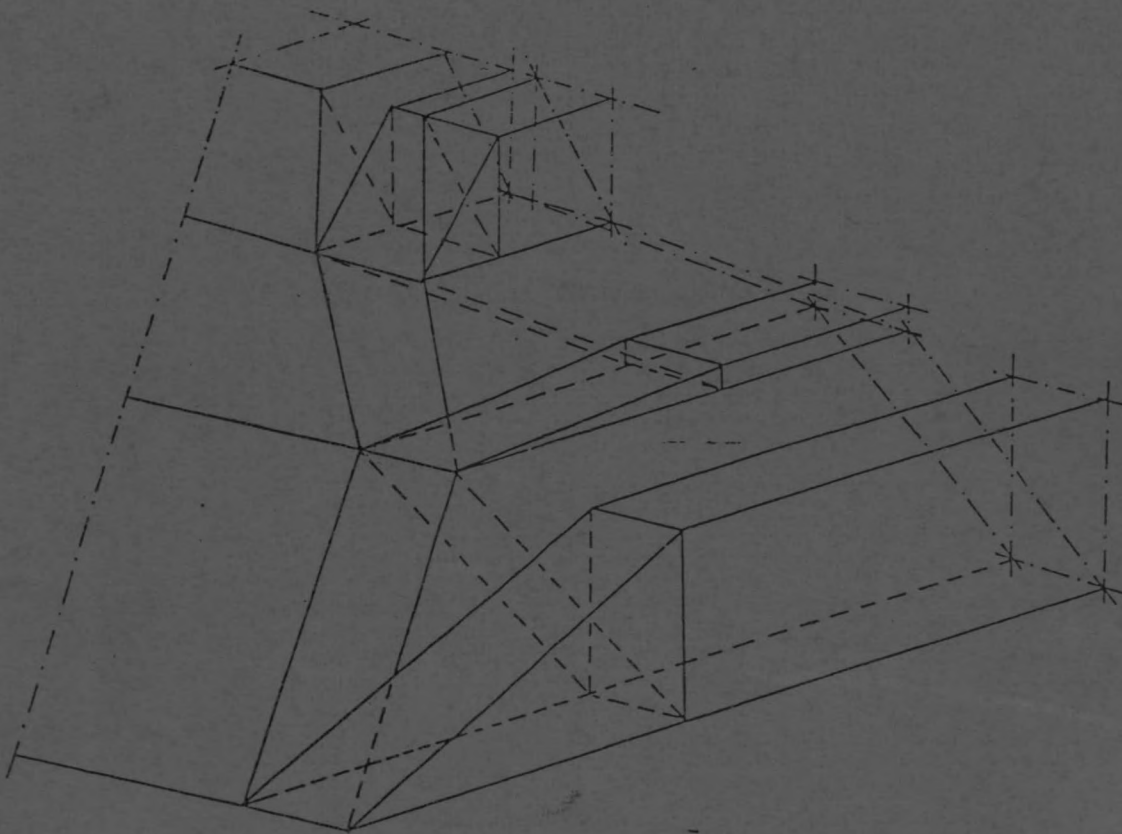


TECHNISCH-ECONOMISCHE OPTIMALISATIE VAN DE ZANDSLUITING VAN
HET KRAMMER TE ZEELAND

Afstudeerverslag van : N.M.J. Haasnoot
W.G. Schinkelshoek



Vakgroep Waterbouwkunde & Hydrologie

Augustus 1985

DEEL 1

TECHNISCH-ECONOMISCHE OPTIMALISATIE VAN DE ZANDSLUITING VAN
HET KRAMMER TE ZEELAND

Afstudeerverslag van : N.M.J. Haasnoot
W.G. Schinkelshoek

Afstudeerbegeleiders:

Waterbouwkunde & Hydrologie: prof.ir. J.F. Agema
ir. J. Stuip

Civiele Bedrijfskunde: prof. B.M. Polak
ir. T.H.W. Horstmeijer

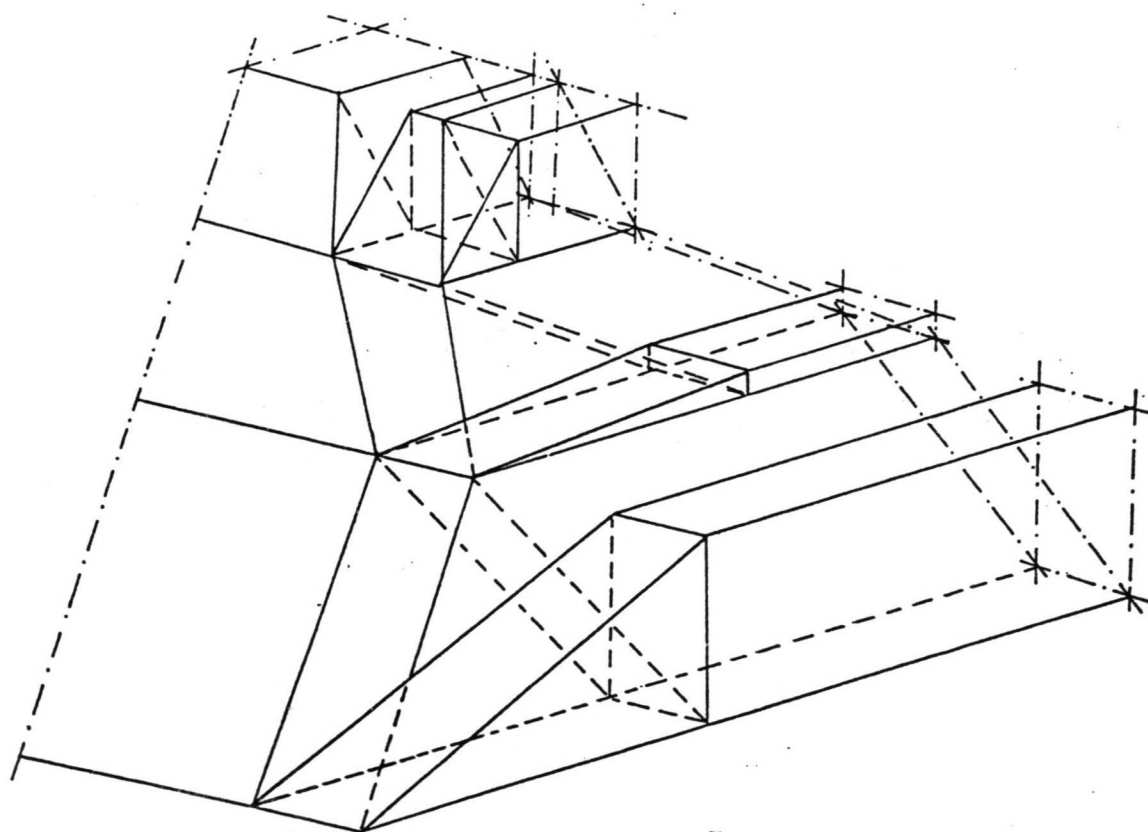
Grondverzet: prof.ir. J. de Koning
ing. J. Brouwer

Vakgroep Waterbouwkunde & Hydrologie

Augustus 1985

DEEL 1

Hoofdstuk 1



INHOUDSOPGAVE

	bldz.
Hoofdstuk 1 De Philipsdam als onderdeel van de Oosterscheldewerken.	- 1
1.1 Besluitvorming m.b.t. de Oosterscheldewerken.	- 1
1.1.1 De veiligheid.	- 1
1.1.2 De kosten.	- 2
1.1.3 Het milieu	- 3
1.2 Compartimenteringswerken.	- 4
1.2.1 Waarom zijn compartimenteringswerken nodig.	- 4
1.2.2 Keuzeaspecten voor verschillende sluitingsmethoden.	- 5
1.2.3 Sluitingsalternatieven.	- 6
1.2.4 Het trace van de Philipsdam.	- 7
1.2.4.1 Aspecten die van belang zijn voor de tracering van de Philipsdam.	- 7
1.2.4.2 Ontwerpparameters voor het tracé.	- 7
1.2.5 Uiteindelijke besluitvorming.	- 10

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk 2	Berekening Zandverlies per getij als functie van het doorstroomprofiel.	- 11
2.1	Inleiding.	- 11
2.2	Uitgangspunten en randvoorwaarden.	- 12
2.2.1	Uitgangspunten van de berekeningen.	- 14
2.2.2	Randvoorwaarden.	- 14
2.3	De Formule van Morra-Kalinske	- 15
2.3.1	Verklaring van de in de formule van Morra-Kalinske gebruikte symbolen.	- 15
2.3.2	De binnen de formule van Morra-Kalin-- ske op te lossen integralen.	- 16
2.3.3	Formule voor de valsnelheid van zand-- deeltjes volgens Rubey en motivatie van het gebruik.	- 18
2.3.4	Aanwezigheid van korrelfrakties in het westelijk wingebied.	- 20
2.3.5	Bepaling van representatieve korrel- diameter.	- 21
2.4	Toelichting bij programma	- 23
2.4.1	De berekening van het zandtransport m.b.v. een tabel.	- 25
2.4.2	Berekening stortlengte in bepaalde sluitfase.	- 28
2.4.3	Bepaling bodemlengte in bepaalde sluitfase.	- 31
2.4.4	Reduktiefaktor.	- 32
2.4.5	Schematiseringen.	- 32
2.5	Hydraulische randvoorwaarden.	- 34
2.5.1	Algemeen.	- 34
2.5.2	Conversietabel.	- 35
2.5.3	Tabellen met hydraulische rand- voorwaarden.	- 37
2.6	Stroomdiagrammen.	- 45
2.6.1	Algemeen stroomdiagram berekening verlies per getij.	- 46
2.6.2	Stroomdiagram bepaling stortlengte	- 47
2.6.3	Stroomdiagram bepaling bodemlengte	- 47
2.6.4	Stroomdiagram voor berekening met subsecties.	- 48
2.6.6.	Verklaring van tekens en symbolen.	- 49
2.7	Listing Verliesprogramma.	- 49
2.8	Invoer.	- 58
2.9	Uitvoer.	- 58
2.9.1	Uitvoer in histogramvorm.	- 60
2.9.2	Uitvoer in grafieken.	- 61
2.9.3	Uitvoer in tabel.	- 66

INHOUDSOPGAVE

bldz.

Hoo+dstuk 3	Bepaling sluitingsduur + totaal- verlies.	- 67
3.1	Werking tijdsduur-verliesprogramma.	- 67
3.1.1	Bepaling van de vooruitgang per tijdseenheid.	- 67
3.1.2	Breedte van de sluitdam.	- 72
3.1.3	Het instellen van de stortkegel.	- 74
3.2	Overgangscriteria.	- 74
3.3	Stroomdiagram tijdsduur-verliespro- gramma.	- 77
3.4	Listing tijdsduur-verliesprogramma.	- 78
3.5	Controle tijdsduur-verliesprogramma.	- 80
3.5.1	Daminhoudtabellen.	- 82
3.5.2	Wingebied Oost	- 83
3.6	Optimalisatie Produktie vs Tijdsduur.	- 84
3.6.1	symbolen in tabel + dimensies.	- 84
3.6.2	Optimalisatieschema.	- 84
3.6.3	Optimalisatietabellen.	- 87
3.6.4	Optimale Waarden.	- 92
3.7	Afwijkingen van ontwerpparameters.	- 94
3.7.1	Optredende storttaluds bij uitge- voerde sluitingen.	- 94
3.8	Opmerkingen.	- 97
3.9	Dwarsprofiel.	- 98

LITERATUURLIJST

Titel	Auteur
Nota Ervaring zandsluitingen	W. Luxemburg.
Ontwerpnota Zandsluiting Krammer	Rijkswaterstaat.
Veldboek voor land en waterbouwkundigen.	diverse.
"Settling velocities of gravel, sand and silt particles" American Journal of Science V25 ,1933	W. Rubey.
Diverse Driemaandelijkse berichten.	Rijkswaterstaat.

GERAADPLEEGDE INSTANTIES.

Rijkswaterstaat Afdeling Deltadienst: Den Haag.
: Bergen op Zoom.

Laboratorium voor Grondmechanika te Delft.

HOOFDSTUK 1: DE PHILIPSDAM ALS ONDERDEEL VAN DE DELTAWERKEN.

1.1 BESLUITVORMING M.B.T. DE OOSTERSCHELDEWERKEN.

Begin jaren 70 was de beslissingsprocedure m.b.t. de Oosterscheldewerken in volle gang.

Diverse alternatieven waren opgesteld ten einde Zeeland een aanvaardbare veiligheid tegen het zeegeweld te garanderen.

De drie belangrijkste alternatieven waren de volgende:

- 1 - In de mond van de Oosterschelde wordt een afsluitbare stormvloedkering gebouwd. De dijken langs het bekken worden plaatselijk enigszins verhoogd. (Alternatief C3)
- 2 - De Oosterschelde wordt afgesloten met een dam volgens het oorspronkelijke Deltaplan. (Alternatief D4)
- 3 - De Oosterschelde blijft open. De dijken langs het bekken worden alle op Deltahoogte gebracht volgens het plan van de Provinciale Watersraat van Zeeland. (Alternatief A3)

De uiteindelijke beslissing was niet eenvoudig, daar behalve veiligheid diverse andere aspecten een grote rol speelden.

De directe en indirecte kosten van het projekt, voor zover kwantificeerbaar, zijn uiteraard ook van groot belang geweest. Onder de indirecte kosten worden bijvoorbeeld verliezen voor de scheepvaart gerekend. Een gebied welk uiteindelijk een beslissende rol heeft gespeeld in de besluitvorming is het milieu.

1.1.1 De veiligheid.

Het begrip veiligheid is zeer betrekkelijk.

Het wordt door de mensen zeer verschillend beleefd.

De mens ziet uiteraard het liefst een absolute veiligheid.

Daar dit onmogelijk is zal de mens pogen een optimale veiligheid te creëren. Deze optimale veiligheid komt voort uit het definiëren van ongewenste gebeurtenissen op het gebied van veiligheid en door hiervan de kans van optreden te bepalen.

Bij genoemde alternatieven is de veiligheid van het gebied rond het Oosterscheldebekken onder andere afhankelijk van de volgende factoren:

- De totale lengte van de verdediging.
- De kwaliteit van de keringen.
- Het aantal bochten in de verdedigingen.
- De aanwezigheid van secundaire keringen.
- De uitvoeringstijd van verbeteringen.

Een korte verdediging met weinig bochten geniet de voorkeur boven een lange kering met veel bochten. Een langere uitvoeringstijd geeft extra risico's, die opgeteld moeten worden bij de risico's van de uiteindelijke oplossing.

Gebleden is dat ten aanzien van genoemde punten de veiligheid van de alternatieven C3 en D4 ongeveer hetzelfde is.

De veiligheid van alternatief A3 komt een faktor 3 lager uit.

1.1.2 De kosten.

De realisatie van de afzonderlijke alternatieven brengt investeringskosten met zich mee.

Hierbij moeten ook de toegevoegde werken, die per alternatief verschillen meegerekend worden.

Onder de toegevoegde werken vallen ook de zogenaamde compartimenteringswerken.

Een onderdeel van deze compartimenteringswerken vormt de Philipsdam, waarvan een ontwerp voor het noordelijke gedeelte als afstudeerontwerp is gekozen.

Uit de kostenramingen bleek dat alternatief C3 het duurst uitkwam gevolgd door A3 resp. D4.

Dat werkelijke kosten en kostenramingen nogal eens uiteenlopen is niemand onbekend.

Investeringskosten zijn natuurlijk niet de enige kosten.

De Oosterscheldewerken hebben ingrijpende invloed op de economie van Zeeland, maar ook op de rest van Nederland.

Sectoren die economisch beïnvloed worden zijn o.a. de visserij, de scheepvaart en de recreatie.

Bij Alternatief D4 zouden behoorlijke nationaal economische verliezen optreden, dit in tegenstelling

tot de Alternatieven C3 en A3, waarbij deze verliezen klein resp. nihil zouden zijn. Er zijn ook nog effecten, die helemaal niet kwantificeerbaar zijn. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan planologische veranderingen, doordat nieuwe verkeersverbindingen ontstaan.

1.1.3 Het Milieu

De beveiliging van Zuid West Nederland kan niet worden bereikt zonder ingrijpende wijzigingen in het milieu op de grens van land en water en in het water zelf.

Grote wijzigingen behoeven echter geenszins een waardevermindering in te houden. Bij alle alternatieven is er naar gestreeft het milieu zo min mogelijk aan te tasten, terwijl bedacht moet worden dat het milieu zich na elke ingreep aan de nieuwe situatie zal aanpassen, zodat er uiteindelijk een nieuw systeem ontstaat met eigen kenmerken.

De beoordeling van de milieuomstandigheden kan gerelateerd worden aan de huidige omstandigheden. Een waardeoordeel over het milieu kan gegeven worden door de soortenrijkdom te beschouwen.

Deze soortenrijkdom is onder meer afhankelijk van de kwaliteit van het water, waarbij te denken valt aan het stikstofgehalte en het zoutgehalte van het water.

Een belangrijk gebied voor het milieu is het intergetydegebied. Afhankelijk van de uiteindelijke keuze zal dit gebied gelijk blijven (A3), gedeeltelijk afnemen (C3), of geheel afnemen (D4). Uit het voorgaande zal blijken dat beslissingen t.a.v. het milieu, die genomen zijn of worden een zeer sterk subjectief karakter hebben.

1.2 COMPARTIMENTERINGSWERKEN

Zoals een ieder bekend zal zijn is gekozen voor Alternatief C3, de afsluitbare stormvloedkering (S.V.K.).

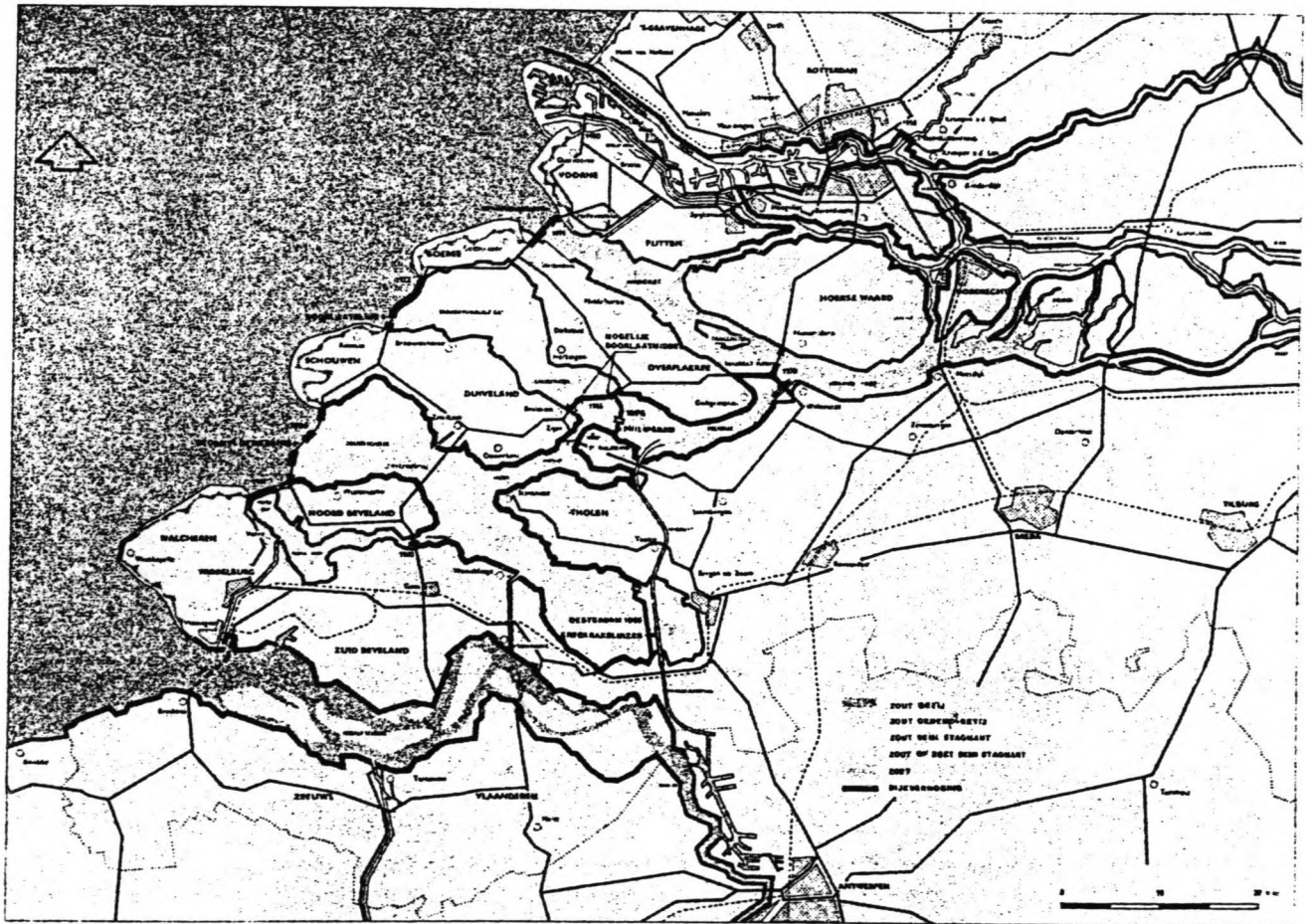
In dit geval is het noodzakelijk dat toegevoegde werken uitgevoerd gaan worden, waaronder de compartimenteringswerken.

Deze compartimenteringswerken bestaan o.a. uit:

- 1 - De Oesterdam.
- 2 - De Philipsdam.
- 3 - De verbetering van het kanaal door Zuid Beveland.

1.2.1 Waarom zijn deze compartimenteringswerken nodig?

- In een traktaat tussen Nederland en België is vastgelegd dat de Schelde-Rijn verbinding in de toekomst getijvrij zal worden.
De compartimenteringswerken sluiten het Schelde-Rijnkanaal af van het Oosterscheldebekken.
- Het Oosterscheldebekken blijft bij Alternatief C3 zout.
D.m.v. compartimentering kan de zoutinfiltratie via de Volkeraksluizen bestreden worden.
Tussen de Volkeraksluizen en de compartimenteringsdammen zal een zoet Zoommeer komen te liggen. Dit Zoommeer heeft aan de Zuidzijde een lozingsmiddel naar de Westerschelde.
- Doordat bij Alternatief C3 de instroomdoorsnede verkleind wordt zal de getijwerking in het bekken gedempt worden, waardoor schorren en platen droog zullen vallen, hetgeen slecht is voor de mossel- en oesterculturen. Door compartimenteringswerken aan te leggen wordt het oppervlak van het Oosterscheldebekken verkleind. Hierdoor zal de getijwerking weer groter worden.
- Door de sluizen in genoemde dammen zullen extra belemmeringen voor de scheepvaart en dus ook voor de economie ontstaan. Verbetering van het kanaal door Zuid Beveland zal dit enigszins kunnen compenseren.



figuur 1.2.1

Situatieschets Zeeland

De beschouwingen zullen verder beperkt worden tot de aan te leggen dammen, de Philipsdam en de Oesterdam.

1.2.2 Keuzeaspecten voor verschillende sluitingsmethoden.

- Milieu: Hierop van invloed zijn onder meer waterstanden, stroomsnelheden en de zoutgehalteverdeling.
De zoutgehalteverdeling is weer afhankelijk van diverse niet te beïnvloeden factoren.
- Visserij.
- Waterhuishouding.
- Planning: Deze is onder meer afhankelijk van de planning van de S.V.K.
- Kosten: De beperking van de kosten is onder meer het doel van het afstudeerontwerp.

De afsluitingen dienen zoals vermeld afgestemd te worden op de gereedkoming van de S.V.K..
Te vroeg gereedkomen van de compartimenteringsdammen zou betekenen dat de stormvloedstanden ten westen van deze dammen onaanvaardbaar hoog zouden worden.
Te laat gereed komen van de compartimenteringsdammen zou een te grote zoutbelasting op het Haringvliet en of een te grote verzoeting in het Oosterscheldebekken veroorzaken.

Er is echter ook een relatie tussen de sluiting van de Oesterdam en de Philipsdam onderling.
Uit onderzoek is gebleken dat de afsluiting van het Krammer met de Philipsdam en die van het Tholense gat met de Oesterdam gelijktijdig dienen te geschieden met dien verstande dat de afsluiting van het Tholense gat iets mag voorlopen op de sluiting van het Krammer.
Deze fasering is nodig om te grote zoetbelasting via de Rijn-Schelde verbinding te voorkomen en om hoge stroomsnelheden op dat kanaal te vermijden.

Rekening houdend met voornoemde punten is tot drie sluitingsalternatieven gekomen.

1.2.3 Sluitingsalternatieven.

Alternatief 1

Sluiting van de Oesterdam met stortsteen en van Philipsdam met betonblokken.

Met de vernauwing van de sluitgaten Krammer en Tholense gat zal bij alternatief 1 worden gewacht tot de getijreduktie als gevolg van de dorpelbalken in de S.V.K. zover is gevorderd, dat de vernauwing zonder grote materiaalverliezen kan plaatsvinden.

Hoe later aangevangen wordt hoe minder tijd, maar hoe groter de profielvernauwing is.

Alternatief 2

Sluiting van de Oesterdam met stortsteen en de Philipsdam met zand. De sluiting van de Oesterdam wordt bij alternatief 2 op dezelfde wijze en op hetzelfde tijdstip uitgevoerd als bij alternatief 1. De sluiting van het Krammer wordt dan echter uitgesteld tot de S.V.K. in de Oosterschelde zover gereed is, dat op de Oosterschelde een gerekt getij ingesteld kan worden met een tweemaal zo lange periode als normaal.

Onder deze omstandigheden kan het Krammer worden afgesloten met zand.

Door tijdige sluiting van de Oesterdam kan worden voorkomen dat het getyverschil van 2.70m te Yerseke wordt overschreden. Men kan met de zandsluiting van het Krammer meteen na gereedkoming van de S.V.K. beginnen of er nog drie, zes of negen maanden mee wachten.

Alternatief 3

Zandsluitingen voor beide sluitgaten.

Bij alternatief 3 worden beide sluitingen uitgesteld tot de S.V.K. zover gereed is dat een gerekt getij met een tweemaal zo lange periode als normaal kan worden ingesteld. Ze worden dan gelijktijdig uitgevoerd om de duur van die periode zo kort mogelijk te houden.

Bij dit alternatief zal het tijverschil van 2.70m te

Yerseke tijdelijk in geringe mate (ongeveer 1 dm) worden onderschreden.

1.2.4 Het trace van de Philipsdam.

In de vorige hoofdstukken zijn de functies van de toekomstige Philipsdam reeds aangegeven.

De dam gaat een scheiding vormen tussen zout getijdegebied en een zoet meer met een vast peil.

De scheepvaart moet de dam kunnen passeren.

Daar waar de Philipsdam is geprojecteerd is thans een onbelemmerde doorgaande vaarroute.

1.2.4.1 Aspecten die van belang zijn voor de tracering van de Philipsdam:

- Waterloopkunde.
- Grondmechanica.
- Uitvoering en kosten.
- Belangen scheepvaart
- Milieu.
- Planologie.

1.2.4.2 Ontwerpparameters voor het trace:

- De aansluiting van de dam aan de noordkant.
- De situering van het sluizencomplex.
- De aansluiting van de dam aan de zuidkant op St. Philipsland.

De aansluiting van de Philipsdam aan de noordkant heeft als uitgangspunt dat deze op de Grevelingendam moet plaatsvinden.

De raad van de Waterstaat had namelijk de eis geformuleerd dat de mogelijkheid open diende te blijven zowel om het Grevelingenmeer zout te houden als om het zoet te maken.

Waar moet die aansluiting op de Grevelingendam komen?

Naarmate de aansluiting oostelijker op de Grevelingendam zal komen te liggen zal het trace langer worden, maar zal het milieu meer gespaard blijven.



Als de aansluiting ten oosten van van de Grevelingendam zou komen (Overflakkee) zouden nieuwe aanvoerwegen aangelegd moeten worden en wat gezien genoemde eis belangrijker is, van het Grevelingenmeer zal in dat geval geen zoetwaterbekken gemaakt kunnen worden.

Een aansluiting ten westen van Oude Tonge is niet mogelijk omdat daar eventueel een doorlaatwerk moet komen in de Grevelingendam, nodig voor de doorspoeling van een zout Grevelingenmeer.

Aansluiting op de plaat van Oude Tonge is ongewenst, omdat de verkeerskruising Philipsdam-Grevelingendam ongelijkvloers moet worden, hetgeen een deel van de aan de Grevelingenzijde reeds ingerichte recreatieterreinen aan zou tasten.

Voor de aansluiting blijft nu het gebied 700m direkt noordoostelijk van de voormalige Oostkophaven over. Een ongelijkvloerse kruising is hier mogelijk en de plaat van Oude Tonge zal onaangetast blijven, omdat deze binnen de getijzone blijft.

Voor de Philipsdam zijn vier lokaties mogelijk nl.

- 1- Plaat van de Vliet.
- 2- Slaak West.
- 3- Slaak Midden.
- 4- Slaak Oost.

In combinatie met de zuidelijke aansluiting aan St. Philipsland zullen de lokaties bekeken worden.

Waterloopkundig bestaat er een voorkeur voor de varianten 'Plaat van de Vliet' en 'Slaak Oost' boven 'Slaak West' en 'Slaak Midden'.

De optredende stroomsnelheden zullen bij deze laatste twee varianten een groter probleem vormen.

Met die stroomsnelheden zal in ieder geval terdege rekening gehouden moeten worden, daar het gebied sterk morfologisch gevoelig is.

De twee uit te voeren sluitingen (Slaak en Krammer) zullen vlak na elkaar uitgevoerd moeten worden om de stroomsnelheden en de morfologische veranderingen in het Krammer beperkt te houden.

Grondmechanisch heeft men voorkeur voor een oostelijke aansluiting op St. Philipsland. Bij de varianten 'Slaak West' en 'Slaak Midden' is de stabiliteit van de dam over de schorren niet zonder meer verzekerd.

Een ander grondmechanisch aspect betreft de bemaling van diepe bouwputten indien de sluizen in het Slaak gesitueerd zullen worden. Hierdoor zal een grondwaterstandsverlaging in St. Philipsland op kunnen treden. Aldaar kunnen dan zettingsproblemen ontstaan.

Scheepvaartkundig komt de variant 'Plaat van de Vliet' het gunstigst naar voren.

Bij deze variant wordt namelijk een goede overzichtelijke aansluiting op het Zijpe verkregen. Vermeld kan nog worden dat de situering van een jachtensluis bij voorkeur ten noorden van de duwvaartsluizen gesitueerd zal worden.

De waterhuishouding heeft als overwegend belang bij de compartimenteringswerken, dat zij een zo goed mogelijke scheiding teweeg moet brengen tussen het zoete en het zoute milieu.

De zoutbelasting die de sluizen in de Philipsdam op het toekomstige Zoommeer zullen uitoefenen, bepaalt voor een belangrijk hoe zoet men dit meer kan krijgen. De varianten in het Slaak genieten wat dit betreft licht de voorkeur.

De zoetwatervoorziening op St. Philipsland is gebaat bij een zo westelijk mogelijke aansluiting van de Philipsdam op dit eiland. De inlaatmogelijkheden voor zoetwater zijn dan immers het grootst.

Wat de milieuaspekten betreft is een zo oostelijk mogelijke tracering van belang.

In dat geval blijft het intergetijdegebied zo groot mogelijk. Hierdoor zullen zo veel mogelijk schorren en slikken gespaard blijven.

De varianten 'Plaat van de Vliet' en 'Slaak Oost' komen nu het meest in aanmerking.

Planologie.

De verbinding over de Philipsdam zal vooral een functie kunnen vervullen voor het regionale en het

recreatieve verkeer.

Een oostelijke aansluiting verdient de voorkeur met het oog op de huidige infrastructuur.

Koelwatervoorziening.

In het ontwerpstructuurschema Elektriciteitsvoorziening komt een elektrische centrale voor bij St.

Philipsland. Deze centrale zou een koelwatercircuit rondom St. Philipsland verkrijgen.

Een zo oostelijk mogelijke aansluiting van de dam op het eiland zal de minste beperkingen opleveren, daar de benodigde extra doorsnijding van St. Philipsland dan zo dicht als mogelijk bij de Schelde-Rijn verbinding komt te liggen.

Kosten.

Uit globale kostenramingen is gebleken dat de kostenverschillen tussen de varianten niet essentieel is. Een westelijke aansluiting op St. Philipsland is iets goedkoper vanwege een iets kortere lengte van de dam.

1.2.5 Uiteindelijke besluitvorming.

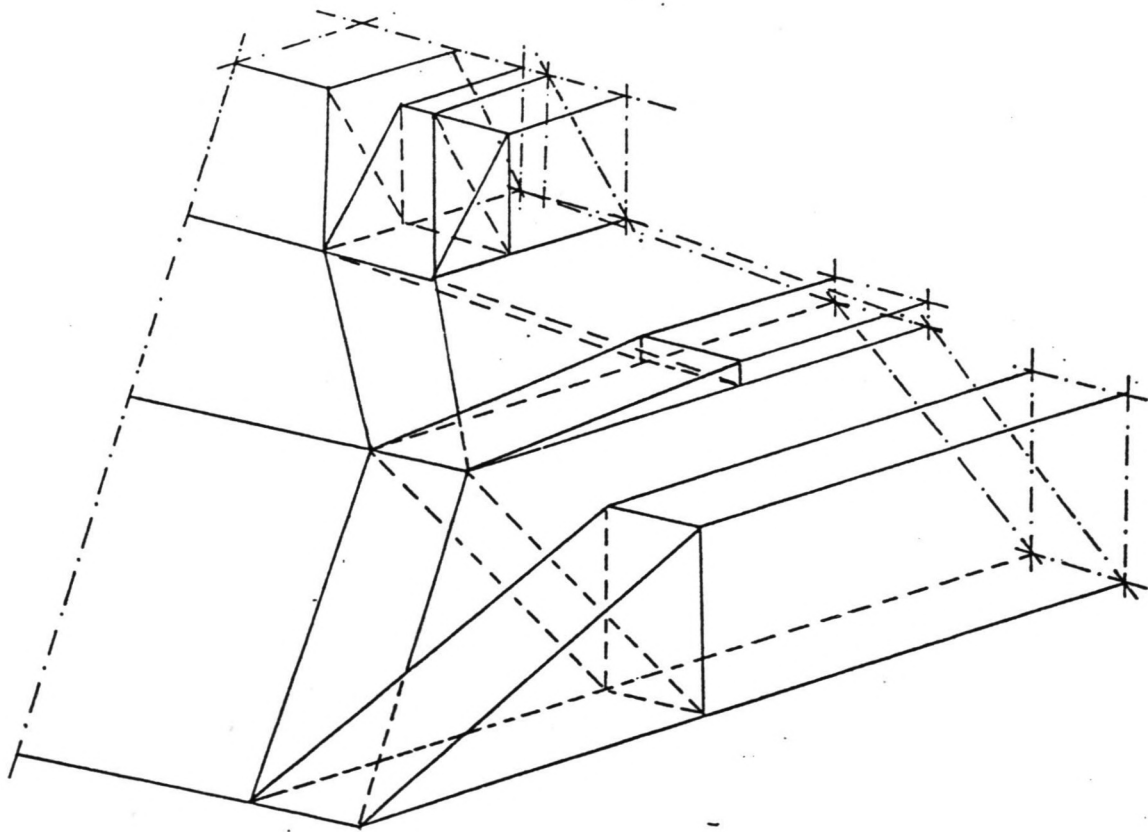
Genoemde overwegingen hebben er toe geleid dat de sluizen op de Plaat van de Vliet gelokaliseerd zijn. De bouw hiervan is inmiddels voltooid.

De zuidelijke aansluiting zal zo oostelijk mogelijk komen te liggen n.l. vlak ten westen van de Slikken van de Heen.

De noordelijke aansluiting zal op ongeveer 250m ten oosten van de plaat van Oude Tonge komen te liggen. Als sluitingsalternatief zal gekozen worden voor alternatief 2 of alternatief 3.

DEEL 1

Hoofdstuk 2



HOOFDSTUK 2: BEREKENING ZANDVERLIES PER GETIJ ALS FUNKTIE VAN HET DOORSTROOMPROFIEL.

2.1 INLEIDING

Om tot een optimaal ontwerp van een zandsluitingsdam te komen dient men de zandverliezen die op diverse plaatsen binnen het sluitgat per getij optreden te weten.

Wanneer dit voor verschillende getijcoëfficiënten gedaan is kan met behulp van een aantal ontwerpgrootheden een sluitdamprofiel gemaakt worden.

Als ontwerpgrootheden dienen zich o.a. aan:

- De korreldiameter van het toe te passen zand.
- De zandproduktie en de hieraan verbonden kruinbreedte van de sluitdam.

De taludhellingen zijn op zich geen bekende ontwerpgrootheden.

Zij treden op bij bepaalde korreldiameters en hydraulische omstandigheden.

Om tot een goed ontwerp te komen is het daarom verstandig om verschillende taluds in dat ontwerp te bekijken. Ervaringen met zandsluitingen in het verleden kunnen indicatief zijn.

Bedacht moet wel worden het feit dat bij het Krammer grote watersnelheden op zullen treden in combinatie met een grote waterdiepte, een combinatie die op deze schaal in het verleden nog niet is voorgekomen.

2.2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

De sluiting van het Krammer kan alleen gerealiseerd worden indien gebruik gemaakt kan worden van de stormvloedkering. (S.V.K.)

Indien de dorpelbalken van deze kering geplaatst zijn zal de getijwerking in het Oosterscheldebekken gereduceerd worden.

In de beginfase van de zandsluiting zal gewerkt worden onder deze omstandigheden, waarbij m.b.v. de stormvloedkering een gemiddelde situatie gehandhaafd kan worden, het zogenaamde gemiddelde getij.

Bij dit gemiddelde getij zullen in gevorderde stadia van de sluiting te ongunstige hydraulische omstandigheden in het sluitgat ontstaan.

Dan zal gemanipuleerd moeten worden met de S.V.K.. Onderscheiden kunnen worden diverse scenario's voor het beheer van de S.V.K., die leiden tot verschillende hydraulische omstandigheden in het Krammer.

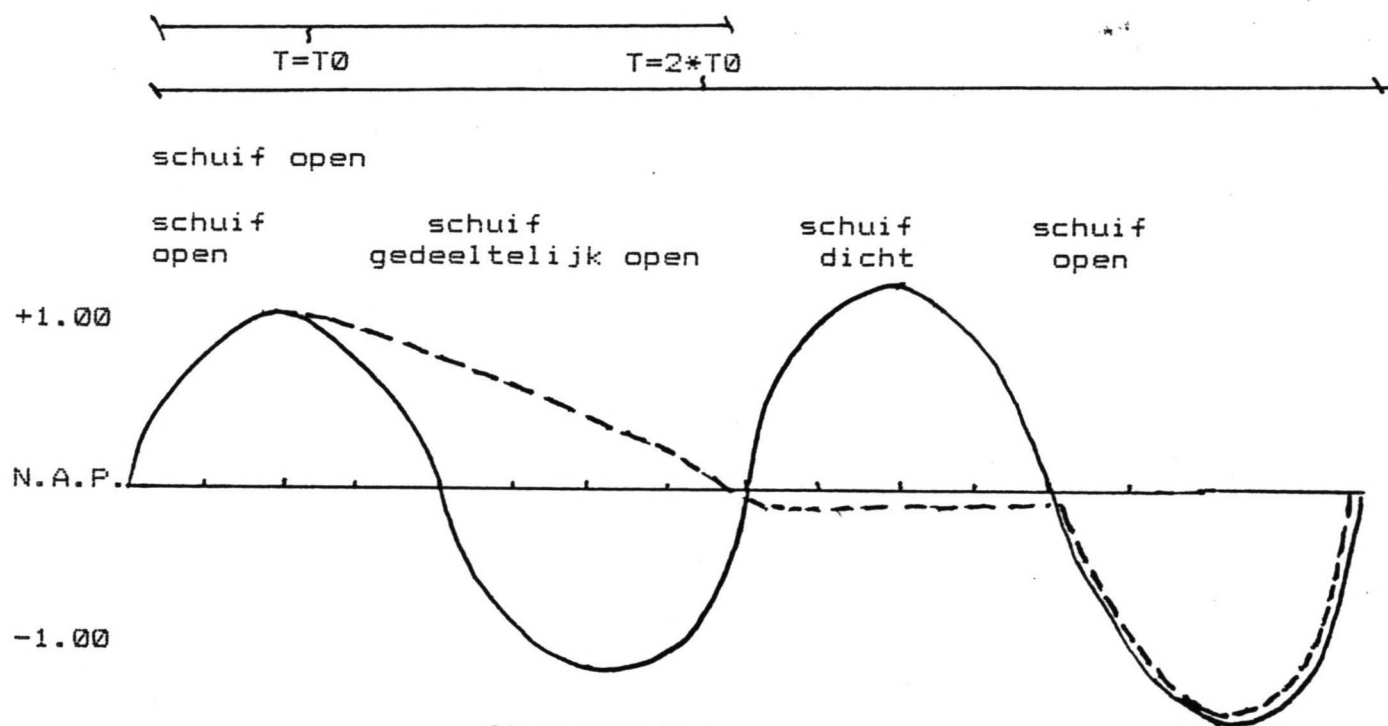
Daarbij gaat het om:

- a - Het verlengen van de getijperiode ("rekken") tot bijvoorbeeld een periode van 2 a 3 T₀.
- b - Het dempen van het getij ("knijpen") tot kleinere amplituden, met als extreme situatie de geheel gesloten S.V.K..
- c - Combinatie van a en b ("het knijpen van het gerekte getij").
- d - Een eenzijdig getij, waarbij het water in het Oosterscheldebekken in beweging wordt gehouden, maar waarbij de waterstandsvariaties en daardoor de vervallen over het sluitgat relatief klein blijven.

Bij de volgende berekening is gebruik gemaakt van de scenario's a en c.

Hoe lang gebruik gemaakt gaat worden van deze scenario's is afhankelijk van de criteria die gelden bij het overstappen op een ander scenario. zie hiervoor hoofdstuk 3.2.

De hydraulische randvoorwaarden behorend bij bovengenoemde getijden zijn betrokken bij de R.W.S. Deze randvoorwaarden zijn bepaald met het fysisch model M1000 en met het eendimensionale mathematische model IMPLIC.



figuur 2.2.1
gerekt getij $2*T_0$

Indien er ook nog geknepen wordt, zal de amplitude kleiner worden.

2.2.2 Uitgangspunten van de berekeningen.

- de sluiting geschiedt horizontaal, d.w.z. van de oever af wordt het sluitgat steeds nauwer gemaakt.
- De sluiting zal van noord naar zuid geschieden, Dit vanwege het feit dat aan de zuidkant een ondiep gedeelte aanwezig is, waardoor in de beslissende sluitfasen een korte stortlengte aanwezig is.
- Zandverliezen volgens Morra-Kalinske.
- De valsnelheid volgens Rubey, geschematiseerd tot $w=100 \cdot \text{korreldiameter}$.
- De hellingen van het damprofiel worden geschat op:
 - 1:15 onder de getijzone.
 - 1:40 in de getijzone.
 - 1:5 boven de getijzone.
- De breedte van de sluitdam is een funktie van het aantal zuigers. $\text{Breedte} = 40 + (\text{aantal zuigers} - 1) \cdot 15$.
- De kruin van de sluitdam ligt op N.A.P. +2.5m.
- Snelheden en waterhoogten uit IMPLIC en M1000.
- De gemiddelde korreldiameter=210u, de representatieve korreldiameter=195u.
- Korreldiameters in wingebied Oost zijn gelijk aan die in wingebied West.
- Eerst wordt een gemiddeld getij geïnduceerd. Aan de hand van overgangscriterium I wordt overgeschakeld op een gerekt getij met $T=2T_0$. Aan de hand van overgangscriterium II wordt overgeschakeld op een gerekt en geknepen getij. Overgangscriterium I: $T_{\text{ger.}} + T_{\text{ger.gekn.}} = 12$ dagen. Overgangscriterium II: $v_{\text{max}} = 3 \text{ m/s}$.
- De bodemverliezen zullen aangevuld worden door het zand dat over het stort aangevoerd wordt. Echter zal het gedeelte zonder bodembescherming in de laatste sluitfasen ongeveer 1.5m gedaald zijn.

2.2.2 Randvoorwaarden.

- Aan de zuidkant is een puinstort aanwezig om de oever te verdedigen.
- Van de noordkant af is een bodembescherming aanwezig van ca 700m.

2.3 DE FORMULE VAN MORRA-KALINSKE.

Voor de berekening van de zandverliezen zal de formule van Morra-Kalinske voor suspensietransport gebruikt worden.

Bij deze formule wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde evenwichtsvertikaal.

Deze evenwichtsvertikaal ontstaat doordat zich bij uniforme stationaire stroming over een zandbodem van constante samenstelling een evenwicht instelt.

De zandconcentratie als functie van de afstand boven de bodem varieert dan, maar is op iedere plaats en op ieder tijdstip constant.

Indien de verticale component van turbulentie groter is dan de valsnelheid zal dat deeltje opgenomen worden.

Door voor verschillende frakties zand met een karakteristieke valsnelheid het oplichtcriterium te bekijken komen Morra en Kalinske tot de formule die op de volgende bladzijde gegeven is, waarbij bedacht moet worden dat zandtransport het produkt van snelheid en concentratie is.

2.3.1 Verklaring van de in de formule van Morra-Kalinske gebruikte symbolen.

M_i = Zandtransport geïntegreerd over de hoogte per fractie en per eenheid van tijd en breedte.

$v = Q/A$

w_i = Karakteristieke valsnelheid.

C = Chezy weerstandcoëfficiënt.

P_i = Percentage zand met valsnelheid w_i .

z = Variabele diepte.

h = Waterdiepte.

$$M_i = \int_0^h \left[\frac{3g}{\sqrt{\pi}} \left[\frac{\sqrt{g \cdot v} \cdot \exp \left[\frac{136 \cdot w_i \cdot C}{\sqrt{g \cdot v}} \right]}{0.272 w_i} - \frac{\sqrt{\pi}}{2} \right]^2 - \frac{\sqrt{\pi}}{2} + \int_0^{\xi^2} \exp^{-\xi^2} d\xi \right] \cdot \pi \cdot \exp \left[\frac{w_i \cdot C \cdot z \cdot 15}{\sqrt{g \cdot v} \cdot h} \right] \cdot \frac{6}{5} \left[\frac{z}{h} \right]^{1/5} \cdot \bar{v} \, dz$$

MORRA-KALINSKE

2.3.2 De binnen de formule van Morra-Kalinske op te lossen integralen.

$$\begin{aligned}
 \text{I} & \int_0^{\frac{1.36 \cdot w_i \cdot C}{\sqrt{g} \cdot \bar{v}}} \exp^{-\xi^2} d\xi \\
 \text{II} & \int_0^h A^* \exp\left[\frac{w_i \cdot z \cdot C \cdot 15}{\sqrt{g} \cdot \bar{v}}\right] \times \frac{6}{5} \frac{z^{1/5}}{h} \cdot \bar{v} \cdot dz
 \end{aligned}$$

* zie formule van Morra-Kalinske.

Deze integralen zijn niet analytisch op te lossen en zullen daarom numeriek opgelost worden.

Voor een onderwaarde van de integratieconstanten wordt de integraal uitgerekend en vermenigvuldigd met een gekozen stapgrootte. Vervolgens wordt dit voor volgende stappen gedaan, totdat de bovenwaarde van de integratieconstanten is bereikt.

In een algoritme kan dit er als volgt uitzien:

Voor integraal I: $Y_{tot}=0$

voor = 0 tot $1.36 \cdot w_i \cdot C / \sqrt{g} \cdot \bar{v}^{1/2}$

stap x

$Y = e^{1-\xi^2}$

$Y_{tot} = Y_{tot} + Y$

Voor integraal II kan een zelfde algoritme opgesteld worden.

Op deze wijze kunnen de integralen in het computerprogramma verwerkt worden.

De meest ideale situatie ontstaat, indien zeer kleine stapgrootten genomen worden.

Het verkleinen van de stapgrootten resulteert echter in het groter worden van de rekentijd van de computer (in dit geval een Commodore 64K).

Het werken met de methode Morra Kalinske en met de toegepaste schematiseringen impliceert een aanzienlijke onnauwkeurigheid, waarvan de grootte onbekend is.

Een relatieve onnauwkeurigheid bij de berekening v/d integralen zal het totaalbeeld geen onrecht aan doen.

Na een analyse m.b.v. de computer bleken voor integraal I en integraal II stapgrootten van (integratieconstante/100) resp. .4 de maximaal haalbaren.

Het uitrekenen van beide integralen kost per keer gemiddeld ongeveer 25 seconden.

Voor bijvoorbeeld het stortverlies bij gerekt gety resulteert dit tot de volgende rekentijden.

24 tijdstappen	
10 subsecties	$24 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 25 = 48000s = 13.3h$
8 plaatsstappen	

x zandfrakties resulteren in $x \cdot 13.3$ uur rekentijd.

Dit is voor praktische toepassingen onaanvaardbaar lang.

Een snellere methode is gebaseerd op het gebruik van een tabel. Zie hiervoor hoofdstuk 2.4.1.

2.3.3 Formule voor de valsnelheid van zanddeeltjes volgens Rubey en motivatie van het gebruik.

Bepaling van het zandverlies geschiedt in dit geval met de formule van Morra-Kalinske. In deze formule is een van de onbekenden de valsnelheid. De bepaling van de valsnelheid vraagt nadere uitleg.

Gebruik wordt gemaakt van de formule van Rubey, welke voor drie gebieden bepaald is. De grenzen van deze gebieden zijn afhankelijk van het getal van Reynolds

Gebied 1: $Re \leq 1$

Gebied 2: $1 \leq Re \leq 150$

Gebied 3: $Re \geq 150$

$$Re = v \cdot r \cdot \rho_f / \eta$$

waarin v = De watersnelheid.

r = De korrelstraal.

ρ_f = De soortelijke massa van vloeistof.

η = De dynamische viscositeit van de vloeistof.

Gebied 1: Hierin wordt gebruik gemaakt van de formule van Stokes (wel wrijving, geen traagheid).

Effektieve gewicht van de

korrel in de vloeistof: $\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (\rho_p - \rho_f) \cdot g$

visceuze weerstand: $6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v$

Formule van Stokes voor de valsnelheid van een korrel in een vloeistof:

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot \frac{(\rho_p - \rho_f) \cdot r^2}{\eta}$$

waarin: v = valsnelheid van korrel.

r = straal van deeltje.

ρ_p = soortelijke massa van deeltje.

ρ_f = soortelijke massa van vloeistof.

η = dynamische viscositeit van deeltje.

γ = kinematische viscositeit van vloeistof.

g = zwaartekrachtsversnelling.

De bovengrens van gebied 1 kan bepaald worden door $Re = 1$ in deze formule in te vullen; (eliminatie van v , waarna r bepaald kan worden. (De ondergrens is $D=0$)

$$Re \leq 1 \quad r \leq 70 \quad \text{ofwel } D \leq 140$$

Gebied 2: Hierin wordt gebruik gemaakt van een combinatie van de twee voorgaande formules.

Effektieve gewicht van de korrel in de vloeistof: $\frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot g \cdot (\rho_p - \rho_f)$

Visceuze weerstand: $6 \cdot r \cdot v \cdot \eta \cdot v^2$

Impact of fluid: $r^2 \cdot v^2 \cdot \pi \cdot \rho_f$

$$v = \frac{(4/3 \cdot g \cdot \rho_f (\rho_p - \rho_f) + g \cdot \eta^2)^{1.5} - 3 \eta}{\rho_p \cdot r}$$

De ondergrens voor deze formule is $D \geq 140$

De bovengrens voor deze formule is $D \leq 2160$

Gebied 3: Hierin wordt gebruik gemaakt van de Impact Formula. (geen wrijving, wel traagheid)

Effektieve gewicht van de korrel in de vloeistof: $\frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot g \cdot \pi \cdot (\rho_p - \rho_f)$

Momentum van water: $r^2 \cdot v^2 \cdot \pi \cdot \rho_f$

Impact Formula: $v = (4/3 \cdot g \cdot r \cdot \pi)^{1/2} \quad v = \frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_f}$

De ondergrens van gebied 3 kan bepaald worden door $Re=150$ in deze formule in te vullen.

$$Re \geq 150 \text{ dan is } r \geq 1080, \text{ ofwel } D \geq 2160$$

Dimensies:

- r - cm
- ρ - g/cm³
- v - cm/s
- g - cm/s
- η - cm/(cm*s)

IN HET ONTWERP WORDT TOEGEPAST $V = 100 \cdot D$

2.3.4 Aanwezigheid van korrelfrakties in het westelijk wingebied.

Diameter (μm)	Hoeveelheid ($\text{m}^3 \cdot 10^6$)	%
50	-	-
60	-	-
70	.3	1.22
80	.06	.24
90	-	-
100	-	-
110	-	-
120	.28	1.14
130	.30	1.22
140	.20	.81
150	2.44	.92
160	1.26	5.12
170	.26	1.06
180	1.86	7.56
190	.80	3.25
200	3.44	13.98
210	1.46	5.93
220	3.18	12.93
230	1.64	6.67
240	3.08	12.52
250	2.06	8.37
260	.54	2.20
270	1.44	5.85
280	-	-
290	-	-
300	-	-
	24.6*10 ⁶	99.99%

Gewogen gemiddelde: $D_{50} = 206.5 \mu\text{m}$.

tabel 2.3.1



2.3.5 Bepaling van representatieve korreldiameter.

Uit grafiek 2.3.1 blijkt dat de representatieve korreldiameter 195 μ m is.

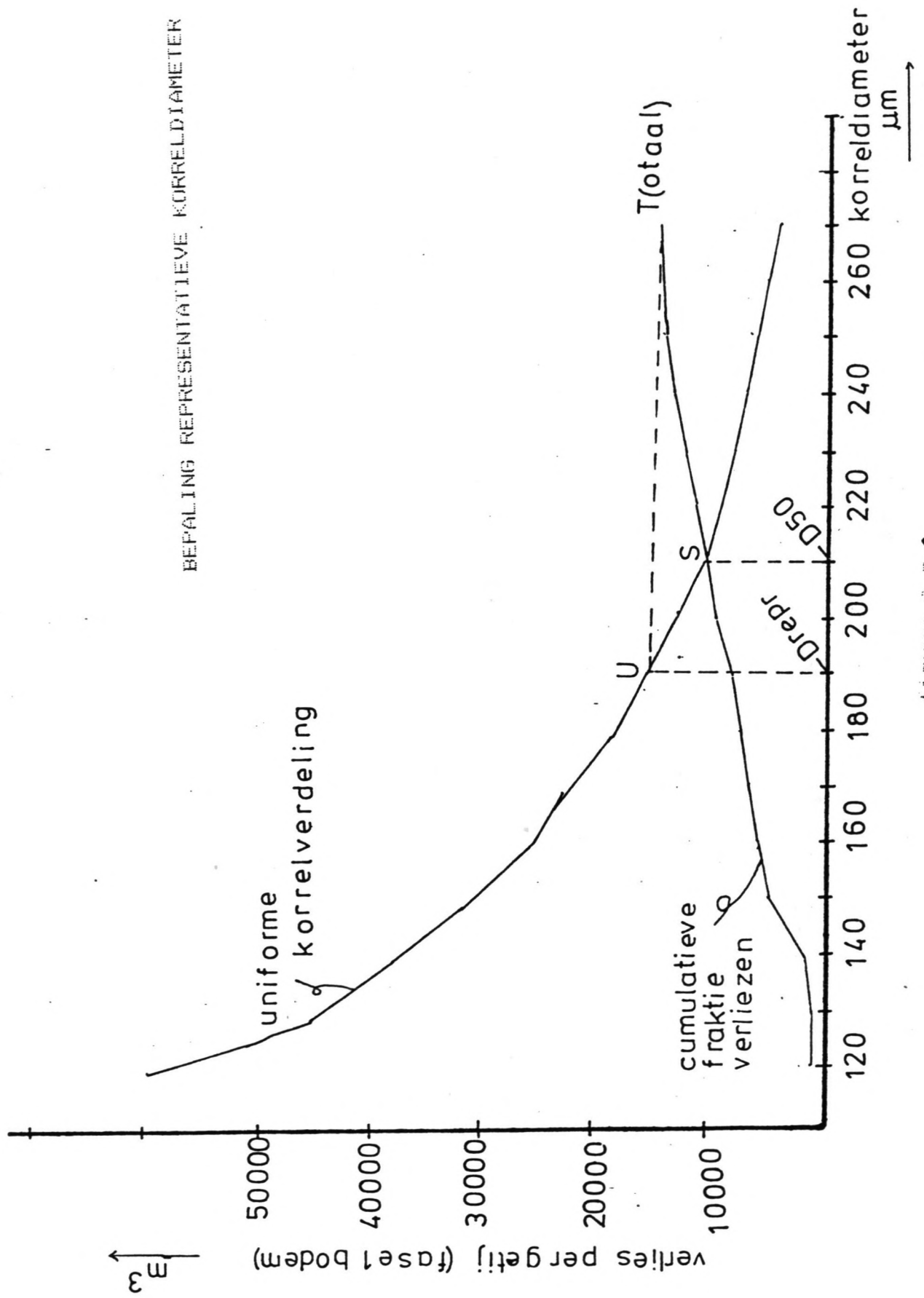
De gemiddelde korreldiameter in het wingebied ten westen van de sluitdam is 210 μ m.

Punt T in de grafiek representeert het totaalverlies. Dit is de gesommeerde waarde van alle fraktieverliezen.

In de zandverliesberekeningen wordt met één korreldiameter gewerkt. Wanneer hiervoor de gemiddelde korreldiameter wordt gebruikt blijkt dat de verliezen te laag uitkomen, hetgeen in de grafiek tot uiting komt in de lagere ligging van S t.o.v. T. Wordt echter gewerkt met een korreldiameter van 195 μ m dan worden de verliezen weergegeven door het punt U, welk op dezelfde hoogte ligt als het punt T. Het zandmengsel zoals dat op het stort aanwezig zal zijn zal echter een andere verhouding van de zanddiameters hebben dan zoals dat in het wingebied voorkomt, toch zal rekenen met een waarde van 195 μ m een betrouwbaarder resultaat geven dan rekenen met de gemiddelde diameter.

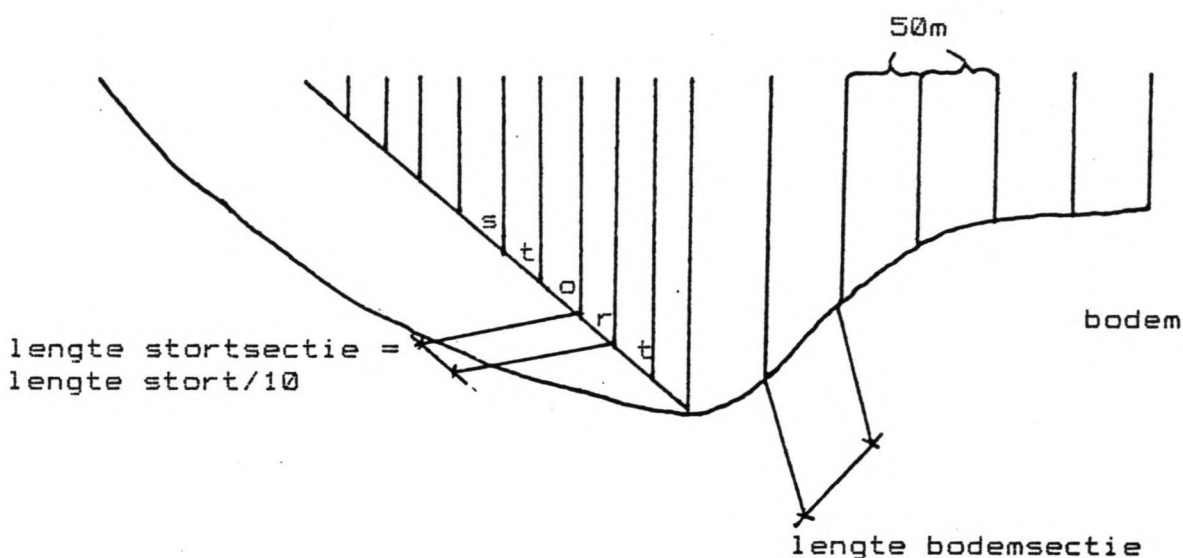
In de later uitgevoerde simulatie van de sluiting zal de diameter in de tijd gevarieerd worden, waarmee bovenstaand probleem omzeild wordt.

BEPALING REPRESENTATIEVE KORRELDIAMETER



figuur 2.3.1

2.4 TOELICHTING BIJ PROGRAMMA.



figuur 2.4.1
Onderverdeling in subsecties.

Om het totale zandtransport te kunnen bepalen, is het profiel in subsecties onderverdeeld.

De bodemsecties hebben in horizontale richting een lengte van 50m.

De stortsecties hebben een variabele lengte, n.l. de lengte van het stort gedeeld door 10.

De nauwkeurigheid blijkt na ijking voldoende te zijn.

T.o.v. een 10 maal fijnere verdeling is er een afwijking van ongeveer 3%.

Met de formule van morra-Kalinske is de zandtransportcapaciteit bepaald.

De werkelijk optredende verliezen verschillen van deze transportcapaciteit, daar in en om het sluitgat versnellingen en vertragingen op zullen treden,

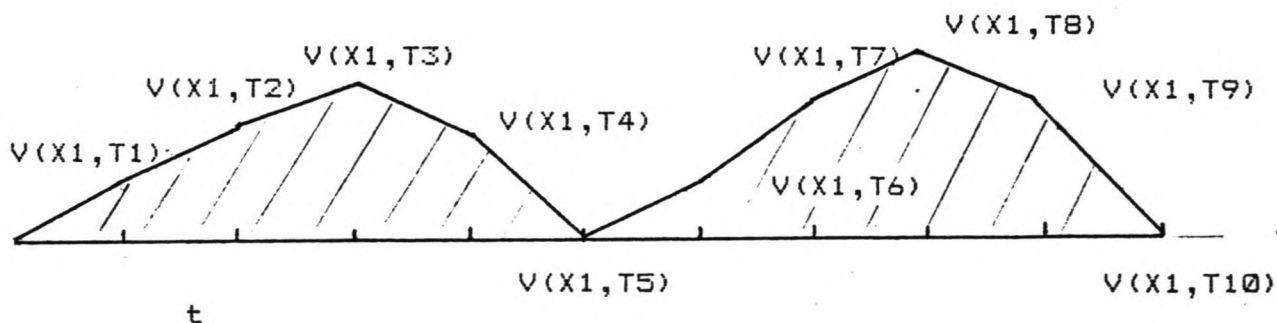
waardoor de evenwichtsvertikaal van het zandgehalte niet direkt aangepast zal zijn. Voor de stortverliezen wordt de zandtransportcapaciteit met een faktor 2 vermenigvuldigd en voor de bodemverliezen met een faktor .25.

Voor een bepaalde fase van de sluiting, die gedefinieerd wordt door de positie van het stort ter hoogte van N.A.P. is nu het verlies in kubieke meters per uur per strekkende meter bekend.

Door deze waarde te vermenigvuldigen met de bodem- of stortlengte van een subsectie wordt het verlies in m³ per uur verkregen (V_{X1}, T_j).

Het verlies per getij wordt nu bepaald door per subsectie de waarde $V(X_1, T_j)$ voor een vastgesteld aantal tijdstappen per getij uit te rekenen, te sommeren en te vermenigvuldigen met de grootte van de tijdstap (t) en vervolgens de waarden van de subsecties te sommeren.

In onderstaande figuur wordt dit verlies per getij voor een fase weergegeven door het gearceerde deel. De dimensie is kubieke meters.



$$V_{X1} = \sum_{j=1}^n V(X_1, T_j)$$

figuur 2.4.2
Verlies per getij.

Nadat op deze manier voor een fase het verlies per getij is berekend, stapt het computerprogramma over naar de volgende fase.

2.4.1 De berekening van het zandtransport m.b.v. een tabel.

Literatuur: Nota DDWT 84011 R.W.S.

Ten koste van enige flexibiliteit en door van te voren waarden te kiezen voor een aantal parameters blijkt het mogelijk de transportformule van Morra-Kalinske te tabelleren. De transportformule kan namelijk zo gemodificeerd worden dat deze slechts een functie van w/v^* wordt.

Voor het zandtransport kan geschreven worden:

$$S = v \cdot h \cdot S_0$$

$$S_0 = S_0(w/v^*)$$

S_0 kan berekend en getabelleerd worden als functie van de parameter w/v^* .

Rest het probleem voor welke waarden van w/v^* de waarde van S_0 moet worden berekend, m.a.w. wat is het bereik van de tabel en wat is de stapgrootte waarmee de tabel doorlopen wordt?

2.4.1.1 Het bereik van de tabel.

Theoretisch ligt het bereik van de tabel tussen 0 en oneindig.

$$0 < w/v^* < \text{indef.}$$

immers, voor de valsnelheid geldt: $v^* = v \cdot (g \cdot 1.5) / C$,
zodat $w/v^* = 100 \cdot D_{50} \cdot C / (v \cdot g \cdot 1.5)$.

$$v = 0 \text{ dan } w/v^* = \text{indef.}$$

$$h = 0 \text{ dan } C = h \cdot 1/6/n = 0 \text{ dan } w/v^* = 0.$$

Praktisch gesproken blijkt het bereik een stuk kleiner te zijn. Stel daartoe

$$50 \cdot 10^{-6} < D_{50} < 500 \cdot 10^{-6}$$

$$10 < C < 70$$

Na substitutie blijkt

$$(w/v^*)_{\min} = 10^{-4} \cdot 50 \cdot 10 / (g \cdot 1.5 \cdot 3)$$

$$(w/v^*)_{\max} = 10^{-4} \cdot 500 \cdot 70 / (g \cdot 1.5 \cdot 10^{-2})$$

In de praktijk blijkt dat het zandtransport verwaarloosd mag worden als $w/v^* > 1$.

Praktisch gesproken geldt dus:

$$5 \cdot 10^{-3} < w/v^* < 1$$

2.4.1.2 De stapgrootte van de tabel

Met welke stapgrootte moet het bereik van de tabel doorlopen worden?

Aangezien het geen zin heeft de stapgrootte kleiner te kiezen dan de nauwkeurigheid waarmee de waarde van w/v^* kan worden berekend, kan de volgende eis gesteld worden aan deze stapgrootte:

" De stapgrootte waarmee de parameter w/v^* zijn bereik doorloopt moet tenminste gelijk zijn aan de absolute fout waarmee de waarde van w/v^* is behept "

Uit de hierne volgende afleiding blijkt dat deze absolute fout sterk afhankelijk is van de waarde van w/v^* zelf. Indien gewenst wordt de tabel met een equidistante stapgrootte te doorlopen, dan kan de eerder gestelde eis aangescherpt worden tot:

" De stapgrootte moet tenminste gelijk zijn aan de minimale waarde van de absolute fout van w/v^* "

De absolute fout Δ is:

$$\begin{aligned} (w/v^*) &= (100 \cdot D_{50} \cdot C) / (g \cdot 1.5 \cdot v) = \\ &= \left(\bar{M} \bar{M}_g \right) \Delta(100 D_{50} C) + 100 D_{50} C \Delta(g \cdot 1.5 v) / (\bar{M} \bar{M}_g \cdot 12g) \\ &= \left(\bar{M} \bar{M}_g \right) \left(\Delta(100 D_{50}) |C| + 100 \Delta D_{50} |C| + \right. \\ &\quad \left. (100 D_{50} |C| (\Delta |g \cdot 1.5| \bar{M} + \Delta \bar{M} |g \cdot 1.5|)) / (\bar{M} \bar{M}_g \cdot 12g) \right) \\ &= (\bar{M} \bar{M}_g \cdot g \cdot 1.5 (100 C \Delta D_{50} + 100 D_{50} \Delta C) + 100 D_{50} C \cdot \\ &\quad (g \cdot 1.5 \Delta \bar{M})) / (\bar{M} \bar{M}_g \cdot 12g) \\ &= (100 g \cdot 1.5 \bar{M} (C \Delta D_{50} + D_{50} \Delta C) + 100 g \cdot 1.5 C \Delta \bar{M}) / \\ &\quad (\bar{M} \bar{M}_g \cdot 12g) \\ &= 100 g \cdot 1.5 \bar{M} \cdot 10^{-1} (C \Delta D_{50} + D_{50} \Delta C + D_{50} C \delta \bar{M}) \end{aligned}$$

Deze uitdrukking voor de absolute fout is minimaal als de teller minimaal is en de noemer maximaal. Daartoe worden de volgende waarden voor de absolute waarde en de gemiddelde korreldiameter gekozen:
 $|\vec{v}| = 3 \text{ m/s}$; $C = 10 \text{ m}^2/\text{s}$; $D50 = 50 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

Voor de absolute fout wordt gekozen:

$$D50 = 5 \cdot 10^{-6}; \quad \Delta \vec{v} = 5 \cdot 10^{-2}; \quad C=1$$

De relatieve fout in de snelheid is:

$$\delta(|\vec{v}|) = \Delta \vec{v} / \vec{v} = 5/3 \cdot 10^{-2}$$

Gemakshalve wordt $g_{1.5} = 3$ gesteld.

Substitutie:

$$\Delta(w/v^*) = 100/9 \cdot (50 \cdot 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-6} + 50 \cdot 10^{-6} \cdot 5/3 \cdot 10^{-2}) - 12 \cdot 10^{-4}.$$

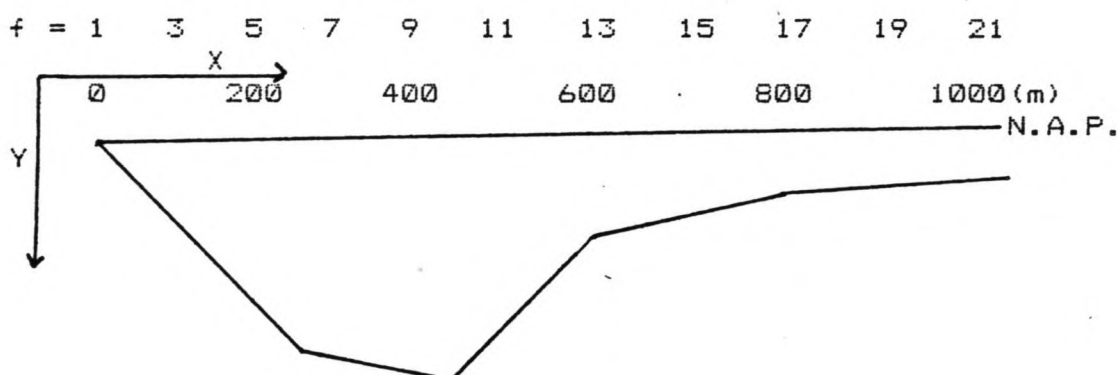
afgerond geldt $\Delta(w/v^*) = 10^{-3}$.

Praktisch gezien wordt dit in het computerprogramma vervangen door:

$$10^{-3} \cdot w/v^* = 1(1)1000.$$

2.4.2 Berekening stortlengte in bepaalde sluitfase.

Allereerst is het doorstroomprofiel van het Krammer gediscretiseerd als weergegeven in onderstaand figuur. (waarden komen niet overeen met profiel Krammer, maar geven een indicatie van de methode).



figuur 2.4.3
Discretisering profiel.

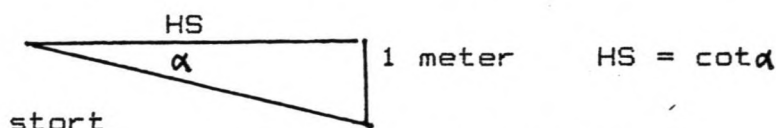
De plaatsstappen in X richting hebben een waarde van 50m.

In het programma dient aangegeven te worden in welke sluitfasen men het verlies wil bepalen. Dit geschiedt met de letter f.

Als in bovenstaande figuur voor f de waarde 4 wordt genomen betekent dat dat de lengte van het stort bepaalt gaat worden voor een stort dat zich ter hoogte van N.A.P. op X=150m bevindt.

Indien het programma in werking gezet wordt vraagt het eerst de helling van het stort (HS) op.

De waarde die hiervoor ingevuld moet worden is de horizontale waarde van het stort, waarbij het stort 1m dieper is komen te liggen.



figuur 2.4.4

Op de plaatsen volgend op het begin van het stort gaat het programma de diepte van het stort (DS) vergelijken met de gediscretiseerde waarde in Y-richting.

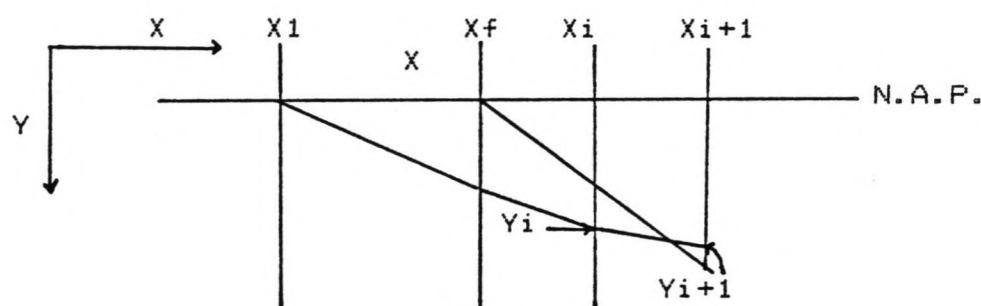
Hiervoor is een volgend Algoritme opgesteld:

```

i=1
stapi
DS=50/HS*i
Y=Y(i)
Als DS>Y(i) dan i=i+1

```

Wanneer $DS < Y(i)$ wordt gaat het programma het snijpunt van het stort en het profiel uitrekenen.



figuur 2.4.5
snijpunt bodem en stort.

$$\text{Vergelijking stort} \quad \begin{pmatrix} HS \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Xf \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Vergelijking profiel t.p.v. snijpunt.} \quad \begin{pmatrix} X \\ Y(i+1)-Y(i) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X(i) \\ Y(i) \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{Snijpunt:} \quad & \begin{pmatrix} HS \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Xf \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y(i+1)-Y(i) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X(i) \\ Y(i) \end{pmatrix} \\ HS + Xf = & X + Xi \quad \left| \begin{array}{l} *1 \\ *HS \end{array} \right| \\ = & \frac{(Y(i+1)-Y(i)) + Y(i)}{X - HS(Y(i+1) - Y(i))} + Xi - HSY(i) \\ Xf = & \mu = (Xf - Xi + HSY(i)) / (X - HS(Y(i+1) - Y(i))) \end{aligned}$$

Vervolgens worden de X en Y waarden van het stort XS resp. YS bepaald.

$$XS = X_{\mu} + X_i - X_f$$

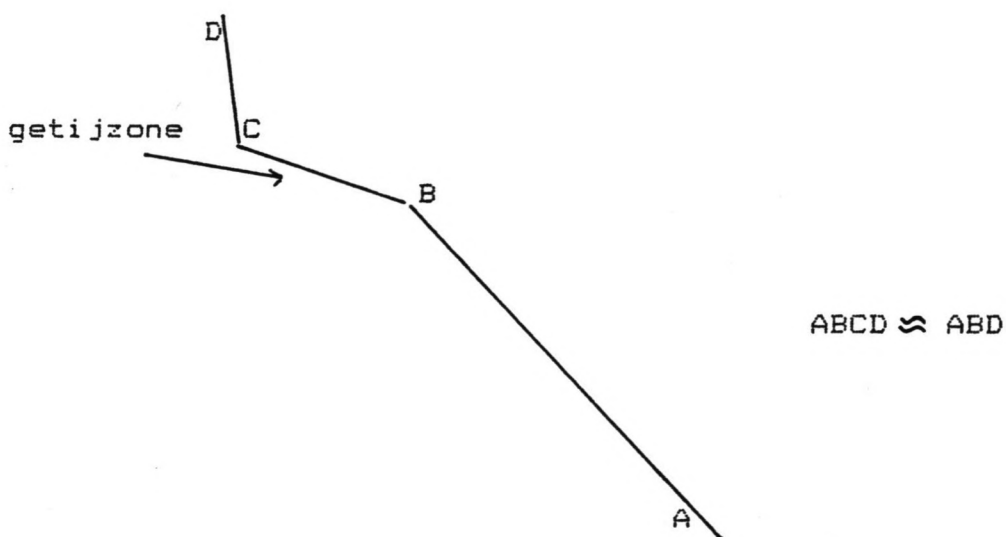
$$YS = \mu \cdot (Y(i+1) - Y(i)) + Y(i)$$

DE LENGTE VAN HET STORT IS $(XS^2 + YS^2)^{1.5}$

Toegepaste simplificatie:

In de realiteit heeft het stort in de getijzone een flauwere en boven de getijzone een steilere helling dan het onderwatertalud.

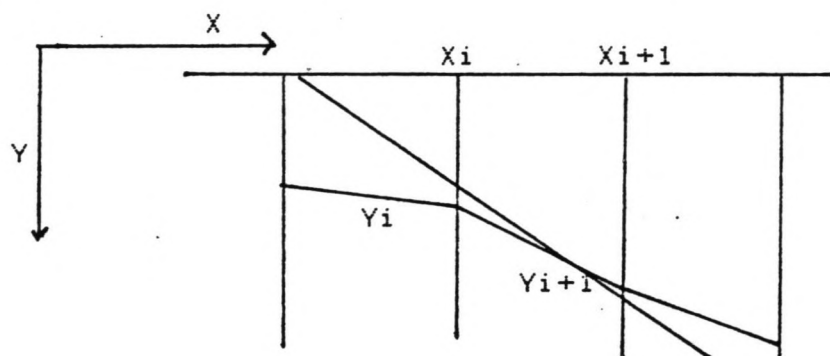
In de berekeningen wordt alleen met het onderwatertalud gerekend.



figuur 2.4.7
Schematisering.

2.4.3 Bepaling bodemlengte in bepaalde sluitfase.

Eerst wordt het snijpunt bepaald van stort en profiel. (zie bepaling stortlengte)



figuur 2.4.8
Bepaling bodemlengte.

Het programma telt alle lijnstukjes na het snijpunt bij elkaar op.

Lengte eerste lijnstukje: $X = X(1-\mu)$
 $Y = (Y(i+1) - Y(i))(1-\mu)$

$L1 = (X^2 + Y^2)^{1.5}$

Algoritme

```

L = L1
i = i+1
Y = Y(i+1) - Y(i)
LL = (X^2 + Y^2)^{1.5}
L = L + LL
Als i < eindprofiel dan

```

De aldus verkregen waarde voor de bodemlengte wordt vervolgens nog vermenigvuldigd met een faktor 1.2 daar door de schematisatie een te gladde bodem is ontstaan.

Schematisatie:

Werkelijkheid:

2.4.4 Reduktiefaktor.

Indien de verliezen in een bepaalde fase van het getij de produktie zullen overtreffen dan mag een reductiefaktor worden toegepast voor deze verliezen, vanwege het zogenaamde afpleistereffekt, waarbij de grotere korrels de kleinere korrels afdekken. Een kleine ingreep in het programma maakt deze reductie mogelijk.

Echter, genoemde verliezen zullen pas optreden in een stadium waar reeds lang is overgeschakeld naar het gerekte getij.

De berekeningen zullen dus niet of nauwelijks beïnvloed worden door het al dan niet toepassen van die reductiefaktor.

2.4.5 Schematiseringen.

- I Het gebruik van een tabel.
Alleen voor hele waarden van $v/w*$ is S_0 getabelleerd, hetgeen een onnauwkeurigheid inhoudt waarvan de ordegröte onbekend, maar in ieder geval acceptabel is.
- II De helling van het stort wordt over de gehele lengte constant verondersteld.
In werkelijkheid zullen in de getijzone flauwere hellingen optreden. (zie bldz. 30)
- III De onderverdeling van het profiel in subsecties is een schematisering, die de werkelijkheid beter benadert naarmate er meer subsecties zijn.
- IV De schematisering van het dwarsprofiel.
(zie bldz. 28)
- V Hydraulische randvoorwaarden.

Het bemonsteringsinterval is een uur. In de uitvoer van de zandverliezen is een duidelijk sinusoidale vorm waarneembaar, waardoor mag worden aangenomen dat de resultaten voldoende nauwkeurig zijn wat de bemonstering betreft.

2.5 HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN

2.5.1 Algemeen

De hydraulische randvoorwaarden zijn betrokken van R.W.S.

De waterstanden en snelheden zijn bepaald voor:

- 1) gemiddeld getij.
- 2) gerekt getij.
- 3) gerekt en geknepen getij.

Alle waarden hebben betrekking op het getij van 18-7-1982. De waarde zijn bepaald met het fysische model M1000 en met het eendimensionale mathematische model IMPL1C.

Voor het tijdsinterval is een waarde van een uur gekozen.

Rijkswaterstaat hanteert voor diverse sluitfasen een bepaalde codering.

Het hier behandelde computerprogramma vraagt om een eigen codering, vandaar dat op de volgende bladzijde conversietabellen opgenomen zijn.

2.5.2 Conversietabel.

a) Gemiddeld getij:

AKr	breedte	diepte	coderingen R.W.S.		eigen code	
			code R.W.S.	fase R.W.S.	inv.(f)	uitv.
9000	800	11.25	OPC P38	1	1	X1
7750	775	10	OPC P39	2	2	X2
6750	675	10	OPC P36	4	3	X3
5250	700	7.5	OPC P41	5	6	X4
3750	600	6.25	OPC P43	7	8	X5
3000	500	6	OPC P44	-	-	-
2000	500	4	OPC P45	10	11	X6
1500	375	4	OPC P46	11	13	X7
500	167	3	OPC P37	1	18	X8

tabel 2.5.1

b) Gerekt getij:

			coderingen R.W.S.		eigen code	
9000	800	11.25	OPC P50	1	1	X1
7750	775	10	OPC P51	2	2	X2
6750	675	10	OPC P52	4	3	X3
5250	700	7.5	OPC P54	5	6	X4
4500	600	7.5	OPC P55	-	-	-
3750	600	6.25	OPC P56	7	8	X5
3000	500	6	OPC P57	-	-	-
2000	500	4	OPC P58	10	11	X6
1500	375	4	OPC P59	11	13	X7
500	167	3	OPC P60	13	18	X8

tabel 2.5.2

c) gerekt en geknepen getij:

			coderingen R.W.S.		eigen code	
AKr	breedte	diepte	code R.W.S.	fase R.W.S.	inv. (f)	uitv.
1500	375	4	OPC N21	11	13	X7
500	167	3	OPC N22	13	18	X8

tabel 2.5.3

Toelichting op tabellen 2.5.2 t/m 2.5.13:

Voor de berekeningen is het resterende sluitgatoppervlak geschematiseerd als een bakprofiel met een breedte B en een diepte Dz.

AKr = resterend sluitgatoppervlak in m².

Dz = diepte van resterend sluitgatoppervlak t.o.v. N.A.P. in m.

B = breedte van resterend sluitgatoppervlak t.o.v. N.A.P. in m.

Voor invoer zie bladzijden 28 en 58.

Voor uitvoer zie bladzijden 58 tot en met 64.

2.5.3 Tabellen met hydraulische randvoorwaarden.

GEMIDDELD GETY

Datum metingen: 18/7/82

OPC P38 B=800m

Dz=-11.25m AKr=9000m²

OPC P36

B=675m

Dz=-10m

AKr=6750m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.88	1.29	0	.86	1.68
1	1.21	.88	1	1.18	1.18
2	1.20	-.14	2	1.18	-.09
3	.77	-1.28	3	.76	-1.58
4	.14	-1.36	4	.15	-1.74
5	-.42	-1.29	5	-.39	-1.71
6	-.92	-1.12	6	-.89	-1.53
7	-1.29	-.84	7	-1.26	-1.18
8	-1.43	-.31	8	-1.42	-.49
9	-1.15	.79	9	-1.16	.89
10	-.65	1.09	10	-.66	1.42
11	-.01	1.26	11	-.01	1.64
12	.64	1.51	12	.63	1.95

tabel 2.5.4

OPC P39

B=775m

Dz=-10m

AKr=7750m²

OPC P41

B=700m

Dz=-7.5m

AKr=5250m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.85	1.48	0	.83	1.84
1	1.20	1.02	1	1.18	1.3
2	1.19	-.12	2	1.17	-.05
3	.76	-1.43	3	.76	-1.87
4	.15	-1.55	4	.16	-2.13
5	-.41	-1.5	5	-.36	-2.17
6	-.9	-1.32	6	-.85	-2.04
7	-1.28	-1.01	7	-1.22	-1.66
8	-1.4	-.39	8	-1.39	-.83
9	-1.1	.81	9	-1.15	.92
10	-.66	1.26	10	-.67	1.61
11	-.92	1.45	11	-.03	1.84
12	.63	1.72	12	.61	2.14

tabel 2.5.5

OPC P43 b=600m
Dz=-6.25 AKr=3750m²

OPC P46 B=375m
Dz=-4.0m AKr=1500m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.8	2.45	0	.46	4.04
1	1.11	1.84	1	.89	3.56
2	1.11	.27	2	.85	1.97
3	.75	-1.9	3	.6	-1.75
4	.17	-2.33	4	.16	-3.26
5	-.35	-2.46	5	-.28	-4.06
6	-.3	-2.37	6	-.64	-4.39
7	-.94	-2.01	7	-.88	-4.4
8	-1.36	-1.1	8	-.95	-3.65
9	-1.13	1.12	9	-.8	-1.58
10	-.68	2.09	10	-.57	1.72
11	-.06	2.42	11	-.05	3.5
12	.58	2.8	12	.5	4.38

tabel 2.5.6

OPC P45 B=500m
Dz=-4.0m AKr=2000m²

OPC P37 B=167m
Dz=-3.0m AKr=500m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.7	3.69	0	.64	4.73
1	.94	3.13	1	.73	4.6
2	.94	1.48	2	.59	3.51
3	.66	-1.91	3	.35	.93
4	.16	-3.07	4	.04	-2.92
5	-.29	-3.7	5	-.34	-4.43
6	-.7	-3.9	6	-.57	-4.51
7	-.97	-3.81	7	-.72	-4.45
8	-1.09	-2.96	8	-.66	-4.41
9	-.92	-.45	9	-.47	-3.72
10	-.63	2.3	10	-.25	-1.79
11	-.07	3.4	11	.11	2.91
12	.5	4.08	12	.57	4.71

tabel 2.5.7

GEREKT GETY

OPC P50 B=800m
Dz=-11.25 AKr=9000m²

OPC P51 B=775m
Dz=-10.0m AKr=7750m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.875	1.31	0	.865	1.49
1	1.22	.89	1	1.205	1.04
2	1.2	-.14	2	1.19	-.12
3	1.01	-.69	3	1.015	-.76
4	.645	-.56	4	.65	-.65
5	.455	-.53	5	.45	-.63
6	.28	-.29	6	.28	-.35
7	.145	-.47	7	.14	-.54
8	-.09	-.62	8	-.095	-.71
9	-.24	-.38	9	-.235	-.44
10	-.31	-.07	10	-.31	-.10
11	-.205	.24	11	-.21	-.27
12	-.14	.03	12	-.14	.03
13	-.11	.06	13	-.11	-.09
14	-.1	.04	14	-.10	.03
15	-.11	.06	15	-.11	.04
16	-.07	.08	16	-.08	.10
17	-.355	-.72	17	-.355	-.82
18	-.775	-1.18	18	-.755	-1.24
19	-1.25	-.93	19	-1.24	-1.09
20	-1.455	-.44	20	-1.455	-.54
21	-1.3	.52	21	-1.3	.58
22	-.875	.98	22	-.88	1.13
23	-.345	1.04	23	-.35	1.21

tabel 2.5.8

OPC P52 B=675m
Dz=-10.0m AKr=6750m2

OPC P54 B=700m
Dz=-7.5m AKr=5250m2

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.905	1.7	0	0.845	1.86
1	1.19	1.2	1	1.175	1.33
2	1.18	-.08	2	1.17	-.04
3	1.015	-.82	3	1.015	-.96
4	.655	-.74	4	.66	-.92
5	.455	-.74	5	.46	-.95
6	.275	-.42	6	.28	-.57
7	.135	-.62	7	.13	-.80
8	-.095	-.80	8	-.095	-1.00
9	-.235	-.50	9	-.23	-.65
10	-.31	-.13	10	-.305	-.22
11	-.215	.30	11	-.22	.30
12	-.15	.04	12	-.15	.06
13	-.11	.11	13	-.11	.15
14	-.1	.04	14	-.10	.06
15	-.11	.04	15	-.11	.03
16	-.08	.11	16	-.08	.11
17	-.36	-.92	17	-.375	-1.16
18	-.77	-1.53	18	-.77	-1.89
19	-1.23	-1.24	19	-1.20	-1.63
20	-1.435	-.65	20	-1.405	-.95
21	-1.29	.63	21	-1.28	.69
22	-.885	1..28	22	-.895	1.59
23	-.355	1.37	23	-.37	1.74

tabel 2.5.9

OPC P53 geen gegevens

OPC P55 B=600m
Dz=-7.5m AKr=4500m²

OPC P56 B=600m
Dz=-6.25m AKr=3750m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.825	2.14	0	.795	2.48
1	1.15	1.57	1	1.11	1.88
2	1.15	.09	2	1.115	.29
3	1.015	-.94	3	1.01	-.83
4	.665	0.99	4	.665	-1.02
5	.46	-1.06	5	.455	-1.14
6	.28	-.65	6	.265	-.69
7	.12	-.87	7	.115	-.91
8	.10	-1.07	8	-.105	-1.11
9	-.235	-.71	9	-.235	-.75
10	-.305	-.26	10	-.31	-.29
11	-.225	.33	11	-.235	.38
12	-.16	.07	12	-.17	.09
13	-.115	.20	13	-.12	.25
14	-.10	.07	14	-.10	.09
15	-.12	.02	15	-.12	.02
16	-.09	.14	16	-.095	.15
17	-.37	-1.2	17	-.385	-1.29
18	-.76	-2.02	18	-.765	-2.12
19	-1.185	-1.75	19	-1.18	-1.89
20	-1.39	-1.08	20	-1.385	-1.20
21	-1.27	.68	21	-1.26	.69
22	-.895	1.69	22	-.90	1.78
23	-.38	1.87	23	-.38	1.98

tabel 2.5.10

OPC P57 B =500m
Dz=-6.0m AKr=3000m²

OPC P58 B=500m
Dz=-4.0m AKr=2000m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.745	2.97	0	.645	3.88
1	1.055	2.36	1	.915	3.29
2	1.06	.69	2	.915	1.7
3	1.0	-.63	3	.955	.50
4	.675	-1.11	4	.725	-1.26
5	.45	-1.40	5	.47	-2.07
6	.26	-.87	6	.29	-1.54
7	.10	-1.1	7	.09	-1.8
8	-.11	-1.26	8	-.09	-1.85
9	-.24	-.89	9	-.22	-1.51
10	-.315	-.4	10	-.295	-1.01
11	-.25	.38	11	-.26	.09
12	-.18	.12	12	-.21	.12
13	-.13	.35	13	-.15	.63
14	-.11	.12	14	-.11	.24
15	-.13	-.01	15	-.13	-.06
16	-.11	.17	16	-.12	.22
17	-.375	-1.38	17	-.385	-1.85
18	-.755	-2.39	18	-.74	-3.12
19	-1.14	-2.16	19	-1.04	-3.08
20	-1.35	-1.52	20	-1.21	-2.66
21	-1.24	.58	21	-1.105	-2.66
22	-.90	1.96	22	-.865	2.04
23	-.395	2.24	23	-.405	2.89

tabel 2.5.11

OPC P59 B=375m
Dz=-4.0m AKr=1500m²

OPC P60 B=167m
Dz=-3.0m AKr=500m²

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.595	4.31	0	.50	5.26
1	.84	3.81	1	.605	5.10
2	.815	2.33	2	.51	4.20
3	.885	1.43	3	.595	4.09
4	.705	-.99	4	.40	2.49
5	.485	-2.31	5	.335	1.33
6	.29	-1.88	6	.26	-.16
7	.10	-2.24	7	.06	-2.76
8	-.065	-2.31	8	-.045	-2.77
9	-.19	-2.01	9	-.135	-3.05
10	-.265	-1.59	10	-.15	-2.79
11	-.255	-.54	11	-.17	-2.44
12	-.24	-.24	12	-.175	-2.20
13	-.17	.92	13	.115	-.92
14	-.115	.48	14	-.16	-1.22
15	-.13	.04	15	-.145	-.40
16	-.12	.27	16	-.135	.36
17	-.395	-2.13	17	-.40	-2.86
18	-.73	-3.39	18	-.69	-4.10
19	-.985	-3.48	19	-.835	-4.19
20	-1.14	-3.18	20	-.92	-4.13
21	-1.015	-1.28	21	-.72	-3.24
22	-.82	1.74	22	-.555	-1.59
23	-.40	3.09	23	-.285	2.56

tabel 2.5.12

OPC N21 AKr=1500m2

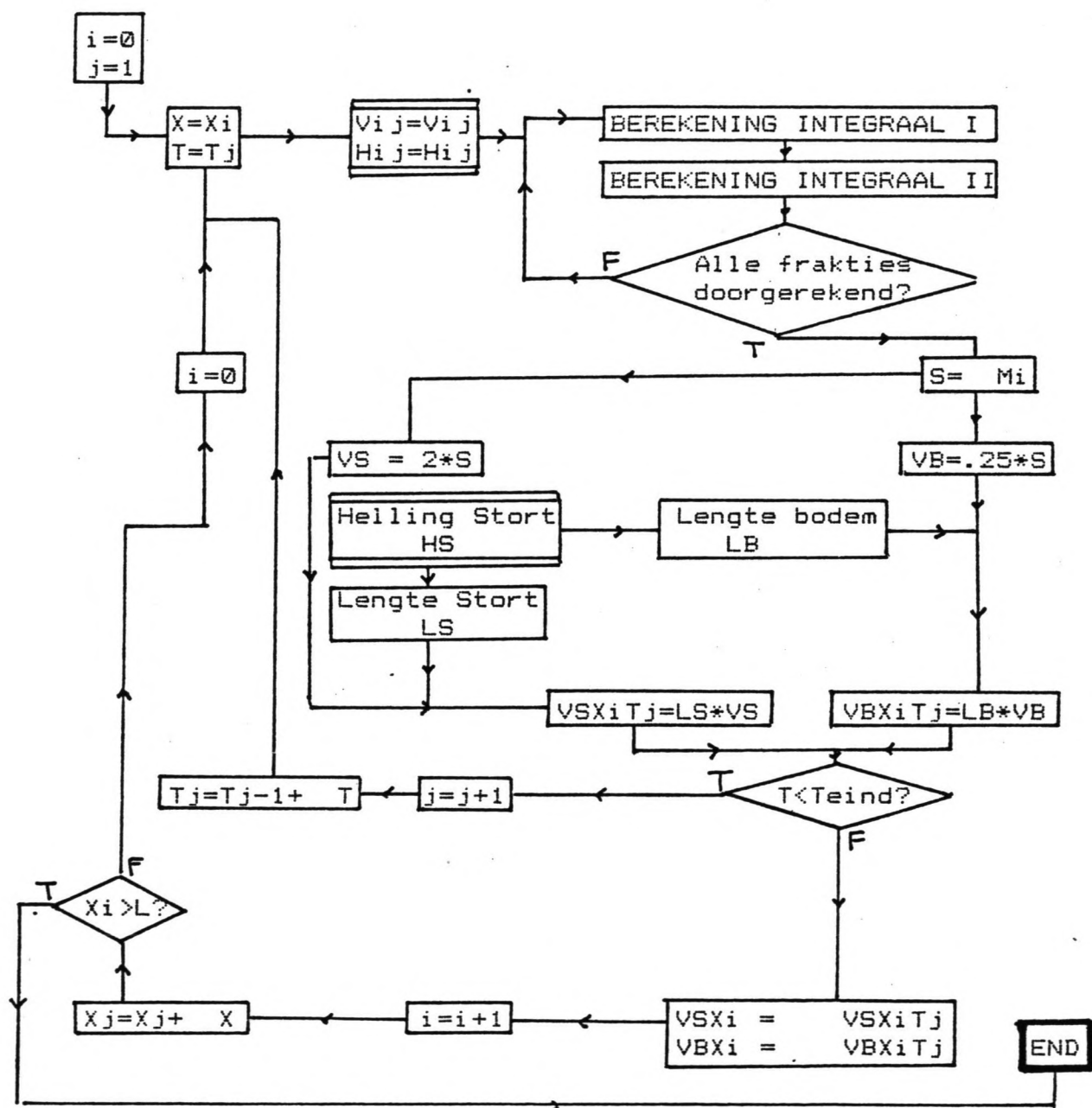
OPC N22 AKr=500m2

T	h(x,y)	v(x,y)	T	h(x,y)	v(x,y)
0	.035	2.75	0	1.095	.45
1	.245	2.61	1	1.31	.1
2	.39	2.27	2	1.075	-.32
3	.37	.93	3	.73	-.10
4	.405	.26	4	.73	-.05
5	.293	-.90	5	.59	-.26
6	.19	-1.26	6	.20	-.16
7	.125	-.78	7	.08	-.06
8	.07	-.83	8	-.04	-.16
9	0	-1.03	9	-0.24	-.11
10	-.03	-.51	10	-.285	.03
11	.005	.43	11	-.15	.14
12	.025	.37	12	.20	.04
13	.075	.48	13	-.20	.04
14	.10	.60	14	-.07	.05
15	.11	.14	15	-.04	-.03
16	.09	-.34	16	-.125	-.03
17	-.135	-1.92	17	-.34	-.30
18	-.33	-2.23	18	-1.01	-.40
19	-.555	-2.65	19	-1.38	-.13
20	-.725	-2.54	20	-1.415	.01
21	-.84	-2.2	21	-1.245	.20
22	-.79	-.72	22	-.785	.31
23	-.63	1.68	23	-.32	.35

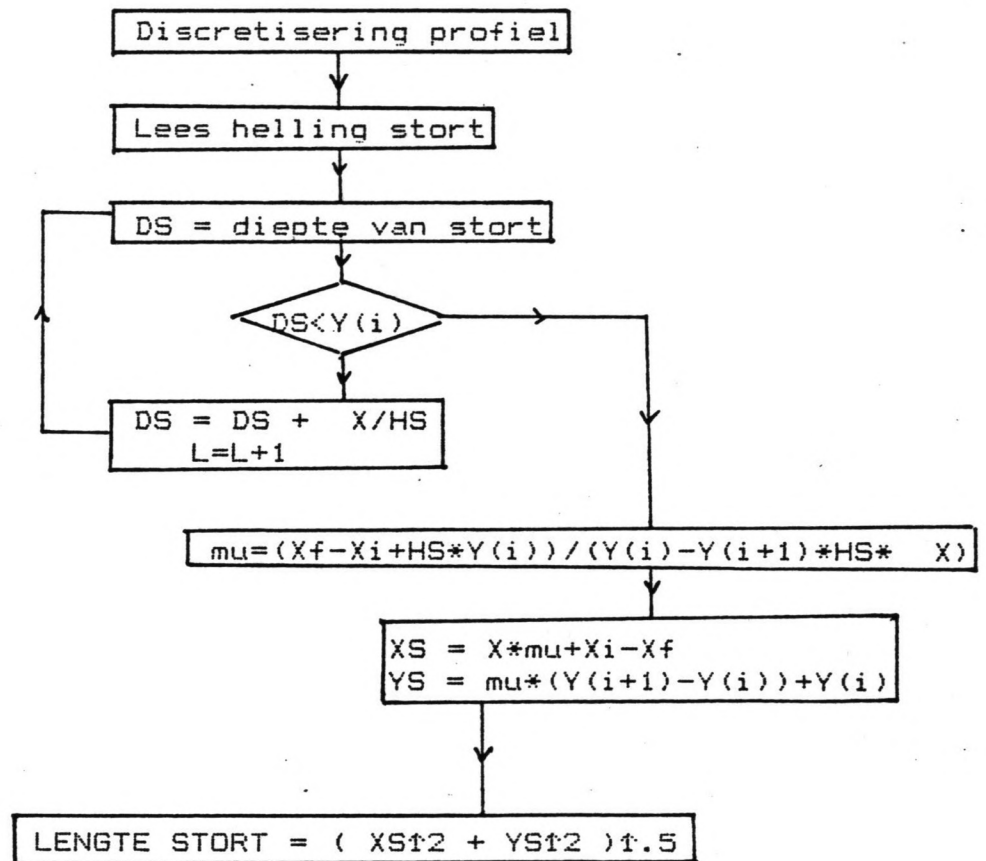
tabel 2.5.14

2.6 STROOMDIAGRAMMEN.

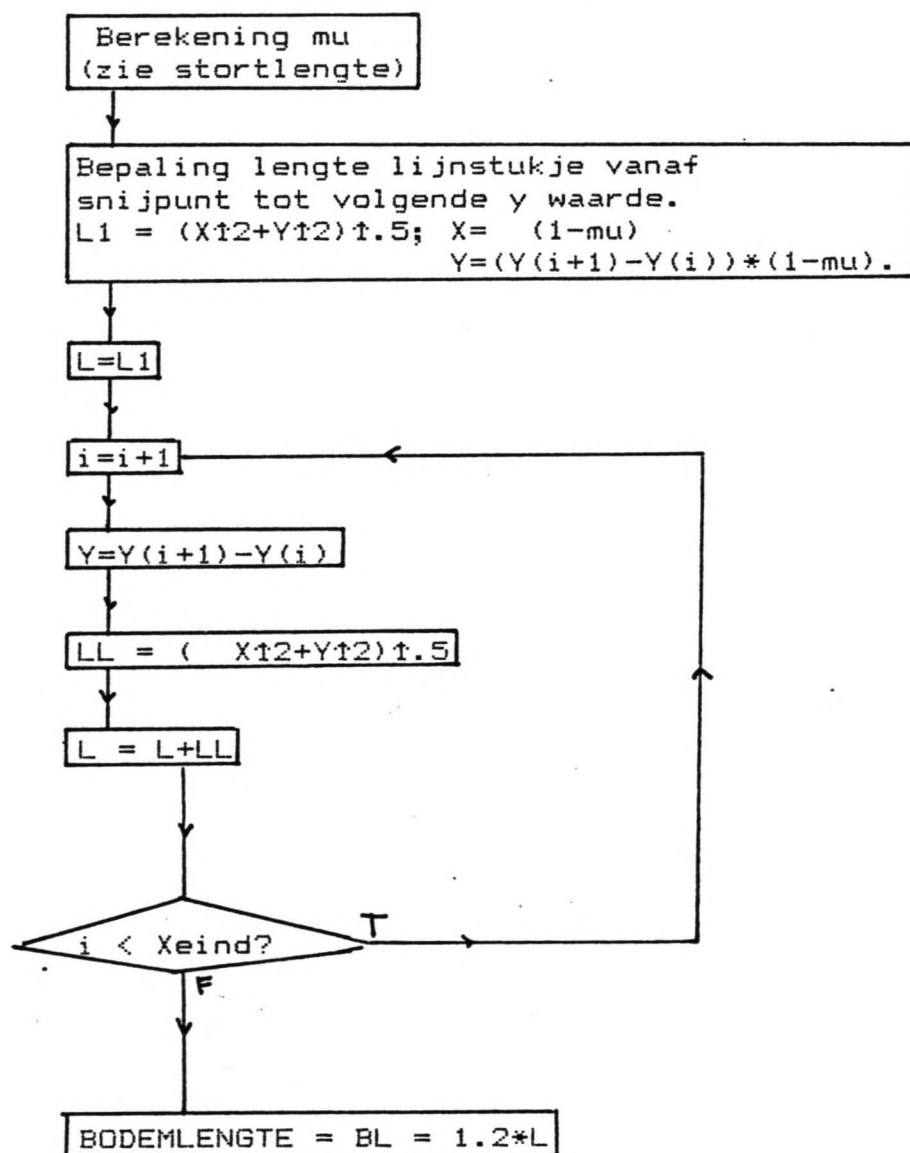
2.6.1 Algemeen stroomdiagram berekening verlies per gety.



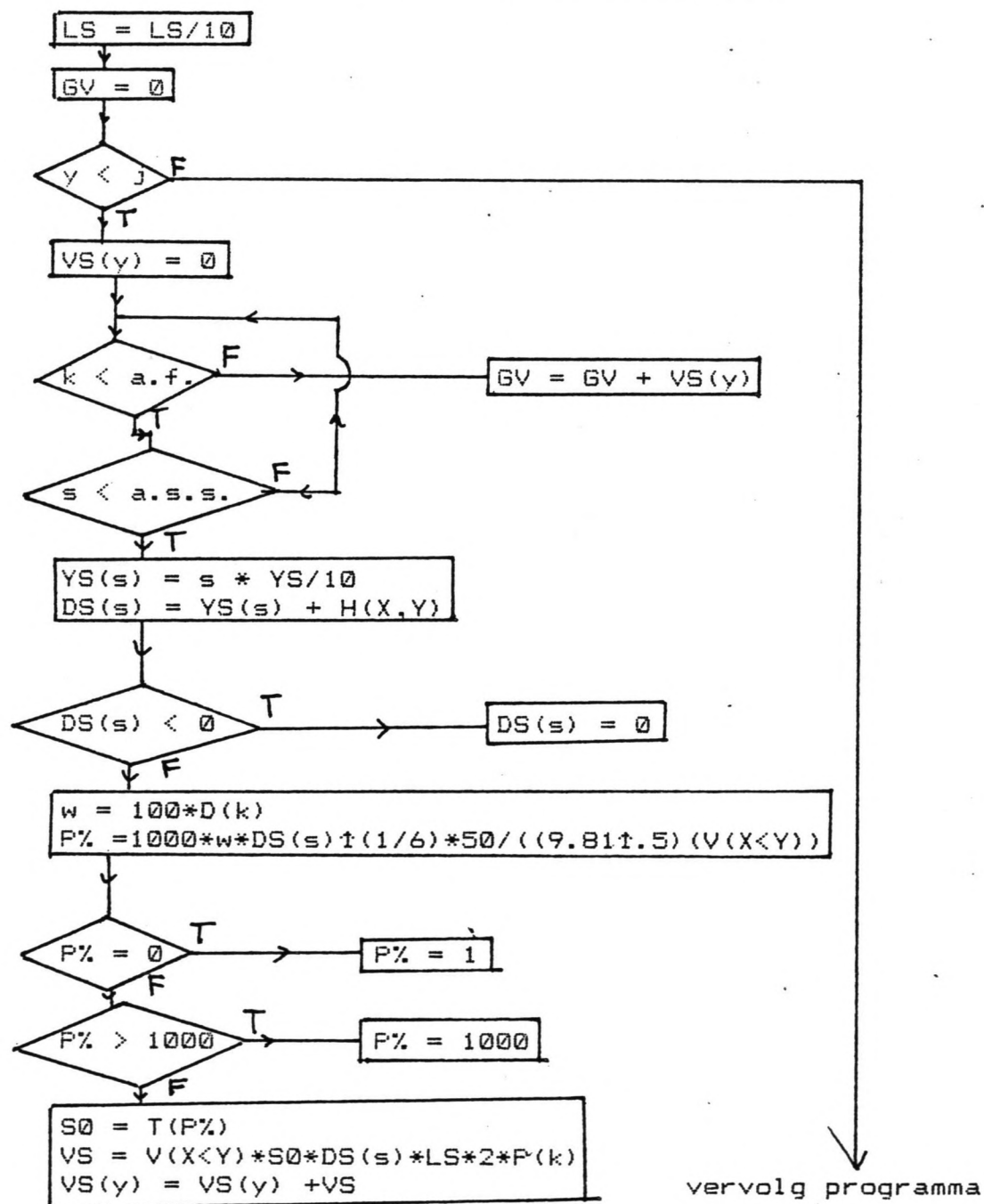
2.6.2 Stroomdiagram bepaling stortlengte.



2.6.3 Diagram bepaling bodemplengte.



2.6.4. Stroomschema voor berekening met subsecties.



2.6.6 Verklaring van tekens en symbolen

bij 2.6.1, 2.6.2 en 2.6.3 spreken de symbolen voor zich.
bij 2.6.4 .

- LS=lengte stort; GV=verlies per getij;
- y = tijdstip; j=aantal tijdstappen per getij;
- VS(y)=stortverlies op tijdstip y;
- k = index van de fraktie;
- a.f.=aantal frakties; a.s.s=aantal subsecties;
- YS(s)=diepte stort t.p.v. subsecties t.o.v. N.A.P.;
- YS=totale diepte van het stort;
- DS(s)=diepte stort t.p.v. subsectie s t.o.v. waterniveau;
- w=valsnelheid; D(k)=diameter van fraktie k;
- P%=integer waarde van parameter p;
- v(x,y)=snelheid op plaats x en tijdstip y;
- h(x,y)=diepte op plaats x en tijdstip y;
- SØ=getabelleerde waarde behorende bij P%.
- VS=verlies stort voor een bepaalde zandfraktie;
- fraktie percentage;

2.6.4 is een stroomschema voor de berekening van subsecties ter plaatse van het stort. De bepaling van subsecties ter plaatse van de bodem geschiedt op ongeveer dezelfde manier, een stroomschema hiervan is achterwege gelaten.

HOOFDSTUK 2.7

Op de volgende bladzijden is de listing van het computer programma voor de berekening van STORTVERLIEZEN weergegeven in de computertaal BASIC. Het programma voor de berekening van BODEMVERLIEZEN verschilt van het eerste programma zoals uit de stroomschema's is waar te nemen. Om onoverzichtelijkheid te voorkomen is de listing van laatstgenoemd programma achterwege gelaten.

130 DIMD(20)

1 OPEN1,4

2 CMD1

3 LIST-1018

5 DIML(30)

10 DIMX(30)

15 DIMY(30)

20 Q=1

25 DIMVS(300)

30 PRINT"HS=":INPUTHS

31 CMD1

35 Z\$="M3/M'/H"

40 Z1\$="M3/H"

45 Z2\$="M3"

50 N=.02

55 GV=0

60 X=0

70 DIMH(8,24)

72 DIMDS(100)

75 DIMV(8,24)

80 X=1

85 Y=1

90 READH(X,Y)

100 READV(X,Y)

110 IFYC24THENY=Y+1:GOTO90

115 IFXC8THENY=1:X=X+1:GOTO90

120 CLOSE1

125 DIMP(20)

130 DIMD(20)

135 P(1)=1:D(1)=195*10⁻⁶

200 DIMYS(100)

201 DIMVT(200)

999 DIMT(1000)

1000 T(1)=2881.556:T(2)=1425.63:T(3)=940.441:T(4)=697.937:T(5)=552.504

1001 T(6)=455.607:T(7)=386.444:T(8)=334.613:T(9)=294.309:T(10)=262.153

1002 T(11)=235.848:T(12)=213.953:T(13)=195.452:T(14)=179.616:T(15)=165.9

1003 T(16)=153.914:T(17)=143.395:T(18)=134.038:T(19)=125.681:T(20)=118.1

1004 T(21)=111.396:T(22)=105.247:T(23)=99.645:T(24)=94.521:T(25)=89.818

1005 T(26)=85.487:T(27)=81.487:T(28)=77.782:T(29)=74.341:T(30)=71.138

1006 T(31)=68.15:T(32)=65.357:T(33)=62.74:T(34)=60.284:T(35)=57.975

1007 T(36)=55.802:T(37)=53.752:T(38)=51.816:T(39)=49.985:T(40)=48.251

1008 T(41)=46.607:T(42)=45.047:T(43)=43.565:T(44)=42.154:T(45)=40.811

1009 T(46)=39.531:T(47)=38.31:T(48)=37.144:T(49)=36.029:T(50)=34.963

1010 T(51)=33.943:T(52)=32.966:T(53)=32.029:T(54)=31.13:T(55)=30.267

1011 T(56)=29.439:T(57)=28.643:T(58)=27.877:T(59)=27.14:T(60)=26.431

1012 T(61)=25.748:T(62)=25.089:T(63)=24.454:T(64)=23.842:T(65)=23.251

1013 T(66)=22.68:T(67)=22.129:T(68)=21.596:T(69)=21.081:T(70)=20.583

1014 T(71)=20.101:T(72)=19.635:T(73)=19.183:T(74)=18.746:T(75)=18.322

1015 T(76)=17.911:T(77)=17.513:T(78)=17.126:T(79)=16.752:T(80)=16.388

1016 T(81)=16.035:T(82)=15.692:T(83)=15.359:T(84)=15.035:T(85)=14.721

1017 T(86)=14.416:T(87)=14.118:T(88)=13.829:T(89)=13.548:T(90)=13.275

1018 T(91)=13.009:T(92)=12.749:T(93)=12.497:T(94)=12.251:T(95)=12.012

1019 T(96)=11.779:T(97)=11.551:T(98)=11.33:T(99)=11.114:T(100)=10.904
1020 T(101)=10.698:T(102)=10.498:T(103)=10.303:T(104)=10.112:T(105)=9.904
1021 T(106)=9.744:T(107)=9.567:T(108)=9.394:T(109)=9.225:T(110)=9.06
1022 T(111)=8.898:T(112)=8.741:T(113)=8.587:T(114)=8.436:T(115)=8.289
1023 T(116)=8.145:T(117)=8.005:T(118)=7.867:T(119)=7.733:T(120)=7.601
1024 T(121)=7.472:T(122)=7.346:T(123)=7.223:T(124)=7.103:T(125)=6.985
1025 T(126)=6.869:T(127)=6.767:T(128)=6.645:T(129)=6.537:T(130)=6.431
1026 T(131)=6.327:T(132)=6.225:T(133)=6.125:T(134)=6.028:T(135)=5.932
1027 T(136)=5.838:T(137)=5.746:T(138)=5.656:T(139)=5.568:T(140)=5.481
1028 T(141)=5.396:T(142)=5.313:T(143)=5.231:T(144)=5.151:T(145)=5.072
1029 T(146)=4.995:T(147)=4.92:T(148)=4.846:T(149)=4.773:T(150)=4.701
1030 T(151)=4.631:T(152)=4.563:T(153)=4.495:T(154)=4.429:T(155)=4.364
1031 T(156)=4.3:T(157)=4.237:T(158)=4.176:T(159)=4.115:T(160)=4.056
1032 T(161)=3.998:T(162)=3.941:T(163)=3.884:T(164)=3.829:T(165)=3.775
1033 T(166)=3.722:T(167)=3.669:T(168)=3.618:T(169)=3.567:T(170)=3.518
1034 T(171)=3.469:T(172)=3.421:T(173)=3.374:T(174)=3.327:T(175)=3.282
1035 T(176)=3.237:T(177)=3.193:T(178)=3.149:T(179)=3.107:T(180)=3.065
1036 T(181)=3.024:T(182)=2.983:T(183)=2.943:T(184)=2.904:T(185)=2.866
1037 T(186)=2.828:T(187)=2.79:T(188)=2.754:T(189)=2.718:T(190)=2.682
1038 T(191)=2.647:T(192)=2.613:T(193)=2.579:T(194)=2.546:T(195)=2.513
1039 T(196)=2.48:T(197)=2.449:T(198)=2.417:T(199)=2.387:T(200)=2.356
1040 T(201)=2.326:T(202)=2.297:T(203)=2.268:T(204)=2.24:T(205)=2.212
1041 T(206)=2.184:T(207)=2.157:T(208)=2.13:T(209)=2.104:T(210)=2.078
1042 T(211)=2.052:T(212)=2.027:T(213)=2.002:T(214)=1.977:T(215)=1.953
1043 T(216)=1.929:T(217)=1.906:T(218)=1.883:T(219)=1.86:T(220)=1.838
1044 T(221)=1.816:T(222)=1.794:T(223)=1.773:T(224)=1.752:T(225)=1.731
1045 T(226)=1.71:T(227)=1.69:T(228)=1.67:T(229)=1.65:T(230)=1.631
1046 T(231)=1.612:T(232)=1.593:T(233)=1.574:T(234)=1.556:T(235)=1.538
1047 T(236)=1.52:T(237)=1.503:T(238)=1.485:T(239)=1.468:T(240)=1.452
1048 T(241)=1.435:T(242)=1.419:T(243)=1.402:T(244)=1.386:T(245)=1.371
1049 T(246)=1.355:T(247)=1.34:T(248)=1.325:T(249)=1.31:T(250)=1.295
1050 T(251)=1.281:T(252)=1.267:T(253)=1.252:T(254)=1.239:T(255)=1.225
1051 T(256)=1.211:T(257)=1.198:T(258)=1.185:T(259)=1.172:T(260)=1.159
1052 T(261)=1.146:T(262)=1.134:T(263)=1.121:T(264)=1.109:T(265)=1.097
1053 T(266)=1.085:T(267)=1.073:T(268)=1.062:T(269)=1.05:T(270)=1.039
1054 T(271)=1.028:T(272)=1.017:T(273)=1.006:T(274)=.995:T(275)=.985
1055 T(276)=.974:T(277)=.964:T(278)=.954:T(279)=.944:T(280)=.934
1056 T(281)=.924:T(282)=.914:T(283)=.905:T(284)=.895:T(285)=.886
1057 T(286)=.877:T(287)=.868:T(288)=.859:T(289)=.85:T(290)=.841
1058 T(291)=.832:T(292)=.824:T(293)=.815:T(294)=.807:T(295)=.799
1059 T(296)=.791:T(297)=.783:T(298)=.775:T(299)=.767:T(300)=.759
1060 T(301)=.751:T(302)=.744:T(303)=.736:T(304)=.729:T(305)=.721
1061 T(306)=.714:T(307)=.707:T(308)=.7:T(309)=.693:T(310)=.686
1062 T(311)=.679:T(312)=.673:T(313)=.666:T(314)=.659:T(315)=.653
1063 T(316)=.646:T(317)=.64:T(318)=.634:T(319)=.627:T(320)=.621
1064 T(321)=.615:T(322)=.609:T(323)=.603:T(324)=.597:T(325)=.592
1065 T(326)=.586:T(327)=.58:T(328)=.575:T(329)=.569:T(330)=.564
1066 T(331)=.558:T(332)=.553:T(333)=.547:T(334)=.542:T(335)=.537
1067 T(336)=.532:T(337)=.527:T(338)=.522:T(339)=.517:T(340)=.512
1068 T(341)=.507:T(342)=.502:T(343)=.498:T(344)=.493:T(345)=.488

1069 T(346)=.484:T(347)=.479:T(348)=.475:T(349)=.47:T(350)=.466
1070 T(351)=.461:T(352)=.457:T(353)=.453:T(354)=.449:T(355)=.444
1071 T(356)=.44:T(357)=.436:T(358)=.432:T(359)=.428:T(360)=.424
1072 T(361)=.42:T(362)=.417:T(363)=.413:T(364)=.409:T(365)=.405
1073 T(366)=.401:T(367)=.398:T(368)=.394:T(369)=.391:T(370)=.387
1074 T(371)=.384:T(372)=.38:T(373)=.377:T(374)=.373:T(375)=.37
1075 T(376)=.367:T(377)=.363:T(378)=.36:T(379)=.357:T(380)=.354
1076 T(381)=.35:T(382)=.347:T(383)=.344:T(384)=.341:T(385)=.338
1077 T(386)=.335:T(387)=.332:T(388)=.329:T(389)=.326:T(390)=.323
1078 T(391)=.32:T(392)=.318:T(393)=.315:T(394)=.312:T(395)=.309
1079 T(396)=.306:T(397)=.304:T(398)=.301:T(399)=.298:T(400)=.296
1080 T(401)=.293:T(402)=.291:T(403)=.288:T(404)=.286:T(405)=.293
1081 T(406)=.281:T(407)=.278:T(408)=.276:T(409)=.273:T(410)=.271
1082 T(411)=.269:T(412)=.266:T(413)=.264:T(414)=.262:T(415)=.26
1083 T(416)=.257:T(417)=.255:T(418)=.253:T(419)=.251:T(420)=.249
1084 T(421)=.247:T(422)=.244:T(423)=.242:T(424)=.24:T(425)=.238
1085 T(426)=.236:T(427)=.234:T(428)=.232:T(429)=.23:T(430)=.228
1086 T(431)=.226:T(432)=.224:T(433)=.223:T(434)=.221:T(435)=.219
1087 T(436)=.217:T(437)=.215:T(438)=.213:T(439)=.212:T(440)=.21
1088 T(441)=.208:T(442)=.206:T(443)=.205:T(444)=.203:T(445)=.201
1089 T(446)=.199:T(447)=.198:T(448)=.196:T(449)=.195:T(450)=.193
1090 T(451)=.191:T(452)=.19:T(453)=.188:T(454)=.187:T(455)=.185
1091 T(456)=.184:T(457)=.182:T(458)=.181:T(459)=.179:T(460)=.178
1092 T(461)=.176:T(462)=.175:T(463)=.173:T(464)=.172:T(465)=.17
1093 T(466)=.169:T(467)=.168:T(468)=.166:T(469)=.165:T(470)=.164
1094 T(471)=.162:T(472)=.161:T(473)=.16:T(474)=.158:T(475)=.157
1095 T(476)=.156:T(477)=.154:T(478)=.153:T(479)=.152:T(480)=.151
1096 T(481)=.149:T(482)=.148:T(483)=.147:T(484)=.146:T(485)=.145
1097 T(486)=.144:T(487)=.142:T(488)=.141:T(489)=.14:T(490)=.139
1098 T(491)=.138:T(492)=.137:T(493)=.136:T(494)=.135:T(495)=.134
1099 T(496)=.132:T(497)=.131:T(498)=.13:T(499)=.129:T(500)=.128
1100 T(501)=.127:T(502)=.126:T(503)=.125:T(504)=.124:T(505)=.123
1101 T(506)=.122:T(507)=.121:T(508)=.12:T(509)=.119:T(510)=.118
1102 T(511)=.118:T(512)=.117:T(513)=.116:T(514)=.115:T(515)=.114
1103 T(516)=.113:T(517)=.112:T(518)=.111:T(519)=.11:T(520)=.109
1104 T(521)=.109:T(522)=.108:T(523)=.107:T(524)=.106:T(525)=.105
1105 T(526)=.104:T(527)=.104:T(528)=.103:T(529)=.102:T(530)=.101
1106 T(531)=.1:T(532)=.1:T(533)=.099:T(534)=.098:T(535)=.097
1107 T(536)=.097:T(537)=.096:T(538)=.095:T(539)=.094:T(540)=.094
1108 T(541)=.093:T(542)=.092:T(543)=.091:T(544)=.091:T(545)=.09
1109 T(546)=.089:T(547)=.089:T(548)=.088:T(549)=.087:T(550)=.087
1110 T(551)=.086:T(552)=.085:T(553)=.085:T(554)=.084:T(555)=.083
1111 T(556)=.083:T(557)=.082:T(558)=.081:T(559)=.081:T(560)=.08
1112 T(561)=.08:T(562)=.079:T(563)=.078:T(564)=.078:T(565)=.077
1113 T(566)=.077:T(567)=.076:T(568)=.075:T(569)=.075:T(570)=.074
1114 T(571)=.074:T(572)=.073:T(573)=.073:T(574)=.072:T(575)=.071
1115 T(576)=.071:T(577)=.07:T(578)=.07:T(579)=.069:T(580)=.069
1116 T(581)=.068:T(582)=.068:T(583)=.067:T(584)=.067:T(585)=.066
1117 T(586)=.066:T(587)=.065:T(588)=.065:T(589)=.064:T(590)=.064

READY.

1118 T(591)=.063:T(592)=.063:T(593)=.062:T(594)=.062:T(595)=.061
 1119 T(596)=.061:T(597)=.06:T(598)=.06:T(599)=.06:T(600)=.059
 1120 T(601)=.059:T(602)=.058:T(603)=.058:T(604)=.057:T(605)=.057
 1121 T(606)=.057:T(607)=.056:T(608)=.056:T(609)=.055:T(610)=.055
 1122 T(611)=.054:T(612)=.054:T(613)=.054:T(614)=.053:T(615)=.053
 1123 T(616)=.052:T(617)=.052:T(618)=.052:T(619)=.051:T(620)=.051
 1124 T(621)=.05:T(622)=.05:T(623)=.05:T(624)=.049:T(625)=.049
 1125 T(626)=.049:T(627)=.048:T(628)=.048:T(629)=.048:T(630)=.047
 1126 T(631)=.047:T(632)=.047:T(633)=.046:T(634)=.046:T(635)=.045
 1127 T(636)=.045:T(637)=.045:T(638)=.044:T(639)=.044:T(640)=.044
 1128 T(641)=.044:T(642)=.043:T(643)=.043:T(644)=.043:T(645)=.042
 1129 T(646)=.042:T(647)=.042:T(648)=.041:T(649)=.041:T(650)=.041
 1130 T(651)=.04:T(652)=.04:T(653)=.04:T(654)=.04:T(655)=.039
 1131 T(656)=.039:T(657)=.039:T(658)=.038:T(659)=.038:T(660)=.038
 1132 T(661)=.038:T(662)=.037:T(663)=.037:T(664)=.037:T(665)=.036
 1133 T(666)=.036:T(667)=.036:T(668)=.036:T(669)=.035:T(670)=.035
 1134 T(671)=.035:T(672)=.035:T(673)=.034:T(674)=.034:T(675)=.034
 1135 T(676)=.034:T(677)=.033:T(678)=.033:T(679)=.033:T(680)=.033
 1136 T(681)=.032:T(682)=.032:T(683)=.032:T(684)=.032:T(685)=.031
 1137 T(686)=.031:T(687)=.031:T(688)=.031:T(689)=.031:T(690)=.03
 1138 T(691)=.03:T(692)=.03:T(693)=.03:T(694)=.029:T(695)=.029
 1139 T(696)=.029:T(697)=.029:T(698)=.029:T(699)=.028:T(700)=.028
 1140 T(701)=.028:T(701)=.028:T(703)=.028:T(704)=.027:T(705)=.027
 1141 T(706)=.027:T(707)=.027:T(708)=.027:T(709)=.026:T(710)=.026
 1142 T(711)=.026:T(712)=.026:T(713)=.026:T(714)=.025:T(715)=.025
 1143 T(716)=.025:T(717)=.025:T(718)=.025:T(719)=.025:T(720)=.024
 1144 T(721)=.024:T(722)=.024:T(723)=.024:T(724)=.024:T(725)=.023
 1145 T(726)=.023:T(727)=.023:T(728)=.023:T(729)=.023:T(730)=.023
 1146 T(731)=.022:T(732)=.022:T(733)=.022:T(734)=.022:T(735)=.022
 1147 T(736)=.022:T(737)=.022:T(738)=.021:T(739)=.021:T(740)=.021
 1148 T(741)=.021:T(742)=.021:T(743)=.021:T(744)=.02:T(745)=.02
 1149 T(746)=.02:T(747)=.02:T(748)=.02:T(749)=.02:T(750)=.02
 1150 T(751)=.019:T(752)=.019:T(753)=.019:T(754)=.019:T(755)=.019
 1151 T(756)=.019:T(757)=.019:T(758)=.019:T(759)=.018:T(760)=.018
 1152 T(761)=.018:T(762)=.018:T(763)=.018:T(764)=.018:T(765)=.018
 1153 T(766)=.017:T(767)=.017:T(768)=.017:T(769)=.017:T(770)=.017
 1154 T(771)=.017:T(772)=.017:T(773)=.017:T(774)=.016:T(775)=.016
 1155 T(776)=.016:T(777)=.016:T(778)=.016:T(779)=.016:T(780)=.016
 1156 T(781)=.016:T(782)=.016:T(783)=.015:T(784)=.015:T(785)=.015
 1157 T(786)=.015:T(787)=.015:T(788)=.015:T(789)=.015:T(790)=.015
 1158 T(791)=.015:T(792)=.014:T(793)=.014:T(794)=.014:T(795)=.014
 1159 T(796)=.014:T(797)=.014:T(798)=.014:T(799)=.014:T(800)=.014
 1160 T(801)=.014:T(802)=.013:T(803)=.013:T(804)=.013:T(805)=.013
 1161 T(806)=.013:T(807)=.013:T(808)=.013:T(809)=.013:T(810)=.013
 1162 T(811)=.013:T(812)=.013:T(813)=.012:T(814)=.012:T(815)=.012
 1163 T(816)=.012:T(817)=.012:T(818)=.012:T(819)=.012:T(820)=.012
 1164 T(821)=.012:T(822)=.012:T(823)=.012:T(824)=.012:T(825)=.011
 1165 T(826)=.011:T(827)=.011:T(828)=.011:T(829)=.011:T(830)=.011
 1166 T(831)=.011:T(832)=.011:T(833)=.011:T(834)=.011:T(835)=.011
 1167 T(836)=.011:T(837)=.01:T(838)=.01:T(839)=.01:T(840)=.01
 1168 T(841)=.01:T(842)=.01:T(843)=.01:T(844)=.01:T(845)=.01

```

1169 T(846)=.01:T(847)=.01:T(848)=.01:T(849)=.01:T(850)=.01
1170 T(851)=.009:T(852)=.009:T(853)=.009:T(854)=.009:T(855)=.009
1171 T(856)=.009:T(857)=.009:T(858)=.009:T(859)=.009:T(860)=.009
1172 T(861)=.009:T(862)=.009:T(863)=.009:T(864)=.009:T(865)=.009
1173 T(866)=.009:T(867)=.008:T(868)=.008:T(869)=.009:T(870)=.008
1174 T(871)=.008:T(872)=.008:T(873)=.008:T(874)=.008:T(875)=.008
1175 T(876)=.008:T(877)=.008:T(878)=.008:T(879)=.008:T(880)=.008
1176 T(881)=.008:T(882)=.008:T(883)=.008:T(884)=.007:T(885)=.007
1177 T(886)=.007:T(887)=.007:T(888)=.007:T(889)=.007:T(890)=.007
1178 T(891)=.007:T(892)=.007:T(893)=.007:T(894)=.007:T(895)=.007
1179 T(896)=.007:T(897)=.007:T(898)=.007:T(899)=.007:T(900)=.007
1180 T(901)=.007:T(902)=.007:T(903)=.007:T(904)=.006:T(905)=.006
1181 T(906)=.006:T(907)=.006:T(908)=.006:T(909)=.006:T(910)=.006
1182 T(911)=.006:T(912)=.006:T(913)=.006:T(914)=.006:T(915)=.006
1183 T(916)=.006:T(917)=.006:T(918)=.006:T(919)=.006:T(920)=.006
1184 T(921)=.006:T(922)=.006:T(923)=.006:T(924)=.006:T(925)=.006
1185 T(926)=.006:T(927)=.005:T(928)=.005:T(929)=.005:T(930)=.005
1186 T(931)=.005:T(932)=.005:T(933)=.005:T(934)=.005:T(935)=.005
1187 T(936)=.005:T(937)=.005:T(938)=.005:T(939)=.005:T(940)=.005
1188 T(941)=.005:T(942)=.005:T(943)=.005:T(944)=.005:T(945)=.005
1189 T(946)=.005:T(947)=.005:T(948)=.005:T(949)=.005:T(950)=.005
1190 T(951)=.005:T(952)=.005:T(953)=.005:T(954)=.005:T(955)=.004
1191 T(956)=.004:T(957)=.004:T(958)=.004:T(959)=.004:T(960)=.004
1192 T(961)=.004:T(962)=.004:T(963)=.004:T(964)=.004:T(965)=.004
1193 T(966)=.004:T(967)=.004:T(968)=.004:T(969)=.004:T(970)=.004
1194 T(971)=.004:T(972)=.004:T(973)=.004:T(974)=.004:T(975)=.004
1195 T(976)=.004:T(977)=.004:T(978)=.004:T(979)=.004:T(980)=0
1196 T(981)=.004:T(982)=.004:T(983)=.004:T(984)=.004:T(985)=.004
1197 T(986)=.004:T(987)=.004:T(988)=.004:T(989)=.004:T(990)=.003
1198 T(991)=.003:T(992)=.003:T(993)=.003:T(994)=.003:T(995)=.003
1199 T(996)=.003:T(997)=.003:T(998)=.003:T(999)=.003:T(1000)=.003
1300 Y(1)=0:Y(2)=0
1305 Y(3)=10.8:Y(4)=15.2
1310 Y(5)=17.2:Y(6)=18.8
1315 Y(7)=20.1:Y(8)=20
1320 Y(9)=19.2:Y(10)=17.6
1325 Y(11)=14.7:Y(12)=10.8
1330 Y(13)=6:Y(14)=4.4
1335 Y(15)=3.2:Y(16)=3.4
1340 Y(17)=3.2:Y(18)=3.2
1345 Y(19)=3.6:Y(20)=3.6
1350 Y(21)=2.4:Y(22)=.6
1355 Y(23)=0:Y(24)=-1.6:Y(25)=0
1400 X(1)=400:X(2)=450
1405 X(3)=500:X(4)=550
1410 X(5)=600:X(6)=650
1415 X(7)=700:X(8)=750
1420 X(9)=800:X(10)=850
1425 X(11)=900:X(12)=950
1430 X(13)=1000:X(14)=1050

```

```
1435 X(15)=1100:X(16)=1150
1440 X(17)=1200:X(18)=1250
1445 X(19)=1300:X(20)=1350
1450 X(21)=1400:X(22)=1450
1455 X(23)=1500:X(24)=1550
1460 X(25)=1600
1698 L=1
1699 X=1
1700 READF
1705 P=F
1710 DS=50/HS
1715 IFDS<Y(P+1)THENGOTO1725
1720 IFDS>Y(P+1)THENGOTO1740
1725 DS=DS+50/HS
1730 P=P+1
1735 GOTO1715
1740 MU=(X(F)-X(P)+HS*Y(P))/((Y(P)-Y(P+1))*HS+50)
1745 XS=50*MU+X(P)-X(F)
1750 YS=MU*(-Y(P)+Y(P+1))+Y(P)
1751 PRINT"YS"YS
1755 LS=(XS↑2+YS↑2)↑.5
1760 OPEN1,4
1765 CMD1
1770 PRINT#1,"STORTLENGTE="LS"M"
1775 CLOSE1
2000 LS=LS/10
2005 GV=0
2010 FORY=1TO24STEP1
2015 VS(Y)=0
2020 FORK=1TO1STEP1
2025 FORS=1TO10STEP1
2026 PRINTS
2030 YS(S)=S*YS/10
2031 PRINT"Y"YS(S)
2035 DS(S)=YS(S)+H(X,Y)
2036 IFDS(S)<0THENDS(S)=0
2040 W=100*D(1)
2045 PZ=1000*W*DS(S)↑(1/6)*50/((9.81↑.5)*V(X,Y))
2046 IFPZ=0THENLETPZ=1
2047 IFPZ>1000THENLETPZ=1000
2048 PRINTPZ
2050 SO=T(PZ)
2055 VS=Y(X,Y)*SO*DS(S)*LS*2*P(K)
2060 VS(Y)=VS(Y)+VS
2065 NEXTS
2070 NEXTK
2075 GV=GV+VS(Y)
2076 VT(L)=VS(Y):L=L+1
2080 NEXTY
2081 OPEN2,4
2082 CMD2
```

- 56 - Listing stortverlies

```

2083 PRINT#2,CHR$(14)"STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X";X="",GV,Z2$
2084 PRINT#2,CHR$(15)
2085 CLOSE2
2086 IFX<8THENX=X+1:GOTO1700
2090 OPEN2,4
2095 CMD2
6000 DATA.875,1.31,1.22,.89,1.2,1.14,1.01,.69,.645,.56,.455,.53,.28,.29,.145
6010 DATA.47,-.09,.62,-.24,.38,-.31,.07,-.205,.24,-.14,.03,-.11,.06,-.1,.04
6020 DATA-.11,.06,-.07,.08,-.355,.72,-.775,1.18,-1.25,.93,-1.455,.44
6030 DATA-1.3,.52,-.875,.98,-.345,1.04
6040 DATA.865,1.49,1.205,1.04,1.19,.12,1.015,.76,.65,.65,.45,.63,.28
6050 DATA.35,.14,.54,-.095,.71,-.235,.44,-.31,.1,-.21,.27,-.14,.03,-.11
6060 DATA.09,-.1,.03,-.11,.04,-.08,.1,-.355,.82,-.775,1.36,-1.24,1.09
6070 DATA-1.445,.54,-1.3,.58,-.08,1.13,-.35,1.21
6080 DATA.905,1.7,1.19,1.2,1.18,.08,1.015,.82,.655,.74,.455,.74,.275
6090 DATA.42,.135,.62,-.095,.8,-.235,.5,-.31,.13,-.215,.3,-.15,.04,-.11
7000 DATA.11,-.1,.04,-.11,.04,-.08,.11,-.36,.92,-.77,1.53,-1.23,1.24
7010 DATA-1.435,.65,-1.29,.63,-.885,1.28,-.355,1.37
7020 DATA.845,1.86,1.175,1.33,1.17,.04,1.015,.96,.66,.92,.46,.95
7030 DATA.28,.57,.13,.8,-.095,1,-.23,.65,-3.05,.22,-.22,.3,-.15,.06,-.11
7040 DATA.15,-.1,.06,-.11,.03,-.08,.11,-.375,1.16,-.77,1.89,-1.2,1.63
7050 DATA-1.405,.95,-1.28,.69,-8.95,1.59,-.37,1.74
7060 DATA.795,2.48,1.11,1.88,1.115,.29,1.01,.83,.665,1.02,.455,1.14,.265
7070 DATA.69,.115,.91,-.105,1.11,-.235,.75,-.31,.29,-.235,.38,-.17
7080 DATA.09,-.12,.25,-.1,.09,-.12,.02,-.095,.15,-.385,1.29,-.765,2.12,-1.18
7090 DATA1.89,-1.385,1.2,-1.26,.69,-.9,1.78,-.38,1.98
7100 DATA.645,3.88,.915,3.29,.915,1.7,.955,.5,.725,1.26,.47,2.07,.29
7110 DATA1.54,.09,1.8,-.09,1.85,-.22,1.51,-.295,1.01,-.26,.09,-.21,.12
7120 DATA-.15,.63,-.11,.24,-.13,.06,-.12,.22,-.385,1.85,-.74,3.12,-1.04
7130 DATA3.08,-1.21,2.66,-1.105,.53,-.065,2.04,-.405,2.89
7140 DATA.595,4.31,.840,3.81,.815,2.33,.885,1.43,.705,.99,.485,2.31,.29,1.88,
7150 DATA2.24,-.065,2.31,-.19,2.01,-.265,1.59,-.255,.54,-.24,.24,-.17,.92,-.1
7160 DATA.48,-.13,.04,-.12,.27,-.395,2.13,-.73,3.39,-.985,3.48,-1.14,3.18,-1.
7170 DATA1.28,-.82,1.74,-.4,3.09
7180 DATA.5,5.26,.605,5.1,.51,4.2,.595,4.09,.4,2.49,.335,1.33,.26,.16
7190 DATA.06,2.76,-.045,2.77,-.135,3.05,-.15,2.79,-.17,2.44,-.175,2.2,-.115
7200 DATA.92,-.16,1.22,-.145,.4,-.135,.36,-.4,2.86,-.69,4.1,-.835,4.19
7210 DATA-.92,4.13,-.72,3.24,-.555,1.59,-.285,2.55
8000 DATA1,2,3,6,8,11,13,18
9000 OPEN3,4
9010 CMD3
9020 PRINT#3,"TIJDSTAP VERLIES IN 1013 M3/H"
9030 X=1
9040 PRINT#3,CHR4(10)"X=";X,CHR$(10)
9050 CLOSE3
9060 OPEN5,4
9070 FOR I=1TO6:READA:A#=A#+CHR$(I):NEXT
9080 FOR J=1TO4:READB:B#=B#+CHR$(J):NEXT
9090 J=1

```

READY.

```
10000 Q=1
10010 FORT=170192
10020 C=VT(Q)/1000
10030 L=C*10
10040 IFL<1THENLETL=1
10041 IFL>250THENLETL=250
10050 L$=CHR$(L)
10060 D$=STR$(J)
10070 IFJ>23THENJ=1:GOTO10090
10080 IFJ<=23THENJ=J+1
10090 Q=Q+1
10100 PRINT#6,CHR$(15)D$A$L$B$C
10105 IFJ=1THENX=X+1:IFX>8THENGOTO10125PRINT#6,CHR$(10)"X=";X,CHR$(10)
10110 NEXT
10120 CMD6
10125 CLOSE6
10130 DATA8,27,16,0,53,26
10140 DATA255,59,15,32
```

READY.

2.8 INVOER.

Vanaf regel 6000 in het programma dienen de hydraulische randvoorwaarden (zie hoofdstuk 2.5) in het programma gevoerd te worden.

Eerst wordt de waterdiepte t.o.v. N.A.P. ingevoerd, vervolgens de stroomsnelheid, waterdiepte, stroomsnelheid etc (H(X,Y),V(X,Y),H(X,Y), (V(X,Y).....)

Op regel 8000 worden de waarden van de sluitfasen f ingevuld; zie bldz 56.

Helemaal aan het eind van het programma zijn achtereenvolgens ingevoerd de waarden 8,27,16,0,53,26,255,59,15 en 32.

Deze data zijn benodigd om de uitvoer in histogramvorm te krijgen. (printer Seikosha GP-100VC)

Wanneer het programma in werking is gesteld wordt de volgende vraag op het scherm gesteld:

HS =? of HB =?

hiervoor dienen de waarden van de storthelling of de bodemhelling ingevuld te worden, met dien verstande dat indien de helling 1:15 is de waarde 15 ingevuld moet worden.

2.9 UITVOER.

Teneinde de uitvoer gebruikersvriendelijk te presenteren is gekozen voor een uitvoer in histogramvorm.

Ten eerste geeft dit een indicatie hoe de verliezen verlopen in de tijd en ten tweede geeft dit een eerste indruk of er bij de invoer fouten gemaakt zijn.

Als het goed is zijn bij de uitvoer dezelfde vormen waarneembaar als bij de invoer, namelijk de eb en vloed vormen.

Bedacht moet worden dat het programmadeel volgend op de invoerdata speciaal geschreven is voor de printer GP-100VC van Seikosha. Of de toepassing hiervan universeel is, is mij onbekend.

YS 0

STORTLENGTE= 0 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 1
0 M3

STORTLENGTE= 300.665928 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 2
19279.4711 M3

STORTLENGTE= 290.967027 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 3
32026.2416 M3

STORTLENGTE= 234.744521 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 4
45016.1968 M3

STORTLENGTE= 182.89356 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 5
67248.6155 M3

STORTLENGTE= 96.114518 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 6
112757.221 M3

STORTLENGTE= 61.9018085 M

STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 7
80821.5048 M3

STORTLENGTE= 54.119867 M

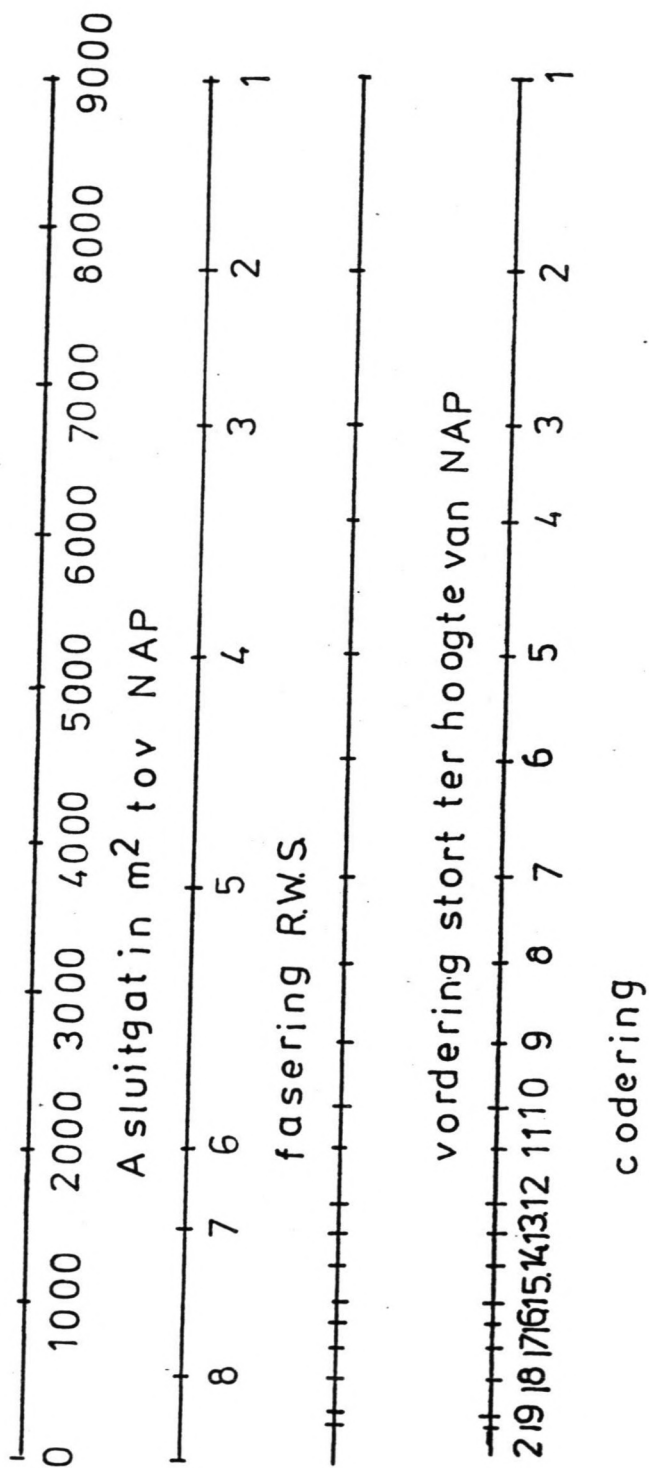
STORTVERLIES PER GETY OP PLAATS X 8
151001.421 M3

2.9.1 Uitvoer in histogramvorm.

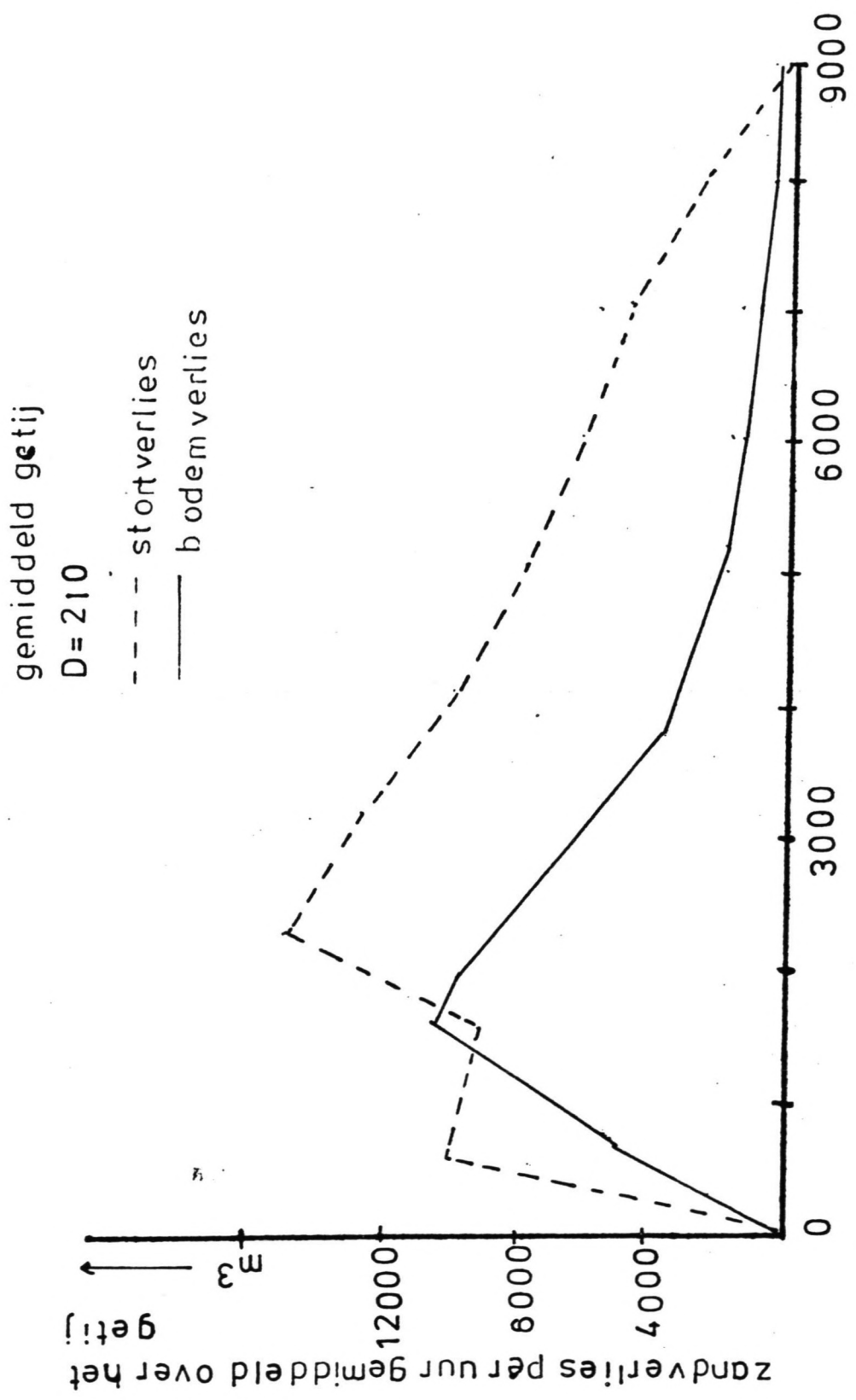
stortverlies bij gerekt getij op plaats X = X2.
 Waarden in 10¹³m³/h.

1	██████████	6.67174493
2	██	1.37399865
3		2.63888472E-03
4		.270341917
5		.105979328
6		.0865855635
7		7.12217451E-03
8		.0312535738
9		.176203872
10		9.95504888E-03
11		1.92847126E-03
12		5.2558029E-03
13		5.87741756E-04
14		1.76809606E-03
15		5.89906551E-04
16		7.8582047E-04
17		1.96996316E-03
18	█	.390962882
19	██████████	4.15483932
20	██	1.51581339
21		.0302922426
22		.0485142515
23	██	1.82609086
24	██████	2.56424861

CONVERSIEFIGUUR



figuur 2.9.1



A SLUITGAT in m² tot NAP

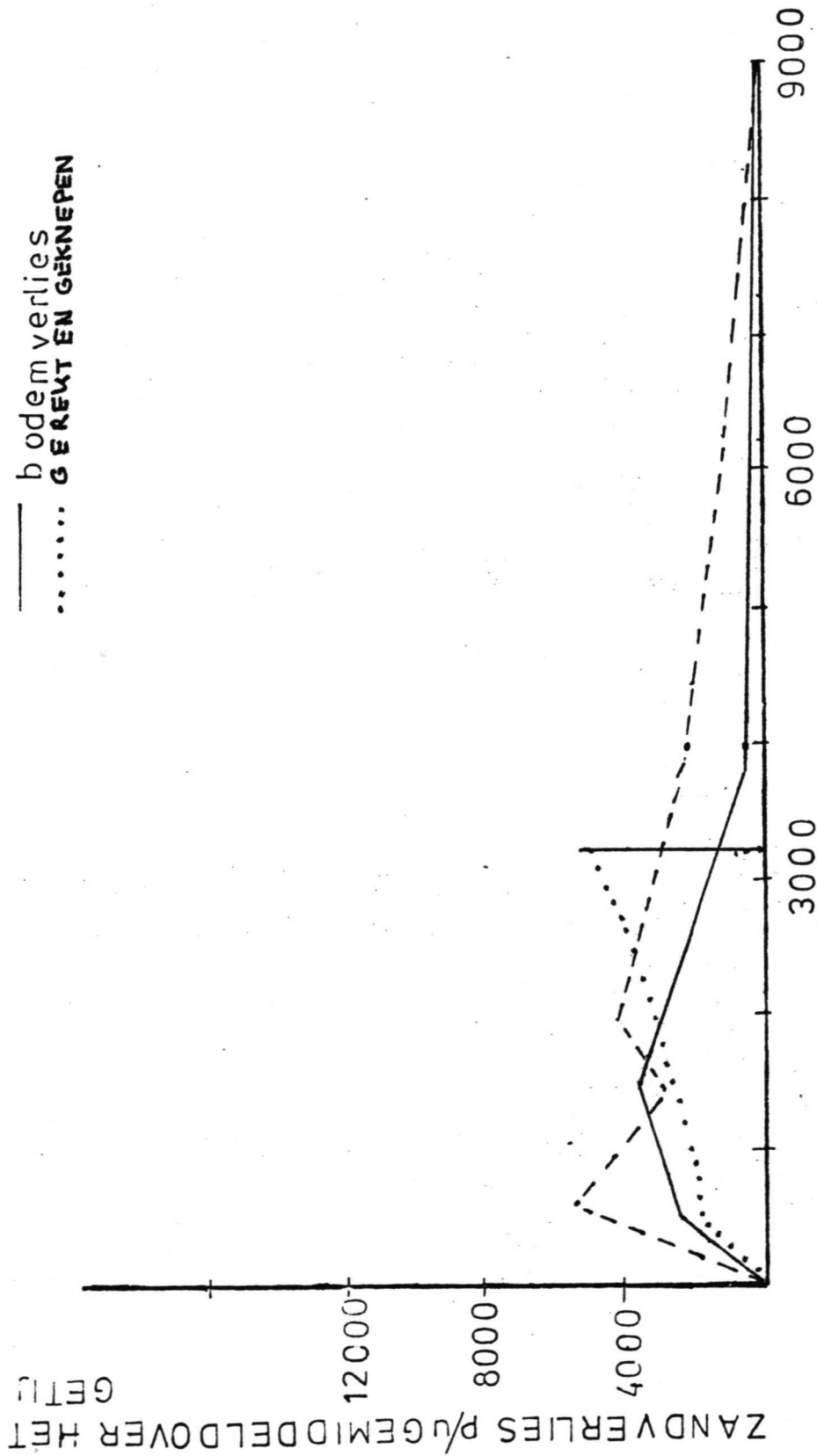
gerekt getij

$D = 210 \mu$

--- stortverlies

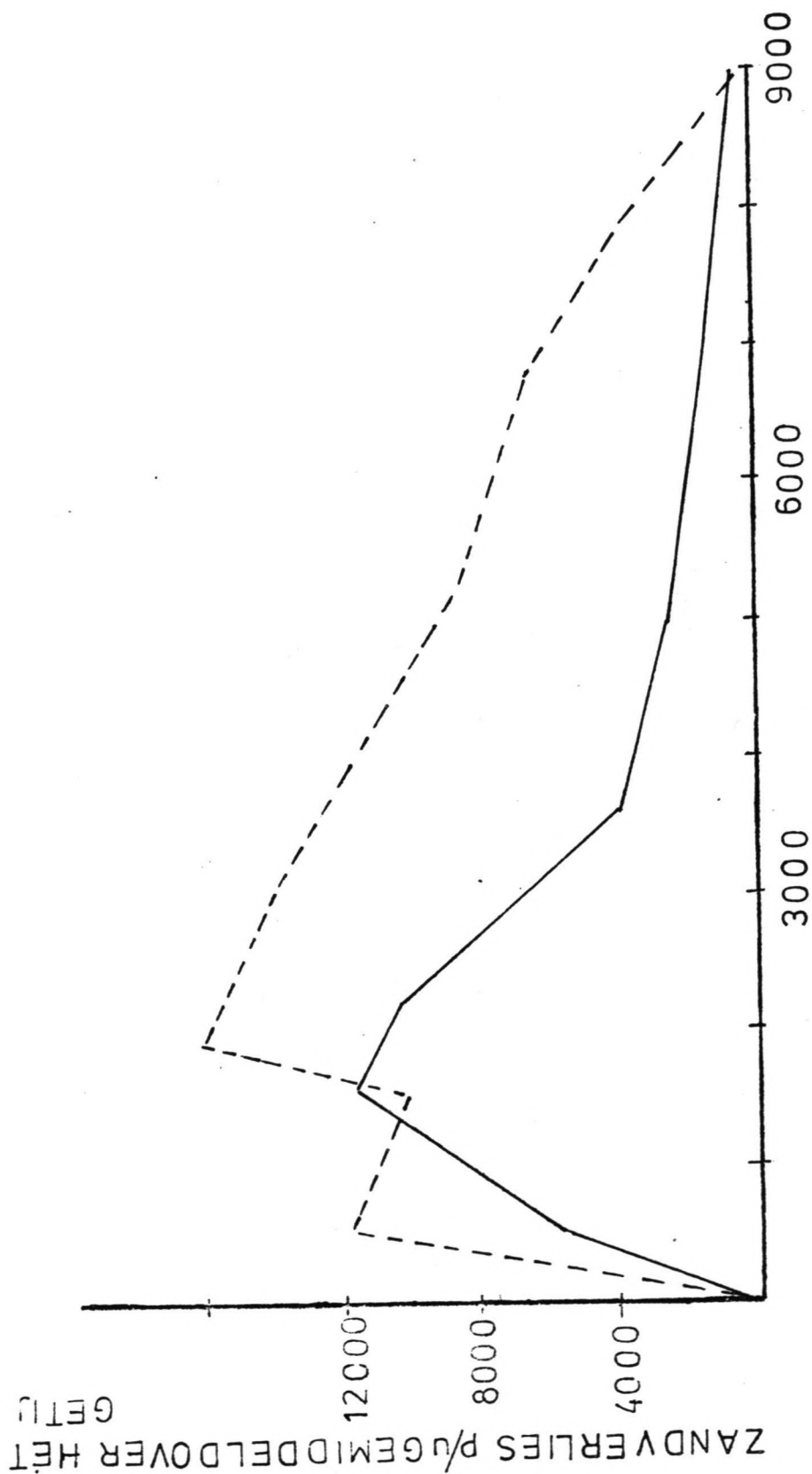
— bodemverlies

..... GEREKT EN GEKNEPEN



A SLUITGAT in m^2 tov NAP

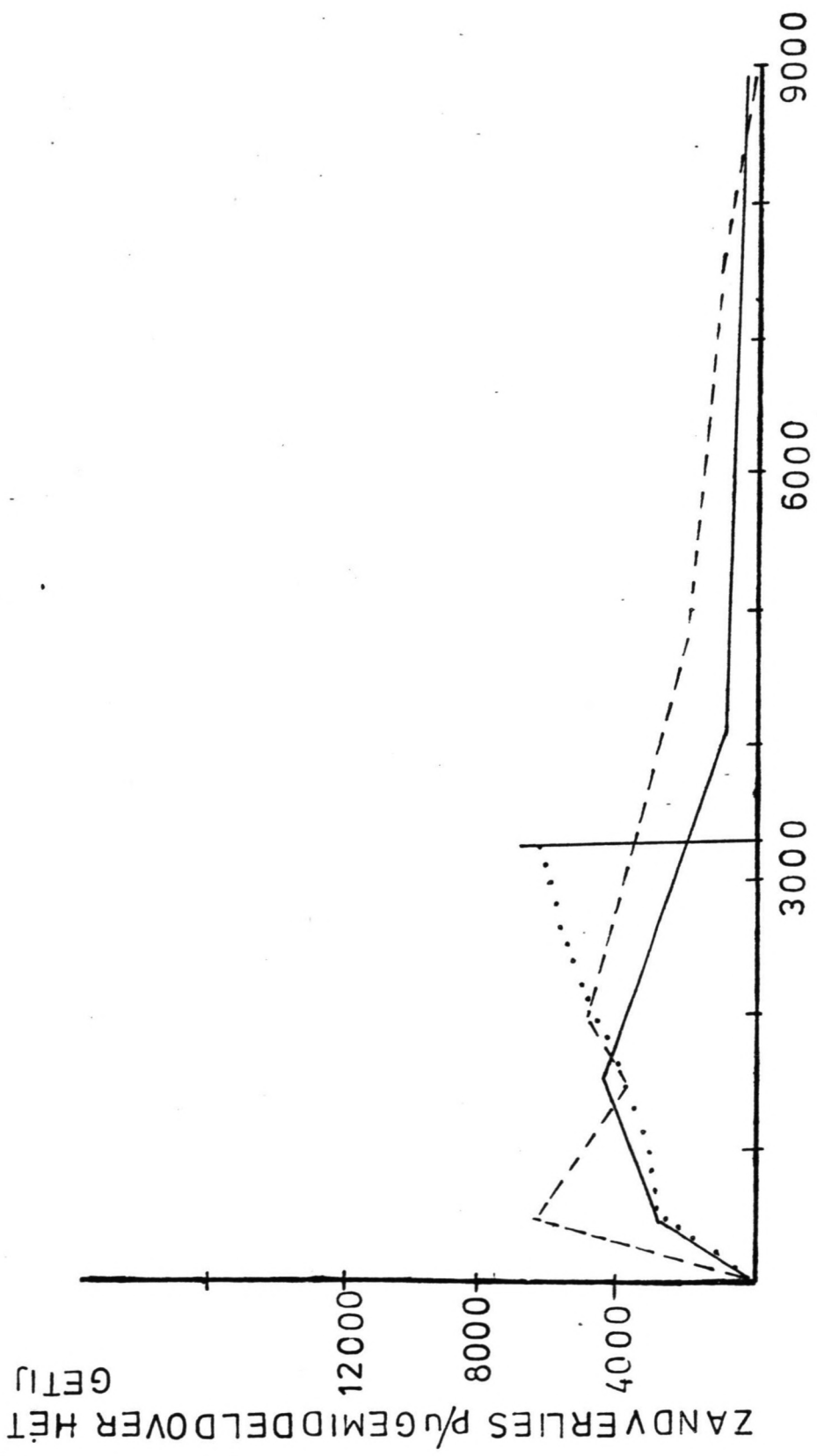
gemiddeld getij
 $D = 195 \mu$
--- stortverlies
— bodemverlies



A SLUITGAT in m² tov NAP

figuur 2.9.4

gerekt getij
D50 = 195
--- stortverlies
— bodemverlies
..... GEREKT EN GEKOEPE



A SLUITGAT in m² tov NAP

DIAMETER = 195 U

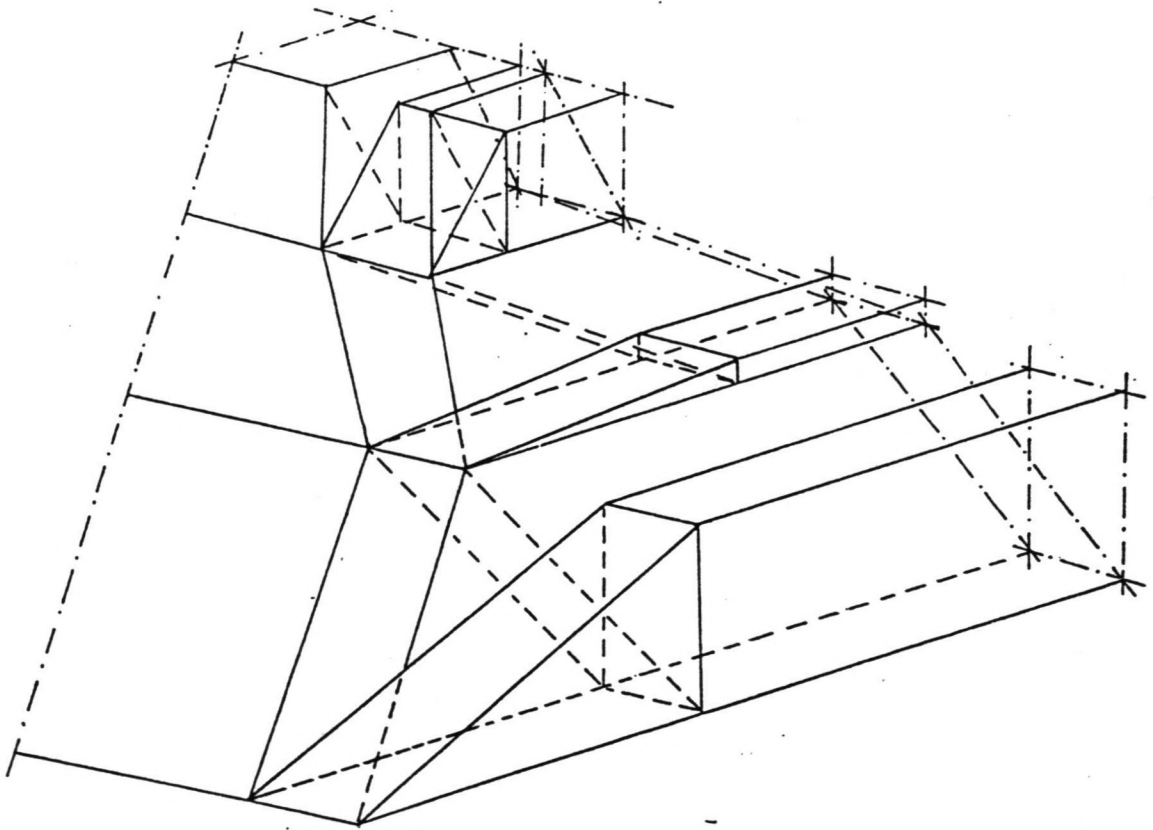
Tabel met waarden voor verlies per tijdseenheid voor de diverse getijden.

Positie	Verl. Gem Getij		Verl. Ger Getij		Verl. GerGek Getij	
	m3/h	m3/min	m3/h	m3/min	m3/h	m3/min
0	0	0	0	0	-	-
50	5100	85	1000	16.7	-	-
100	8000	133.3	1600	26.7	-	-
150	9200	153.3	2000	33.3	-	-
200	10600	176.7	2350	39.2	-	-
250	13000	216.7	3000	50	-	-
300	16000	266.7	3700	61.7	-	-
350	19000	316.7	4500	75	4500	75
400	-	-	6500	108.3	3600	60
450	-	-	7500	125	3000	50
500	-	-	8000	133.3	2700	45
550	-	-	7300	121.7	3000	50
600	-	-	7500	125	2700	45
650	-	-	7700	128.3	2250	37.5
700	-	-	8200	136.7	2000	33.3
750	-	-	-	-	1750	29.1
800	-	-	-	-	1700	28.5
850	-	-	-	-	1600	26.7
900	-	-	-	-	1200	20
950	-	-	-	-	750	15
1000	-	-	-	-	300	5
1050	-	-	-	-	0	0

tabel 2.9.1

DEEL 1

Hoofdstuk 3



HOOFDSTUK 3: BEPALING SLUITINGSDUUR + TOTAALVERLIES.

3.1 WERKING TIJDSDUUR-VERLIESPROGRAMMA.

Over een lengte van 700 meter is een bodembescherming aangebracht.

De basis van het damlichaam is echter breder dan de breedte van de bodembescherming. Zodoende worden ook de bodemverliezen over de eerste 700 meter meegerekend.

De bodemverlaging die naast de bescherming zal optreden zal opgevuld worden door de toevoer van het zand over het stort.

Indien de teen van het stort het einde van de bodembescherming bereikt zal de bodem zonder bescherming ongeveer 1.5 meter gedaald zijn.

Met vaste tijdstappen zal de sluiting doorgerekend worden.

In een tijdstap zal uitgerekend worden hoever het stort gevorderd is. Hiertoe wordt per positie nettoproductie = produktie-verlies bekeken.

Door deze netto produktie te delen door een maatgevende doorsnede wordt de vooruitgang per tijdseenheid verkregen.

$$\text{VOORUITGANG} = (\text{PRODUKTIE-VERLIES}) / \text{AMAATGEVEND.} \quad (1)$$

In dit programma wordt de produktie constant verondersteld gedurende de sluiting.

Het VERLIES is afhankelijk van het soort getij en varieert in de tijd zoals aangegeven in de figuren 2.9.2 tot 2.9.5.

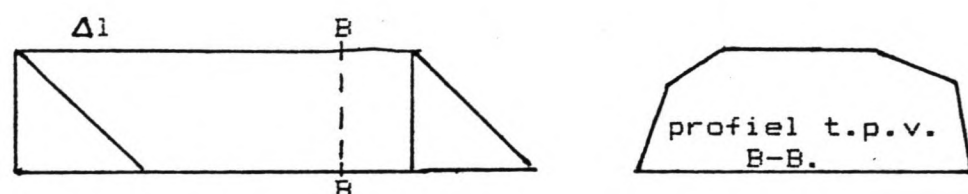
AMAATGEVEND is afhankelijk van de breedte van de sluitdam, van de optredende hellingen en van de ligging van de bodem.

3.1.1 Bepaling van de vooruitgang per tijdseenheid.

Symbolen, die gebruikt worden bij de bepaling van de vooruitgang:

v = vooruitgang van het stort ter hoogte van N.A.P. in meters.

- P = bruto produktie per tijdseenheid in m^3 .
 $L(s, j)$ = verlies per tijdseenheid in m^3 op positie s in getijvorm j . (gemiddeld, gerekt of gerekt geknepen weergegeven door 1 resp 2 en 3).
 BA = breedte sluitdam ter hoogte van N.A.P. + 2.5m.
 BB = breedte sluitdam ter hoogte van N.A.P.
 BC = breedte sluitdam ter hoogte van N.A.P. - 1.5m.
 $Y1$ = diepte stort boven de getijzone in meters.
 $Y2$ = diepte stort in de getijzone in meters.
 $Y3$ = diepte stort onder de getijzone in meters.



figuur 3.1.1

Indien er weinig bodemvariatie is en er is een kleine stortlengte t.o.v. de resterende sluitgatlengte, dan zal het volume van de stortkegel niet veel veranderen.

De toename van de daminhoud over het traject $\Delta l = \Delta l \cdot B$.

Het Krammerprofiel kent een sterke variatie van de bodem.

Door te kijken hoe het stort zich voortbeweegt kan de vermeerdering van de daminhoud in een tijdstep worden bepaald.

In figuur 3.1.3 is een 2-dimensionale en in figuur 3.1.4 is een 3-dimensionale weergave gegeven van de vooruitgang van het stort.

Na een tijdstep zal het stort een vordering v hebben. De vermeerdering van de daminhoud is de som van de volumes $A1 \cdot d1$, $A2 \cdot d2$ en $A3 \cdot d3$ (figuur 3.1.3). Deze vermeerdering heeft dezelfde waarde als het gearceerde volume.

De volumevermeerdering kan dus geschreven worden als

een functie van v . Door nu de PRODUKTIE minus het VERLIES gelijk te stellen aan de volumevermeerdering in een tijdstap wordt een relatie gevonden voor AMAATGEVEND. Door deze relatie, die een functie is van de diepte van de bodem ter plekke van het snijpunt met het stort in te vullen in formule (1) wordt de vooruitgang v voor een tijdstap verkregen.

$(Y1+Y2+Y3)$ is de verticale waarde van het snijpunt van het stort en van de bodem welke steeds door het computerprogramma uitgerekend wordt.

Volumevermeerdering van sluitdam onder N.A.P. - 1.5m:

$$\Delta I_3 = v \cdot (Y_3 - 1.5) \cdot BC + v \cdot (Y_2 - 1.5) \cdot 12 \cdot 15.$$

Volmevermeerdering van sluitdam tussen N.A.P. en N.A.P. - 1.5m:

$$\Delta I_2 = v \cdot 1.5 \cdot BB + v \cdot 1.5 \cdot 12 \cdot 40 \quad \text{mits } Y_1 > 1.5.$$

Volumevermeerdering boven N.A.P.:

$$\Delta I_1 = v \cdot 2.5 \cdot BA + v \cdot 2.5 \cdot 12 \cdot 5$$

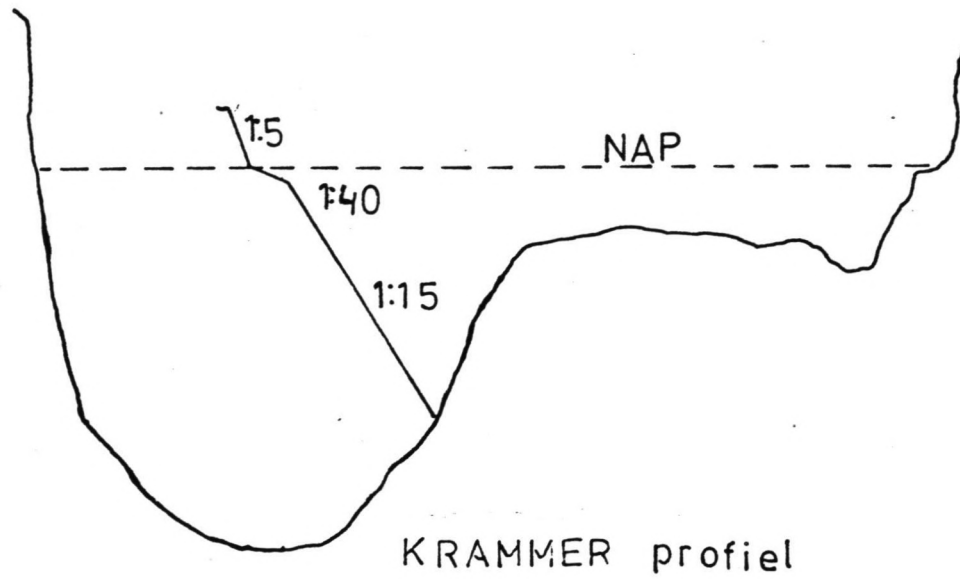
$$\Delta I = \Delta I_1 + \Delta I_2 + \Delta I_3 = P - L(s, j)$$

$$P - L(s, j) = v \cdot (Y_2 - 1.5) \cdot BC + (v \cdot (Y_2 - 1.5) \cdot 12 \cdot 15 + v \cdot 1.5 \cdot BB + v \cdot 1.5 \cdot 12 \cdot 40 + v \cdot 2.5 \cdot BA + v \cdot 2.5 \cdot 12 \cdot 5).$$

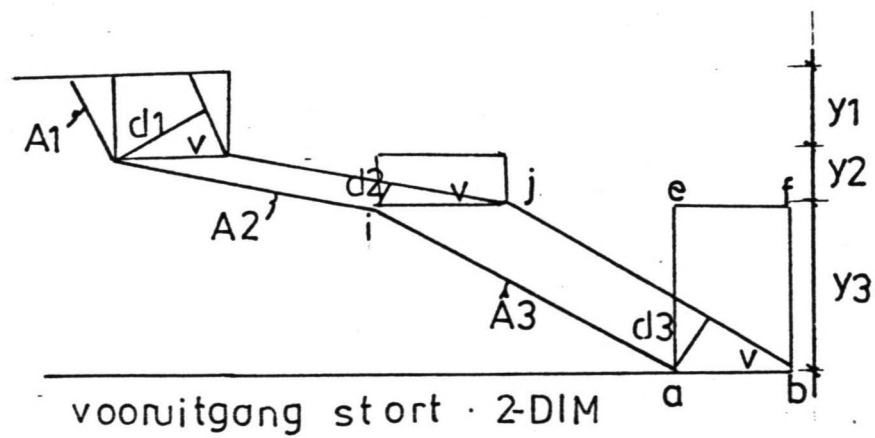
Hieruit volgt de vordering v .

$$v = (P - L(s, j)) / ((Y_2 - 1.5) \cdot BC + (Y_2 - 1.5) \cdot 12 \cdot 15 + 1.5 \cdot BB + 1.5 \cdot 12 \cdot 40 + 2.5 \cdot BA).$$

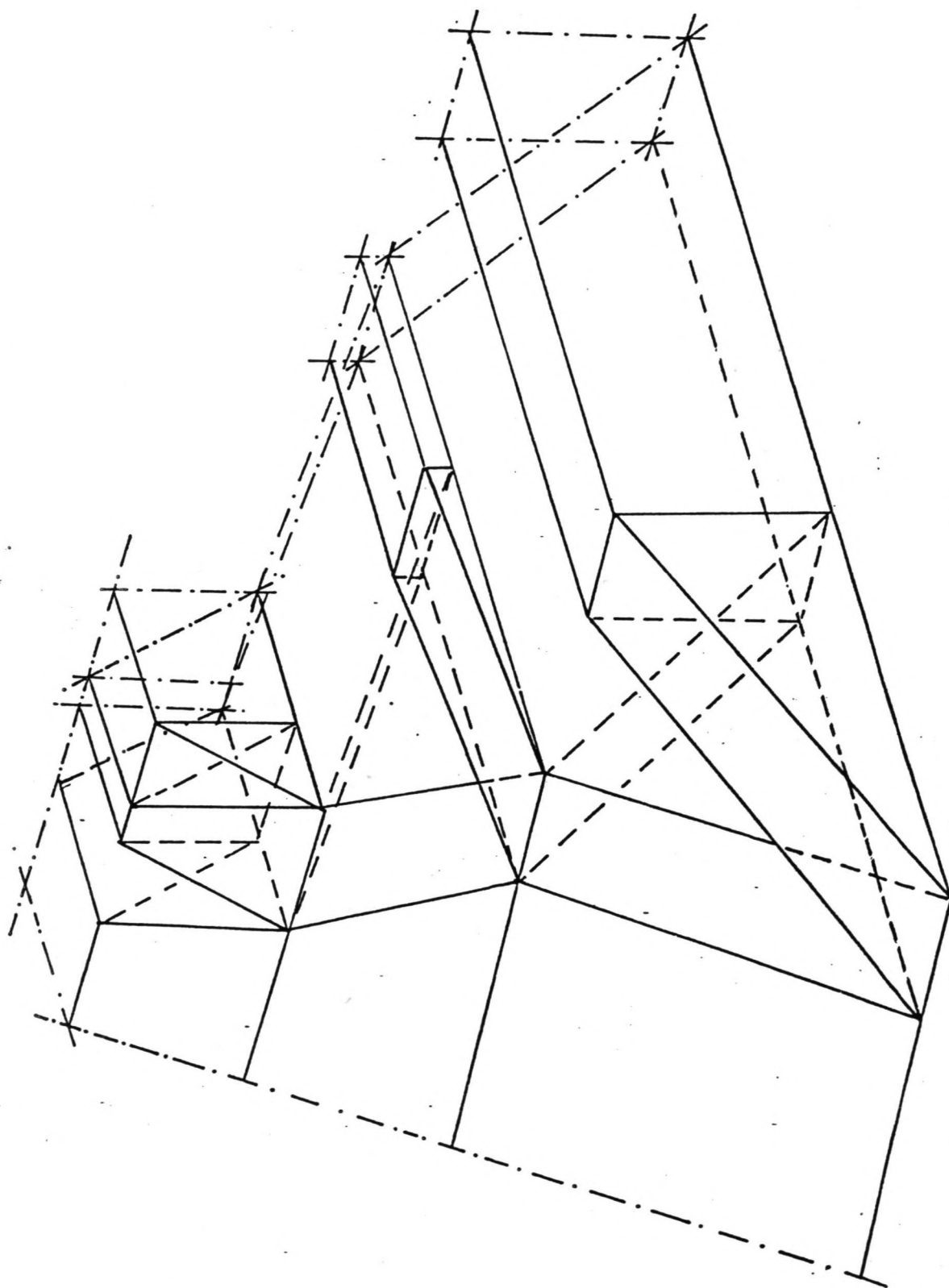
AMAAATGEVEND is dus gelijk aan de noemer van de rechterkant van bovenstaande vergelijking.



figuur 3.1.2



figuur 3.1.3



figuur 3.1.4

VOORUITGANG STORT 3-DIM



figuur 3.1.5

- Een afwijking zal ontstaan doordat de bodem onder een helling loopt. Vanwege de kleine vordering per tijdstap zal dit geen bezwaar vormen.

3.1.2 Breedte van de sluitdam.

Het zandtransport over de sluitdam vindt plaats door middel van hydraulisch transport.

Per zuiger loopt een perssysteem over de sluitdam naar het stort.

Om het verlengen van de leidingen op het stort tijdens bedrijf van de zuiger mogelijk te maken, wordt per perssysteem het eind gesplitst.

Op de splitsing wordt een wissel geplaatst. Om stagnatie te voorkomen moet met de vooruitgang van het stort de wissel in intervallen worden verplaatst, zodat de afstand tussen het einde van de leiding en de wissel niet groter is dan 200m.

Afsluiten van een tak en openen van de andere moet gelijktijdig gebeuren om stagnatie te voorkomen.

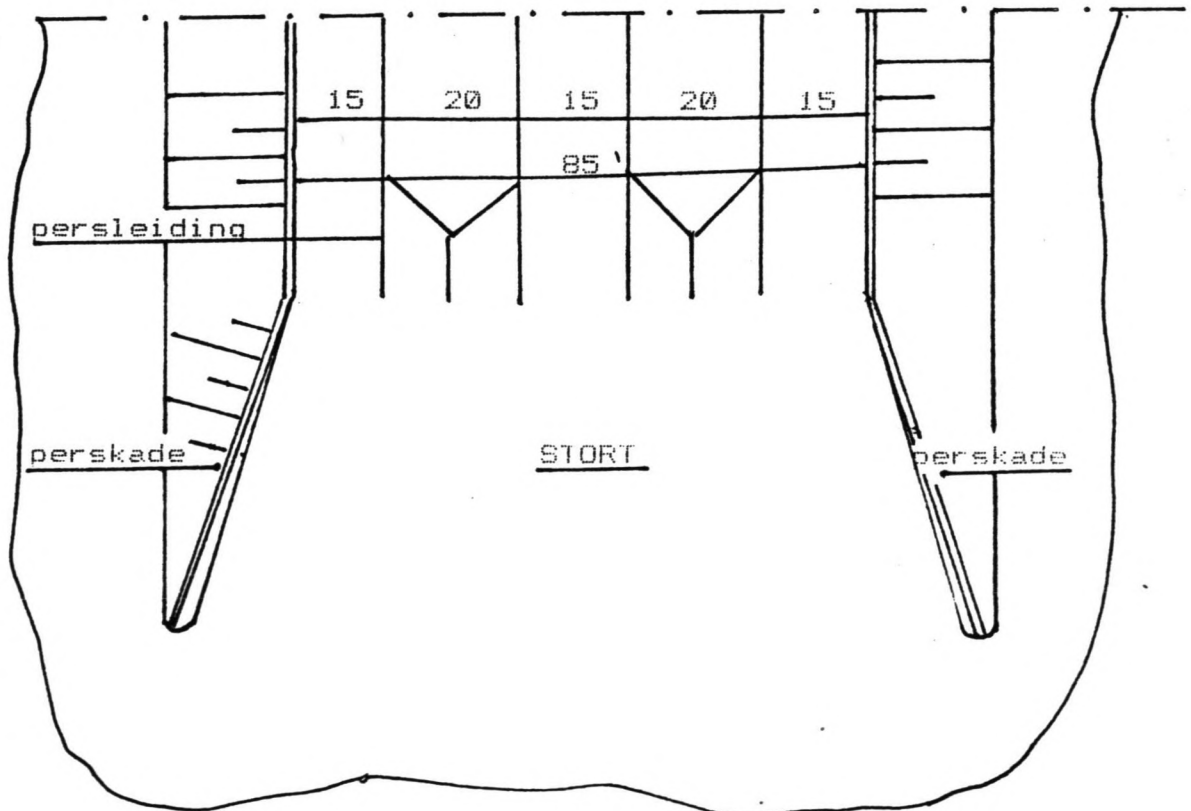
Bij een sluitlengte van 1100 meter zijn er per leiding 6 wissels nodig.

Kruinbreedte:

Voor de tussenruimte tussen twee leidingen is maximaal circa 15 meter als werkbreedte benodigd. Voor een rijbaan voor aanvoer van leidingen en materieel is een kruinbreedte van ca 25 meter gewenst.

$$\text{BREEDTE} = 40 + (\text{aantal zuigers} - 1) \cdot 15.$$

Het minimum aantal zuigers is 4, dus de minimale breedte van de sluitdam = 85m.

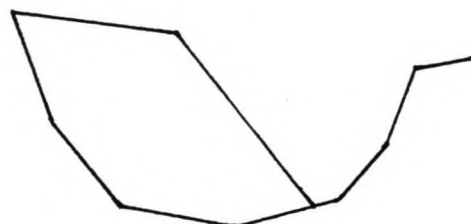


figuur 3.1.6

3.1.3 Het instellen van de stortkegel.

Voordat het stort ter hoogte van N.A.P. begint te vorderen zal eerst een kegel met een bepaalde inhoud ingesteld worden. Deze inhoud is afhankelijk van de breedte van de sluitdam en van de optredende hellingen van de taluds.

Bij een sluitdambreedte van 85m en de eerder genoemde hellingen van 1:5, 1:40 en 1:15 zal de inhoud van deze kegel ongeveer 800000 m³ bedragen.



figuur 3.1.7
Het instellen van het stort

3.2 OVERGANGSCRITERIA

Als criterium om over te gaan van het gerekte naar het gerekt en geknepen getij wordt gehanteerd een maximum optredende watersnelheid van 3m/s.

Dit criterium berust op ervaringen met vorige zandsluitingen en is vastgesteld door Rijkswaterstaat.

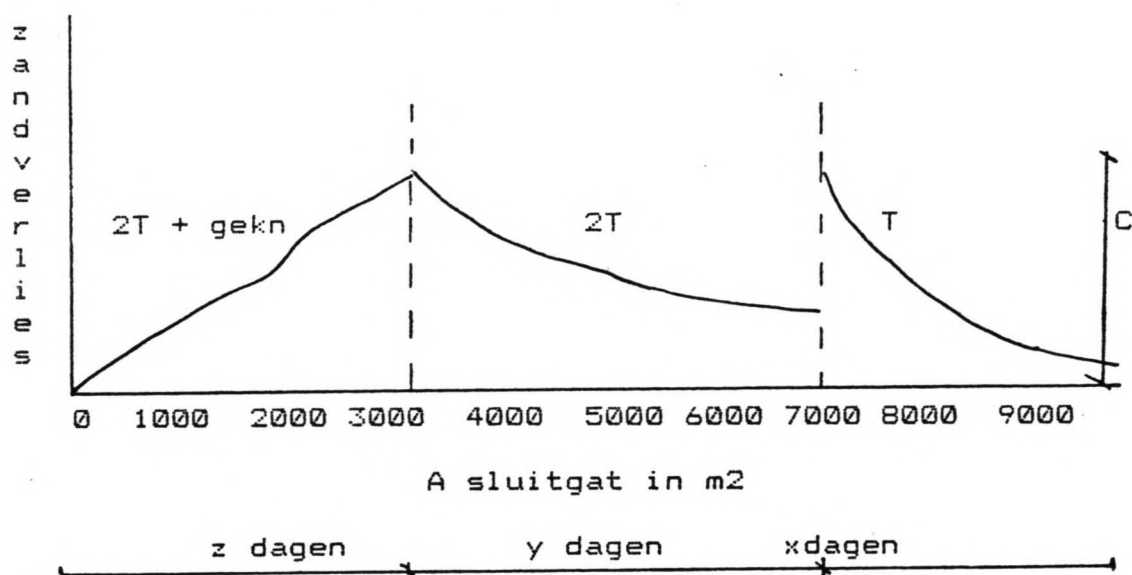
Volgens waterloopkundige modellen zal dit criterium overschreden worden bij een sluitgatoppervlakte van 3200m², hetgeen overeenkomt met een vooruitgang van het stort ter hoogte van N.A.P. van 350 meter.

Het overgangscriterium van gemiddeld naar gerekt getij zal zo gekozen dat de tijdsduur van het gerekte en het gerekt en geknepen getij tezamen ongeveer 12 dagen zal bedragen.

Deze waarde is gekozen uit milieuoverwegingen. Gebleken is dat een langere tijdsduur dan 12 dagen bovendien weinig invloed heeft op de totale

tijdsduur en de zandverliezen (mits de produktie niet te laag is).

De Rijkswaterstaat hanteert hier als overgangscriterium een waarde voor het verlies gelijk aan $.5 \times$ de produktie.



figuur 3.2.1

Produktie = P .

Overgangscriterium van T naar $2T$ is C .

P constant en C groter dan: x groter, y kleiner
en z constant.
Totaaltijd wordt groter.

P groter en C constant dan: x kleiner, y kleiner
en z kleiner.
Totaaltijd wordt kleiner.

Voor elke P kan een C gekozen worden zodat

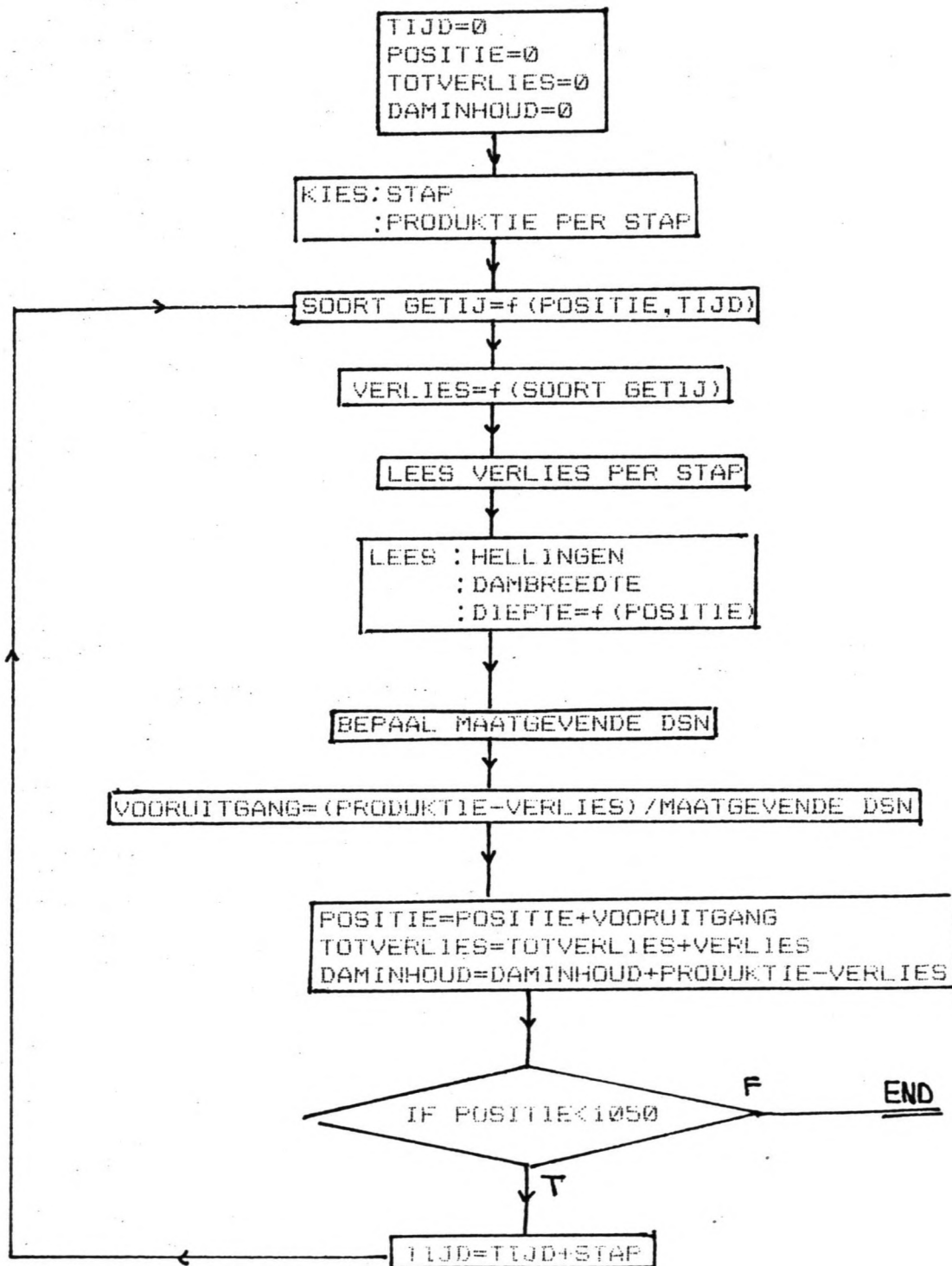
$$(y + z = 12 \text{ dagen.})$$

De overstapcriteria zijn zo gekozen dat economisch geoptimaliseerd is.

Bij het genoemde criterium van Rijkswaterstaat :

Verlies = $.5 * \text{Produktie}$ is in feite naar het milieu geoptimaliseerd. Een grotere Produktie houdt dan namelijk in dat later overgestapt zal worden op het gerekte getij, terwijl eigenlijk eerder overgestapt kan worden vanwege het feit dat een hogere produktie een kortere gerekte + gerekt en geknepen getij impliceert.

3.3.1 Bepaling Tijdsduur en Totaal Verlies



```

1 OPEN(1,4:CMD1:LIST
2 DIMX(30)
3 DIMY(100)
4 DIML(3,60)
5 TE=3:PC=12500:VC=41.67:CR=2500
6 DIMML(4000)
7 IF TE=30RTE=5 THEN VC=41.67:CR=2500:PC=PC+2500
8 IF TE=100RTE=10 THEN VC=41.67:CR=2500:PC=PC+2500
9 IF TE=200RTE=25 THEN VC=41.67:CR=2500:PC=PC+2500
10 IF TE=300RTE=50 THEN VC=41.67:CR=2500:PC=PC+2500
12 IF TE=35 THEN END
13 K=1:DI=0
14 Y(1)=0:Y(2)=0:X(1)=0:X(2)=50
20 Y(3)=10.8:Y(4)=15.2:X(3)=100:X(4)=150:X(5)=200:X(6)=250:X(7)=300:X(8)=350
30 Y(5)=17.2:Y(6)=18.8:X(9)=400:X(10)=450:X(11)=500:X(12)=550:X(13)=600
40 Y(7)=20.1:Y(8)=20:X(14)=650:X(15)=700:X(16)=750:X(17)=800:X(18)=850
50 Y(9)=19.2:Y(10)=17.6:X(19)=900:X(20)=950:X(21)=1000:X(22)=1050:X(23)=1100
60 Y(11)=14.7:Y(12)=10.8:X(24)=1150:X(25)=1200:X(26)=1250:X(27)=1300
70 Y(13)=6:Y(14)=4.4
80 Y(15)=4.7:Y(16)=4.9
90 Y(17)=4.7:Y(18)=4.7
100 Y(19)=5:Y(20)=5
110 Y(21)=4.9:Y(22)=2.1
120 Y(23)=2:Y(24)=1.5:Y(25)=-1:Y(26)=-2:Y(27)=-2:Y(28)=-4
200 L(1,1)=35:L(1,2)=63.3
210 L(1,3)=108.3:L(1,4)=120
220 L(1,5)=141.7:L(1,6)=166.7
230 L(1,7)=206.7:L(1,8)=216.7
240 L(1,9)=233.3:L(1,10)=246.7
250 L(1,11)=246.7:L(1,12)=155
260 L(1,13)=166.7:L(1,14)=183.33
270 L(1,15)=200:L(1,16)=299.2
280 L(1,17)=333.3:L(1,18)=371.76
290 L(1,19)=410:L(1,20)=431.7
300 L(1,21)=359.76:L(1,22)=326.7
310 L(1,23)=297.5:L(1,24)=272
320 L(1,25)=0
400 L(2,1)=10:L(2,2)=13.3
410 L(2,3)=21.7:L(2,4)=25
420 L(2,5)=30:L(2,6)=35
430 L(2,7)=46.7:L(2,8)=53.3
440 L(2,9)=66.7:L(2,10)=75
450 L(2,11)=82.5:L(2,12)=125
460 L(2,13)=125:L(2,14)=130
470 L(2,15)=136.7:L(2,16)=146.7
480 L(2,17)=150:L(2,18)=155
490 L(2,19)=108.3:L(2,20)=66.7
500 L(3,8)=53.3:L(3,9)=43:L(3,10)=35
510 L(3,11)=40:L(3,12)=45:L(3,13)=40
520 L(3,14)=37.5:L(3,15)=33.3:L(3,16)=29.1
600 L(3,17)=28.5:L(3,18)=26.7
610 L(3,19)=20:L(3,20)=15
620 L(3,21)=5:L(3,22)=0

```

```

1000 X=0:Q=1
1002 BA=145
1005 XT=0
1010 J=1:L=0:Z=1:S=1
1020 NA=5:NB=40:NC=15
1021 OPEN1,4:CMD1:PRINT#1,"BREEDTE="BA"M NA="NA"M NB="NB"M NC="NC"M
1022 PRINT#1,"PRODUKTIE IS"PC"ML/H CRITERIUM="CR"ML/H":CLOSE1
1023 I=940000/PC:T=INT(T)*50:PRINT#1:L=T*(S,1):DI=940000
1030 A1=2.5*BA+NA*2.5+2:B1=BA+NB*5:PRINT#1"A1="A1
1031 P=J
1035 IF(X(P+1)-XT)>10 THEN YV=(X+0)/50*(Y(P+3)-Y(P+2))+Y(P+1)
1036 IF YV>1.5 THEN GOTO 1100
1037 IF YV<1.5 THEN GOTO 1280
1040 IF(X(P+1)-XT)<10 THEN YV=(10-(10-X))/50*(Y(P+3)-Y(P+2))+Y(P+1)
1050 IF YV>1.5 THEN P=P+1:GOTO 1100
1051 IF YV<1.5 THEN P=P+1:GOTO 1280
1100 A2=BB*1.5+1.5+2*NB:PRINT#1"A2="A2
1105 BC=BB+NB*3
1110 DS=1.5+(X(P+2)-(XT+60))/NC
1120 IF DS<Y(P+2) THEN GOTO 1140
1130 IF DS>Y(P+2) THEN GOTO 1150
1140 DS=DS+50/NC:P=P+1:GOTO 1120
1150 MU=(XT+60-X(P+1)+NC*Y(P+1))/(Y(P+1)-Y(P+2))*NC+50
1160 YS=MU*(-Y(P+1)+Y(P+2))+Y(P+1):PRINT#1"YS="YS
1190 A3=BC*(YS-1.5)+(YS-1.5)+2*NC:PRINT#1"A3="A3
1200 GOTO 1490
1280 IF Y(P+1)<1.5 THEN GOTO 1300
1290 IF Y(P+1)>1.5 THEN P=P+1
1300 MU=(XT-X(P)+NB*Y(P))/(Y(P)-Y(P+1))*NB+50
1310 YS=MU*(-Y(P)+Y(P+1))+Y(P)
1315 IF YS<0 THEN VC=VC+41.67:CR=CR+2500:TE=TE+1:GOTO 7
1320 LA=YS*40:PRINT#1"LA="LA
1330 A2=BB*LA+LA*YS*NB:A3=0:PRINT#1"A2="A2"YS="YS
1490 I=(PC-60*(ML(Q)+ML(Q-1)))/2:DI=DI+I:PRINT#1"DI="DI
1500 V=I/(A1+A2+A3)
1505 X=X+V:PRINT#1"X="X
1510 Q=Q+1:Z=Z+1
1599 T=T+60:PRINT#1"T="T
1620 XT=XT+V
1630 IF X>50 THEN J=J+1:X=X-50:PRINT#1"J="J
1600 ML(Q)=X/50*(L(S,J+1)-L(S,J))+L(S,J)
1610 IF S=2 OR S=3 THEN GOTO 1845
1620 IF ML(Q)<VC THEN L=L+60*(ML(Q)+ML(Q-1))/2:GOTO 1630
1630 IF S=1 THEN OPEN1,4:CMD1:PRINT#1,"X="XT"T="T:CLOSE1
1640 S=2
1645 IF J=8 AND K=1 THEN OPEN1,4:CMD1:PRINT#1,"X="XT"T="T:K=2:CLOSE1
1650 IF J=8 THEN S=3
1651 PRINT#1"X="XT"T="T"VERLIES="ML(Q)
1660 L=L+60*(ML(Q)+ML(Q-1))/2
1670 IF J=22 THEN OPEN1,4:CMD1:PRINT#1,"VERL="L"T="T"VOORUITG.="XT"DI="DI:GOTO 188
1680 GOTO 1630
1681 CR=CR+2500:VC=VC+41.67:TE=TE+1:CLOSE1:GOTO 7

```

READY.

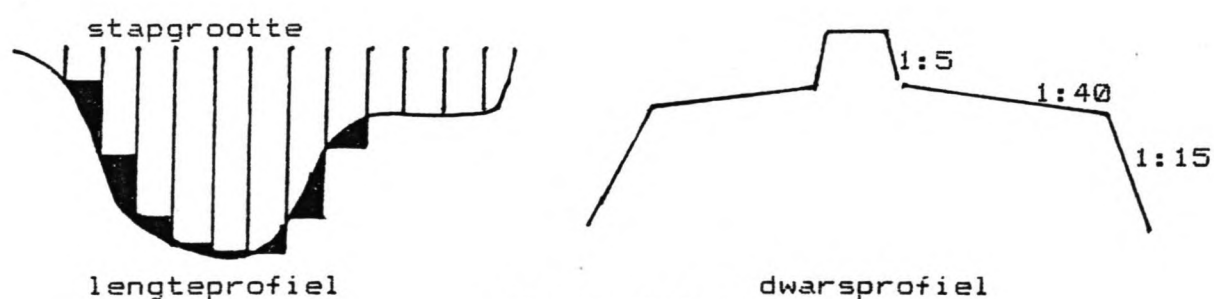
3.5 CONTROLE VAN HET TIJDSDUUR-VERLIES PROGRAMMA.-

Bij het tijdsduur-verliesprogrammawordt de daminhoud berekend door steeds voor vaste tijdstappen het verlies per getij af te lezen en het vervolgens af te trekken van de produktie per tijdseenheid. De daminhoudwinst is dus (produktie-verlies) per tijdseenheid.

Om de betrouwbaarheid van genoemd programma te kunnen controleren is een apart programma opgesteld voor de bepaling van de daminhoud.

Dit programma rekent voor gegeven taludhellingen en een gegeven kruinbreedte de daminhoud uit door met een bepaalde stapgrootte het Krammerprofiel te doorlopen.

Alleen het eindresultaat, de totale daminhoud, is vergelijkbaar vanwege het feit dat in de tussenliggende stadia de inhoud van de stortkegel niet meegerekend wordt.



figuur 3.5.1

De onnauwkeurigheid is niet zo groot als getekend in figuur 3.5.1 (zwart gemaakte gedeelte), omdat in het programma een stapgrootte van 1m is genomen.

Er zijn nu drie controlemiddelen om de betrouwbaarheid van het tijdsduur-verliesprogramma te toetsen.

- 1- Totale daminhoud van het tijdsduur-verliesprogramma moet gelijk zijn aan de totale daminhoud van het speciaal hiervoor opgestelde programma.

- 2- Voor verschillende produkties moet de daminhoud in het tijdsduur-verliesprogramma gelijk blijven.
- 3- De totale produktie = produktie per uur maal de tijdsduur in uren moet gelijk zijn aan het totale verlies + de totale daminhoud.

Over controlemiddel nummer drie kan nog gezegd worden dat dit geen indicatie geeft over de betrouwbaarheid van het programma, maar wel over de nauwkeurigheid hiervan.

3.5.1 Daminhoudtabellen.

I Hellingen 1:5, 1:140, 1:15.		
aantal zuigers m3)	breedte(m)	Totale daminhoud (10 ¹⁶ m3)
4	85	4.3
5	100	4.5
6	115	4.7
7	130	4.9
8	145	5.1
9	160	5.3
10	175	5.5

II Hellingen 1:5, 1:60, 1:22.5.		
aantal zuigers	breedte(m)	Totale daminhoud (10 ¹⁶ m3)
4	85	5.9
5	100	6.1
6	115	6.3
7	130	6.5
8	145	6.7
9	160	6.9
10	175	7.1

III Hellingen 1:5, 1:25, 1:10.		
aantal zuigers	breedte	Totale daminhoud (10 ¹⁶ m3)
4	85	3.4
5	100	3.6
6	115	3.8
7	130	4.0
8	145	4.2
9	160	4.4
10	175	4.6

3.5.2 Wingebied oost.

In wingebied west kunnen maximaal vier zuigers worden geplaatst.

Bij toepassing van meerdere zuigers kan een oplossing worden verkregen door een wingebied ten oosten van de dam in gebruik te nemen. Hier kunnen ook ongeveer 4 zuigers geplaatst worden.

Aangenomen is dat de gemiddelde korreldiameter ten oosten van de toekomstige dam ook 210u bedraagt. Deze aanname wordt gerechtvaardigd door het feit dat ten oosten van de dam dezelfde holocene afzetting aanwezig is als ten westen van de dam. Bovendien is uit oude boringen gebleken dat het gemiddelde ongeveer 210u bedraagt.



figuur 3.5.2

Wingebied Oost

3.6 OPTIMALISATIE PRODUCTIE VS TIJDSDUUR.

3.6.1 symbolen in tabel + dimensies

VC = verliescriterium in m³.
 TGem = duur van het gemiddeld getij in dagen.
 TGer = duur van het gerekte getij in dagen.
 TGG = duur van het gerekt en geknepen getij.
 TTot = totale tijdsduur.
 TOTGER = duur gerekt + gerekt en geknepen getij.
 Prod = produktie in m³ per uur.
 Verl. = verlies in 10¹³m³.
 DI = daminhoud in 10¹³m³.

3.6.2 Optimalisatieschema.

aantal schepen breedte		4 85	5 100	6 115	7 130	8 145	9 160	10 175
VC	Prod							
0	10000							
1250	10000							
2500	10000							
3750	10000							
5000	10000							
6250	10000							
0	12500							
1250	12500							
2500	12500							
3750	12500							
5000	12500							
6250	12500							
0	15000							
1250	15000							
2500	15000							
3750	15000							
5000	15000							
6250	15000							
0	17500							
1250	17500							
2500	17500							
3750	17500							
5000	17500							
6250	17500							
0	20000							

1250 20000

breedte		85	100	115	130	145	160	175
VC	Prod							
2500	20000	I						
3750	20000							
5000	20000							
6250	20000							
0	22500							
1250	22500							
2500	22500							
3750	22500							
5000	22500							
6250	22500							
0	25000							
1250	25000							
2500	25000							
3750	25000							
5000	25000							
6250	25000							
0	27500							
1250	27500							
2500	27500							
3750	27500							
5000	27500							
6250	27500							
0	30000							
1250	30000							
2500	30000							
3750	30000							
5000	30000							
6250	30000							

Gebied I: Produktie gedeeld door het aantal zuigers
is groter dan 3500 m³/h.

Gebied II: Produktie gedeeld door aantal zuigers is
kleiner dan 1500 m³/h.

Voor de combinaties die weergegeven zijn in het optimalisatieschema in paragraaf 3.6.2 is het tijdsduur-verlies programma doorgerekend.

De resultaten hiervan zijn verwerkt in de tabellen 3.6.1 tot en met 3.6.4.

De combinaties, waarbij de tijdsduur van het gerekte plus het gerekte en geknepen getij ongeveer 12 dagen bedraagt worden als optimaal beschouwd.

Deze combinaties zijn in tabel 3.6.5 weergegeven.

Aan de hand hiervan is grafiek 3.6.1 (Produktie vs Tijdsduur) opgesteld.

3.6.3 Optimalisatietabellen.

Breedte=85meter; Produktie=10000m3.								
VC	TGem	TGer	TGG	TTot	Verl.	DI	Verl+DI	TOTGER
2500	4.3	11.6	5.4	21.3	9.5	4.34	5.29	17
5000	8	9	5.4	22.5	12.3	4.34	5.57	14.4
6250	10.1	8.1	5.4	23.6	14.8	4.34	5.82	13.5
7500	17.1	5.5	5.4	28	25.7	4.34	6.91	10.9
Produktie=12500m3.								
2500	3.4	8.9	4.1	16.4	7.3	4.34	5.07	13
3750	5	7.7	4.1	16.8	8.3	4.34	5.17	11.8
5000	6	6.9	4.1	17.1	19.2	4.34	5.26	11
Breedte=100meter; Produktie=10000m3.								
2500	4.4	12	5.8	22.2	9.9	4.53	5.52	17.8
5000	8.25	9.4	5.8	23.5	12.9	4.53	5.83	15.2
6250	10.2	8.4	5.8	24.4	15.3	4.53	6.06	14.2
Produktie=12500m3.								
2500	3.5	9.2	4.4	17.1	7.6	4.53	5.29	13.6
3750	5	8	4.4	17.4	8.6	4.53	5.39	12.4
5000	6.3	7.2	4.4	17.9	9.7	4.53	5.5	11.6
Produktie=15000m3.								
1250	2.5	7.8	3.6	13.9	6	4.53	5.19	11.4
2500	2.9	7.5	3.6	14	6.2	4.53	5.15	11.1
3750	4.1	6.5	3.6	14.2	6.9	4.53	5.22	10.1
Produktie=17500m3.								
0	-	8.7	3	11.7	4.3	4.53	4.97	11.7
1250	2.1	6.6	3	11.7	5.1	4.53	5.04	9.6
2500	2.5	6.3	3	11.8	5.2	4.53	5.05	9.3
Breedte=115meter; Produktie=12500m3.								
2500	3.5	9.6	4.7	17.8	7.9	4.73	5.52	14.3
3750	5.2	8.6	4.7	18.5	8.9	4.73	5.62	13.3
5000	6.4	7.5	4.7	18.6	10.1	4.73	5.74	12.2
6250	7.7	6.7	4.7	19.1	11.6	4.73	5.89	11.4

tabel 3.6.1.

Produktie=15000.								
Vc	TGem	TGer	TGG	TTot	Ver1	DI	Ver1+DI	TOTGER
1250	2.5	8.1	3.8	14.4	16.3	4.73	5.3	11.9
2500	3	7.8	3.8	14.6	6.5	4.73	5.38	11.6
Produktie=17500m3.								
0	-	9	3.2	12.2	4.5	4.73	5.18	12.2
1250	2.2	6.9	3.2	12.3	5.3	4.73	5.26	10.1
2500	2.5	6.6	3.2	12.3	5.4	4.73	5.27	9.8
Produktie=20000m3.								
0	-	7.8	2.8	10.6	3.9	4.73	5.12	10.6
1250	1.9	5.9	2.8	10.6	4.6	4.73	5.19	8.7
2500	2.2	5.7	2.8	12.7	4.7	4.73	5.2	8.5
Breedte=130meter;Produktie=12500.								
3750	5.3	8.6	5	18.9	9.3	4.92	5.85	13.6
5000	6.5	7.8	5	19.3	10.4	4.92	5.96	12.8
Produktie=15000m3.								
2500	3	8.1	4	15.1	6.7	4.92	5.59	12.1
3750	4.3	7	4	15.3	7.5	4.92	5.67	11
5000	5.3	6.3	4	15.6	8.4	4.92	5.76	10.3
Produktie=17500m3.								
0	-	9.3	3.4	12.7	4.7	4.92	5.39	12.7
1250	2.2	7.1	3.4	12.7	5.5	4.92	5.47	10.5
2500	2.6	6.8	3.4	16.8	5.7	4.92	5.49	10.2
Produktie=20000m3.								
0	-	8.1	3	11.1	4.1	4.92	5.33	11.1
1250	2	6.1	3	11.1	4.8	4.92	5.4	9.1
Produktie=22500m3.								
0	-	7.1	2.5	9.6	3.6	4.92	5.28	9.6
1250	1.7	5.4	2.6	9.7	4.2	4.92	5.34	8
Breedte=145meter;Produktie=12500m3.								
5000	6.7	8	5.3	20	10.8	5.11	6.19	13.3
6250	8.1	7.2	5.3	20.6	12.5	5.11	6.36	12.5
7500	12.6	4.9	5.3	22.8	19.2	5.11	7.03	10.2
Produktie=15000m3.								
3750	2.6	8.8	4.3	15.7	6.8	5.11	5.69	13.1
5000	5.4	6.5	4.3	16.2	8.7	5.11	5.98	10.8

tabel 3.6.2.

Produktie=17500m3.								
Vc	TGem	TGer	TGG	TTot	Verl	DI	Verl+DI	TOTGER
0	-	9.6	3.6	13.2	4.9	5.11	5.6	13.2
1250	2.2	7.4	3.6	13.2	5.7	5.11	5.68	11
2500	2.6	7	3.6	13.2	5.9	5.11	5.7	10.6
Produktie=20000m3.								
0	-	8.4	3.1	11.5	4.2	5.11	5.53	11.5
1250	2	6.4	3.1	11.5	5	5.11	5.61	9.5
2500	2.3	6.1	3.1	11.5	5.1	5.11	5.62	9.2
Produktie=22500m3.								
0	-	7.3	2.7	10	3.7	5.11	5.48	10
1250	1.8	5.6	2.7	10.1	4.3	5.11	5.54	8.3
2500	2	5.4	2.7	10.1	4.5	5.11	5.56	8.1
Produktie=25000m3.								
0	-	6.6	2.5	9.1	3.3	5.11	5.44	9.1
1250	1.6	5	2.5	9.1	3.9	5.11	5.5	7.5
Produktie=27500m3.								
0	-	6	2.2	8.2	3	5.11	5.41	8.2
1250	1.5	4.5	2.2	8.2	3.5	5.11	5.46	8.2
Breedte=160meter;Produktie=15000m3.								
2500	3.1	8.7	4.5	16.3	7.2	5.3	6.02	13.2
3750	4.5	7.5	4.5	16.5	8.1	5.3	6.11	12
5000	5.5	6.8	4.5	16.8	9	5.3	6.2	11.3
Breedte=160m;Produktie=17500.								
0	-	9.9	3.8	13.7	5.1	5.3	5.81	13.7
1250	2.3	7.6	3.8	13.7	5.9	5.3	5.89	11.4
2500	2.6	7.3	3.8	13.7	6.1	5.3	5.91	11.1
3750	3.8	6.3	3.8	13.9	6.8	5.3	5.98	10.1
Produktie=20000m3.								
0	-	8.6	3.3	11.9	4.4	5.3	5.74	11.9
1250	2	6.6	3.3	11.9	5.1	5.3	5.81	9.9
2500	2.3	6.3	3.3	12.2	5.2	5.3	5.82	9.9
Produktie=22500m3.								
0	-	7.6	2.9	10.6	3.9	5.3	5.69	10.6
1250	1.8	5.8	2.9	10.5	4.5	5.3	5.75	8.7

tabel 3.6.3

VC	TGem	TGer	TGG	TTot	Verl	DI	Verl+DI	Totger
Produktie=25000m3.								
0	-	6.8	2.6	9.4	3.5	5.3	5.65	9.4
1250	1.6	5.2	2.6	9.4	4	5.3	5.7	7.8
Produktie=27500m3.								
0	-	6.1	2.3	8.4	3.1	5.3	5.61	8.4
Produktie=30000m3.								
0	-	5.6	2.1	7.7	2.8	5.3	5.58	7.7
Breedte=175meter;Produktie=15000m3.								
2500	3	9	4.8	16.8	7.4	5.45	6.19	13.8
3750	4.6	7.7	4.8	17.1	8.4	5.45	6.29	12.5
5000	5.5	7	4.8	17.3	9.3	5.45	6.38	11.8
6250	6.8	6.2	4.8	17.8	10.6	5.45	6.51	11
Produktie=17500m3.								
1250	2.3	7.9	4	14.2	6.2	5.45	6.07	11.9
2500	2.6	7.6	4	12.9	6.3	5.45	6.08	10.3
3750	3.9	6.5	4	14.4	7.1	5.45	6.16	10.5
Breedte=175meter;Produktie=20000m3.								
VC	TGem	TGer	TGG	TTot	Verl.	DI	DI+Verl.	TOTGER
0	-	9	3.5	12.5	4.6	5.45	5.91	12.5
1250	2	7	3.5	12.5	5.3	5.45	5.98	10.5
2500	2.3	6.5	3.5	11.2	5.4	5.45	5.99	8.9
Produktie=22500m3.								
0	-	7.8	3	10.8	4	5.45	5.85	10.8
1250	1.8	6	3	10.8	4.7	5.45	5.92	9
Produktie=25000m3.								
0	-	6.9	2.7	9.6	3.6	5.45	5.81	9.6
1250	1.6	5.3	2.7	9.6	4.2	5.45	5.87	8
Produktie=27500m3.								
0	-	6.3	2.4	8.7	3.2	5.45	5.77	8.7
Produktie=30000m3.								
0	-	5.8	2.2	8	3	5.45	5.75	8

tabel 3.6.4

		Productie in 1013m3/h.								
		10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30
Breedte (m)										
85	Tg	10.9	11.8							
	Tt	28	16.8							
	BZ	6.91	5.17							
	CRIT	7500	3750							
100	Tg		12.2	11.4	11.7					
	Tt		17.4	13.9	11.7					
	BZ		5.39	5.19	4.97					
	CRIT		3750	1250	0					
115	Tg		11.4	11.9	12.2	10.6				
	Tt		19.1	14.4	12.2	10.6				
	BZ		5.89	5.36	5.18	5.12				
	CRIT		6250	1250	0	0				
130	Tg			12.1	12.7	11.1	9.6			
	Tt			15.1	12.7	11.1	9.6			
	BZ			5.59	5.39	5.33	5.28			
	CRIT			2500	0	0	0			
145	Tg			13.1	11	11.5	10	9.1	8.2	
	Tt			15.7	13.2	11.5	10	9.1	8.2	
	BZ			5.79	5.68	5.53	5.48	5.44	5.41	
	CRIT			3750	1250	0	0	0	0	
160	Tg			12	11.7	11.9	10.6	9.4	8.4	7.7
	Tt			16.5	13.7	11.9	10.6	9.4	8.4	7.7
	BZ			6.11	5.81	5.74	5.69	5.65	5.61	5.58
	CRIT			3750	1250	0	0	0	0	0
175	Tg			11.8	11.9	10.5	10.8	9.6	8.7	8
	Tt			17.3	14.2	12.5	10.8	9.6	8.7	8
	BZ			6.38	6.07	5.98	5.85	5.81	5.77	5.75
	CRIT			5000	1250	0	0	0	0	0

Tabel 3.4.5. (Optimale waarden)

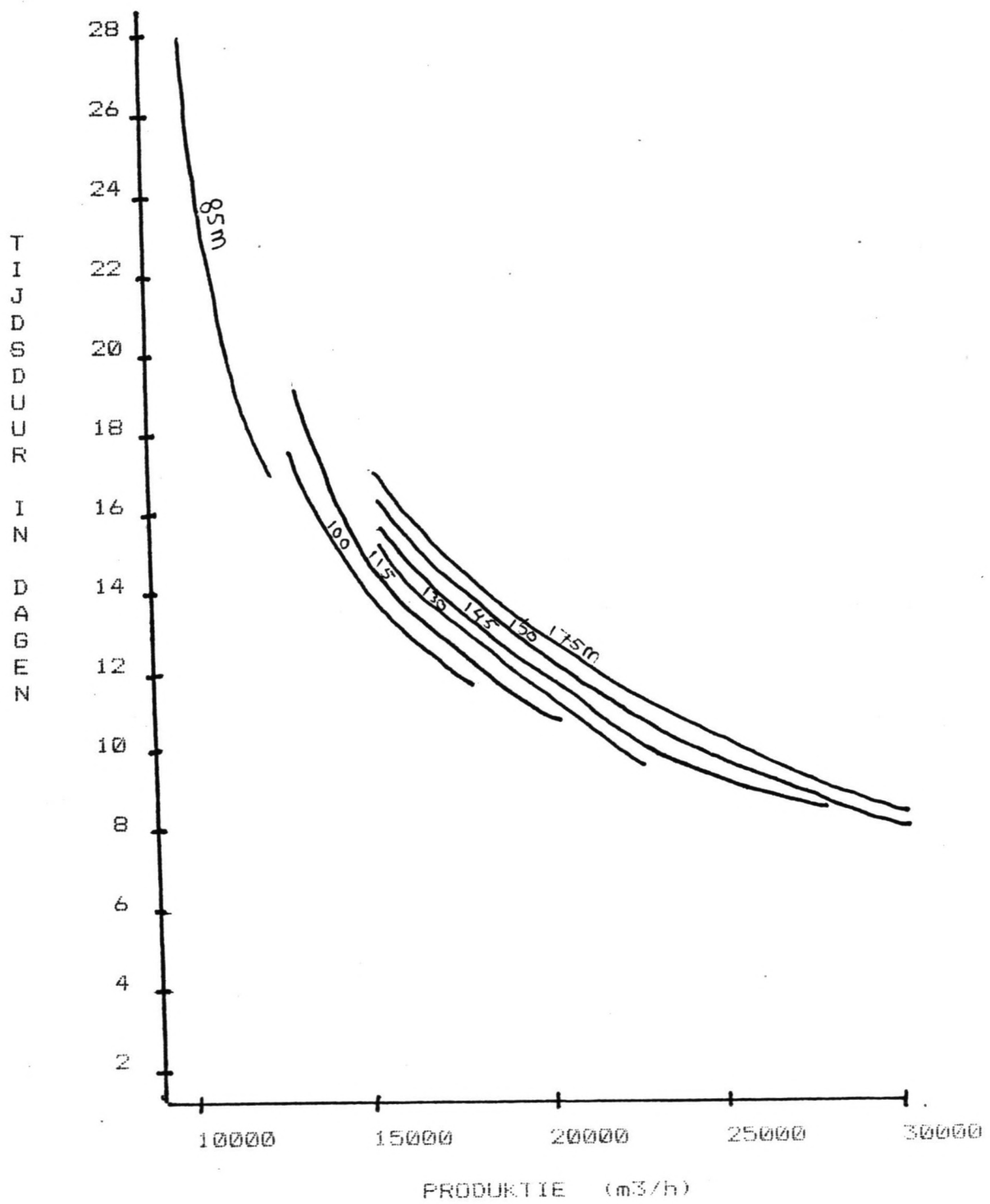
tabel 3.6.5 'Optimale waarden'

Tg = tijdsduur gerek + gerek geknepen getij in dagen.

Tt = totale tijdsduur in dagen.

Bz = Benodigde hoeveelheid zand in 10¹⁶m³.

CRIT = Het optredende zandverlies in m³/h, waarbij wordt overgegaan op het gerekte getij.



grafiek 3.6.1

3.7 AFWIJKINGEN VAN ONTWERPPARAMETERS.

3.7.1 Optredende storttaluds bij uitgevoerde sluitingen.

Korrel diameter	Talud		Sluiting
	getijzone	onderwater	
D50			
90-120u	1:80	-	Oste *
120	1:100	-	Zuidwal
135	1:20 a 1:25	1:15	Noord Pampus
150 zee bekken	1:45 1:30	1:30	Geul
200	1:30	1:10	Speicherkoog

tabel 3.7.1

Zoals eerder vermeld zijn de ontwerpellingen:
 1:5 boven de getijzone.
 1:40 in de getijzone.
 1:15 onder de getijzone.

De D50=210u.

De karakteristieke diameter zoals berekend op
 bldz. 22 =195u.

Rekening houdend met bovenstaande tabel en de omstandigheden in het Krammer kan gezegd worden dat de hellingen tussen de volgende waarden in zullen liggen. (afwijking in hellingen geeft ook afwijking in verliezen)

I 1:5; 1:60; 1:22.5;
 en
 II 1:5; 1:25; 1:10;

Uit ervaring is gebleken dat berekeningen met behulp van de formule van Morra Kalinske niet meer dan 50% af zullen wijken van de werkelijke verliezen, indien in de formule de werkelijk optredende hellingen, watersnelheden en waterhoogten ingevuld worden.

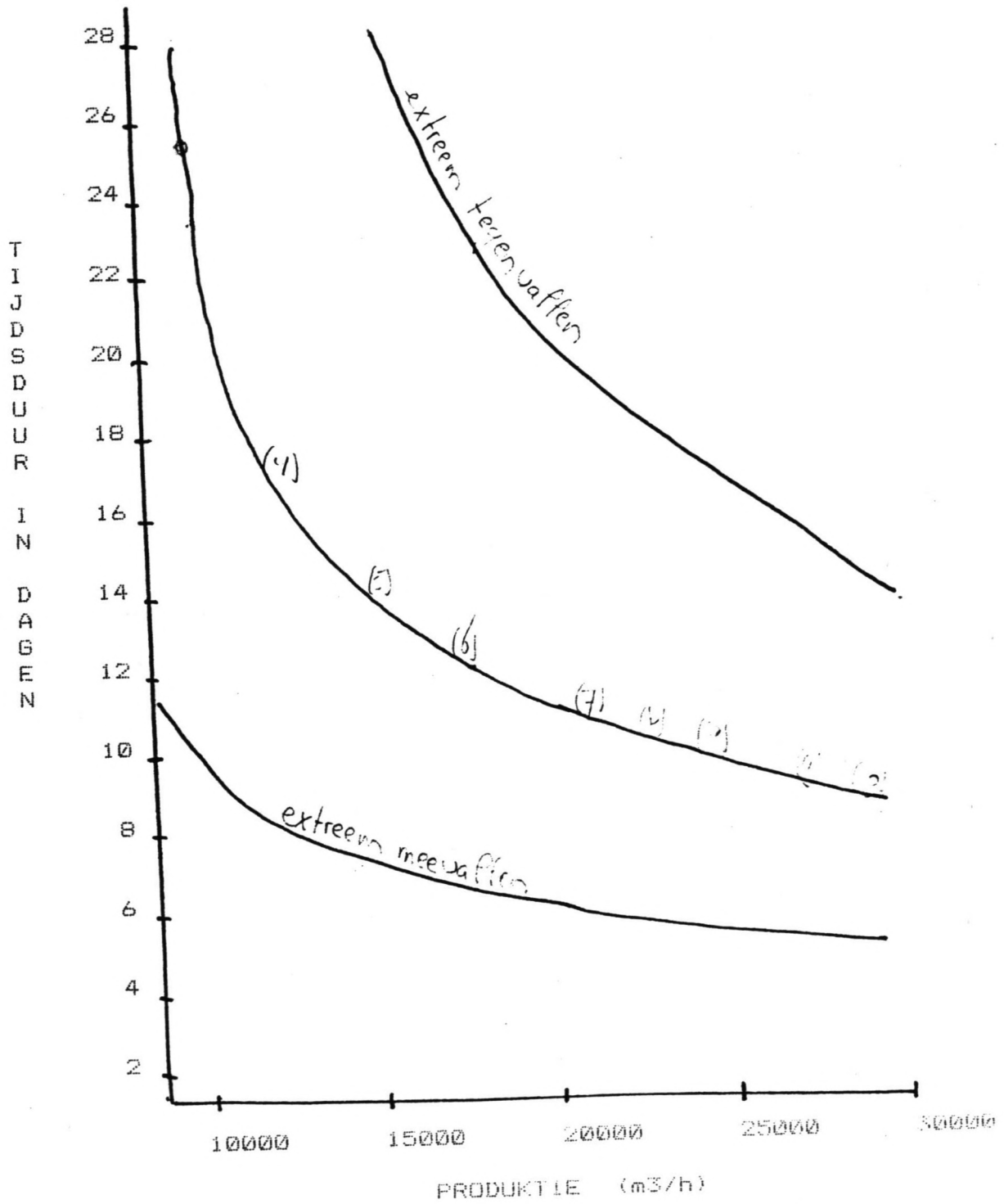
De totale produktie zal niet meer dan 20% afwijken van de berekende produktie, aangenomen dat er geen zuigers uitvallen.

De volgende situaties kunnen zich nu voordoen:

		p r o d >	p r o d =	p r o d <
Hellingen groter	Verliezen groter			X
Hellingen groter	Verliezen gelijk			
Hellingen groter	Verliezen kleiner			
Hellingen gelijk	Verliezen groter			
Hellingen gelijk	Verliezen gelijk		0	
Hellingen gelijk	Verliezen kleiner			
Hellingen kleiner	Verliezen groter			
Hellingen kleiner	Verliezen gelijk			
Hellingen kleiner	Verliezen kleiner	X		

De combinaties aangegeven met X geven extreme situaties weer.

De combinatie aangegeven met 0 geeft de situatie weer waarmee aanvankelijk geoptimaliseerd is.



grafiek 3.6.1

Hoe steiler de helling in de figuren 3.6.1 en 3.6.2 hoe meer tijdwinst zal worden verkregen bij een hogere produktie. Voor de gemiddelde situatie is de helling tot ongeveer 16000m³ per uur dusdanig steil dat te verwachten valt dat de totale kosten bij hogere produktie omlaag zullen gaan. Een optimale situatie zal waarschijnlijk ergens tussen de 12000m³ en 16000m³ per uur liggen. Bij (extreme) tegenvallers zal het optimum naar een hogere produktie en bij (extreme) meevallers zal het optimum naar een lagere produktie verschuiven. Omdat de extreme lijnen in figuur 3.6.2 nogal ver uit elkaar liggen is het moeilijk om een definitieve uitspraak over een optimale produktie te doen. Met behulp van een simulatie (zie hoofdstuk 6 van deel 2) kan in ieder geval een meer reeel beeld van de sluiting verkregen worden

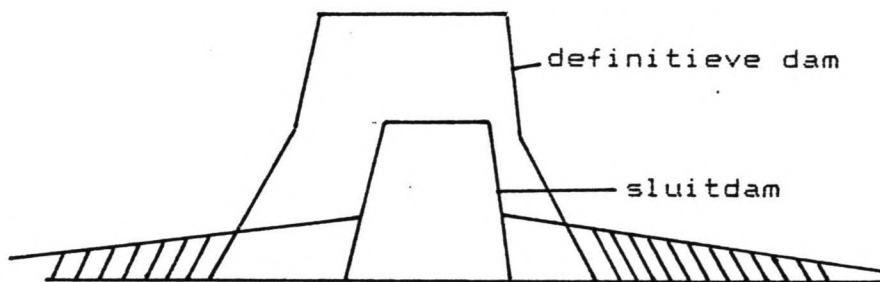
3.8 OPMERKINGEN

- Tijdsduur gerekt + gerekt en geknepen getij = ongeveer 12 dagen.
- Gerekt geknepen geknepen getij is ongunstiger voor het milieu dan alleen gerekt getij.
- Grotere produktie wil zeggen korter gerekt geknepen getij, langer gerekt getij.
- Grotere produkties kunnen makkelijker onvoorziene omstandigheden aan.
- Groter aantal schepen is gunstig in geval van uitval van een of meerdere schepen.
- Een produktie groter dan 20000 m³/h heeft financieel gezien geen zin.
- Een produktie kleiner dan 12000 m³/h heeft financieel en technisch gezien geen zin.
- Een grotere breedte dan 75 m houdt in dat een gedeelte van het sluitdamprofiel buiten het definitieve profiel zal komen te liggen.

6

3.9 DWARSPROFIEL

Bruto verliezen - Netto verliezen.

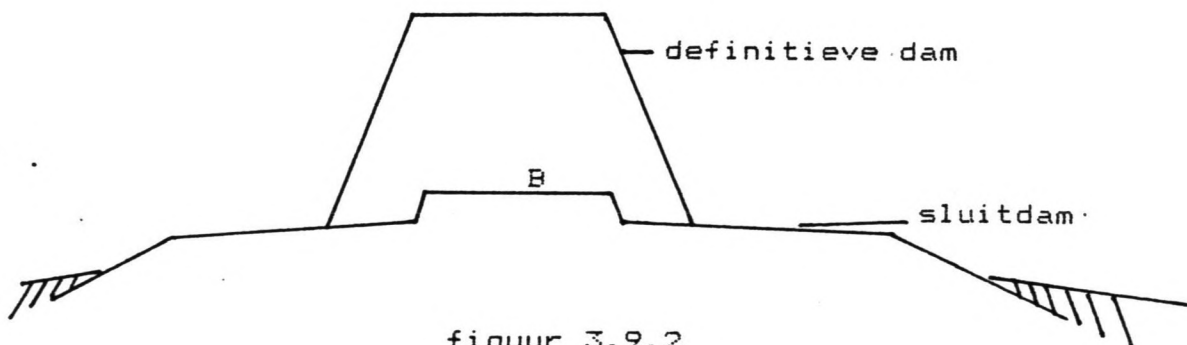


figuur 3.9.1

Het bruto zandverlies is het zandverlies dat tijdens de zandsluiting optreedt.

Het netto zandverlies is het gedeelte van het bruto zandverlies dat buiten het definitieve profiel komt te liggen.

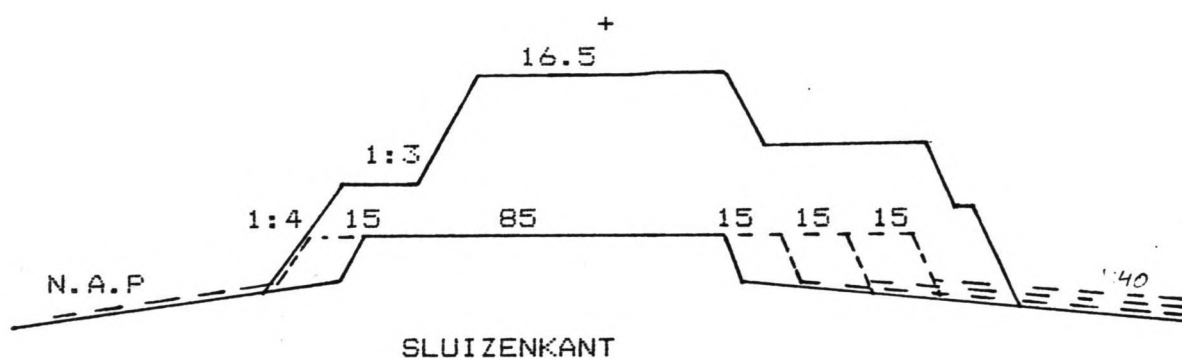
Hoe ligt de situatie bij de sluiting van het Krammer?



figuur 3.9.2

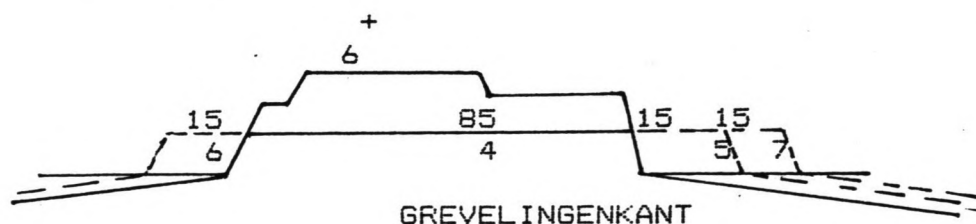
De verliezen zijn in dit geval altijd netto.
Verandering van de breedte B heeft hierop geen invloed.

Het definitieve damprofiel zal een kruinhoogte hebben die varieert van 16.5 m + N.A.P. aan de sluizenkant tot 6 m + N.A.P. aan de Grevelingenkant. Dit vanwege de weg die over het sluizencomplex gevoerd wordt.



figuur 3.9.3

Aan deze kant van de dam blijft de sluitdam binnen het definitieve profiel.

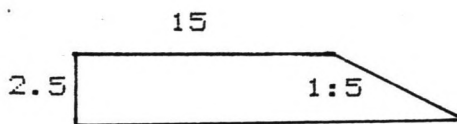


figuur 3.9.4

Aan deze kant van de dam past bij een breedte van 85 m de sluitdam ongeveer in het definitieve profiel. Bij grotere breedten zal met grondverzetmateriaal het gestippelde gedeelte weggehaald moeten worden. Dit zand kan dan wel voor de ophogingen gebruikt worden.

Wat is het volume van het zand dat buiten het definitieve profiel terecht komt?

Bij het inzetten van een extra zuiger zal de sluitdam 15 meter breder worden.



$$A_{\text{extra}} = 15 \times 2.5 + 5 \times 2.5 \times 2 \times 0.5 = 53 \text{ m}^2.$$

figuur 3.9.5

Dit zal ongeveer over een lengte van 350 meter aanwezig zijn.

$$350 \times 53 = 18550 \text{ m}^3.$$

Het zand dat na de sluiting nog aangevoerd moet worden zal relatief goedkoop zijn.

Het grondverzet van de 18550 kubieke meters zal bijvoorbeeld met draglines gedaan worden. De kosten hiervan zullen ongeveer gedekt worden door de minderkosten van de 18550 kubieke meters.

