstrooms spuiten gunstig is voor het realiseren van steile hellingen.
4. Een invloed van de sproeiduur op één positie wordt vermoed, maar is niet duidelijk aangetoond. De indruk bestaat wel dat er niet te lang op één positie gespoten moet worden.
5. Nader onderzoek naar het gedrag van zandlichamen die onderwater opgespoten worden en de invloed van uitvoeringstechnische parameters (hoek en positie sproeimond, sproeiduur e.d.) is noodzakelijk. Bij de sluiting van het Krammer dient er daarom een uitvoerig meetprogramma naar zand-, sluitgat- (getijstroming) en uitvoeringstechnische parameters uitgevoerd te worden.
6. Een conclusie over de kwaliteit van de voorspelling van de zijhellingen van de drempel, gedaan door het LGM [Lit.7] en in de ontwerpnota voor het Tholensche Gat [Lit.8], is moeilijk te geven. Het LGM rapport voorspelt een gemiddelde helling van 1:15 bij vertikaal pijpstorten (met een D50 van 150-180 μ), in de ontwerpnota wordt hetzelfde getal genoemd onder de vermelding van stroomsnelheden tot 2 m/s. De in werkelijkheid gerealiseerde hellingen zijn voor Oost 1:15,7 en voor West 1:19,1. Deze hellingen zijn echter gerealiseerd met duidelijk hogere produkties dan waar in de voorspellingen rekening mee was gehouden. Of bij veel kleinere produktie steilere hellingen zouden zijn gerealiseerd, blijft natuurlijk een onbeantwoorde vraag.

HOOFDSTUK 7. AANBEVELINGEN.

7.1. Uitvoering van de drempel in het Krammer.

Aan de hand van de evaluatie van de drempelopbouw in het Tholensche Gat kunnen de volgende punten genoemd worden waarop gelet moet worden bij de opbouw van de drempel in het Krammer:

- In grotere waterdiepten rekening houden met flauwere taludhellingen; proberen in afzonderlijke horizontale lagen op te bouwen en aan de buitenkant van het te verwachten profiel beginnen met ophogen.

- De produktie niet te groot laten worden. Misschien kan het negatieve effect van de produktie op de taludhelling verkleind worden door het verkleinen van de uitstroomsnelheid van het mengsel uit de pijp, door middel van het toepassen van een grotere pijpdiameter.

- Hoewel niet met zekerheid geconcludeerd kan worden dat de sproeiduur op één positie beperkt moet blijven, verdient het aanbeveling, ook gezien het onderzoek van Heezen [lit. 3,12], niet te lang op één positie te sproeien; 10 à 25 min.

- Een uitvoerig meetprogramma t.a.v. zand-, sluitgat-(stroming) en uitvoeringstechnische parameters is noodzakelijk om een uitgebreidere evaluatie mogelijk te maken (zie paragraaf 7.2).

7.2. Aanbevelingen voor het meetprogramma Krammer.

In deze paragraaf zal worden aangegeven hoe de kwaliteit van een bepaalde meting was bij de sluiting van het Tholensche Gat en of, en zo ja, hoe die kwaliteit bij de sluiting van het Krammer moet zijn. Ook zal worden aangegeven welke metingen bij de evaluatie van het Tholensche Gat geheel ontbraken, doch eigenlijk wel wenselijk waren voor een completere studie.

Toelichting op de beschouwing van de metingen:

kwaliteit:	plaats:
++ goed	TG = Tholensche Gat
+ voldoende	K = Krammer
- matig	
-- slecht	

Profiel

	TG	K
verw. nauwk.	++	
duid. weerg.	+	
freq.	2x daags	- groter bv. 3x daags
opm.		- kleinere raai breedte
		- regelmatig interval tussen peilingen

Productie

verw. nauwk.	++	
duid. weerg.	++	
freq.	in verhouding groot	bv. elke 30 min.

Korrelverdeling

verw. nauwk.	+	
duid. weerg.	++	
freq.	onregelmatig en klein	bv. elke 2 uur

Vervalmeting

verw. nauwk.	+	
duid. weerg.	-	
freq.	continu	
opm.	te veel lijnen in figuur	

Stroomsnelheid

TG: niet goed gemeten
K : Indien mogelijk meten in verband met invloed van overtrekkende stroom en eventuele zandverliesberekening. Let op plaatsing meetapparatuur.
Eventueel is de stroomsnelheid te bepalen m.b.v. de vervalmetingen en vervolgens het berekenen van de lokale stroomsnelheden m.b.v. het mathematische model WAQUA.

Positie sproeioponten.

verw. nauwk.	+	
duid. weerg.	grafisch -- coördinaten +	
freq.	Bij elke positieverandering (coördinaten)	

Diepte sproeipijp

verw. nauwk.	-	bv. meten door
duid. weerg.	--	continu signaal
freq.	onregelmatig	vanaf sproeimond

Uitbreiden met gegevens over hoek met vertikaal en horizontaal.

Specifiek debiet

TG: niet gemeten

Als de concentratie in de pijp wordt gemeten, en de zandproduktie in m³/uur is bekend, kan de uitstroomsnelheid van het mengsel bij de pijp worden berekend. Als de concentratie niet wordt gemeten, kan een lage concentratie met een grote snelheid dezelfde zandproduktie hebben opgeleverd als een grote concentratie met een kleinere snelheid. Dit verschijnsel kan invloed hebben op de vorm van de woelkrater en het overstromproces.

Duidelijk is dat de uitvoeringsparameters minder goed zijn vastgelegd dan de fysische parameters. gezien het belang van de uitvoeringsmethode is het zaak om vooral een grotere inspanning te leveren in het vastleggen van de uitvoeringsparameters.

7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek.

Tijdens dit onderzoek is naar voren gekomen dat er in de bestaande kennis nogal wat lacunes zijn. Het transportmechanisme van zand op onderwaterhellingen is een terrein waar al veel studie naar is verricht, maar met name over het zandtransport door zettingsvloeiing, wat een belangrijke invloed lijkt te hebben, is nog veel te weinig bekend.

Vragen die zich opdringen zijn:

- Hoe kan de omvang van de zettingsvloeiingen worden beperkt (verkleining van de getransporteerde hoeveelheid zand).

- Hoe kunnen zettingsvloeiingen in zijn geheel worden voorkomen. Dit vraagt om een analyse van de omstandigheden en het inleidingsmechanisme van de vloeiing.

- Hoe wordt het proces van zettingsvloeiingen beïnvloed door parameters als overtrekkende stroom, spuitdebiet etc.

- Is er mogelijk een invloed van rijzend resp. dalend water op het optreden van zettingsvloeiingen? Aanemelijk is dat bij deze twee situaties de waterspanning in het zandpakket niet op dezelfde manier veranderen. Dit zou aanleiding kunnen zijn voor het markante verschil in helling tussen de west- en oostzijde van de drempel in het Tholensche Gat. Belangrijk is om te realiseren dat het onderscheid tussen rijzend en dalend water goeddeels samenvalt met de onderscheiden vloed- en ebstroom, doch dat dit een andere, en misschien belangrijker, invloed heeft op de fysische processen in verband met het optreden van zettingsvloeiingen.

Een belangrijk facet bij het spuiten van onderwater-taluds is de toegepaste uitvoeringsmethode. Bij de toetsing van de diverse uitvoeringsparameters bleek dat de resultaten van de metingen niet geheel overeen kwamen met de uitspraken hierover in de literatuur. Kennelijk is hier nog een grondige analyse nodig. Dit betreft met name de invloed van de taludvoetdiepte en de invloed van de overtrekkende stroom door het sluitgat.

Ook de invloed van de hoek van de sproeipijp met de horizontaal is onbekend. Indien er niet exakt verticaal wordt gespoten, is niet bekend wat er dan met de woelkrater gebeurt en wat voor invloed dit heeft op het afstromingsproces en het optreden van zettingsvloeiingen, en zodoende op de gerealiseerde taludhellingen.

BIJLAGE 1.

Literatuuropgave.

Afstudeerverslagen Technische Universiteit Delft:

1. P.W. Besselink:
Toepassing 2D modellen voor water en sediment
beweging bij zandsluitingen
hydrologisch / morfologisch; augustus 1985
2. G. Delver/ H. Verwoert:
Onderzoek zandwatermengselstromen bij
zandsluitingen; rekenmodel / meetmethoden;
juni 1986
3. F.T. Heezen/ A.C.M. van der Stap:
Onderwater gestorte zandlichamen;
Fysische processen / experimenten; februari 1985
4. C. Lantsheer/ H. Neerings:
Zandsluiting Philipsdam, onderzoek zandslurries;
oktober 1984
5. W. Luxemburg:
Zandtransportmechanismen bij sluitingen; juli 1982
6. Rapport TH Delft, onderzoekprogramma MODVLO
D. Mastbergen/ W. Leeuwenstein:
Gedrag van zandwatermengselstromen bij
zandsluitingen; mei 1986

Overige literatuur:

7. Laboratorium Grond Mechanica
H.A.M. Nelissen/ A. Jonker/ H. v. Rossum:
Evaluatie uitgevoerde zandsluitingen; april 1985
8. Nota Ervaring zandsluitingen
Rijkswaterstaat, jan. 1982
9. Ontwerpnota sluiting Tholensche Gat
Rijkswaterstaat, juli 1986
10. Ontwerpnota sluiting Krammer
Rijkswaterstaat, juni 1986
11. Elementaire Statistiek, ir. J. van Soest.
Delftse Uitgevers Maatschappij, 6e druk 1983
12. Zandstorten onder water, concept verslag.
F.T. Heezen, T.U. Delft, januari 1987

BIJLAGE 2.

Lijst van gebruikte symbolen, afkortingen en termen.

Gebruikte symbolen:

Symbool	Omschrijving	Eenheid
A	: Oppervlakte doorsnede drempel	m ²
A _{sl}	: Oppervlakte van het sluitgat	m ²
b	: Drempelbreedte	m
c	: Cohesie	N/m ²
d	: Relatieve dichtheid	-
dh	: Verval	m
Dr	: Relatieve dichtheid zandlichaam	-
D50	: Gemiddelde korreldiameter	µm
D90/D10	: Gradering korrelsamenstelling	-
f _D	: Wrijvingscoëfficiënt Darcy Weisbach	-
f ₁	: Wrijvingscoëfficiënt Darcy Weisbach	-
g	: Versnelling zwaartekracht	m/sec ²
h	: Taludhoogte	m
	: Drempelhoogte	m
	: Waterdiepte	m
	: Diepte van de woelkrater	m
hell.	: Helling	-
Hz	: Herz, frequentie	1/sec
i	: Evenwichtshelling	-
k	: Doorlatendheid zandlichaam	m/sec
KAS-getal	: Hoekigheid van de korrels	-
Kruinh.	: Kruinhoogte	m
n	: Arctangens van de hellingshoek	-
	: Poriëngehalte	-
n(min)	: Minimale poriëngehalte	-
n(max)	: Maximale poriëngehalte	-
n(kr)	: Kritische poriëngehalte	-
Prod.	: Produktie	m ³ /uur
q	: Specifiek debiet	m ² /uur
R bodem	: Straal van de bodem van de woelkrater	m
R krater	: Straal van de woelkrater	m
Re	: Reynoldsgetal	-
S _l	: Slibgehalte	-
S _d .	: Standaard afwijking	-
sp.h.	: Sproeihoogte	m
td	: Taludvoetdiepte	m
u	: Stroomsnelheid	m/sec
v	: Viscositeit	m ² /sec
x	: Gemiddelde waarde betreffende parameter	-
	: Coördinaat	m
y	: Coördinaat	m

$\bar{\alpha}$: Hoek van inwendige wrijving	rad.
μ	: Afvoercoëfficiënt	-
T	: Schuifspanning	N/m ²
T(max)	: Maximale schuifspanning	N/m ²
NAP	: Nieuw Amsterdams Peil	
SVK	: Stormvloedkering Oosterschelde	

Gebruikte termen:

Bermhoogte: Hoogte van de onderwater gespoten berm t.o.v. de bodem.

Correlatiecoëfficiënt: Zie bijlage 3.

Drempelhoogte: Diepte van de bovenkant van de drempel t.o.v. NAP.

Sproeihoogte: Hoogte van de sproeimond, dit is de mond van de pijp, boven de bodem of het eerder gespoten zandlichaam.

Storhoogte: Zie sproeihoogte.

Taludhoogte: Hoogte waarover het talud gemeten is.

Taludvoetdiepte: Diepte van de onderkant van het gemeten talud [in m. beneden N.A.P.]

Waterdiepte: Diepte oorspronkelijke bodem t.o.v. NAP

BIJLAGE 3.

Toets voor de beweeglijkheid van de sproeimond.

In paragraaf 5.3.4 wordt de beweeglijkheid van de sproeimond getoetst. In deze bijlage worden de gegevens verder toegelicht.

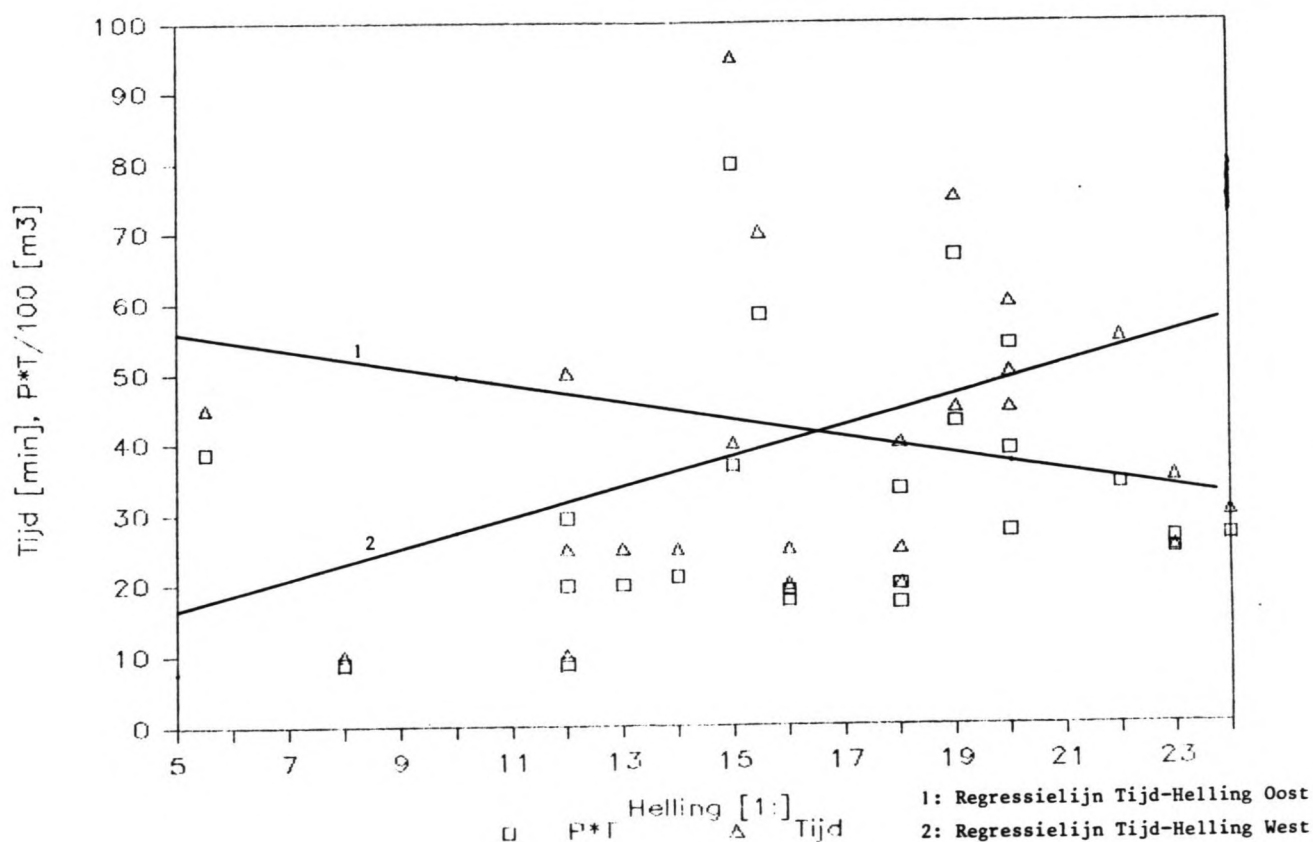
In de volgende tabel staan de geselecteerde taluds met de bijbehorende relevante gegevens. De tijdsduur is de duur van de laatste periode dat er ter plekke gespreeid is; soms is er meerdere keren op een positie gespreeid (in de tijd tussen 2 profielmetingen in). Voor de duur van die (laatste) periode is de gemiddelde produktie bepaald.

datum	tijd	raai	zijde sluit- gat	talud van: tot: hoogte:	helling:	str. max. str. max.	rich. max. rich. max.	D50	Produktie	Duur	P * T
				[m.-NAP] [m]	[:]	[eb] [cm] [vl] [cm]	[eb] [cm] [vl] [cm]	[mu]	[m ³ /uur]	[min.]	[m ³]
11-Oct	12.00	1300	o	9 18	9	12 eb 4.8		206	5300	10	883
11-Oct	13.30	1350	o	10 19.5	9.5	14 eb 4.8		206	5060	25	2108
12-Oct	8.75	1200	o	11 16	5	12 eb		198	4760	25	1983
13-Oct	9.50	1200	o	8 15	7	16 vl		176	4585	25	1910
13-Oct	9.50	1400	o	7.5 11.5	4	8 eb 6		176	5250	10	875
13-Oct	9.50	1250	o	7 13	6	5.5 eb 4.4		180	5150	45	3863
16-Oct	10.50	1350	o	5 19.5	14.5	19 eb 15		195	5330	75	6663
16-Oct	10.50	1300	o	7.5 19.5	12	20 eb 15	kent: 0	185	5395	60	5395
16-Oct	16.00	1300	o	7.5 20	12.5	22 kent: 0	vl -12	195	3700	55	3392
17-Oct	10.00	1250	o	6.5 15	8.5	15 vl -14		182	5530	40	3687
17-Oct	10.00	1300	o	7.5 19	11.5	20 kent: 0		173	5200	45	3900
17-Oct	10.00	1350	o	5.5 16	10.5	15 eb 33		175	5035	95	7972
17-Oct	10.00	1400	o	4 11	7	16 eb 12	kent: 0	178	5310	20	1770
18-Oct	12.70	1250	o	3.5 20	16.5	18 vl -19		192	5180	20	1727
		gemiddeld		7.1 16.6	9.5	15.2	9.5 -9	185.9	5056.1	39.3	
		minimum		3.5 11.0	4.0	5.5	0.0 -19	173.0	3700.0	10.0	
		maximum		11.0 20.0	16.5	22.0	33 0.0	206.0	5530.0	95.0	
		st.dev.		2.0 3.1	3.5	4.5	9.4 7.7	11.1	444.8	24.2	
12-Oct	8.75	1300	w	9 17.5	8.5	18 eb 5.4	vl -2	186	5007	40	3338
12-Oct	8.75	1350	w	9 20	11	18 eb 5.4	vl -2	191	4770	25	1986
12-Oct	8.75	1350	w	10 16.5	6.5	13 eb 5.4	vl -2	191	4770	25	1983
13-Oct	9.50	1200	w	6.5 10	3.5	12 vl		176	3525	50	2938
13-Oct	9.50	1400	w	5.5 18	12.5	15.5 eb 6	kent: -2	176	5005	70	5839
13-Oct	14.00	1250	w	7 12	5	23 vl -4		180	4490	35	2619
15-Oct	9.50	1400	w	5 19	14	20 kent: 10	vl -2	172	3280	50	2733
16-Oct	16.00	1400	w	10 18.5	8.5	23 vl -12		183	5930	25	2471
16-Oct	16.00	1350	w	6.5 13	11.5	24 vl -12		182	5330	30	2665
17-Oct	10.00	1400	w	4 12.5	8.5	19 eb 33	vl -14	170	5720	45	4290
		gemiddeld		7.3 16.2	9.0	18.6	9.3 -6	180.7	4782.7	39.5	
		minimum		4.0 10.0	3.5	12.0	0.0 -14	170.0	3280.0	25.0	
		maximum		10.0 20.0	14.0	24.0	33 -2	191.0	5930.0	70.0	
		st.dev.		2.0 3.2	3.2	3.9	10 4.9	6.9	807.5	13.9	

Tabel bijl. 3. Geselecteerde taluds voor sproeiduur.

In de volgende figuur staat de helling uitgezet tegen de waarden van de tijdsduur respektievelijk de gespoten hoeveelheid zand (het produkt van produktie en tijd). Tevens staan in de figuur de regressielijnen aangegeven.

Lineaire regressie is een statistische methode om een rechte lijn te bepalen, die het best past bij een stel gegevenspunten, waardoor er een betrekking tussen twee variabelen ontstaat. De correlatiecoëfficiënt geeft aan hoe goed de rechte lijn bij de gegevens past. De correlatiecoëfficiënt kan variëren tussen +1 en -1; bij +1 liggen de gegevens exact op een rechte lijn met positieve richtingscoëfficiënt, bij -1 met negatieve richtingscoëfficiënt. De correlatiecoëfficiënt was hier + 0,39 en -0,35 voor de tijdsduur-helling relatie, wat aangeeft dat er weinig verband is en er niet te veel waarde aan de gevonden regressielijnen gehecht moet worden.



Figuur bijl. 3. Tijd - helling en P*T - helling.

BIJLAGE 4.

Samenvatting Evaluatie uitgevoerde zandsluitingen door LGM.

In het kader van de uit te voeren zandsluitingen in het oostelijk Oosterscheldebekken is door het LGM een aantal uitgevoerde zandsluitingen geëvalueerd (LGM CO-416619/8 1-4-'85).

De zandsluitingen van Brouwersdam, Haringvliet en Europoort gaven na een nadere analyse de indruk dat vooral uitvoeringstechnische parameters, zoals depositiemethode en spuitdebiet in belangrijke mate de te realiseren hellingen bepaalden.

De gegevens bleken echter zeer summier te zijn waardoor het niet mogelijk was correlaties af te leiden tussen bijvoorbeeld grondmechanische en uitvoeringstechnische parameters.

Het W.L. onderzoek M1118 (Onderzoek zandsluiting Tijdelijke Toegang Europoort) is daarom opnieuw geanalyseerd.

De stort- en zijhelling:

De storthelling is de helling die optreedt in de spuitrichting op het stort. Buiten dit gebied ontstaan zijhellingen. Doordat de zandstroom zich voortdurend verlegt is er fysisch weinig onderscheid in het ontstaan van zij- en storttaluds onder de laagwaterlijn.

Vertikaal spuiten (door een pijp):

	diepte	d50	helling	u	opm
Tijd. toegang	22 m.	200	1:7		pijp vlak
Europoort		300	1:4		boven bodem
Beaufort Zee: Tarsuit	20	350-400	1:6		pijp op bodem
Issugnak	20	250	1:8		vanaf water
Grondverbete- ring SVKO	20-40	200-300	1:4/ 1:6		oppervlakte gespreid 1-2 m/s pijp vlak boven bodem

De relevante conclusies van deze evaluatie en het onderzoek "M1118" zijn:

Conclusies M1118:

1. Mengseldichtheid heeft geen wezenlijke invloed op de hellingen.
2. Overtrekkende stroom geeft versteiling van het bovenste gedeelte van het talud en een verflauwing van het onderste gedeelte aan de benedenstroomse zijde.
3. Mengselsprongen geven steile gedeelten gemiddeld flauwe hellingen.
4. Het ontstaan van mengselsprongen en terrasvorming wordt belemmerd door overtrekkende stroom: Daardoor kunnen gemiddeld steilere hellingen ontstaan.

Conclusies evaluatie:

1. Steilere gedeelten in taluds komen voor over groter hoogten, naarmate de waterdiepte toeneemt.
2. Gemiddelde hellingen van de taluds zijn ondermeer afhankelijk van het (spuit)debiet en de D50 van het zand, de invloed van de stroomsnelheid is gering.

Voorspelling voor het Tholense Gat:

Op basis van het debiet (100 m³/uur/m') ca. 1:25.

Op basis van de D50:

D50 = 150 - 180 μ , bij vertikaal spuiten hellingen van 1 : 15; met een marge van 3 * de standaardafwijking σ tussen 1 : 10 en 1 : 25.

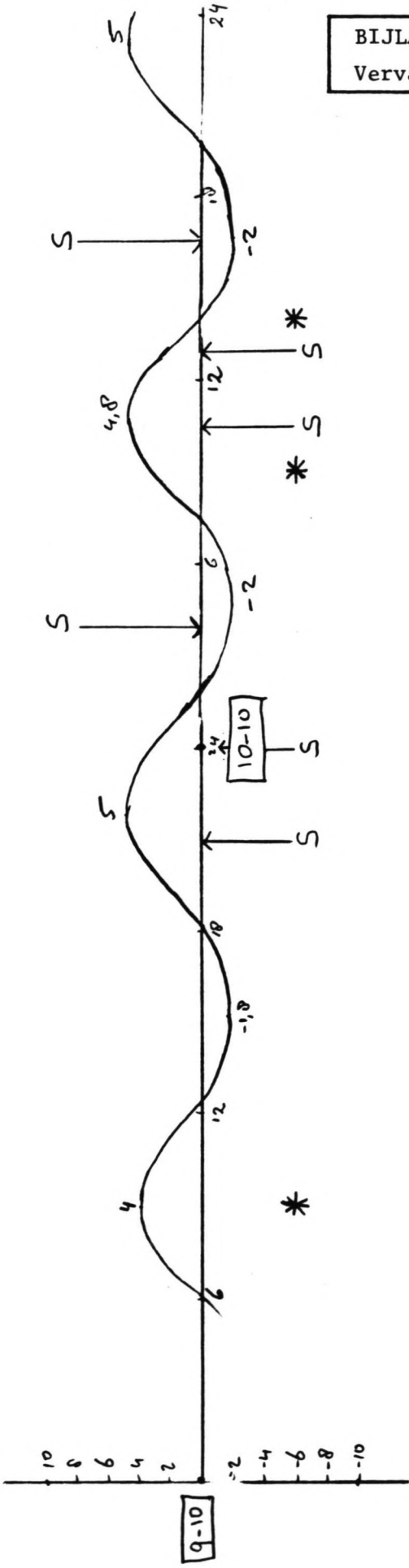
BIJLAGE 5 a. D50 en slibbepaling.

 ** D50 bepaling a.h.v. monsters **

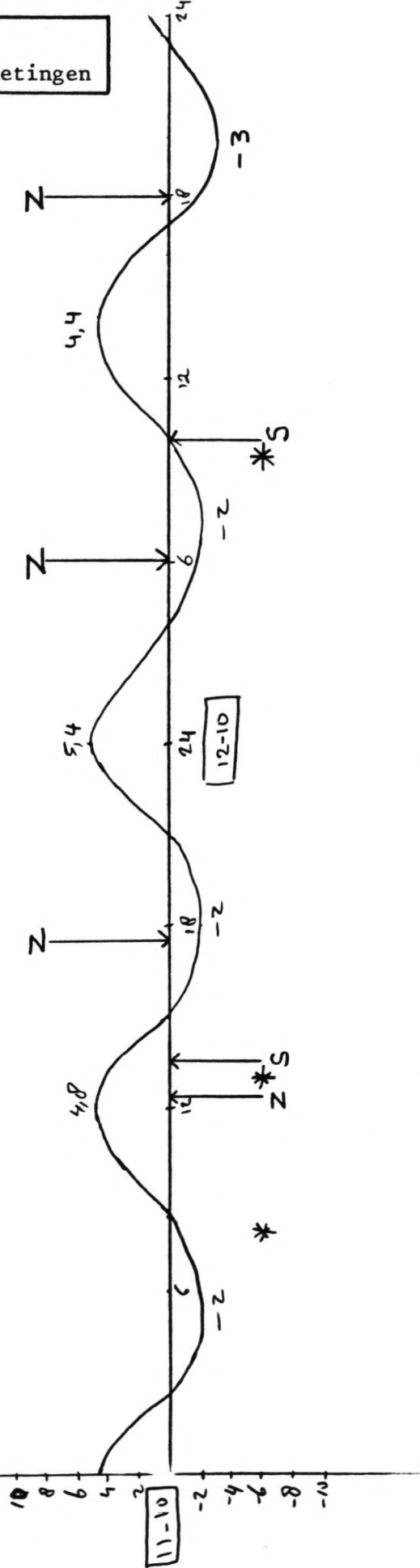
Zuiger	Datum [okt]	Tijd	Ttot:	D50 [µm]	% < 63 µm	opn
Sliedrecht	9	21.00	9.88	200	1.51	
Sliedrecht	9	24.00	10.00	181	2.33	
Sliedrecht	10	4.00	10.17	172	2.15	
Sliedrecht	10	10.50	10.44	190	2.62	
Sliedrecht	10	17.00	10.54	191	0.45	
Sliedrecht	10	17.00	10.71	170	1.63	
Sliedrecht	11	13.50	11.56	188	0.50	onn
Sliedrecht	12	0.00	12.00	183	0.91	
Sliedrecht	12	9.00	12.38	197	1.31	
Sliedrecht	12	16.50	12.69	163	2.00	onn
Sliedrecht	13	2.00	13.06	187	2.88	
Sliedrecht	14	9.35	14.39	157	2.49	
Sliedrecht	14	17.00	14.71	174	1.03	
Sliedrecht	14	22.50	14.94	168	0.16	
Sliedrecht	15	4.25	15.18	173	0.13	
Sliedrecht	15	11.00	15.46	186	0.35	
Sliedrecht	15	16.50	15.69	172	1.47	
Sliedrecht	16	1.00	16.04	180	1.07	
Sliedrecht	16	8.00	16.33	184	2.53	
Sliedrecht	16	15.00	16.67	182	1.60	
Sliedrecht	17	0.00	17.00	164	2.01	
Sliedrecht	17	6.50	17.27	181	1.27	
Sliedrecht	17	16.00	17.67	172	1.70	
Sliedrecht	18	7.50	18.31	180	1.60	
Sliedrecht	20	12.00	20.50	154	2.00	onn
Zuiderklip	11	12.50	11.52	204	2.50	onn
Zuiderklip	11	17.50	11.73	208	2.30	
Zuiderklip	12	6.00	12.25	188	3.46	
Zuiderklip	12	18.00	12.75	176	3.00	onn
Zuiderklip	14	10.50	14.44	174	3.02	
Zuiderklip	14	22.00	14.92	175	1.62	
Zuiderklip	15	1.00	15.04	178	2.88	
Zuiderklip	15	6.00	15.25	176	1.58	
Zuiderklip	15	7.50	15.31	168	1.96	
Zuiderklip	16	11.50	16.48	202	7.91	
Zuiderklip	16	17.75	16.74	155	0.80	
Zuiderklip	17	9.00	17.38	200	4.24	
Zuiderklip	18	7.80	18.33	190	3.00	onn
		Sliedrecht:	Zuiderklip:			
Gemiddelde D50 :		178.12	184.15			
Minimum:		154.00	155.00			
Maximum:		200.00	208.00			
Std.afw.:		11.38	15.32			
Gem. % < 63 µm		1.52	2.94			
Std.afw. % < 63 µm		0.76	1.67			

BIJLAGE 5 b. -1-
 Verval-en profielmetingen

VERVAL (CM)



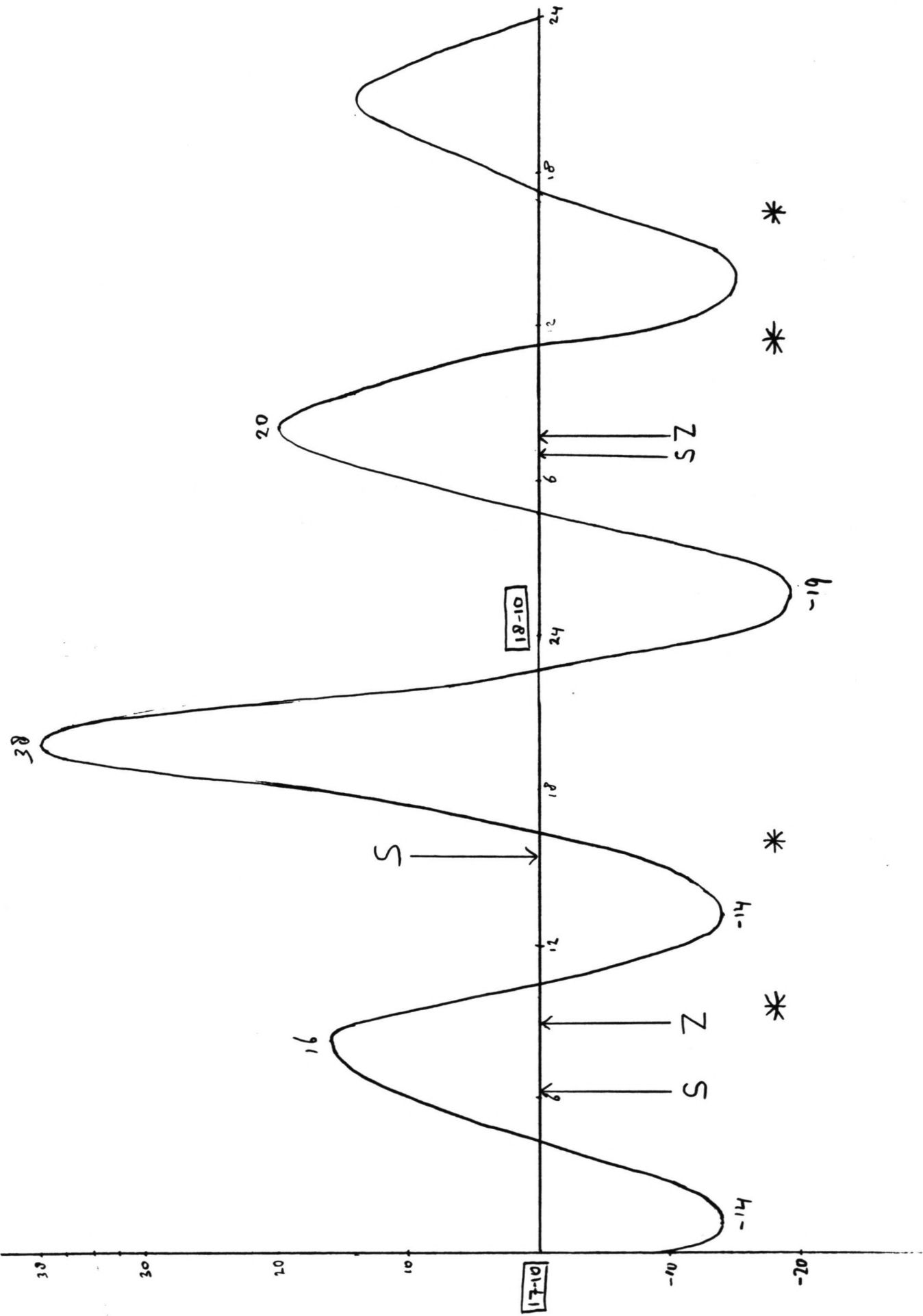
VERVAL (CM)



POSITIEF VERVAL : ERSTROOM
 NEGATIEF VERVAL : VLOEPSTROOM

* PROFIELMETING

S → D50 METING SLIEDRECHT
 Z → D50 METING ZWIDERKLIP



09-Oct	1300	W	12	15.5	6.5	20	1.9	10.5	eb			184	2.1	oph	6700
09-Oct	1300	O	10.5	17	6.5	20	2.9	10.5	eb			184	2.1	oph	6700
09-Oct	1325	W	10.5	10.5	11	20	1.9	12.5	eb	VI		184	2.1	oph	7000
09-Oct	1325	O	12.5	15.5	3	19	1.2	12.5	eb			184	2.8	oph	5000
09-Oct	1350	W	12.5	14.5	2.5	16	2.8	15	eb			184	2.1	oph	6600
09-Oct	1350	O	16	19	7.5	20	1.9	13	eb	VI		184	2.1	oph	5000
09-Oct	1375	W	13	20.5	3.5	23	2.3	13.5	kent			194	2.8	oph	7200
09-Oct	1375	O	13.5	17	3.5	23	2.3	13.5	kent			194	2.8	oph	5000
10-Oct	1200	D	14.5	15	1.5	15	3.8	14.5	eb			194	8	oph	5000
10-Oct	1250	O	12	12	4	15	3.5	13.5	eb			194	2.8	oph	5000
10-Oct	1300	W	12	16	4	13	4.4	12	eb	VI	-1	190	1.9	oph	5200
10-Oct	1300	O	14	18	4	13	4.4	14	eb			194	2.8	oph	5000
10-Oct	1350	W	12	20	8	16	3.5	12	eb	VI	-2	184	2	oph	5000
10-Oct	1350	O	13.5	21.5	8	18	3.2	13.5	eb	VI	-2	184	2	oph	5200
10-Oct	1400	W	13.5	19	10	18	3.2	13.5	eb			190	1.6	oph	5500
10-Oct	1200	O	12.5	15	2.5	10	5.7	12.5	eb	5		194	2.8	oph	5000
10-Oct	1360	O	10.6	18	7.5	15	3.8	10.5	eb	5		194	2.8	oph	5000
10-Oct	14.15	W	11	20	9	15	3.8	11	eb			190	1.6	oph	5000
10-Oct	14.15	O	9.4	19	9.6	15	3.8	9.4	eb	5		194	2.8	oph	5000
10-Oct	14.15	W	11.5	21.5	10	20	3.9	11.5	eb			190	1.6	oph	5000
11-Oct	1200	W	15.5	17	3	25	3.1	15	eb	5		179	1.1	oph	4199
11-Oct	1200	O	10.5	16	3	25	3.1	11	eb	5		194	2.8	oph	4820
11-Oct	1250	W	10.5	14	3	20	4.4	12.5	eb	5		184	1.6	oph	4199
11-Oct	1250	O	14	17	3	20	4.4	12.5	eb	5	-2	174	1.6	oph	4820
11-Oct	1300	W	10.5	19	7	18	3.2	11	eb	5		184	1.1	oph	4199
11-Oct	1300	O	10.5	19	7	18	3.2	10.5	eb	5	-2	184	2.8	oph	4820
11-Oct	1350	W	10	20	10	18	3.2	10	eb	5		184	1.1	oph	4199
11-Oct	1350	O	10	20	9.5	18	3.4	10	eb	5		194	2.8	oph	4820
11-Oct	1400	W	11	20	9.5	18	3.4	11	eb	5		194	1.1	oph	4199
11-Oct	1400	O	11	20	9.5	18	3.6	11	eb	5	-2	184	2.8	oph	4820
11-Oct	112.00	W	10.5	16	5.5	14	4.1	11	eb			206	2.4	oph	5105
11-Oct	112.00	O	11	14	5.2	14	4.1	12	eb			185	0.8	oph	4634
11-Oct	12.00	W	11	17.5	6.5	19	3.0	11	kent			195	0.8	oph	4925
11-Oct	12.00	O	9	16	6.5	12	4.8	9	eb	4.8		206	2.4	oph	4634
11-Oct	13.30	W	10	20	10	18	3.2	10	eb	4.8		185	0.8	oph	5026
11-Oct	13.30	O	10	19.5	9.5	14	4.1	10	eb	4.8		206	2.4	oph	4634
11-Oct	11.45	W	11	20	9.5	16	3.6	11	eb	4.8		185	0.8	oph	5425
11-Oct	11.45	O	11	20	9.5	16	3.6	11	eb	4.8		206	2.4	oph	4634
11-Oct	11.45	W	11	20	9.5	16	3.6	11	eb	4.8		185	0.8	oph	5105
11-Oct	11.45	O	11	20	9.5	16	3.6	11	eb	4.8		206	2.4	oph	4634

12-0ct	6.75	1200	W	7	11.5	4.5	12	4.8	7	eb	4.8					188	0.5	oph	an	5175	
12-0ct	6.75	1200	D	11	16	5	12	4.8	11	eb						188	2.9	oph	an	5028	
12-0ct	8.75	1250	W	12.5	14	1.5	22	2.6	9.5	eb	5.4					184	0.9	oph	an	5080	
12-0ct	8.75	1250	W	9	17.5	2.5	18	4.1	9	eb						188	2.9	oph	an	5028	
12-0ct	8.75	1300	D	17.5	19	8.5	14	4.1	9	eb	5.4	VI	-2			186	2.4	oph bult	an	5319	
12-0ct	8.75	1300	D	9.5	19	9.5	14	4.1	9	eb						206	1.1	ony	an	5028	
12-0ct	8.75	1350	W	9	20	11	18	3.2	9	eb	5.4	VI	-2			191	1.1	oph	an	5250	
12-0ct	8.75	1350	W	10	16.5	6.5	13	4.4	10	eb	5.4	VI	-2			191	1.1	oph	an	5250	
12-0ct	8.75	1350	D	19	19	10	14	4.1	9	eb						206	2.4	ony	an	5028	
12-0ct	8.75	1400	W	13	19	6	12	4.8	10.5	eb	5.4	VI	-2			191	1.1	oph	an	5275	
12-0ct	8.75	1400	D															wal		5028	
13-0ct	9.50	1200	W	6.5	10	3.5	12	4.8	6.5	eb		VI				176	2.4	oph onder	an	3745	
13-0ct	9.50	1200	D	15	15	15	16	3.6	8	eb		VI				176	3	oph onder	an	4366	
13-0ct	9.50	1250	W	7.5	9.5	2	13	4.4	7.5	eb		VI	-4			180	2.8	oph	an	5080	
13-0ct	9.50	1250	D	13	13	5.5	5.9	10.3	7	eb		VI				179	3.1	meetfout?	an	4900	
13-0ct	9.50	1300	W	7.5	17	9.5	18	6.3	9	eb	4.4	VI	-3			179	3.1	oph hol	an	4661	
13-0ct	9.50	1300	D	9	17	8	18	3.2	9	eb						186		ony	an	4756	
13-0ct	9.50	1300	W	8	19	10	15	4.4	8	eb		VI				206		ony	an	4661	
13-0ct	9.50	1350	D	9	12	11	17	3.4	9	eb		VI				186		ony	an	5550	
13-0ct	9.50	1350	W	9	17.5	9.5	13	4.4	8	eb	5	kent				176	3	oph bov	an	4800	
13-0ct	9.50	1400	W	5.5	18	12.5	15	3.7	5.5	eb	6	kent	-2			176	2.4	oph	an	5066	
13-0ct	9.50	1400	D	11.5	11.5	4	15.5	7.1	5.5	eb	6					176	3	oph	an	5100	
13-0ct	14.00	1200	W	6.5	11	4	14	4.1	6.5	eb		VI				187		ony	an	4252	
13-0ct	14.00	1200	D	15	15	5	14.5	3.5	6.5	eb		VI	-4			175		oph	an	4850	
13-0ct	14.00	1250	W	7	12	2	23	2.5	7	eb		VI	-4			180	2.8	oph	an	4850	
13-0ct	14.00	1300	D	12	17	9.5	10	3.7	7.5	eb						175	3	oph	an	4855	
13-0ct	14.00	1300	W	7.5	17.5	8.5	17	3.4	9	eb	0					187		oph	an	4252	
13-0ct	14.00	1300	D	19	19	10.5	17	3.4	8.5	eb	1					175	3	oph	an	4800	
13-0ct	14.00	1350	W	8	20	12.5	18	3.2	8.5	eb						177		oph,mespr?	an	4850	
13-0ct	14.00	1350	D	19	20	10	18	3.2	8.5	eb						177		ony	an	4700	
13-0ct	14.00	1400	W	3	18.5	10	17.5	3.6	8	eb	4.5					175		oph	an	3700	
13-0ct	14.00	1400	D	17.5	17.5	11.5	16	3.6	8	eb						187		ony	an	3700	
13-0ct	14.00	1400	W	6	17.5	6	16	3.6	6	eb						187		ony	an	4757	
14-0ct	10.25	1200	W	9	14	5	16	6	9.5	eb		VI	-5			170		wal	an	3355	
14-0ct	10.25	1200	D	11	15	4.5	24	4	9.5	eb		VI				175		ony	an	3400	
14-0ct	10.25	1250	W	7	11	4	24	3.4	7.5	eb						170		ony	an	3300	
14-0ct	10.25	1250	D	17	17	9.5	10	3.7	7.5	eb						175		ony	an	3300	
14-0ct	10.25	1300	W	8	16	7	18	3.2	9	eb						170		ony	an	3300	
14-0ct	10.25	1300	D	19	19	13	18	3.6	8.5	eb						175		ony	an	3978	
14-0ct	10.25	1350	W	8	16	7	18	3.6	8.5	eb						170		ony	an	3300	
14-0ct	10.25	1350	D	19	19	13	18	3.6	8.5	eb						170		ony	an	3300	
14-0ct	10.25	1400	W	9	14	10	19	3.1	8	eb						175		afsch	an	5000	
14-0ct	10.25	1400	D	17.5	17.5	12	19	3.1	8	eb						170					

14-Oct	110.75	1400	D	10	VI	-5	175	wal	4800
14-Oct		1450	W	5	VI	-6		wal	0
14-Oct	115.75	1200	W		VI		170	wal	4880
14-Oct	115.55	1200	D				175	onv	2805
14-Oct	115.35	1250	W				170	erosie	4094
14-Oct	115.55	1250	D				175	onv	2805
14-Oct	115.35	1300	W				170	erosie	4094
14-Oct	115.55	1300	D				175	bovenstuk, onb	2805
14-Oct	115.75	1300	D				175	afsch, onb	2805
14-Oct	115.35	1350	W				170	onv	4094
14-Oct	115.55	1350	D				170	onv	4094
14-Oct	115.35	1350	W				175	oph 13/10	2805
14-Oct	115.55	1350	D				175	afsch	2805
14-Oct	115.75	1400	W		VI	-6	162	oph iets	5100
14-Oct	115.35	1400	W		VI	-5	170	afsch	5100
14-Oct	115.55	1400	D				175	wal	2805
14-Oct	115.75	1200	W	10			170	wal	5340
14-Oct	115.55	1200	D				175		4907
14-Oct	115.35	1250	W				170	onv	4509
14-Oct	115.55	1250	D	11			177	oph	5125
14-Oct	115.75	1300	W			2.2	170	onv	4509
14-Oct	115.35	1300	D	11			176	oph	5400
14-Oct	115.55	1300	W			1.6	170	onv	4509
14-Oct	115.75	1350	D			0.4	170	oph	4509
14-Oct	115.35	1350	W	7			168	oph	5300
14-Oct	115.55	1350	D	10	VI	-2	172	oph	4200
14-Oct	115.75	1400	W				175	erosie	5000
14-Oct	115.35	1450	W	11	VI	-9			4400
14-Oct	115.75	1200	W				172	wal	4546
14-Oct	115.55	1200	D				180	onv, onb	4207
14-Oct	115.75	1250	W				172	onv	4546
14-Oct	115.35	1250	D				180	onv	4207
14-Oct	115.55	1300	W				172	onv	4546
14-Oct	115.75	1300	D				170	onv	2500
14-Oct	115.35	1350	W		VI	-3	180	onv	4546
14-Oct	115.55	1350	D	0			178	plat viak, kuil	4546
14-Oct	115.75	1400	W	2	VI	-3	180	oph	3500
14-Oct	115.35	1400	D	0			180	oph top	4540
14-Oct	115.55	1450	W					wal	4800
14-Oct	115.75	1200	W		VI	-3			4400
14-Oct	110.50	1200	W					wal	4753

17-Oct	16.00	1350	O	5.5	16	10.5	19	5.6	5.5	kent	10	VI	-5	195	onv	4100	
17-Oct	16.00	1400	W	4	12.5	6.5	19	3.0	4					175	onv	5586	
17-Oct	16.00	1400	W	12.5	13	5.5	30	1.9	4					175	knik onv	5586	
17-Oct	16.00	1400	W	4	11	7	16	3.6						195	niet meetbaar	4802	
17-Oct	16.00	1450	O	2.5	17	14.5	19	3.0					1.5	175	onv	5566	
17-Oct	16.00	1450	O												oph	4802	
17-Oct	16.00	1450	O												niet gem	4802	
18-Oct	10.75	1200	W	4	16	12	15	2.8	4					190	wal	4602	
18-Oct	10.75	1200	O	4.5	10	5.5	15	2.8	5					180	onv	4203	
18-Oct	12.70	1250	W	3.5	20	16.5	18	3.2	3.5				1.6	192	oph bult	4690	
18-Oct	12.70	1250	O	3.5	14	10.5	15	2.8	3.5				3.2	176	oph boven	5075	
18-Oct	12.50	1300	W	4.5	19	14.5	20	3.9	4.5	eb	38		1.7	190	oph bult	4687	
18-Oct	12.50	1300	O	4.5	17	13.5	16.7	3.4	3.5	eb	38			174	onv	2600	
18-Oct	12.50	1350	W	3.5	15.5	10.5	16	3.6	5	eb	15		1.7	190	oph	4687	
18-Oct	12.50	1350	O	3.5	21	5.5	40	1.4	5	eb	15			190	onv	4855	
18-Oct	9.00	1400	O	15.5	18	5.5	25	2.5	4	kent				180	uitgezakt	4855	
18-Oct	9.00	1400	W	4		14									onv	4476	
18-Oct	9.00	1400	O												wal	4855	
18-Oct	16.30	1200	W	5.5	15	9.5	13	4.4	5					190	wal	5450	
18-Oct	16.30	1200	O	5.5	10	5.5	19.5	2.9	5					175	onv	80	
18-Oct	16.30	1250	W	4.5	19	14.5	18	2.4	4.5				1.7	190	oph boven	5500	
18-Oct	16.30	1300	O	5.5	14	10	18	2.2	5					175	onv	50	
18-Oct	16.30	1300	W	3.5	19	9	20	2.9	4.5					190	bult weg	5500	
18-Oct	16.30	1350	O	3.5	16.5	10	18	2.2	5					175	onv	50	
18-Oct	16.30	1350	W	5.5	13	5.5	18	2.4	5					150	onv	5500	
18-Oct	16.30	1350	O	3.5	20	5.5	18	1.6	5						iets uits.	50	
18-Oct	16.30	1400	W	3.5	15	14.5	22	2.6	3.5						ander	50	
18-Oct	16.30	1400	O	3.5	18	5.5	22	1.8	3.5						onv	5500	
18-Oct	16.30	1400	W	3.5		7									ander	5500	
18-Oct	16.30	1400	O			7									wal	800	
19-Oct	8.00	1200	W	5	12	7	7	8.1	5	kent				195	wal	0	
19-Oct	8.00	1200	O	5.5	14.5	9	10	5.7	5					170	oph steil 17/10	2239	
19-Oct	8.00	1250	W	5.5	10	5.5	19	3.0	5					165	onv	2239	
19-Oct	8.00	1300	O	3.5	15	12	12.5	4.6	3.5				3	190	onv	0	
19-Oct	8.00	1300	W	3.5	15	11.5	16	3.2	3.5					165	oph boven ?	2239	
19-Oct	8.00	1300	O	3.5	17.5	13.5	16.5	3.6	4					170	onv	0	
19-Oct	8.00	1350	W	3.5	15	11.5	16.5	3.6	3.5					165	onv	2239	
19-Oct	8.00	1400	O	3.5	16	12	14.5	2.9	4					190	onv	0	
19-Oct	8.00	1400	W	14	18	4	20	1.9	5					165	onv	2239	
19-Oct	8.00	1400	O	3	11	8	17	3.4	3					165	onv	0	
19-Oct	8.00	1400	O											190	onv	2239	
Bemiddeld															183.1	2.5	4480.1

09-Oct	1300	0	10.5	17	4.5	20	2.5	9	10.5	eb					184	1.1	10	0.5	6700
09-Oct	1325	0	12.5	15.5	5	11.5	3	9	12.5	eb					194	2.8	10	12.5	5000
09-Oct	1375	0	15.5	17.5	3	13.5	3	9	15.5	eb					194	2.6	10	15.5	5000
09-Oct	1375	0	13.5	17	3	13.5	3	9	13.5	kent					194	2.6	10	13.5	5000
09-Oct	1350	0	13.5	15	3	13.5	3	9	13.5	eb					194	2.6	10	13.5	5000
09-Oct	1225	0	13.5	16.5	3	13.5	3	9	13.5	eb					194	2.6	10	13.5	5000
10-Oct	1300	0	14	16	4	14	4	9	14	eb					194	2.8	10	4.5	5000
10-Oct	1200	0	14.5	16	4	14.5	4	9	14.5	eb					194	2.8	10	4.5	5000
10-Oct	1250	0	14.5	17	4	14.5	4	9	14.5	eb					194	2.8	10	4.5	5000
10-Oct	1200	0	12.5	15	3	12.5	3	9	12.5	eb					194	2.8	10	2.5	5000
10-Oct	14.15	0	14.15	19	6	14.15	6	9	14.15	eb					194	2.8	10	0.6	5000
10-Oct	1350	0	14.15	19	6	14.15	6	9	14.15	eb					194	2.8	10	0.6	5000
10-Oct	14.15	0	14.15	18	5	14.15	5	9	14.15	eb					194	2.8	10	0.6	5000
11-Oct	1300	0	10.6	18	4	10.6	4	9	10.6	eb					194	2.8	10	0.6	4820
11-Oct	1200	0	10.5	16	4	10.5	4	9	10.5	eb					194	2.8	10	1	4820
11-Oct	1300	0	10.5	18	4	10.5	4	9	10.5	eb					194	2.8	10	0.5	4820
11-Oct	1250	0	10.5	17	4	10.5	4	9	10.5	eb					194	2.8	10	0.5	4820
11-Oct	1200	0	10.5	15	4	10.5	4	9	10.5	eb					194	2.4	8	0.5	4820
11-Oct	1200	0	12.00	18	4	12.00	4	9	12.00	eb					206	2.4	8	0.5	4634
11-Oct	1300	0	12.00	18	4	12.00	4	9	12.00	eb					206	2.4	8	0.5	5300
11-Oct	1350	0	13.70	19	4	13.70	4	9	13.70	eb					206	2.4	8	0.5	5060
12-Oct	1200	0	8.75	15	3	8.75	3	9	8.75	eb					188	3.5	8	0.5	4460
12-Oct	1250	0	8.75	17.5	3	8.75	3	9	8.75	eb					188	3.5	8	0.5	5083
13-Oct	1350	0	9.50	17.5	3	9.50	3	9	9.50	eb					180	3.2	6	0.5	4744
13-Oct	1350	0	9.50	17	3	9.50	3	9	9.50	eb					176	3.3	6	0.5	4800
13-Oct	1250	0	9.50	17.5	3	9.50	3	9	9.50	eb					180	3.2	6	0.5	4744
13-Oct	1250	0	9.50	17	3	9.50	3	9	9.50	eb					176	3.3	6	0.5	4800
13-Oct	1400	0	11.5	19	4	11.5	4	9	11.5	eb					182	3.3	6	0.5	5100
13-Oct	1300	0	11.5	19	4	11.5	4	9	11.5	eb					175	3.3	6	0.5	4800
13-Oct	1250	0	11.5	17	3	11.5	3	9	11.5	eb					175	3.3	6	0.5	4825
13-Oct	1350	0	14.00	19	4	14.00	4	9	14.00	eb					175	3.3	6	0.5	4700
13-Oct	14.00	0	14.00	18	3	14.00	3	9	14.00	eb					175	3.3	6	0.5	4850
13-Oct	15.25	0	15.25	19	4	15.25	4	9	15.25	eb					175	3.3	6	0.5	2885
13-Oct	14.00	0	14.00	18	3	14.00	3	9	14.00	eb					175	3.3	6	0.5	5125
13-Oct	1350	0	13.50	18	3	13.50	3	9	13.50	eb					175	3.3	6	0.5	5400
15-Oct	1300	0	8.50	20	3	8.50	3	9	8.50	eb					177	2.2	4	0.5	5400
15-Oct	1350	0	8.50	20	3	8.50	3	9	8.50	eb					168	1.6	4	0.5	5300
15-Oct	1350	0	8.50	20	3	8.50	3	9	8.50	eb					176	2.2	4	0.5	3500
15-Oct	1350	0	7.75	20	3	7.75	3	9	7.75	eb					185	3.5	4	0.5	4700
16-Oct	1400	0	10.50	19	3	10.50	3	9	10.50	eb					185	3.5	4	0.5	4900
16-Oct	1400	0	10.50	19	3	10.50	3	9	10.50	eb					185	3.5	4	0.5	4873
16-Oct	1400	0	10.50	19	3	10.50	3	9	10.50	eb					185	3.5	4	0.5	4893
16-Oct	1400	0	10.50	19	3	10.50	3	9	10.50	eb					184	3.5	4	0.5	5100
16-Oct	1350	0	16.00	20	3	16.00	3	9	16.00	eb					190	6	9	0.5	3700
16-Oct	15.00	0	15.00	20	3	15.00	3	9	15.00	eb					190	5.6	9	0.5	4864
16-Oct	15.00	0	15.00	20	3	15.00	3	9	15.00	eb					190	5.6	9	0.5	5150
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					200	7	5	0.5	5300
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					178	2.5	4	0.5	5425
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					173	2.1	4	0.5	5075
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					173	2.1	4	0.5	5500
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					175	2.4	4	0.5	4802
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					182	2.8	5	0.5	5400
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					200	4.2	5	0.5	5350
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					200	4.2	5	0.5	5350
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					193	4	4	0.5	5075
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					198	4	4	0.5	5500
17-Oct	1400	0	10.00	19	4	10.00	4	9	10.00	eb					198	4	4	0.5	4802
18-Oct	12.70	0	12.70	19	3	12.70	3	9	12.70	eb					192	3.2	3	0.5	5400
19-Oct	1200	0	8.00	19	7	8.00	7	9	8.00	kent					195	3.6	3	0.5	2239
19-Oct	1250	0	8.00	19	7	8.00	7	9	8.00	kent					190	3	3	0.5	2239

Smiddeil:	9.5	17.1	7.6	4.3	185.9	3.2	5.2	4747.3
Standaardafwijking:	2.4	4.6	3.7	1.7	9.4	1.1	4.6	744.3
Minimum:	10.0	2.0	1.5	2.0	168	1.6	239	2239
Maximum:	16.0	22.0	16.0	11.5	206	1.7	6700	6700

