

AANPASSING HAVEN LAY - OUT EEMSHAVEN
Deel B : KONSTRUCTIEF ONTWERP
BEGELEIDER : IR G.J. FLORIAN
STUDENT : W.S. HUIZING
SEPTEMBER 1988



VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
Afd. Civiele Techniek
TH Delft

AANPASSING HAVEN LAY - OUT EEMSHAVEN
Deel B : KONSTRUCTIEF ONTWERP
BEGELEIDER : IR G.J. FLORIAN
STUDENT : W.S. HUIZING
SEPTEMBER 1988

INHOUD

Samenvatting	3
Inleiding	4
Hoofdstuk 1 : Probleemstelling	5
Hoofdstuk 2 : Bestaande situatie	6
2.1 algemeen	6
2.2 bodemgegevens	7
2.3 voorland	7
2.4 achterland	7
Hoofdstuk 3 : Ontwerpaspecten	8
3.1 inleiding	8
3.2 genereren van alternatieven	8
3.3 criteria	9
3.4 dwarsprofiel	10
3.5 globale schets	10
Hoofdstuk 4 : Uitwerking	12
4.1 inleiding	12
4.2 maatgevende profielen	12
4.3 grenstoestanden	13
4.4 belastingen	14
4.4.1. stormvloedstand	14
4.4.2. bodemdaling	14
4.4.3. zeespiegelrijzing	14
4.4.4. golfaanval	14
a- windbeeld	14
b- golfvoorspelling	15
c- golfoploop	19
4.4.5. opwaaing	20
4.4.6. seiches	21
4.4.7. waterspanningen in en onder de dijk	21
4.5 sterkte	22
4.5.1 ontwerphoogte	22
4.5.2 aanleghoogte	22
4.5.3 materiaal	25
4.5.4 stabiliteit	26
4.6 conclusie	27

Hoofdstuk 5 : Bekleding	28
5.1 inleiding	28
5.2 functie analyse	28
5.3 belasting	29
5.4 sterkte	29
5.5 conclusie	30
Hoofdstuk 6 : Kruisingen met infrastructuur	31
6.1 Inleiding	31
6.2 Alternatieven	31
Conclusie	33
Evaluatie	34
Literatuur	35

Samenvatting

Om tot de gewenste nieuwe haven lay - out te komen zal de oude zeedijk opgehoogd moeten worden. Door eerst naar de verschillende manieren van ophogen en mogelijke dwarsprofielen te kijken is een keuze gemaakt van de vorm van de aangepaste dijk. De nieuwe hoogte van de zeedijk is op twee maatgevende punten berekend voornamelijk met de formules van Bretschneider en diffractie berekeningen. De stabiliteit van het nieuwe ontwerppeil is onderzocht. Vervolgens is een keuze gemaakt ten aanzien van de bekleding. Uiteindelijk is de aandacht besteed aan de kruising van de spoorweg met de dijk. De dijk zal ter plaatse van de Oostpolderdijk een aanleghoogte krijgen van N.A.P. + 10 m en ter plaatse van de Emmapolderdijk N.A.P. + 7,17 m met een voorland die ligt op N.A.P. + 6,67. De bekleding is gemaakt van waterbouw-asfalt en heeft een dikte van 26 cm. bij de Oostpolderdijk en een dikte van 33 cm bij de Emmapolderdijk.

Inleiding

Voor u ligt het deelontwerp wat aansluit op het hoofdonwerp die gaat over de aanpassing van de haven lay - out in de Eemshaven. Geconcludeerd werd dat de opzet van de Eemshaven mislukt was en er is toen een nieuw inrichtingsplan gepresenteerd die aan de eisen van de groeiende overslag voldeed. Consequentie van deze aanpassingen is dat de nieuwe zeekering moet worden verlaagd en de achterliggende oorspronkelijke zeedijk aan de Delta normen moet worden aangepast. In dit deelrapport zijn de constructieve aspecten bekeken van de aanpassing van de oude zeedijk.

Hoofdstuk 1 : Probleemstelling

Uit het hoofdontwerp is geconcludeerd dat het noodzakelijk is om meer kades aan te leggen om tot een geschikte haven lay-out te komen. Dit zal in eerste instantie gaan om een kade van 230 meter te realiseren in de Emmahaven binnen 5 jaar. Naar gelang de ontwikkelingen zal dit worden uitgebreid met 460 meter in de Julianahaven(bijlage 1).

Dit betekent dat de primaire zeekering liggend op N.A.P. + 7.8 m moet worden verlaagd naar N.A.P. +4.8 m. Deze optimale kadehoogte is bepaald in het hoofdontwerp. Uitgangspunt is dat overstroming van de kades toelaatbaar werd geacht met een frequentie van 1/5 jaar. Deze hoogte van N.A.P. +3.7 m moet vermeerderd worden met bodemdaling (17cm), zeespiegelrijzing (5cm), zetting (30cm) en een vrijboord (60 cm) wat een optimale kadehoogte geeft van N.A.P. +4.8 m. Deze hoogte heeft een overschrijdingsfrequentie bij aanleg van 1/50 jaar. De consequentie hiervan is dat de achterliggende oude zeedijk op delta hoogte moet worden gebracht. Er zullen eveneens vier knooppunten in het trace moeten worden aangepast. Dit betreft kruisingen met andere infrastructuur en een verbindingsdijk.(bijlage 2)

PROBLEEMSTELLING : Oude zeedijk aanpassen aan de nieuwe eisen.

Hoofdstuk 2 : Bestaande situatie

Voor een economisch en evenwichtig ontwerp van een zeedijk is kennis nodig omtrent de gegevens en variabelen die nodig zijn voor het berekenen van de diverse grenstoestanden. Men zal in het algemeen gegevens verzamelen over de volgende punten.

2.1 Algemeen :

Hier is informatie nodig over de volgende punten : bestaande situatie, uitvoeringsmogelijkheden, overige plannen, belangengroepen, kosten van de alternatieven, kabels en leidingen, duikers etc.

De aanpassing van de Eemshaven zal zich concentreren op het westelijke deel van de haven (zie bijgeleverde kaarten van Rijkswaterstaat Directie Groningen. Hoofdafdeling Havens en Vaarwegen Nr. 75.244 B). De Oostpolderdijk is de oorspronkelijke zeedijk die ligt op een hoogte van N.A.P. + 5.6 meter. Deze dijk loopt door in de Emmapolderdijk die een hoogte heeft van N.A.P. + 6.2 meter. Het westelijk havengebied is 200 ha. groot en wordt aan de zeezijde omgeven door een primaire zeedijk die op ca. N.A.P. + 10 meter ligt. Ter plaatse van doorsnede 3-3 wordt de eerste kade aangelegd. Dit stuk dijk ligt op N.A.P. + 7.5 m. Ter plaatse van doorsnede 10-10 wordt de verdere uitbreiding uitgevoerd. Deze dijk ligt op N.A.P. + 7.8 m. De spoorweg kruist de oostpolderdijk en ligt op het hoogste punt N.A.P. + 8.2 m. De westelijke industrieterreinen liggen gemiddeld op een hoogte van N.A.P. + 2.5 m terwijl de terreinen achter de Emmapolderdijk en de Oostpolderdijk op N.A.P. + 1.3 m liggen. Tussen de af te graven doorsnede en de aan te passen Oostpolderdijk liggen de terreinen op N.A.P. + 3 m met een terrein lang 200 m. Een doorsnede van de aan te passen stukken dijk is gegeven in bijlage (3 en 4).

In het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op de aanpassingsmogelijkheden van de uit te voeren versterking van de oude zeedijk.

De terreinen buiten de Oostpolderdijk vallen onder het beheer van het havenschap Delfzijl. De dijken zelf vallen onder het beheer van " Ommelander zeedijk " terwijl de terreinen binnen de Oost-

polderdijk landbouwgronden en particulier bezit zijn. Het havengebied valt onder het bestemmingsplan van de gemeente Hefshuizen.

2.2 Bodemgegevens :

Hieronder wordt verstaan grondsoorten, samenstelling en dikte van de diverse lagen, poriengetallen, samendrukbaarheid, korrelverdeling, soortelijk gewicht, grondwaterstanden, waterspanningen. Deze gegevens zijn nodig om de reacties van de ondergrond te kennen. Ze zullen worden gebruikt bij de stabiliteit en zettingsberekening. De gegevens zijn verstrekt door het Laboratorium voor Grondmechanica en samengevat in bijlage 5.

2.3 Voorland :

Hierover dient bekend te zijn de samenstelling van bodem zand en kleiputten, dieptelijnen, waterstanden, golfbeweging, stroomsnelheden, zandtransport, lokale windsnelheden.

Deze gegevens worden gebruikt om de belastingen op de dijk te bepalen. Verdere gegevens omtrent waterstanden, golfhoogtes en getijkrommen zijn te zien in bijlage 6, 7 en 8.

2.4 Achterland :

Hierover moeten gegevens verzameld worden over de ligging, het gebruik en de bestemming van de terreinen. Het gaat hier om een achterland wat voornamelijk uit landbouwgronden bestaat en nauwelijks bebouwd is. Natuurwaarden en cultuurhistorische waarden spelen hier geen grote rol.

Hoofdstuk 3 : Ontwerpaspecten

3.1 Inleiding

Er zal eerst gekeken worden naar de mogelijkheden die bestaan om de dijk te versterken om aan de hand van relevante criteria tot een globale schets te komen.

3.2 generen van alternatieven

Het verhogen van een oude zeedijk kan in principe op 3 manieren geschieden: bovenop, aan de buitenzijde of aan de binnenzijde. Een combinatie is ook mogelijk. Een verhoging bovenop de kruin kan gerealiseerd worden door middel van een verticale muur. Afhankelijk van de gewenste verhoging. Een minimum waakhoogte van 0,5 m moet altijd van grond gemaakt worden. Een groot nadeel is dat de stijfheid van de dijk en de muur een groot verschil vertonen, waardoor de zettingsverschillen spleten en kieren doen ontstaan. De waterkerende functie kan dan op den duur niet meer goed worden vervuld. Deze muurtjes hebben alleen betekenis als ze dienen om enige golfoverslag te keren. Ze mogen niet gaan fungeren als waterkering. Er ontstaat dan te gemakkelijk onderloopshoud. Een groot voordeel is dat de kostbare buitenbekleding behouden kan blijven. Een bijkomend voordeel zou kunnen zijn, dat bestemmingsplannen van de gemeente Hefshuizen niet gewijzigd hoeven te worden. Eventuele onteigeningsprocedures kunnen worden vermeden. Deze oplossing zal in het algemeen wel veel onderhoud vragen.

Een buitendijkse verhoging (bijlage 9) heeft het voordeel dat infrastructuur werken aan de binnenzijde gespaard blijven. De aanwezige verdedigingsconstructie komt te vervallen en zal moeten worden vervangen door een nieuwe. Er zal een grote hoeveelheid zand en klei voor nodig zijn. Er is in de Eemshaven genoeg ruimte om een buitendijkse verhoging toe te passen. Een binnendijkse verhoging (bijlage 9) zal gekozen worden als de verdedigingsconstructie voldoende sterk is en er geen problemen zijn met betrekking tot bestemmingsplannen, onteigeningsprocedures, en andere infrastructuur werken binnendijks. Het is belangrijk dat er voldoende ruimte is om de dijkverzwaring tot stand te brengen. De verzwaring zal men bij voorkeur in zand uitvoeren.

De drie alternatieven zijn achtereenvolgens:

Alternatief 1 : versterking met behulp van muren

Alternatief 2 : verzwaring buitendijks

Alternatief 3 : verzwaring binnendijks

3.3 criteria

De volgende relevante criteria kunnen voor de dijkverhoging worden opgesteld.

1 - uitvoerbaarheid

De Oostpolderdijk wordt binnendijks begrensd door een vaart en de Emmapolderdijk grenst binnendijks aan de spoorlijn. Een binnendijkse dijkverzwaring heeft dus een groot nadeel omdat er grote beperkingen zijn in beschikbare ruimte. De muren zijn kostbare kunstwerken die hoge eisen stellen aan de uitvoering. Met de grote hoeveelheid beschikbare ruimte is een buitendijkse verzwaring lijkt het makkelijkst uit te voeren.

2 - relatie tot bestemmingsplan, onteigening

Het buitendijkse terrein is onder beheer van het havenschap. Hier zullen nauwelijks problemen over bestaan voor het buitendijkse ontwerp.

3 - beheer van de dijk

4 - kosten van het totale project

De kosten van alternatief 2 lijken het ongunstigst omdat onder andere de naastliggende kwelderweg verlegd dient te worden. Bovendien is de verwachting dat de te gebruiken hoeveelheid materiaal een stuk groter is dan bij alternatief 3. Door de grotere beschikbare ruimte kan bij een dijkversterking aan de buitenkant een flauwere helling worden toegepast waardoor de golfoploop en dus de kruinhoogte geringer is maar de inhoud groter dan bij een dijkversterking aan de binnenzijde (bijlage 9). Samenvattend kunnen de volgende criteria voor de dijkverhoging als volgt worden gewaardeerd.

criterium/alternatief	ALT 1 boven op	ALT 2 buitendijks	ALT 3 binnendijks
uitvoering	+/-	+	-
bestemmingsplan	+	+	-
beheer	-	+	+
kosten	+/-	-	+

In de praktijk zal men verschillende deskundigen raadplegen bij het invullen van de tabel. De hier verkregen afweging heeft een sterk subjectief karakter.

Bij deze afweging komt buitendijks verhogen als beste alternatief naar voren.

3.4 Dwarsprofiel

Het buitentalud van de nieuwe dijk kan verscheidene vormen krijgen : met of zonder berm, gekromd of geknikt (bijlage 10) De verschillende vormen van het talud beogen steeds de oploophoogte te reduceren en daarmee de kruinhoogte. De inhoud van de dijk wordt daardoor kleiner en dus de hoeveelheden benodigd zand en klei. Deze winst moet worden vergeleken met de extra kosten voor het afwerken van het zandlichaam.

De oploophoogte van alternatief 1 op bijlage 10 is het grootst. De berm kan voor een reductie van 25 % van de oploophoogte zorgen waardoor de kruin verlaagd kan worden. Alternatief 3 en 4 bieden meer perspectieven en hebben een kleiner volume. De winst van een kleinere inhoud moet worden afgewogen tegen de extra kosten voor het onderhoud. De meer ingewikkelde profielen zijn moeilijker uit te voeren. Daarom ligt het voor de hand te kiezen voor een eenvoudig profiel met een eventuele berm.

In een later stadium als de belastingen op de dijk bekend zijn zal de optimale taludhelling bepaald worden.

3.5 globale schets

In bijlage 11 zijn de principe dwarsprofielen getekend van de dijk met een buitendijkse verzwaring.

Bij de versterking van de Emmapolderdijk is het binnentalud niet gebruikt omdat de spoorlijn er direct achterligt. De versterking wordt uitgevoerd met zand en afgedekt met een kleilaag.

Bij de versterking van de Oostpolderdijk is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare ruimte. Binnendijks wordt begonnen met versterken zodat zo weinig mogelijk buitendijks haven terrein verloren gaat. De versterking wordt uitgevoerd met zand en afgedekt met een kleilaag.

Hoofdstuk 4 : Uitwerking

4.1 Inleiding

In het dijktrace worden twee maatgevende profielen uitgewerkt. Er is eerst gekeken naar de mogelijke grenstoestanden. De belastingen en de sterkte zijn voor beide profielen bepaald.

4.2 Maatgevende profielen

Voor de bepaling van de dijkhoogte zullen twee verschillende plaatsen onderzocht worden.

A : De Oostpolderdijk; dit is de dijk achter de Emmahavendijk

B : De Emmapolderdijk; dit is de dijk achter het westelijk industrieterrein

ad A : De situatie nu bestaat uit een primaire zeekering van N.A.P. +7.5 m, een stuk land op N.A.P. + 3 m van 234 meter lang en vervolgens de oude zeedijk op N.A.P. + 5,6 m.

Na herinrichting wordt de nieuwe dijk afgegraven en het voorland opgehoogd tot N.A.P. + 4,8 m en de dijk van N.A.P. + 5,6 m versterkt (bijlage 12).

ad B : De situatie nu is dat men te maken heeft met een oude zeedijk op N.A.P. + 6,2 meter die achter het westelijk industrieterrein ligt (N.A.P. + 2,5 m).

Na herinrichting worden delen van de nieuwe zeekering afgegraven. Bij afgraving kan het westelijk industrieterrein onderlopen.

Doordat het lager liggende terrein omringd is door een hoger gelegen zeedijk kan het westelijk industrieterrein gezien worden als een tijdelijk binnenmeer in de situatie van een stormvloedstand (bijlage 13). Voor de versterking van de Oostpolderdijk zou men twee alternatieven kunnen overwegen: Een buitendijkse ophoging of het aanleggen van een voorland op een nader te bepalen hoogte. Door het aanleggen van een voorland kan de kruinhoogte van de Oostpolderdijk gereduceerd worden omdat er geen rekening meer hoeft te worden gehouden met golfoverslag. Er moet nog wel een minimale waakhoogte van 0,5 meter zijn.

De optimale terreinhoogte van N.A.P. +4.8 m is in het hoofdontwerp bepaald. Dit peil heeft een overschrijdingsfrequentie van eens in de 50 jaar bij aanleg.

Een overzicht en afmetingen van de huidige situatie is gegeven op bijlage 14 en op de bijgeleverde kaarten.

4.3 grenstoestanden

De faalkans van de constructie kan worden afgeleid uit de faalkansen van de diverse onderdelen.

In de foutenboom is een overzicht te zien van de verschillende mechanismen (bijlage 15). Het laat goed zien hoe de verschillende onderdelen kunnen bezwijken. Een foutenboom gebruikt men om makkelijk de relevante mechanismes te onderscheiden. Het gaat er om de grenstoestanden te bepalen.

Grenstoestand : " Een grenstoestand definieert een grens waarvan het overschrijden leidt tot ongewenste gebeurtenis zoals bijvoorbeeld het falen of bezwijken van constructies of van een van de onderdelen.

Als ongewenste topgebeurtenis is gekozen voor " Inundatie van het achter de dijk liggende terrein ". Dit kan gebeuren door 3 belangrijke gebeurtenissen.

- 1 : Het water kan over de kering stromen : " overlopen "
- 2 : De bekleding beschermt de dijk onvoldoende waardoor er erosie van het buitentalud optreedt: " erosie dijklichaam "
- 3 : De stabiliteit van het dijklichaam is onvoldoende : " afschuiving "

Een volledig overzicht van de grenstoestanden is in een schets op bijlage 16 weergegeven.

De gekozen indeling in drieën is niet consequent vol te houden vanwege de correlaties tussen de grenstoestanden. De diverse mechanismen worden hierbij gemakshalve als ongecorrleerd beschouwd.

OVERLOPEN : De grenstoestand is bereikt als de som van langdurende waterstanden en kortdurende waterstandsverhogingen groter is dan de kruinshoogte van de dijk.

EROSIE DIJKLICHAAM : De grenstoestand is bereikt als de bekleding bezwijkt onder de belastingen.

AFSCHUIVING : De grenstoestand is bereikt als het dijklichaam onder invloed van aanwezige waterspanningen onvoldoende stabiel

wordt en bezwijkt.

4.4 Belastingen

4.4.1 Stormvoedstand

Er wordt uitgegaan van, uit peilschaalwaarnemingen verkregen gegevens van voorgekomen stormvloedstanden over een zolang mogelijke periode. De stormvloedstanden worden naar hoogte gerangschikt en er wordt nagegaan, hoeveel malen in de waarnemingsperiode een bepaalde waterstand is bereikt of overschreden. Zodoende ontstaat, op een half logaritmische schaal een frequentie lijn (bijlage 17). Als deltanorm voor de Groningse kust wordt een overschrijdingsfrequentie gebruikt van $2.5 \cdot 10^{-4}$. De ontwerpwaterstand is $H = \text{N.A.P.} + 5,9$ meter (bijlage 18).

4.4.2 Bodemdaling

Als gevolg van de gas exploitatie wordt gerekend op een bodemdaling van 12 cm over een periode van 50 jaar (bijlage 19).

4.4.3 Zeespiegelrijzing

Uit studies is gebleken dat men in de komende 50 jaar moet rekenen met een zeespiegelrijzing van 10 cm.

4.4.4 golfaanval

Door toedoen van de wind ontstaan golven, die tegen de dijk oplopen. De hierdoor optredende golfbelasting is afhankelijk van de golfeigenschappen enerzijds en de dimensies en samenstelling van de dijk anderzijds; dat wil zeggen van de hoogte van de oever, de taludhelling, de ruwheid van het talud en het al dan niet aanwezig zijn van een berm.

a - windbeeld

Voor de bepaling van de golfaanval op de Eemshavendijk is het uitgangspunt van de berekeningen geweest een ontwerppeil met een overschrijdingsfrequentie van $2.5 \cdot 10^{-4}$ per jaar, benevens een drietal windrichtingen uit het NW - N kwadrant en een bijbehorende windsnelheid van ca 30 m/s een en ander volgens de criteria van de Delta commissie. Het havenschap heeft de voorkomende windsnelheden die optreden ter plaatse van de Eemshaven laten

onderzoeken (bijlage 20,21). Op bijlage 18 zijn de ontwerpwind-snelheden uit de verschillende windrichtingen aangegeven.

- windrichting

Uit de windmetingen blijkt de overheersende windsector tijdens het winterhalfjaar de sector NW - N te zijn. Daarin komen de meeste stormen en dus de grootste windsnelheden voor.

Voor geval B (Emmapolderdijk) zijn twee situaties bekeken.

Enerzijds is dit een situatie bij een stormvloedstand met windrichtingen uit het NW-N kwadrant en anderzijds de tijdelijke situatie van het fictieve meer met windsnelheden uit het NNO-NO omdat uit die richting de ontwikkelde strijklengtes belangrijker kunnen zijn. De waterstand in het meer is dan gelijk aan de hoogte van de kades die het meer omsluiten omdat door de draaing van het windveld niet meer de stormvloedstand geldt en het bekken zodoende leegloopt. Derhalve wordt bij de beschouwing van de golfgroei in geval B rekening gehouden met wind uit twee richtingen, waar zich een maximale strijklengte kan ontwikkelen te weten de richtingen

*noord noord oost

*noord oost

De golfvoortplantingsrichting is a priori gelijk aan de windrichting.

- windduur:

Bij het beschouwen van de golfgroei wordt impliciet aangenomen dat het windbeeld tijdens de golfgroei constant blijft en een zodanige duur heeft, dat de golven maximaal tot ontwikkeling komen. Uit waarnemingen tijdens stormen met windsnelheden tot 25 m/s blijkt dat deze aanname geoorloofd is.

b - golfvoorspelling

Dit is voor beide gevallen A en B apart behandeld

GEVAL A:

De maatgevende golfafmetingen zijn bepaald met behulp van grafieken en formules van Bretschneider, waaruit de afmetingen bij een bepaalde windsnelheid, waterdiepte en strijklengte kunnen worden afgeleid, terwijl tevens de veranderingen zijn onderzocht, die de golven ondergaan, wanneer zij in het ondiepere water van voor de haveningang gelegen gebied arriveren. Bij een waterstand overeen-

komstig het ontwerppeil mag niet worden gerekend op een beschermende werking van het hogergelegen voorland, omdat de golven nergens zullen breken. Voor de Groningse kust zijn op een aantal lokaties golfmetingen verricht welke gebruikt kunnen worden voor de bepaling van een golfklimaat voor de dijken (bijlage 22). Dit zijn de gegevens die bepaald zijn bij de oorspronkelijke aanleg van de Eemshaven.

Nu moet echter nog de golfhoogtes worden bepaald die de Oostpolderdijk bereiken. Hiervoor is een diffractie berekening uitgevoerd.

In gevallen van gecompliceerde geometrie in het bijzonder degene waarbij veelvuldige diffractie en reflectie plaatsvindt zijn schaalmodellen of numerieke mathematische modellen nodig. Deze zijn voor de Eemshaven niet beschikbaar. Er volgt hier een gesimplificeerde toepassing. De golven worden met een diffractie berekening bepaald in punt A en worden vervolgens aangenomen rechtdoor richting kade voort te bewegen. Er kan dan nog wel demping optreden. Bekeken zal worden of deze demping van belang is. Vervolgens wordt gekeken of de golven breken en zo ja welk aandeel nog relevant is voor de golfoploop.

Diffractie kan berekend worden met de methode van Sommerfeld. Hiervoor wordt uitgegaan van het Huygens principe, die een voorschrijdend golffront karakteriseert als een optelsom van elementaire golfbronnen. Als deze sommatie wordt uitgevoerd van min oneindig tot plus oneindig verkrijgt men het ongestoorde golffront. Als er een golfbreker aanwezig is wordt de sommatie alleen uitgevoerd voor de bronnen die een bepaald punt waarvan men de golfhoogte wil kennen kunnen bereiken. De vectoriële som van alle bijdragen is weergegeven in de spiraal van Cornu. De methode werkt als volgt. Eerst wordt de y coördinaat bepaald met de richting van de golfvoortplanting van de golven en de oorsprong in de punt van de golfbreker. Vervolgens wordt de waarde van $W=(r-y)/L$ bepaald waarbij r de radiale afstand is tot de punt van de golfbreker en L de golflengte. W stelt een punt voor op de spiraal van Cornu. De bijdrages worden vectorieel opgeteld. De lengte van de vector bepaalt de golfamplitude in het gewenste punt, op een schaal bepaald uit de afstand van de twee limiet punten op de spiraal van Cornu. De berekening zijn uitgevoerd in

bijlages 22 tot en met 30.

Uit de gemaakte berekeningen blijkt dat de maatgevende golfhoogte net binnen het havenbekken is $H_s = 2,06$ m

Gekeken wordt of er rekening gehouden moet worden met demping over de 1690 meter die de golftrein nog aflegt in het havenkanaal. Uit de berekening van de demping in bijlage 24 kan geconcludeerd worden dat er nauwelijks demping plaats vindt.

Bij het voorland aangekomen rest een diepte van $5,9 - 4,8 = 1,1$ m. Voor ondiep water geldt $H_{max} = h * 0,88$ m = 0,97 m. De golven zullen breken en doorgaan als golven van 0,97 m. Dit is dus de golfhoogte die wordt aangehouden bij de golfaanval op de Emmapolderdijk.

GEVAL B:

Zoals gezegd zijn er twee situaties beschouwd.

meerpeil:

De terreinen liggen op N.A.P. + 2,5 meter en de stormvloedstand is bepaald op N.A.P. +5,9 meter. De diepte van het meer wordt dus $h = 3,4$ meter. Dit is als er een storm zich voordoet uit het NW-W kwadrant.

Bij draaiing van het windveld loopt het meer leeg tot de kadehoogte van N.A.P. +4,8 m. De diepte in het meer zal dus $h = 4,8 - 2,5 = 2,3$ meter zijn.

Met behulp van de windgegevens zal met een empirische golfvoorspellingformule volgens Bretschneider de golfhoogte als functie van windsnelheid, strijklengte en waterdiepte worden bepaald.

- strijklengte

Voor het bepalen van in de berekening toe te passen strijklengte wordt de methode van Saville (1954) gehanteerd. Deze methode is gebaseerd op het gebruik van een "effectieve strijklengte", die is afgestemd op de configuratie van het voor de waterkering gelegen wateroppervlak. De uitgangspunten, die bij deze methode gehanteerd worden luiden als volgt:

Het principe van deze methode is vrij eenvoudig; de effectieve strijklengte wordt in een willekeurige situatie gelijkgesteld aan een gewogen gemiddelde van de projecties van afstanden naar de kust in alle richtingen. Dit is weergegeven in de vergelijking op

bijlage 31.

Deze benadering is in beginsel toe te passen op willekeurig gevormde begrenzingsen en gewichtsfuncties. Voor de Eemspolderdijk situatie is in navolging van de aanbevelingen in de literatuur, gekozen voor de gewichtsfunctie

$w(a) = \cos(a)$ met $a_{\max}=45$ (bijlage 31)

De berekeningen van de verschillende strijklengtes zijn weergegeven in de bijlages 32 t/m 39. De resultaten zijn in bijlage 41 samengevat.

-golfvoorspelling

Voor de bepaling van golfhoogte en golfperiode uit windgegevens zijn verschillende voorspellingsmethoden ontwikkeld. In het geval van de Emmapolderdijk is een eenvoudige methode wel het meest geschikt, namelijk bepaling van de kenmerkende golf uit een standaard windveld. Bij deze methode worden golfhoogte en periode vastgesteld in een situatie waarbij de wind over een watervlak waait met constante snelheid en zodanige duur dat de golf maximaal tot ontwikkeling komt. De tijd die nodig is om een golf volledig tot ontwikkeling te laten komen bedraagt driekwart tot een uur. Dit komt ongeveer overeen met de periode van een uur waarvoor de windgegevens van het KNMI zijn gemiddeld. Bij gebruik van uurgemiddelden van de windsnelheden kan dus worden aangenomen dat de berekende golfhoogte zich steeds volledig hebben kunnen ontwikkelen. Uit de gegeven windsnelheid, de waterdiepte en de strijklengte worden rechtstreeks de significante golfhoogte en de kenmerkende golfperiode bepaald. Deze bepaling geschiedt aan de hand van empirisch vastgestelde golfgroei formules (bijlage 40). De golfperiode is het tijdsinterval waarin twee opeenvolgende golftoppen een vast punt passeren. De significante golfperiode T_s als de gemiddelde periode van het hoogste derde deel van de waargenomen golven, kan als volgt berekend worden.

$$T \sim 2,4 \pi \cdot (,833 \cdot h \sim .375) \cdot \operatorname{tgh} \left((.077 \cdot F \sim .25) / (\operatorname{tgh} (,833 \cdot h \sim .375)) \right).$$

$$T \sim T_s \cdot g / U$$

$$d \sim d \cdot g / \operatorname{sqr} U$$

$$F \sim F \cdot g / \operatorname{sqr} U$$

Het gaat om de formules van Bretschneider, uitgedrukt in dimensioneloze parameters voor golfhoogte H_s , golfperiode T , waterdiepte

h en striklengte F, bij een gegeven windsnelheid U.
De resultaten zijn samengevat in bijlage 41.

c-golfoploop

De golfoploop is de belangrijkste komponent van de waakhoogte. Onder golfoploop tegen een talud wordt per definitie verstaan de vertikaal gemeten hoogte z boven het stilwater niveau tot waar de oplopende watertong van een al of niet brekende golf op het talud reikt. Door het onregelmatige, stochastische karakter van de windgolf, zal ook de golfoploop een dergelijke karakter hebben, de golfoploop moet derhalve worden gekenmerkt door een waarde met een zeker overschrijdingspercentage. In Nederland is de laatste decenia algemeen als karakteristieke maat voor de golfoploop de waarde aangehouden die wordt overschreden door 2% van de aankomende golven. De invloed van de ruwheid op de golfoploop wordt weergegeven door een enkele faktor f. Voor glad, gesloten asfalt is $f=1,1$

Uit onderzoek is gebleken dat de 2% golfoploop van de golven onder directe invloed van de wind bij taludhellingen van 1:5 of flauwer beschreven kan worden door

$$z_{2\%} = 0,71 \cdot T \cdot f \cdot \sqrt[3]{g \cdot H_s} \cdot \tan a$$

$$z_{2\%} = 2\% \text{ golfoploop}$$

H_s = significante golfhoogte

T = golfperiode

a = taludhelling

f = ruwheidsfactor

g = zwaartekrachtversnelling

Voor geval A is gekozen voor een andere empirische golfoploop formule omdat hiervan de golfperiode onbekend is. De gebruikte formule luidt $z_{2\%} = 8 \cdot f \cdot H_s \cdot \tan a$. Deze formule is geldig voor jonge zeegolven met een golfsteilheid van ca. 5 %.

GEVAL A :

Uit eerdere berekening is geconcludeerd dat de golaanval op de Oostpolderdijk gerekend moet worden $H=0,97$ m

De golfoploop is $z_{2\%} = 8 \cdot 1,1 \cdot 0,97 \cdot 1/3 = 2,84$ m

GEVAL B :

De berekende golfoploophoogtes zijn weergegeven in bijlage 41. De hoogte van de golfoploop tegen taluds kan worden beïnvloed door: de aanleg van een berm, een scheve golfinval en de ruwheid van het talud

Bij scheve golvinval zal de golfoploop worden gereduceerd door het schijnbare flauwere talud en de schijnbaar grotere breedte van de berm indien aanwezig. Zij b de invalshoek als de hoek tussen de voortplantingsrichting van de golven en de normaal op de lengterichting van de waterkering dan reduceert de golfoploop min of meer evenredig met $\cos(b - 10)$ zolang $(b - 10) < 45$. De reductie van de golfoploop is weergegeven op bijlage 41.

De maatgevende golfoploop is $z 2\% = 2,03$ meter met een wind komende uit het noorden en $z 2\% = 1,9$ meter met een wind komende uit het noord oosten.

4.4.5 Opwaaing

Onder invloed van de wind zal het water tegen een dijk worden opgestuwd, totdat een verhang is ontstaan dat evenwicht maakt met de door de wind op het wateroppervlak uitgeoefende schuifkracht. Ten gevolge van deze opwaaing kunnen de waterstanden plaatselijk hoger zijn dan het meerpeil. De mate van opwaaing wordt sterk bepaald door de heersende windsituatie (kracht, duur en richting), alsmede door de grootte en vorm van het meer en de diepte daarvan (bijlage 16).

De opwaaing op een afgesloten bekken is betrekkelijk eenvoudig te bepalen als men veronderstelt, dat de windsnelheid constant blijft in richting en grootte en voldoende lang aanhoudt om de opwaaing volledig tot ontwikkeling te laten komen en de diepte constant is. De massa draait om een zwaartepunt heen. Zolang het waterpeil boven de kadehoogte dus boven N.A.P. + 4.8 m blijft wordt het water steeds aangevuld zodat geen opwaaing plaatsvindt. Zakt het zeewaterpeil vervolgens weer dan zal er een meer gevormd zijn met een diepte van $d = 4.8 - 2.5 = 2.3$ meter. De windrichting waar de grootste strijklengtes optreden zijn maatgevend.

Het verhang is gegeven als $i = c \cdot \text{Sqr } U / (g \cdot d)$

$c =$ constante $3,5 \cdot 10^{-6}$

$U =$ windsnelheid

g = zwaartekrachtsversnelling

d = diepte

De resultaten zijn weergegeven op bijlage 42. Er moet rekening worden gehouden met een opwaaiing van 0,08 m bij wind uit het noord oosten.

4.4.6. seiches

Voor seiches in het havenbekken is voor de berekeningen bij de aanleg rekening gehouden met 0,5 meter.

4.4.7 waterspanningen

Het grondwaternivo ligt op N.A.P. -1,5 m. De aan te passen dijk wordt onder normale omstandigheden niet belast door waterspanningen. Bij een stormvloedstand zal dit zeer kortstondig zijn. In geval van getijden en stormvloeden kan men voor de hoogte van het freatisch vlak bij benadering 50% van het verschil tussen de hoogste en de tijdelijk laagste buitenwaterstand worden genomen. De hoogste waterstand is die van het stormvloedpeil gelijk aan N.A.P. +5.9 m. De laagste waterstand voor geval A is N.A.P. +4.8m. Dit is de hoogte van de aan te leggen terreinen. De laagste watersstand voor geval B is ook N.A.P. +4.8m. Dit is de tijdelijke waterstand in het fictieve meer (bijlage 70). Het freatisch vlak zal dus 0,55 m boven de tijdelijke waterstand van N.A.P +4.8 m liggen.

Uitgaande van een evenwichtssituatie, waarbij waterstand en grondwaterniveau aan elkaar gelijk zijn, treedt bij een dalende waterstand een naar buiten gerichte potentiaalgradient op, terwijl bij stijgende waterstanden dit beeld geleidelijk omkeert en de gradient naar binnen wordt gericht. Doordat de dijkversterking wordt ingesloten door twee ondoorlatende lagen te weten de bekleding enerzijds en de oude zeedijk anderzijds is er geen rekening gehouden met de ontwikkeling van grondwaterstromingen.

4.5 Sterkte

4.5.1 ontwerphoogte

GEVAL A:

ONTWERPHOOGTE	:	stormvloedpeil N.A.P.	+ 5,9	meter
		bodemdaling	+ 0,12	meter
		zeespiegelrijzing	+ 0,10	meter
		golfoploop	+ 2,84	meter
		seiches	+ 0,5	meter

totaal N.A.P. + 9,46 meter

GEVAL B :

Er werden twee situaties bekeken

Stormvloedpeil met winrichting uit het noorden

ONTWERPHOOGTE	:	stormvloedpeil N.A.P.	+ 5,9	meter
		bodemdaling	+ 0,12	meter
		zeespiegelrijzing	+ 0,10	meter
		golfoploop	+ 2,03	meter
		seiches	+ 0,5	meter

totaal N.A.P. + 8,65 meter

Meerpeil van N.A.P. + 4.8 m met windrichting uit het noord oosten

ONTWERPHOOGTE	:	stormvloedpeil N.A.P.	+ 4,8	meter
		bodemdaling	+ 0,12	meter
		zeespiegelrijzing	+ 0,10	meter
		golfoploop	+ 1,9	meter
		opwaaing	+ 0,08	meter

totaal N.A.P. + 7 meter

Maatgevende situatie is die van het stormvloedpeil met windrichting uit het noorden.

4.5.1 aanleghoogte

Voor de aanleghoogte van de dijk moet gelden :

aanleghoogte \geq ontwerphoogte + zetting + klink

Zetting

Onder zetting wordt de samendrukking van de ondergrond verstaan, veroorzaakt door de bovenbelasting (gewicht van het dijklichaam en, in voorkomende gevallen door het gewicht van een voor de aanleg van het dijklichaam plaatsgevonden hebbende ophoging. hierna volgt de berekening en een schatting van het toegevoegde gewicht zand.

De zetting wordt berekent met de logaritmische samendrukkingsproef van Terzaghi.

$$Dz/z = 1/C * \ln p2 / p1$$

z = dikte samengedrukte laag (m)

Dz = samendrukking van de laag onder invloed van een belastingverhoging (m)

p1 = oorspronkelijke korrelspanning (KN/sqr m)

p2 = nieuwe korrelspanning (KN/sqr m)

C = samendrukkingsconstante C = 40 (zand)

De boringen en sonderingen zijn gegeven in bijlage 5. Dit is een gemiddelde ter plekke van de Emmapolderdijk. De berekening is gedaan om de orde van grote te bepalen en zodoende de eerder in het deelrapport aangenomen waarde te controleren en om de gemiddelde waarde te kunnen vaststellen. De toename van de korrelspanning is gedaan met de methodes van Jurgenson die de belastingspreiding in de ondergrond geeft bij ophoging (bijlage 43 en 44). Eerst wordt de zetting ten gevolge van een terrasbelasting ten gevolge van de ophoging tot de kruinhoogte van de oorspronkelijke dijk bepaald en vervolgens de driehoekig verdeelde belasting van de resterende ophoging (bijlage 42). De resultaten zijn weergegeven in bijlages 45 en 46.

Voor geval A wordt een zetting gevonden van 27,8 cm en voor geval B een zetting van 24,1 cm.

Dit klopt met de eerder geschatte waarde van 30 cm. De zetting varieert van 20 cm tot 30 cm na ophoging. Er wordt een zetting aangehouden van 30 cm. voor beide gevallen voor de berekening van de aanleghoogte.

Klink

Onder klink verstaan we de samendrukking van het dijklichaam onder invloed van het eigen gewicht.

Het zand, mits in lagen aangebracht die goed verdicht worden, zal onder het eigen gewicht niet veel samendrukken, terwijl de bekleding eveneens niet veel zal samenpersen. Aanneame ca. 25 cm

GEVAL A :

AANLEGHOOGTE :	ontwerphoogte	N.A.P. + 9.46	meter
	zetting	+ 0,3	meter
	klink	+ 0,25	meter

totaal N.A.P. + 10 meter

GEVAL B :

AANLEGHOOGTE :	ontwerphoogte	N.A.P. + 8,65	meter
	zetting	+ 0,30	meter
	klink	+ 0,25	meter

totaal N.A.P. + 9,2 meter

Het is mogelijk om voor de dijk een voorland op een nader te bepalen hoogte aan te leggen van een paar honderd meter wat toch moet gebeuren om de terreinen gebruiksklaar te maken waardoor de ontwerphoogte en dus de aanleghoogte van de dijk gereduceerd kan worden.

Het enige waar invloed op uitgeoefend kan worden is de golfloop. Er zal bekeken worden of een kleinere helling economischer is.

Als er voor een flauwere helling wordt gekozen zal de aanleghoogte afnemen maar er zal meer bekleding moeten worden aangelegd en er zal meer ruimte nodig zijn (bijlage 47 en 48). De volgende prijzen worden gehanteerd.

Prijs specie : 8 Dfl / m³

Prijs van de grond : 10 Dfl / m²

Prijs bekleding : 79 Dfl / m²

I = inhoud (m³)

A = oppervlak grond (m²)

B = bekleding (m³)

De resultaten zijn weergegeven op bijlage 49.

Door de hoge kosten van bekleding en het grondgebruik blijkt de steilere helling van 1:3 toch het meest economische alternatief.

4.5.2 materiaal

De dijken worden als regel opgebouwd uit grond. Naarmate de samenhang groter is en de doorlatenheid voor water geringer, is de grond meer geschikt. Een hoog soortelijk gewicht is daarbij tevens van belang.

Zand is een onsamenhangend materiaal. Zand is bij uitstek geschikt voor de dijkbouw. Daar het in geweldige hoeveelheden aanwezig is en op gemakkelijke wijze te winnen en te verwerken en dus goedkoop is, word hier voor het dijklichaam zand als materiaal gekozen. Het zandlichaam wordt op verschillende wijzen beschermd door een bekleding. In verhouding tot de kosten van het zandlichaam zijn die kosten van de bekleding groot. Het zandlichaam zal worden afgedekt door een ondoorlatende kleilaag.

4.5.3 stabiliteit

Voor de beoordeling van de stabiliteit van taluds van willekeurige vorm, in materialen met cohesie en inwendige wrijving bestaan vele methoden. De meeste gaan uit van cirkelvormige glijvlakken. Met behulp van een aantal vereenvoudigde aannamen tracht men dan een waarde voor de stabiliteitsfactor F te vinden. Als maatgevende wordt dan de cirkel beschouwd waarvoor F zo klein mogelijk is. In de methode van Fellenius wordt uitgegaan van een cirkelvormig glijvlak. De moot grond daarboven wordt opgedeeld in een aantal lamellen begrensd door verticale vlakken. Langs het glijvlak werkt een schuifspanning Tau. Het moment evenwicht ten opzichte van het middelpunt van de cirkel wordt bepaald. Het uiteindelijke resultaat is:

$$F = \frac{\text{som} ((c + (\text{gamma} \cdot h \cdot (\text{sqr}(\text{cos } a) - p)) \cdot \tan \text{fi}) / \text{cos } a)}$$

$$\text{som} (\text{gamma} \cdot h \cdot \sin a)$$

c = cohaesie (KN/m²)
gamma = volumegewicht grond (KN/m³)
a = hoek t.o.v. het middelpunt
fi = wrijvingshoek
p = waterspanning (KN/m²)
h = hoogte van de lammel (m)

Er is gekeken naar de stabiliteit van de binnentaluds en de buitentaluds.

De stabiliteits berekeningen voor verschillende critieke glijvlakken zijn uitgewerkt in bijlages (50 t/m 69). Meestal blijkt het gevaarlijkste door de teen van het talud te gaan. Zijn de taludhellingen flauwer, hetgeen in de regel het geval is, dan is een dieper glijvlak meestal gevaarlijker. De verschillende stabiliteitsfactoren zijn:

BINNENTALUD

Oostpolderdijk 1	F = 3,73
Oostpolderdijk 2	F = 2,52
Emmapolderdijk 1	F = 3,18
Emmapolderdijk 2	F = 3,18

BUITENTALUD

Oostpolderdijk 1	F = 3,5
Oostpolderdijk 2	F = 3,5
Oostpolderdijk 3	F = 2,3
Emmapolder 1	F = 2,2
Emmapolder 2	F = 1,9
Emmapolder 3	F = 1,8

Bij de helling van 1:3 en de bepaalde waterspanningen blijkt het dijklichaam voldoende stabiel te zijn. Door de aanleg van de bekleding over het gehele talud lijken er geen problemen te

bestaan wat betreft de microstabiliteit.

4.6 Conclusie

De Oostpolderdijk moet worden opgehoogd tot N.A.P. +10 meter en de Emmapolderdijk tot N.A.P. +9,2 meter. De verhoging van de Emmapolderdijk moet worden afgewogen tegen een voorland van een paar honderd meter waardoor de ontwerphoogte van de Emmapolderdijk gereduceerd kan worden. Deze hoogte zal in hoofdstuk 6 bepaald worden.

Hoofdstuk 5 : Bekledingen

5.1 Inleiding

Elke waterbouwkundige constructie wordt op een of andere wijze en in zekere mate begrensd door het grensvlak water/grond. Dit scheidingsvlak is in feite een onderdeel van het ontwerpprofiel als zodanig van belang voor de diverse functies van de desbetreffende constructie.

5.2 Functionele eisen

Om een dijkbekleding zijn belangrijkste functie, dit is het beschermen van het dijklichaam tegen erosie, te laten vervullen moet deze voldoen aan een aantal functionele eisen.

- 1 De bekleding moet zodanig dicht zijn dat er geen materiaal vanuit het dijklichaam door heen kan worden verplaatst. Soms wordt waterdichtheid geeist
- 2 De bekleding moet bestand zijn tegen belastingen veroorzaakt door wateroverdrukken, golven en stromend water
- 3 Zettingen en ontgrondingen moeten door de bekleding tot op zekere hoogte kunnen worden gevolgd.
- 4 De bekleding moet stabiel zijn
- 5 De bekleding moet bestand zijn tegen erosie, corrosie, licht, wind, tempinvloeden, enz. Het milieu mag geen schade veroorzaken aan de bekleding, maar ook de bekleding niet aan het milieu
- 6 De bekleding moet bij voorkeur een esthetisch aanzien hebben
- 7 De bekleding moet duurzaam zijn
- 8 Rekening moet worden gehouden met een aantal overige belastingen
- 9 De bekleding moet uitvoerbaar zijn
- 10 Toekomstig beheer en onderhoud moeten kunnen plaatsvinden
- 11 De bekleding moet economisch zijn

De dijk ligt normaal gesproken vrij van golfaanval. Hij zal in extreme gevallen van stormvloed weerstand moeten bieden aan de golfaanval. De bekleding moet voldoende sterk zijn. Het beheer van de zeedijken is in handen van de " Ommelander zeedijk " die tevens een groot deel van de Groningse zeedijken beheren. Deze

dijken zijn allemaal met asfalt bekleed. Om het beheer zo homogeen mogelijk te houden is voor de aan te passen dijken ook voor asfalt gekozen.

In asfaltbeton vormt het mineraalaggregaat een doorgaand korrelskelet. Het kan niet in een vochtige omgeving worden toegepast wegens de vorming van waterdampbellen in de warme asfaltbeton, waardoor tijdens afkoeling holle ruimten achterblijven. Daar asfaltbeton zich onder duurbelasting viskeus gedraagt kan het niet onder steile hellingen worden toegepast.

Voor asfalt gelden als belangrijkste mengseleigenschappen

- 1 mate van doorlatenheid
- 2 fysisch/mechanische eigenschappen
- 3 stabiliteit
- 4 duurzaamheid
- 5 verwerkbaarheid

Asfalt is een visko-elastisch materiaal dat wil zeggen de mechanische eigenschappen zijn afhankelijk van temperatuur en belastingduur. Het asfaltmengsel moet niet alleen intern stabiel zijn in definitieve toestand maar ook tijdens de uitvoering. Water kan tussen het bitumen en het materiaal dringen waardoor de hechting verloren gaat.

5.3 belastingen

De golfbelastingen die de bekleding zal moeten doorstaan zijn bepaald in de vorige paragraaf.

De waterdruk onder een bekleding volgt uit de formule van Van der Veer (bijlage 70).

$$\text{SIG } w = \rho_w * g * (p + h * \cos a)$$

$$\text{SIG } w = \text{waterdruk (N/m}^2\text{)}$$

$$\rho_w = \text{massadichtheid van water (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{zwaartekrachtsversnelling (kg/m/s}^2\text{)}$$

$$p = \text{waterkolom (m)}$$

$$a = \text{hellingshoek}$$

Voor geval A wordt een waterdruk gevonden van $1,723 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ en voor geval B een waterdruk van $2,863 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$ (bijlage 71).

5.4 sterkte

- 1 Het afschuifcriterium

Dit criterium beoogt afschuiven van de bekleding te verhinderen onder frequent voorkomende omstandigheden, zoals springtij. Voor geval A moet de bekleding een dikte hebben van 19,9 cm en voor geval B van 33 cm om aan het afschuifcriterium te voldoen (bijlage 72).

2 Het opdrijf criterium

Hiermee wordt voorkomen dat de bekleding zal oplichten bij minder frequent voorkomende omstandigheden, zoals stormvloeden. Voor geval A moet de bekleding een dikte hebben van 8,4 cm en voor geval B van 14 cm om aan het opdrijf criterium te voldoen (bijlage 72).

3 Golfklappen

De grootste belastingen die golven op een plaatvormige bekleding kunnen uitoefenen zijn klappen door overstortende golven. Voor geval A moet de bekleding een dikte hebben van 25,9 cm en voor geval B van 24,3 cm (bijlage 72 en 73).

5.4 Conclusie

Voor geval A blijkt de benodigde dikte ten gevolge van golfklappen maatgevend te zijn terwijl voor geval B het afschuif criterium maatgevend is. Over het talud van de Ostpolderdijk zal een 26 cm dikke asfaltlaag gelegd worden terwijl over het talud van de Emmapolderdijk een 33 cm dikke asfaltlaag gelegd wordt. Een kleinere dikte kan gekozen worden boven het peil waar de maximale waterdruk optreedt. De bekleding zal van de kruin tot de teen van de dijk gelegd worden.

Hoofdstuk 6 : Kruisingen met infrastructuur

6.1 Inleiding

De kruising van de spoorlijn met de Emmapolderdijk verdient de meeste aandacht. Op bijlage 55 is een plattegrond te zien van die kruising. Als de Emmapolderdijk verhoogd zou worden betekent dit dat ook de spoorweg kruising verhoogd dient te worden. Dit brengt problemen met zich mee wat betreft de toegelaten spoorweg hellingen. Dit is voor een trein maximaal 1:125. Er rijzen ook problemen over de bruikbaarheid van het spoor tijdens de uitvoerings werkzaamheden. Het is ontoelaatbaar voor de overslagbedrijven om niet van de spoorlijn gebruik te kunnen maken. Er moet dus een oplossing voor worden gevonden. In het volgende paragraaf worden een aantal alternatieven besproken.

6.2 Alternatieven

Alternatief 1 :

Dit alternatief is een " coupure " van de dijk in het verlengde van deze kering. Er wordt een kunstwerk gebouwd die in geval van nood gesloten moet worden (bijlage 56). Als men dit in het verlengde van de dijk doet krijgt men een kunstwerk van 200 meter lang. Dit is een te kostbaar alternatief om realistisch te zijn. Bovendien is de uitvoering en het beheer van het kunstwerk een lastig karwei. Een belangrijk aspect is de kwetsbaarheid van coupures in verband met het niet kunnen sluiten bij een stormvloed.

Alternatief 2 :

Bij dit alternatief word ook gebruik gemaakt van een coupure in de dijk maar deze zal loodrecht op de spoorlijn zijn. Consequentie hiervan is dat de dijk moet worden omgelegd (bijlage 57). De dwarsdoorsnedes zijn uitgewerkt op bijlage 58. In dit geval is de oplossing ook niet ideaal wat betreft uitvoering en beheer.

Alternatief 3 :

Zoals eerder aangestipt in het verslag kan men een verhoging van de dijk voorkomen door een voorland voor de Emmapolderdijk aan te leggen op een hoogte die kleiner is als de ontwerphoogte van N.A.P. + 8,65 m. Er hoeft geen rekening te worden gehouden met golfoverslag. Het terrein zou dus aangelegd moeten worden op een hoogte gelijk aan het stormvloedpeil vermeerderd met de bodemdaling, zeespiegelrijzing, zetting en klink. Het terrein komt op een hoogte van N.A.P. + 6.67 meter. De achterliggende Emmapolderdijk moet worden vermeerderd met een minimum waakhogte van 0,5 m. Deze dijk komt dan te liggen op N.A.P. + 7.17 meter. Het terrein zou een lengte van 200 meter moeten hebben om zodoende dienst te kunnen doen als opslagplaats van bijvoorbeeld roll - on roll off materieel.

Evaluatie

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
veiligheid	--	--	+
uitvoering	--	-	+
beheer	--	--	+
kosten	--	0	-

Het beste alternatief lijkt een verhoogd voorland te zijn van ongeveer 200 meter breed voor de Emmapolderdijk.

Conclusie

Concluderend kan gesteld worden dat de consequenties van de nieuwe inrichting wat betreft de dijk het volgende zijn. Het aanleggen van een voorland op N.A.P. + 6,67 meter van 200 meter breed voor de Emmapolderdijk liggend op N.A.P. + 7,17 meter. En vervolgens de Oostpolderdijk tot aan de verbindingsdijk met de primaire zeekering ophogen tot N.A.P. + 10 meter.

Evaluatie

Geconcludeerd kan worden dat op grond van dit afstudeerproject een beeld gevormd kan worden van de nieuwe haven lay - out en de werkzaamheden die daarvoor verricht moeten worden.

Voor de opzet van het afstudeerwerk is gekozen voor een brede aanpak van het probleem, waardoor zo veel mogelijk facetten aangeroerd werden die in zo'n groot project naar voren komen. Het is duidelijk geworden welke disciplines ingeschakeld moeten worden en welke werkzaamheden moeten worden verricht. Hopelijk zal dit afstudeerwerk tot hulp dienen als met de aanpak van het probleem wordt begonnen.

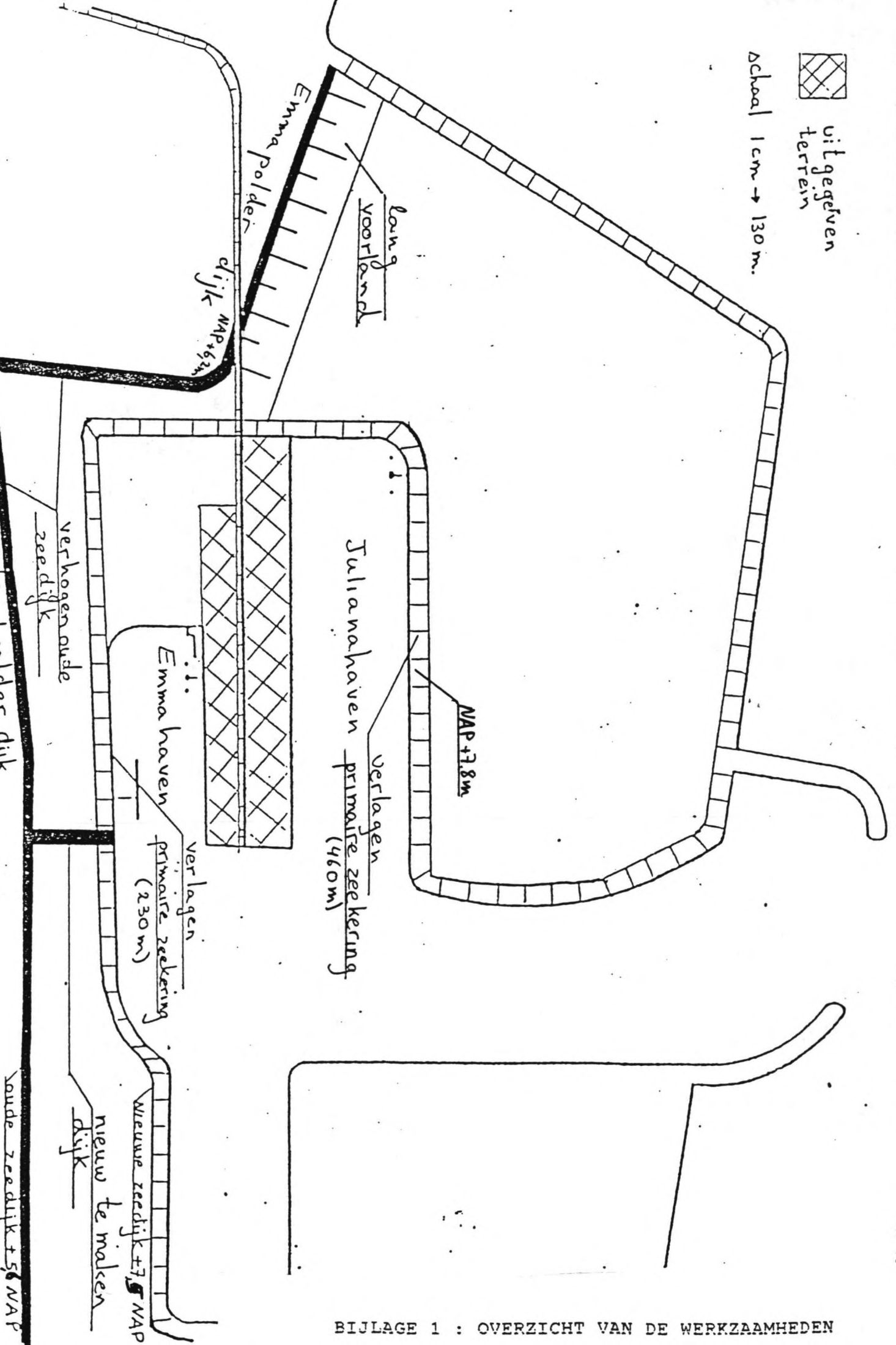
Mijn dank gaat uit naar mijn begeleiders Prof. ir. H. Velsink en ir. J.H. Florian die mij in de goede richting gestuurd hebben en ing. G.P. Nijburg van het havenschap Delfzijl die mij terzijde stond bij het inwinnen van informatie.

Literatuur

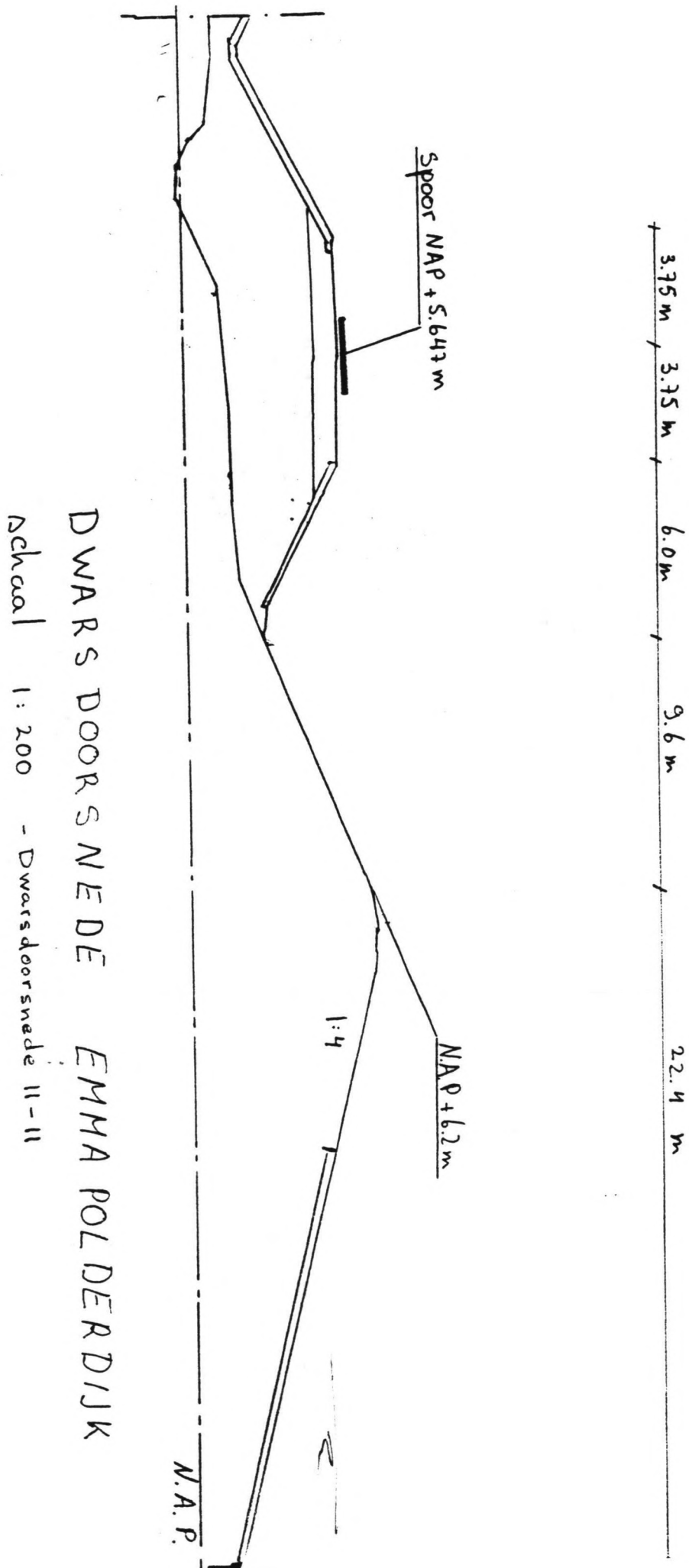
- Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken -deel 1- 1985
Technische advies commissie voor de waterkeringen
- Collegediktaat f3 Waterbouwkunde
Prof. ir. A. Glerum e.a.
- Collegediktaat f4 Flexibele waterbouwkundige constructies
ir. J. Bouwmeester
- Collegediktaat b76 Korte golven
Prof. ir. H. Battjes
- Zeegolven 1976
Dorrestein en Groen
- Asfalt in de waterbouw 1984
Vereniging voor bitumineuze werken
- Leidraad voor de toepassing van asfalt in de waterbouw 1985
Technische adviescommissie voor de waterkeringen
- Berekening golfhoogte, - perioden en golfoploop 1987
ir. R. Westphal
- Verschillende nota's van Rijkswaterstaat

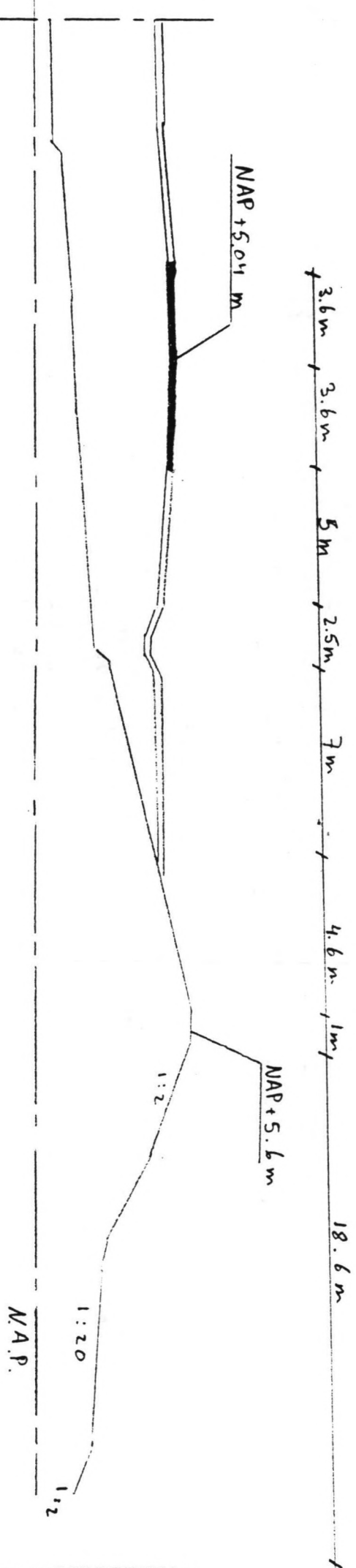
uitgegeven
terrein

Schaal 1 cm → 130 m.



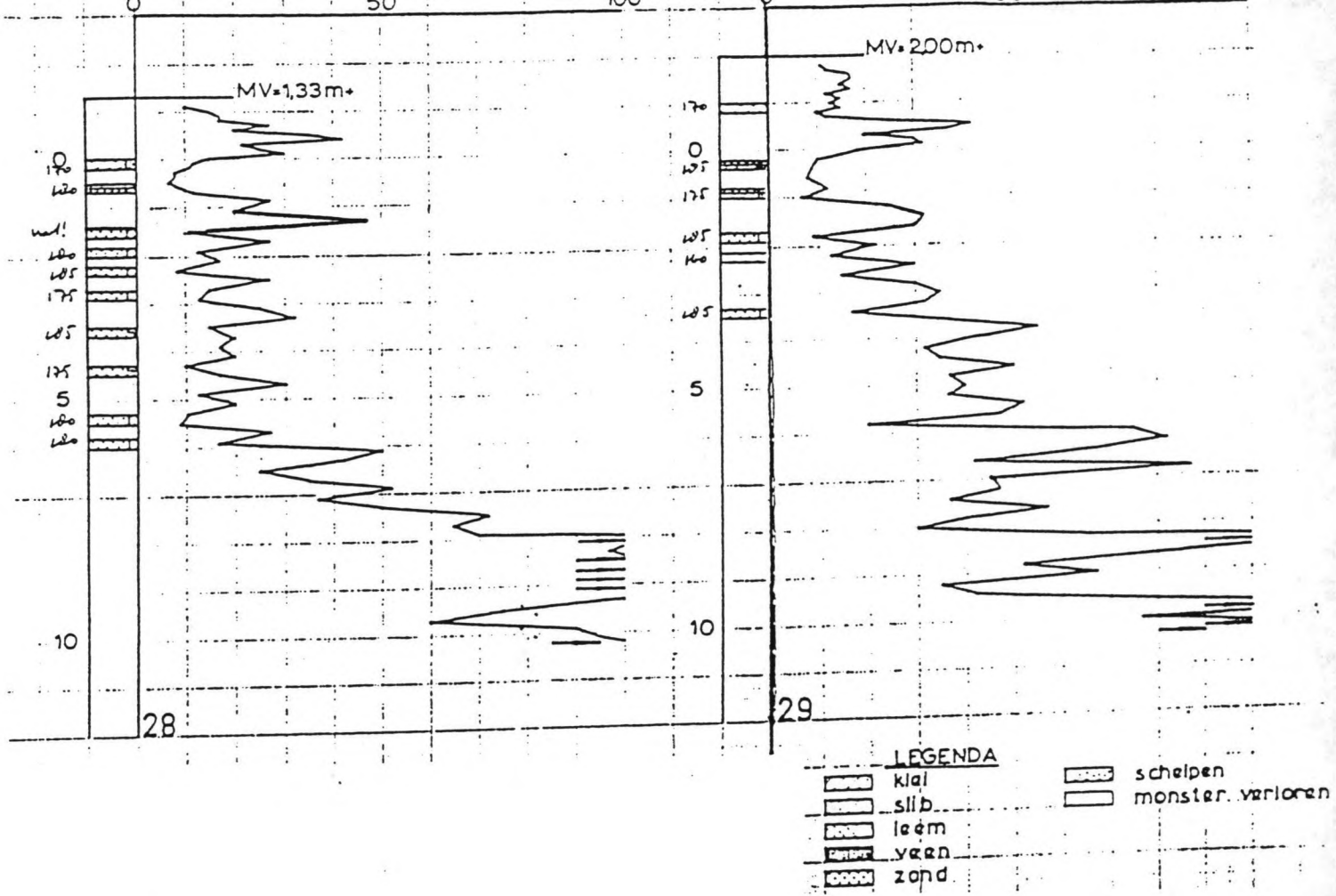
BIJLAGE 1 : OVERZICHT VAN DE WERKZAAMHEDEN



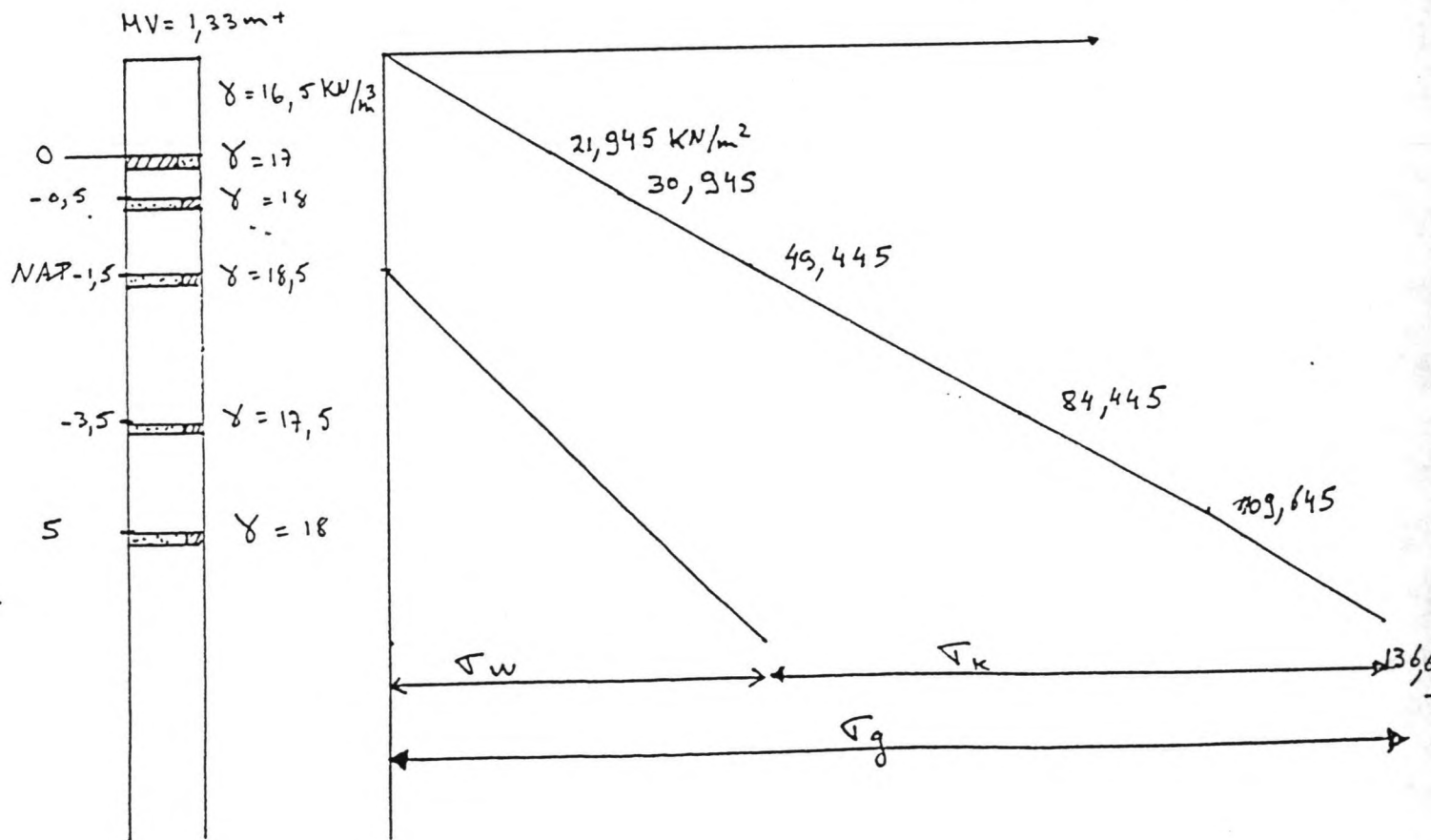


DWARSDOORSNEDE OOSTPOLDERDIJK

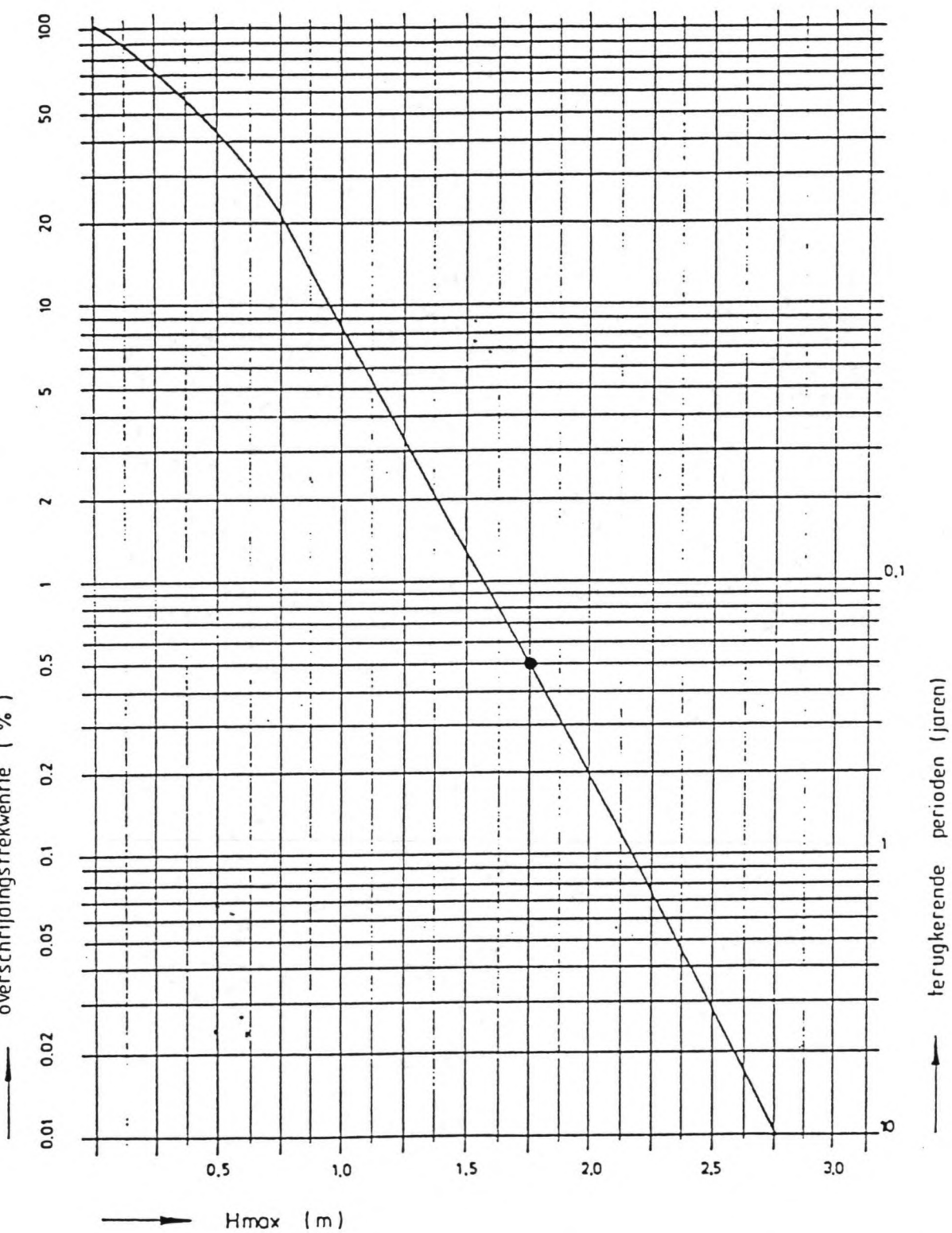
Schaal 1:200 Dwarsdoorsnede 0-0.



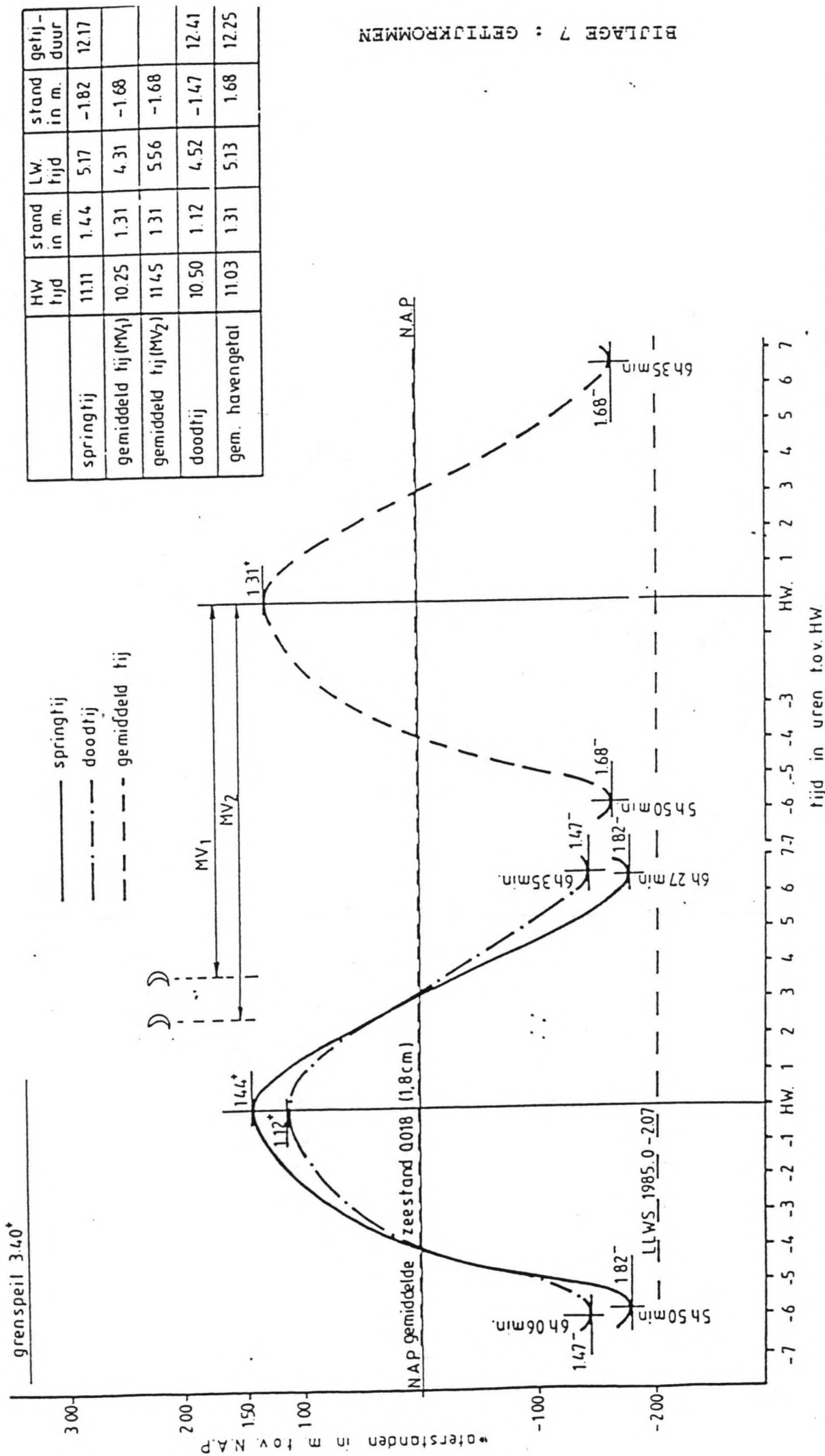
$$C_z = 40$$



BIJLAGE 5 : GRONDGEGEVENS



GOLFHOOGTE - OVERSCHRIJDINGSLIJN



BILAGE 7 : GETIJKROMMEN

	HW tijd	stand in m.	LW. tijd	stand in m.	getij- duur
springtij	11.11	1.44	5.17	-1.82	12.17
gemiddeld tij (MV ₁)	10.25	1.31	4.31	-1.68	
gemiddeld tij (MV ₂)	11.45	1.31	5.56	-1.68	
doodtij	10.50	1.12	4.52	-1.47	12.41
gem. havengetal	11.03	1.31	5.13	1.68	12.25

Gemiddelde getijkrommen
(gegevens rijkswaterstaat)

gemiddeld hoogwater : N.A.P. + 1,24 m;
 gemiddeld laagwater : N.A.P. - 1,56 m;
 hoogst bekende waterstand : N.A.P. + 4,60 m;
 laagst bekende waterstand : N.A.P. - 3,64 m.

Nabij het werk gelden ongeveer de volgende gegevens:

	gemiddeld	gemiddeld	gemiddeld
	springtij	tij	doodtij
hoogwater t.o.v. N.A.P.	+ 1,29 m	+ 1,14 ⁵ m	+ 0,99 m
laagwater t.o.v. N.A.P.	- 1,58 m	- 1,39 m	- 1,18 m

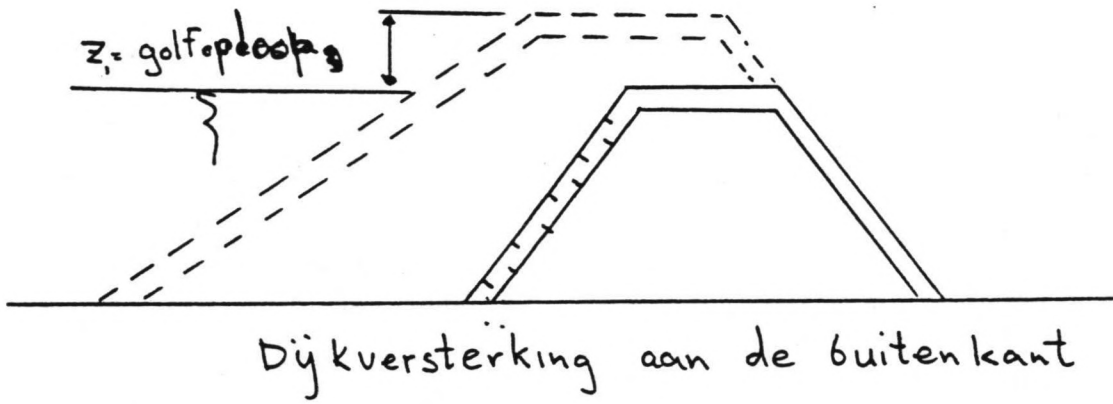
Het tijdsverschil met Delfzijl bedraagt voor HW 33 min. vroeger en voor LW 39 min. vroeger.

Nabij het werk gelden ongeveer de volgende frekwenties van hoog- en laagwaterstanden:

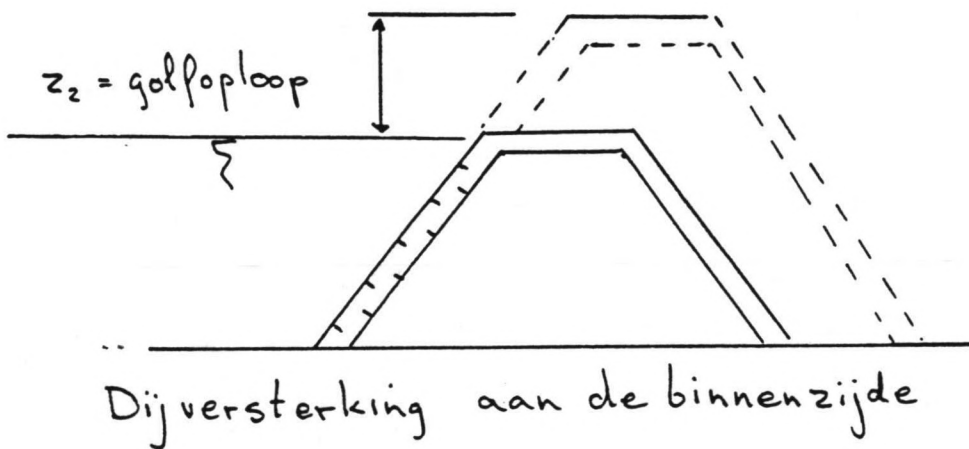
Frekwentie	Waterstanden in m ten opzichte van NAP			
	Hoogwater		Laagwater	
	hoger dan	lager dan	hoger dan	lager dan
50 x per jaar	+ 1,45	+ 0,65	- 0,80	- 1,85
20 x per jaar	+ 1,75	+ 0,45	- 0,50	- 2,00
10 x per jaar	+ 1,95	+ 0,30	- 0,25	- 2,10
5 x per jaar	+ 2,15	+ 0,15	- 0,05	- 2,20
2 x per jaar	+ 2,45	- 0,05	+ 0,25	- 2,40
1 x per jaar	+ 2,70	- 0,25	+ 0,50	- 2,55
1 x per 2 jaar	+ 3,00	- 0,40	+ 0,70	- 2,70
1 x per 5 jaar	+ 3,35	- 0,60	+ 1,00	- 2,90
1 x per 10 jaar	+ 3,60	- 0,80	+ 1,25	- 3,05
1 x per 20 jaar	+ 3,90	- 0,95	+ 1,45	- 3,20

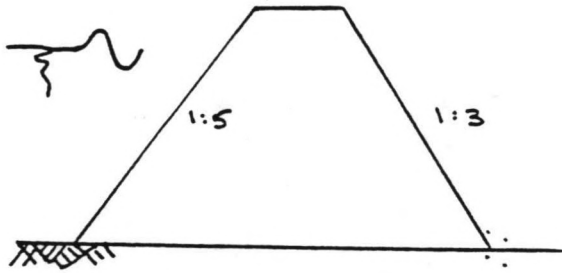
Ter oriëntatie zijn hieronder enige waterstanden nabij het havenbekken gegeven met de bijbehorende frekwenties.

frekwentie	HW in m		LW in m	
	hoger dan	lager dan	hoger dan	lager dan
50 x p.jr.	+ 1.60	+ 0.70	- 0.90	- 2.05
5 x p.jr.	+ 2.35	+ 0.20	- 0.10	- 2.45
1 x p.jr.	+ 3.00	- 0.20	+ 0.50	- 2.80
1 x p.5 jr.	+ 3.70	- 0.60	+ 1.15	- 3.10
1 x p.20 jr	+ 4.35	- 0.95	+ 1.65	- 3.45

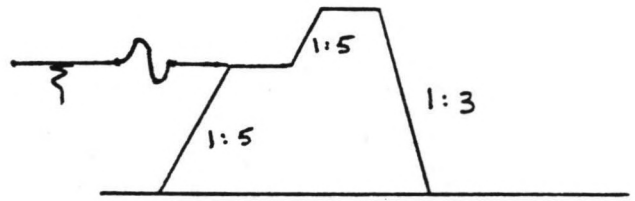


$$z_2 > z_1$$

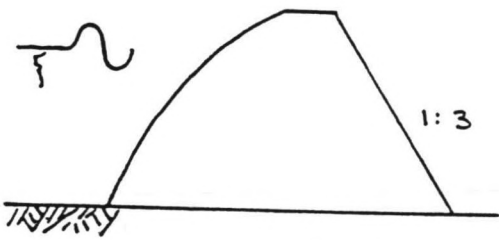




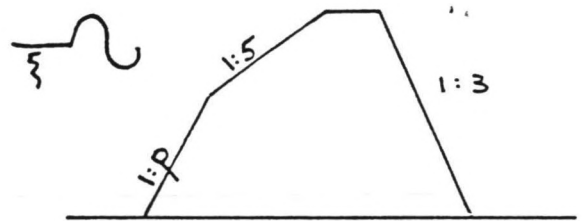
Alternatief 1



Alternatief 2

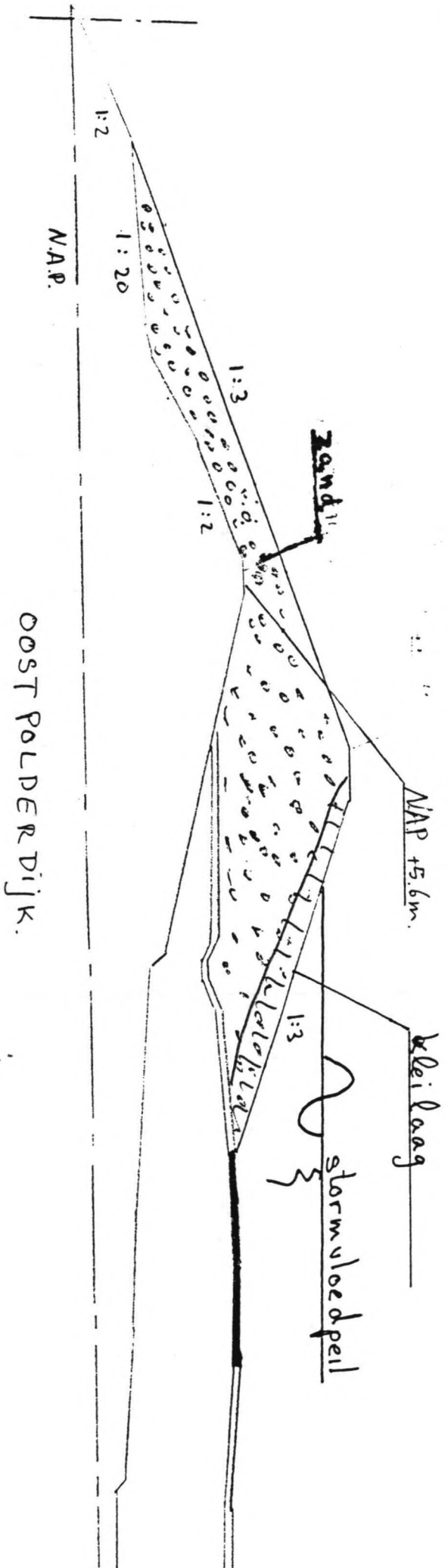
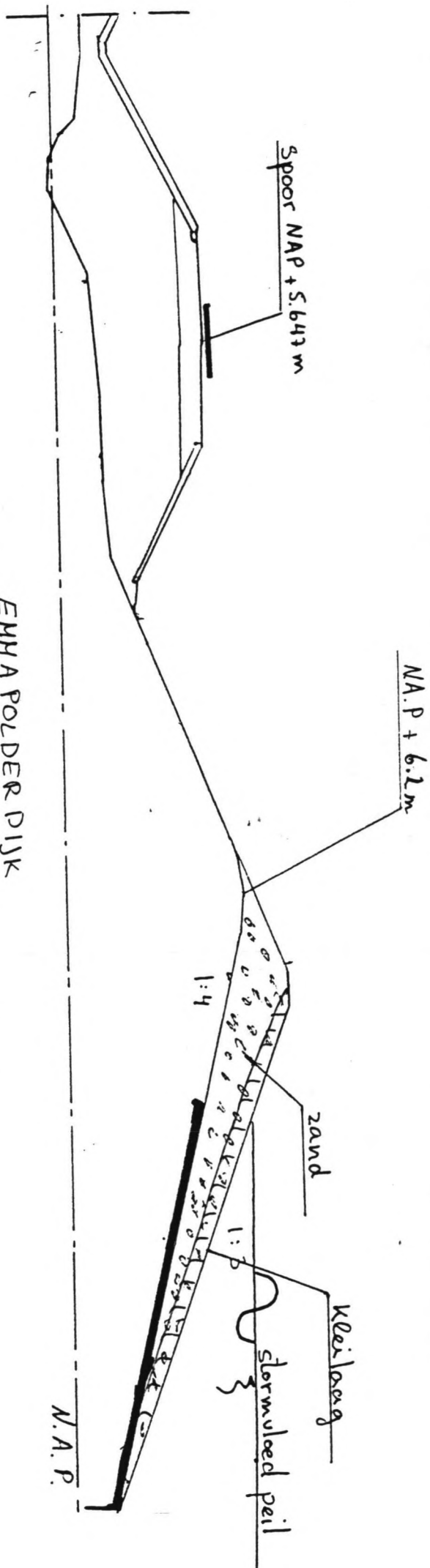


Alternatief 3

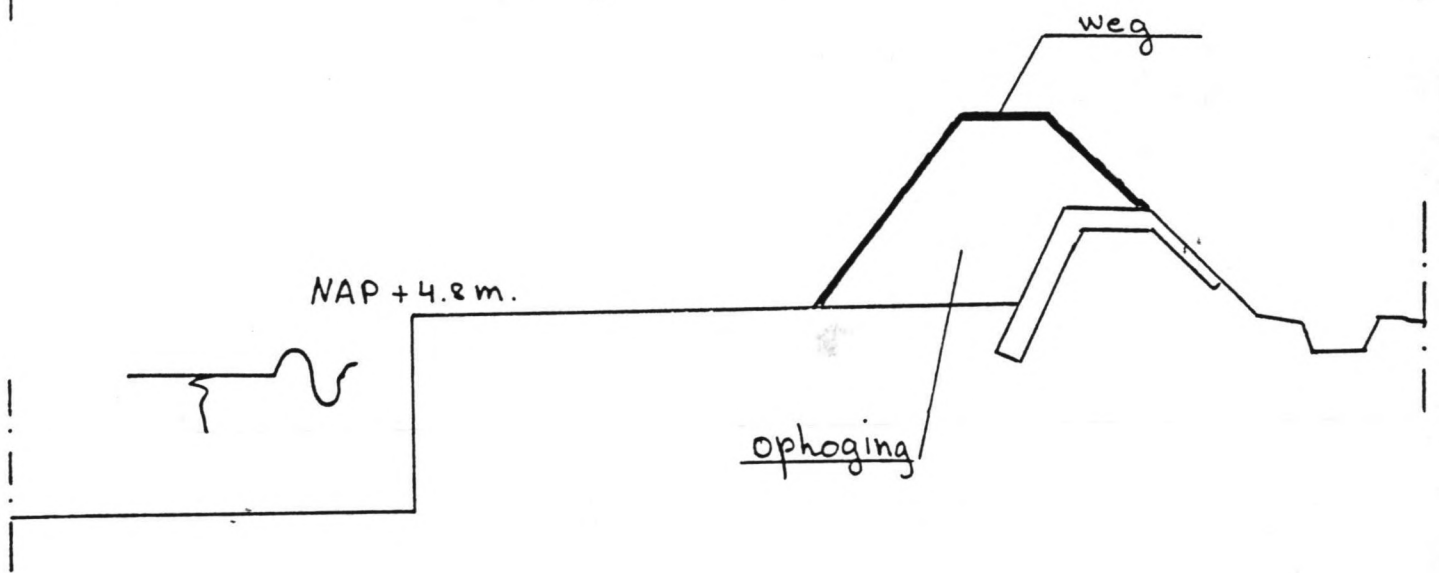
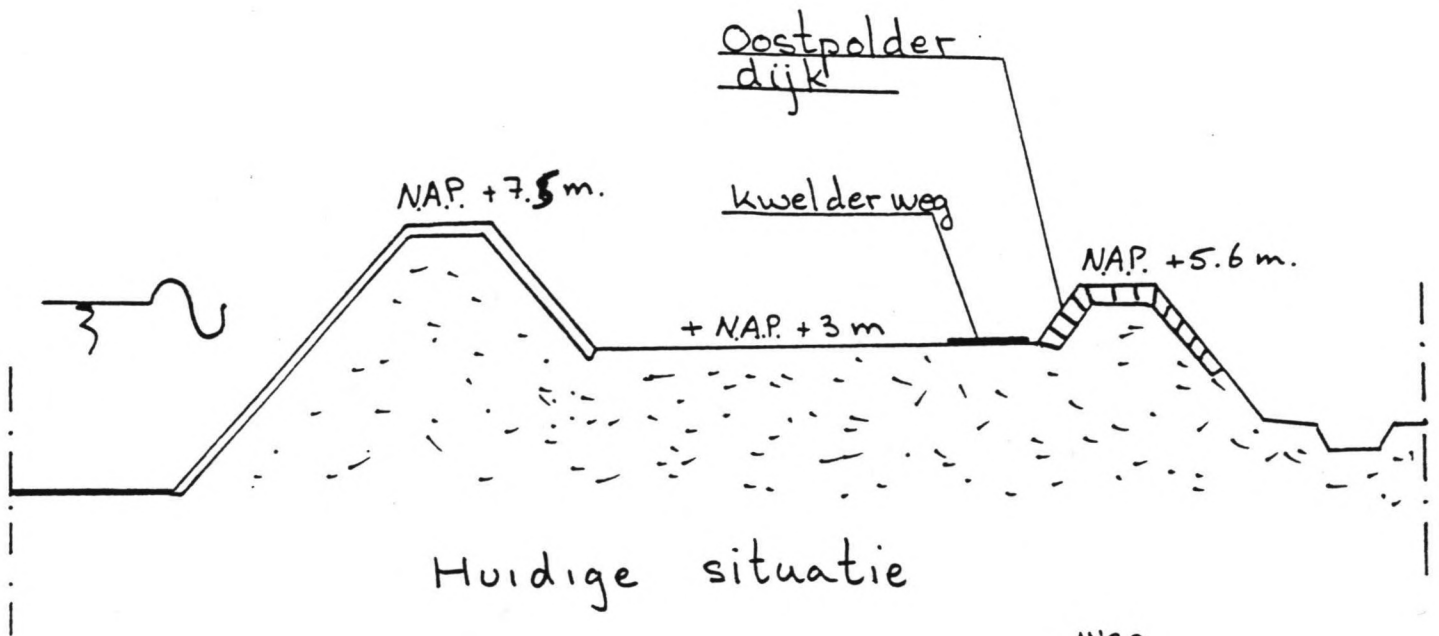


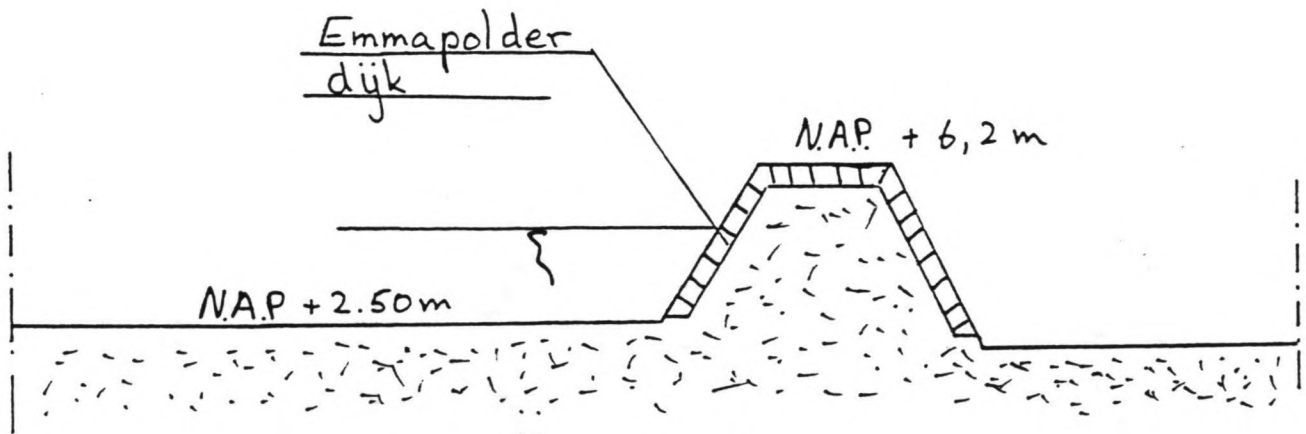
Alternatief 4

Enkele dwarsprofielen

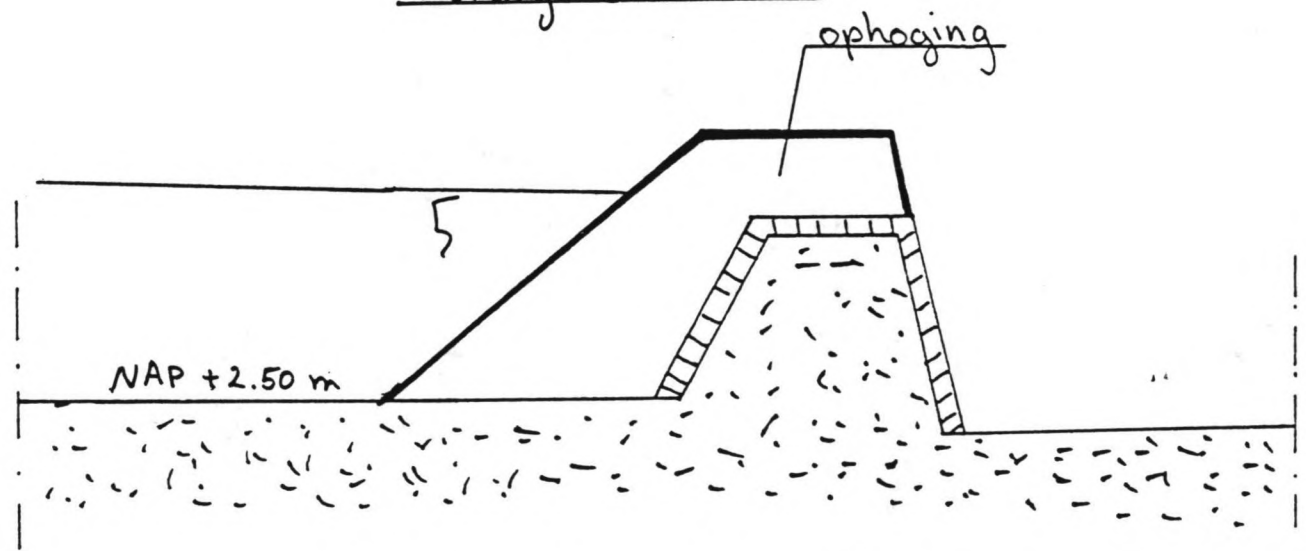


BIJLAGE 11 : GLOBALE SCHETS



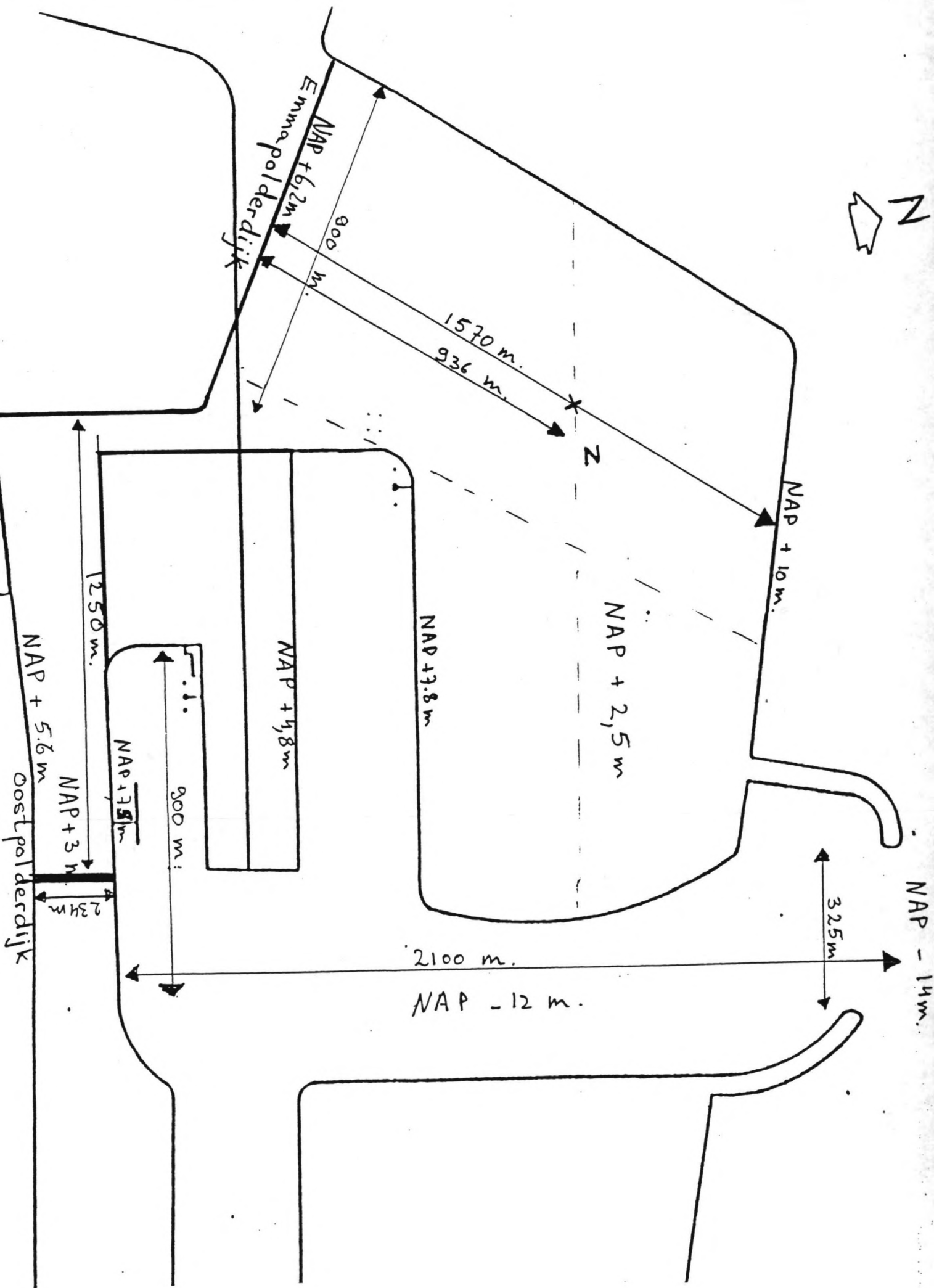


Huidige situatie

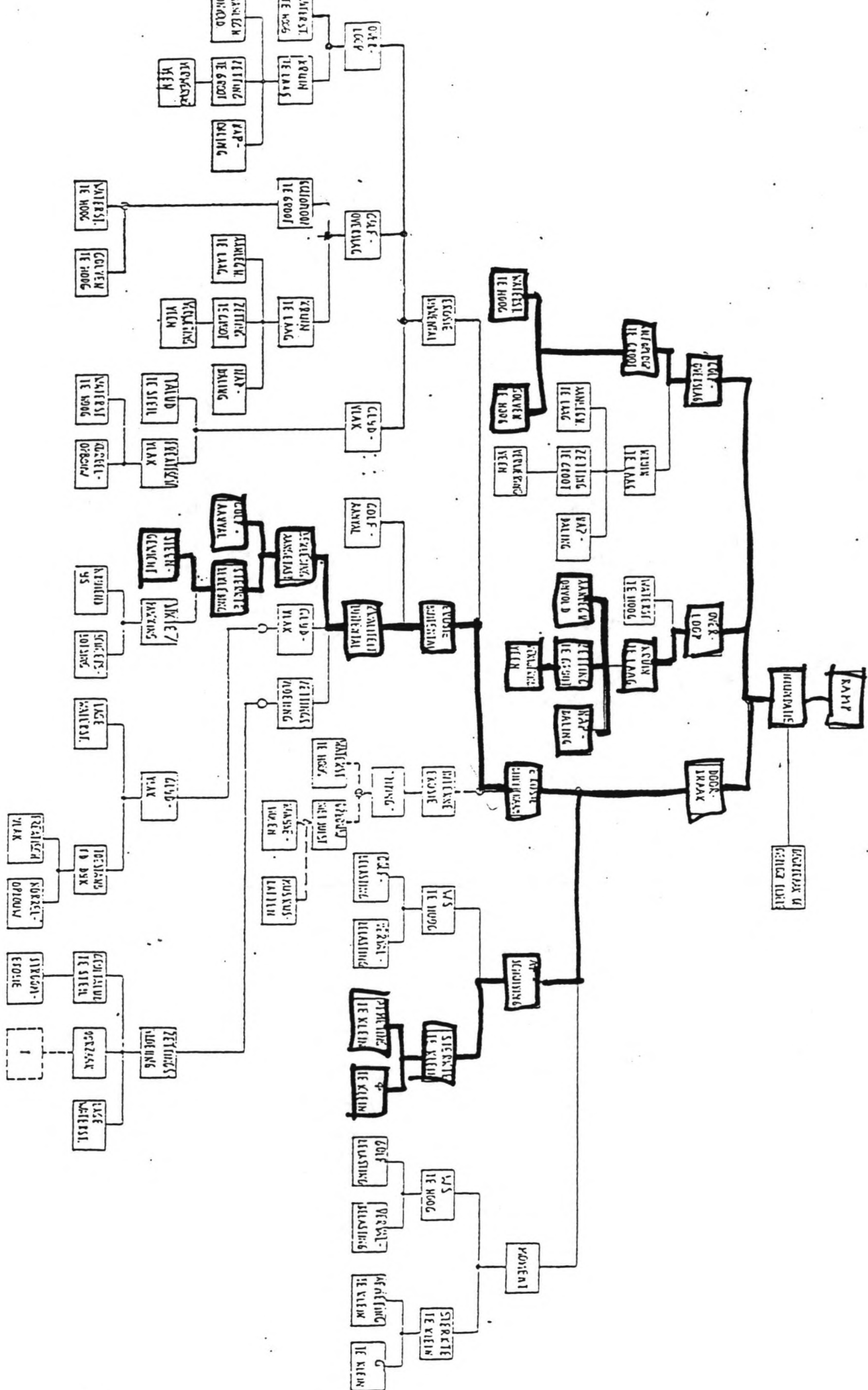


situatie na herinrichting



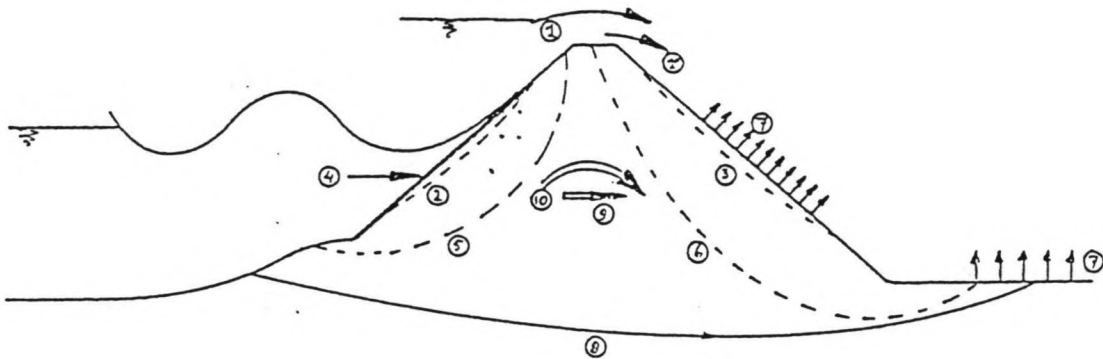


BIJLAGE 14 : OVERZICHT VAN DE AFMETINGEN

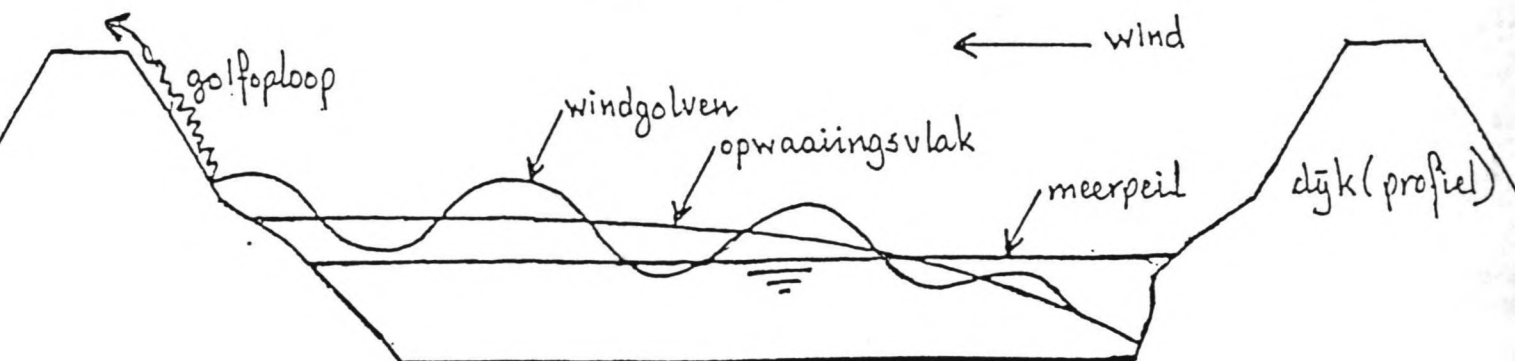


BIJLAGE 15 : FOUTENBOOM

- grenstoestand: 1 overlopen
 1a overslag
 2 erosie buitentalud
 3 erosie binnentalud
 4 mechanische beschadiging buitentalud
 5 afschuiving buitentalud
 6 afschuiving binnentalud
 7 opbarsten afsluitende lagen
 8 interne erosie (piping)
 9 afschuiven
 10 kantelen (m.n. bij starre constructies)



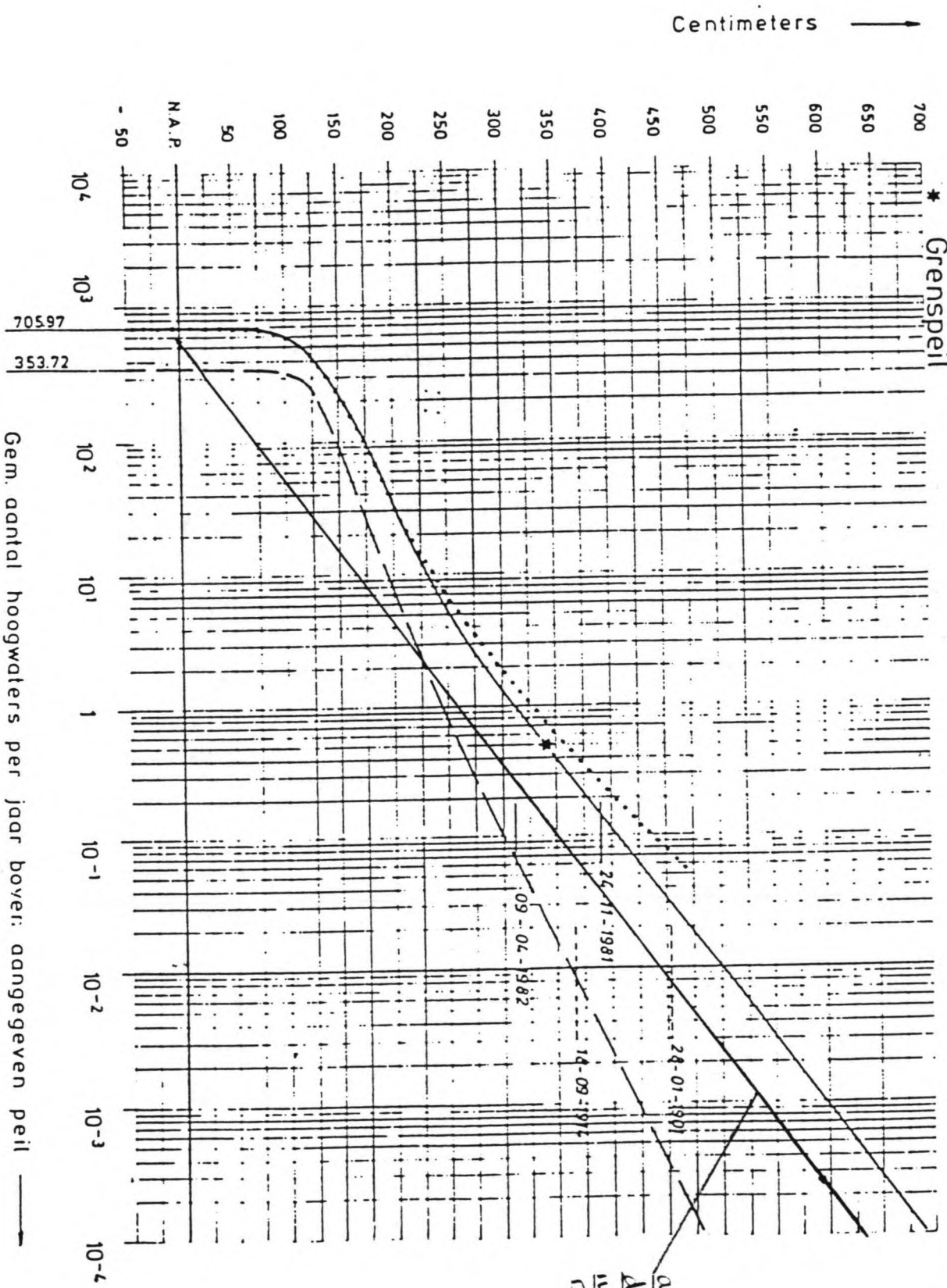
samenhang hydraulische omstandigheden



H.W. - overschrijdingslijnen

— HW - overschrijdingslijn: gehele jaar
 - - - idem ; periode 1 april - 30 september
 idem ; uit frequentieverdeling opgetreden HW's
 * Grenspeil

Berekend mbv Gumbelverdeling op stormjaar maxima
 van HW - opzet (1888-1985) en
 harmonische analyse
 over 1981 - 1985.
 1969-1985
 (voorlopige opgave)



Gem. aantal hoogwaters per jaar boven: aangegeven peil —————>

STORMVLOEDSTAND

De frequentielijn is weer te geven door

$$\ln(f) = a \cdot H + b$$

f = overschrijdingsfrequentie

H = beschouwde hoogwaterstand

a, b = constanten

De door het havenschap aangehouden frequentielijn ligt onder de overschrijdingslijn voor het gehele jaar. Dit is gebeurd omdat er een economische reductie wordt aangehouden.

Bepaling a en b uit de grafiek: a = -2.49 ; b = 6,4

Bij een ontwerp-frequentie van $2.5 \cdot 10^{-4}$ is de stormvloedstand

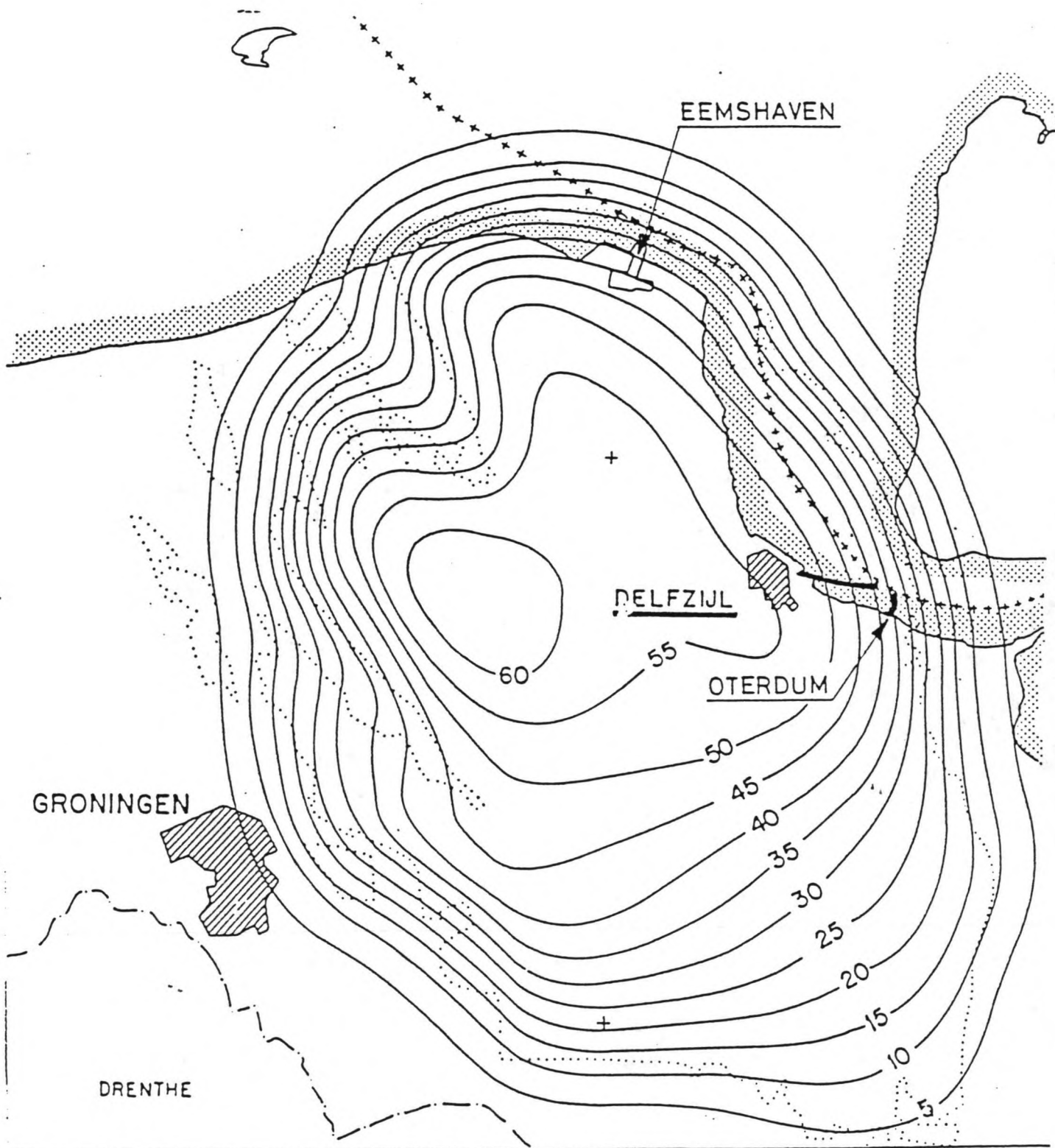
H = N.A.P. + 5.9 meter.

WINDSNELHEDEN

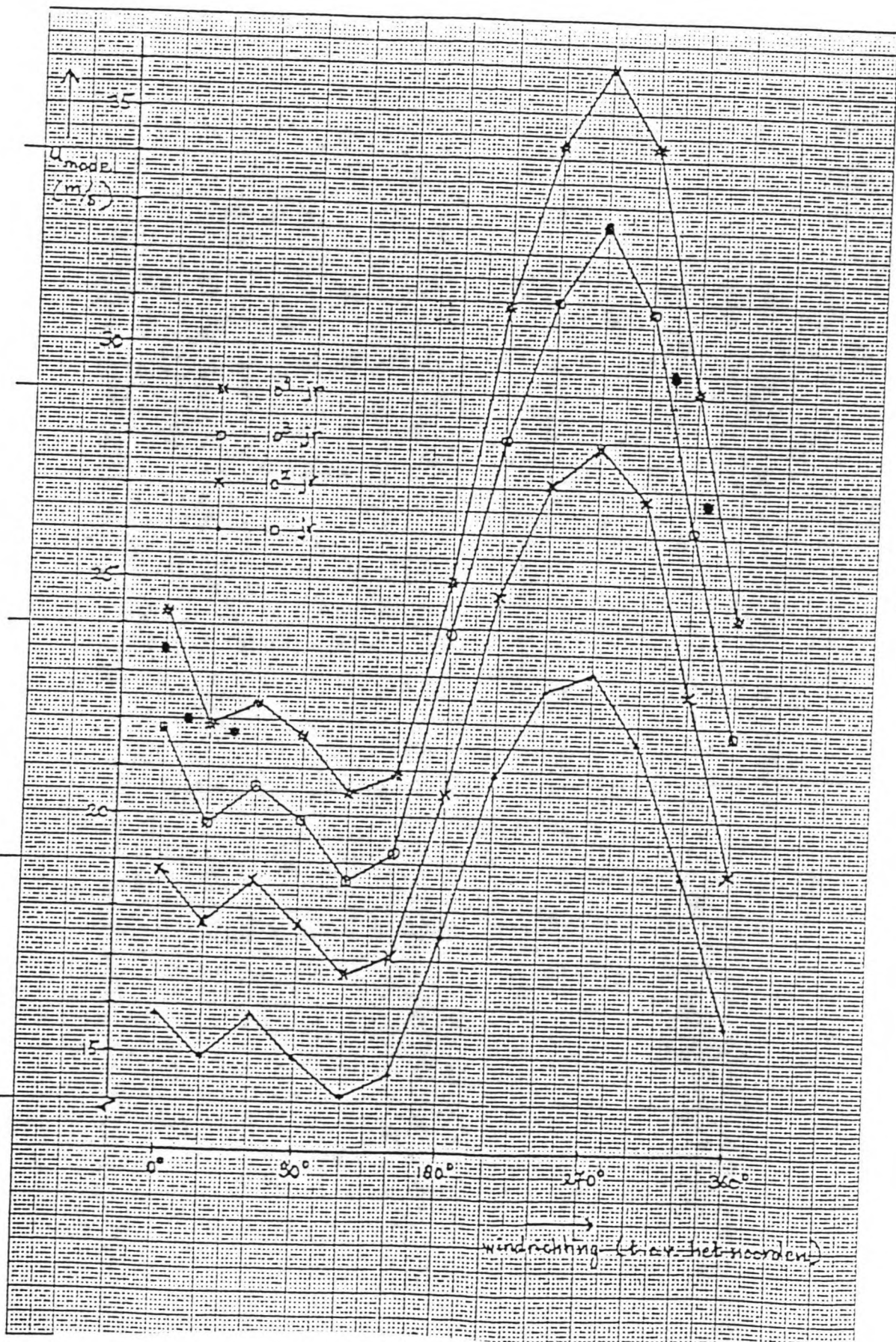
Uit bijlage 20 zijn de windsnelheden in de verschillende richtingen bepaald met overschrijdingsfrequentie $2.5 \cdot 10^{-4}$

Richting	overschrijdings frequentie	windsnelheid (m/s)
N	1/4000	U=23.5 m/s
NND	1/4000	U=22 m/s
ND	1/4000	U=21.7 m/s
NNW	1/4000	U=26.8 m/s
NW	1/4000	U=29.5 m/s

BIJLAGE 18 : STORMVLOEDSTAND EN WINDSNELHEDEN

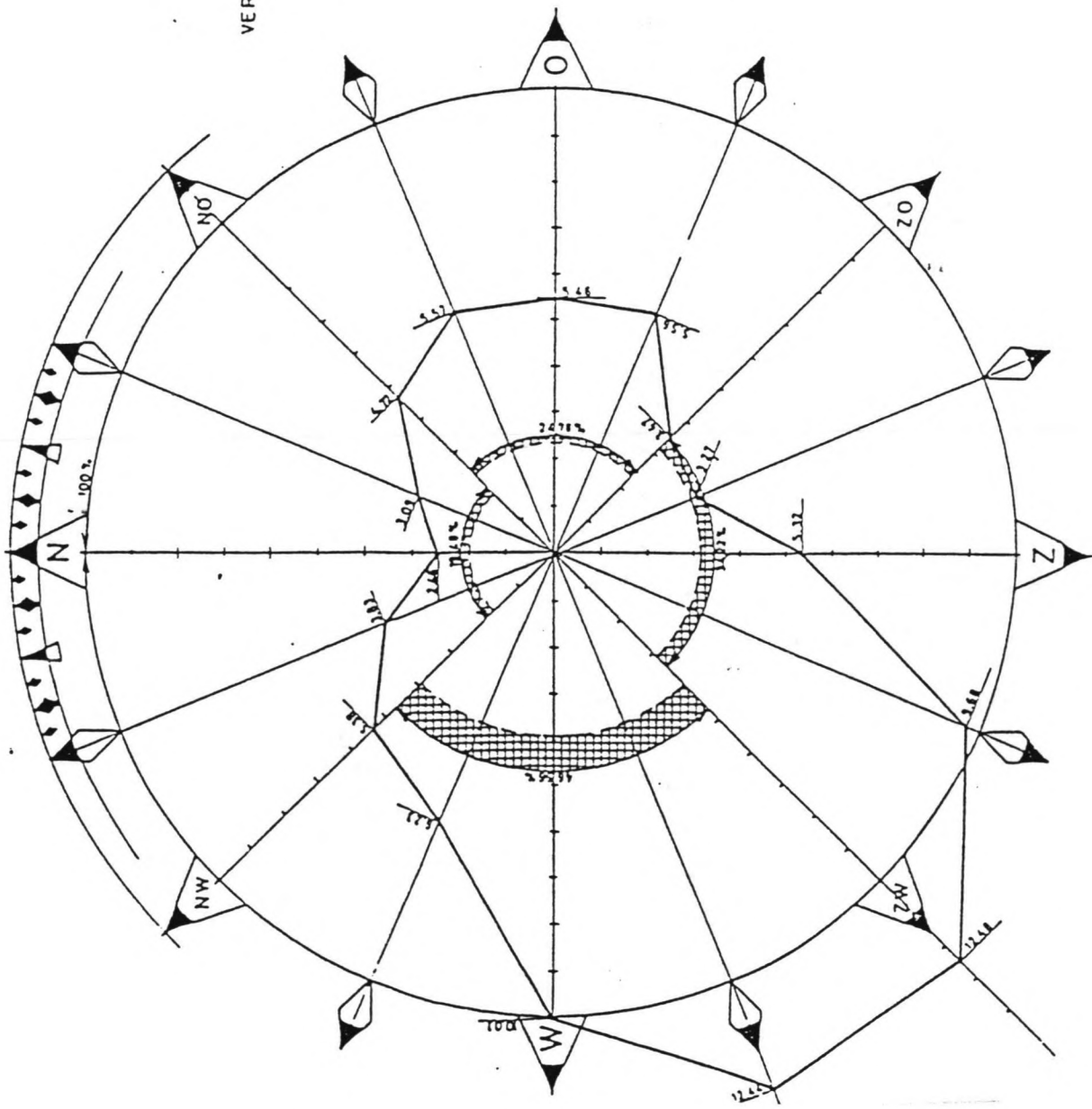


Havenschap Delfzijl
 Bodemdalings aspecten
 Bodemdaling in cm voor het jaar 2025



DINA 42

BIJLAGE 20 : WINDGEGEVENS



BIJLAGE 21 : WINDROOS

VERKLARING:

- A = lijdpercentage van windrichting C (windstil = 101%)
10 mm. \cong 1%
- B = lijdpercentage van "windsector" C-D
- Geveerd ged = windpercentage van sector \cong windkracht 3.
10 mm. \cong 10%



= "WINDVLAK"

Windroos vliegveld Eelde

DIFFRACTIE

Voor de berekeningen gemaakt bij de bouw van de Eemshaven in 1973 zijn de volgende golfparameters bepaald.

windrichting	golflengte L	golfhoogte Hs
N	44 m	1,86 m
NNW	36 m	1,88 m
NW	32 m	1,92 m

Verklaring parameters bij de diffractieberekening:

L = golflengte (m)

Hs = significante golfhoogte (m)

L = waterdiepte (m)

k = golfgetal $2\pi/L$ (m^{-1})

h = waterdiepte (m)

Lo = hulplengte die gebruikt wordt in de tabellen $g\sqrt{T/(2\pi)}$

a tot = lengte van de vector tussen de twee limiet punten op de spiraal van Cornu (ongestoord golfveld) (cm)

a = lengte van de vector op de spiraal van Cornu bepaald door het ,,
gestoorde golfveld (cm)

n = diemensieloze factor $n = .5 + k*h/(\sinh 2*k*h)$

De significante golfhoogte is bepaald voor de windrichtingen uit het N - NW kwadrant.

-richting noord (bijlage 25,26)

L = 44 meter

Hs = 1,86 meter

h = 19,9 meter

k = $2\pi/L = 0,1426$

$k*h = 2,84172$; $h/Lo = 0,45$; $\sinh k*h = 8,6035$; $\cosh k*h = 8,661$

n = 0,5193

Lo = $g\sqrt{T/(2\pi)} = 44,2$ meter

BIJLAGE 22 : DIFFRACTIE

r1 = 546 meter

r2 = 338 meter

y1 = 494 meter

y2 = 273 meter

$$W1 = (r1 - y1)/L$$

$$= (546 - 494)/44 = 1,18$$

$$W2 = (r2 - y2)/L$$

$$= (338 - 273)/44 = 1,48$$

a tot = 191 mm

a = 212 mm

$$H(A) = 1,86 * 212/191 = 2,06 \text{ meter}$$

-richting noord noord west (bijlage 23,28)

L = 36 meter

Hs = 1,88 meter

h = 19,9 meter

$$k = 2\pi/L = 0,1745$$

$$k*h = 2,908 \quad ; \quad h/L_0 = 0,46 \quad ; \quad \sinh k*h = 9.1321 \quad ; \quad \cosh k*h = 9.168$$

$$n = 0,5173$$

$$L_0 = g*\sqrt{T/(2\pi)} = 43,2 \text{ meter}$$

r1 = 546 meter

r2 = 338 meter

y1 = 544 meter

y2 = 117 meter

$$W1 = (r1 - y1)/L$$

$$= (546 - 544)/36 = 0.056$$

$$W2 = (r2 - y2)/L$$

$$= (338 - 117)/36 = 6.21$$

a tot = 191 mm

a = 147 mm

$$H(A) = 1,88 * 212/147 = 1.44 \text{ meter}$$

BIJLAGE 23 : DIFFRACTIE

-richting noord west (bijlage 29,30)

L = 32 meter

H = 1,92 meter

h = 19,9 meter

$k = 2\pi/L = 0,1963$

$k*h = 3,153$; $h/L_0 = 0,5$; $\sinh k*h = 11,68$; $\cosh k*h = 11,721$

$n = 0,5115$

$L_0 = g*\sqrt{T}/(2*\pi) = 64$ meter

$r_1 = 546$ meter

$r_2 = 338$ meter

$y_1 = 507$ meter

$y_2 = 65$ meter

$W_1 = (r_1 - y_1)/L$

$W_2 = (r_2 - y_2)/L$

$= (546 - 507)/32 = 1,22$

$= (338 - 65)/32 = 8,53$

a tot = 191 mm

a = 18 mm

$H(A) = 1,92 * 118/191 = 0,18$ meter

DEMPING

Verklaring van de parameters bij de dempingberekening.

$a(x)$ = bekende golfhoogte in punt x (m)

$a(x_1)$ = onbekende golfhoogte in punt x_1 (m)

C_f = weerstandscoefficient $C_f = 0,01$

k = golfgetal (m^{-1})

h = waterdiepte (m)

$1/a(x) = 1/a(x_1) + b*(x-x_1)$

$b = 4/(3*\pi)*C_f*\sqrt{k}/(h*\sqrt{(\sinh kh)*(\cosh kh)})$

$= 4/(3*\pi)*0,01*\sqrt{.1428}/(.5193*\sqrt{(8,6035)*(8,661)}) = 2,6 * 10^{-7}$

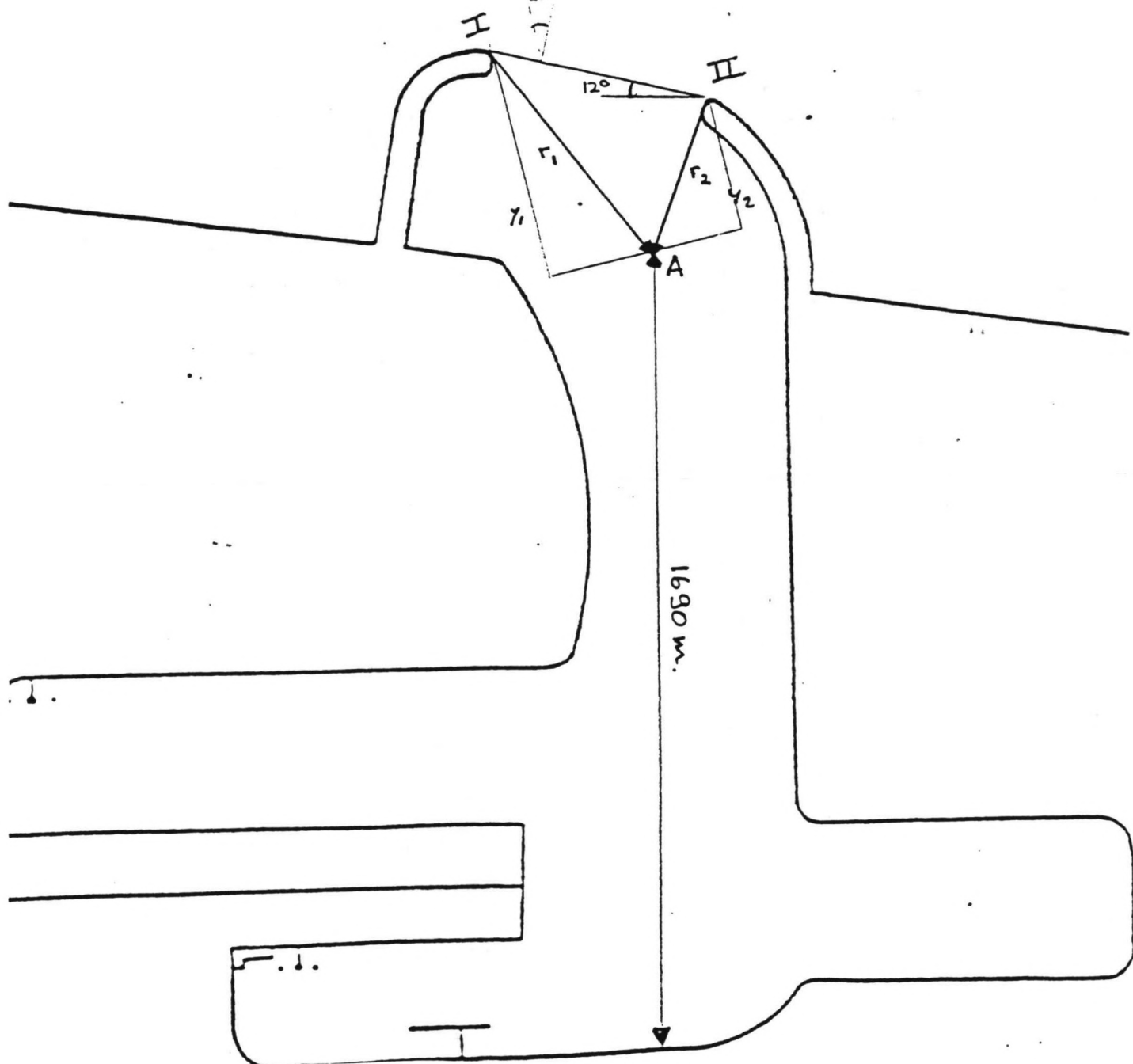
$1/1,03 = 1/a + 2,6 * 10^{-7} * 1690$

$a = 1,03$

BIJLAGE 24 : DIFFRACTIE

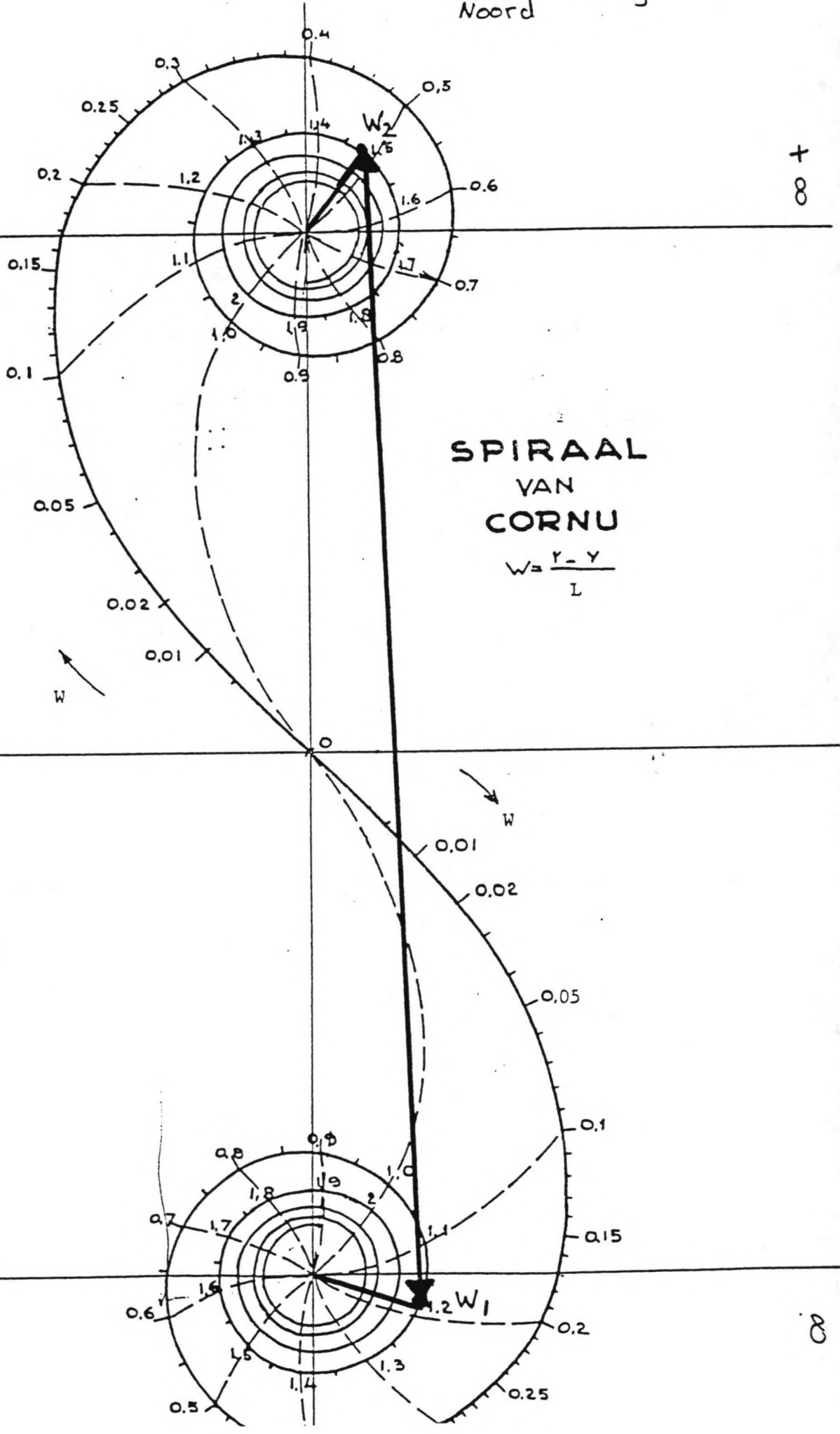


Windrichting
noord. 25°

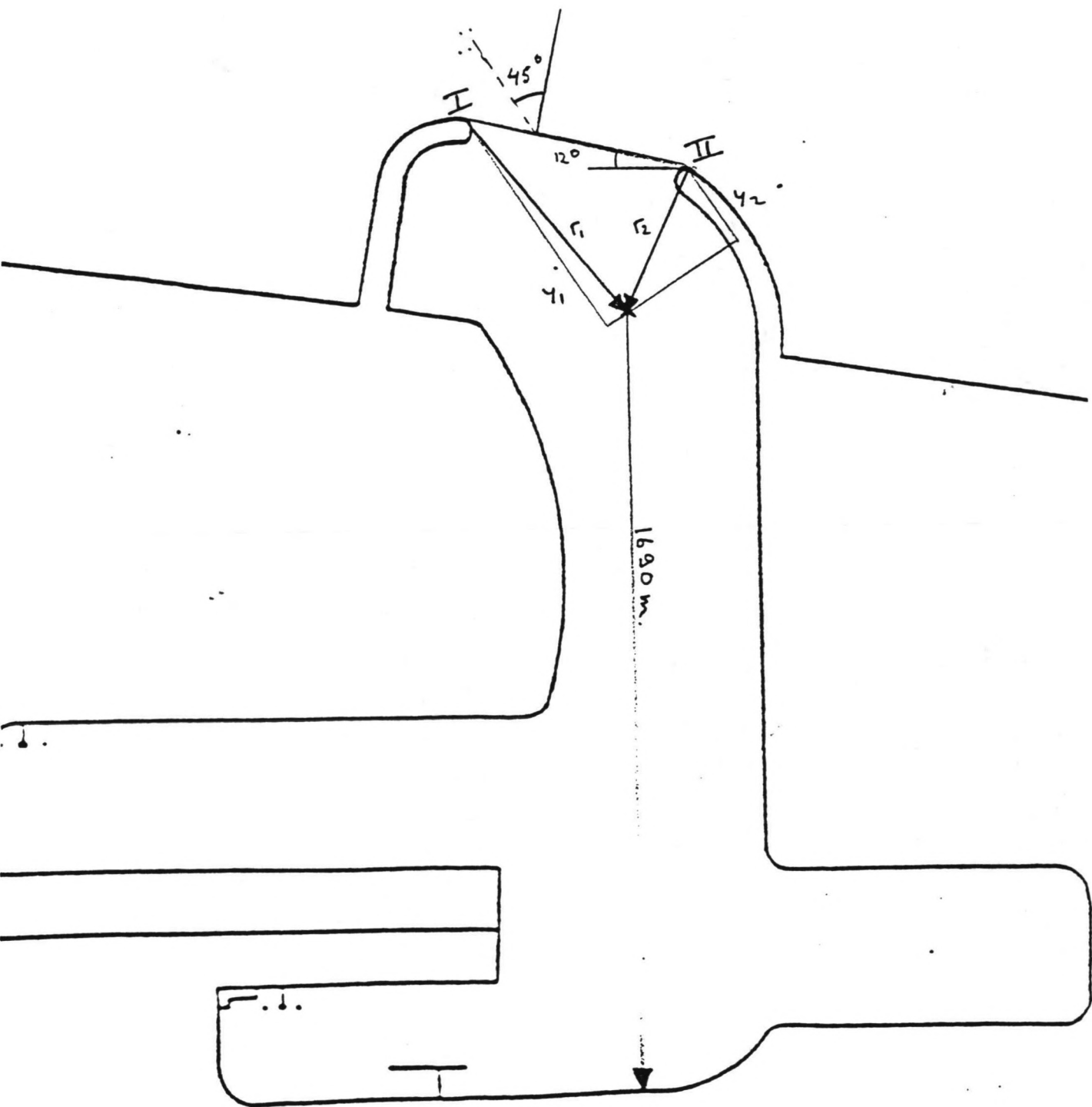
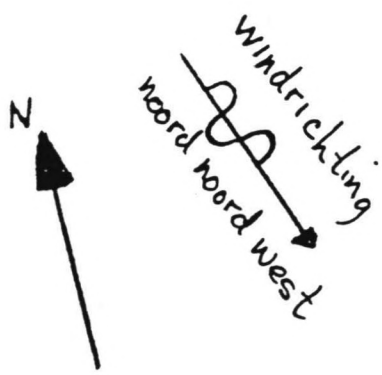


BIJLAGE 25 : DIFFRACTIE

Windrichting
Noord

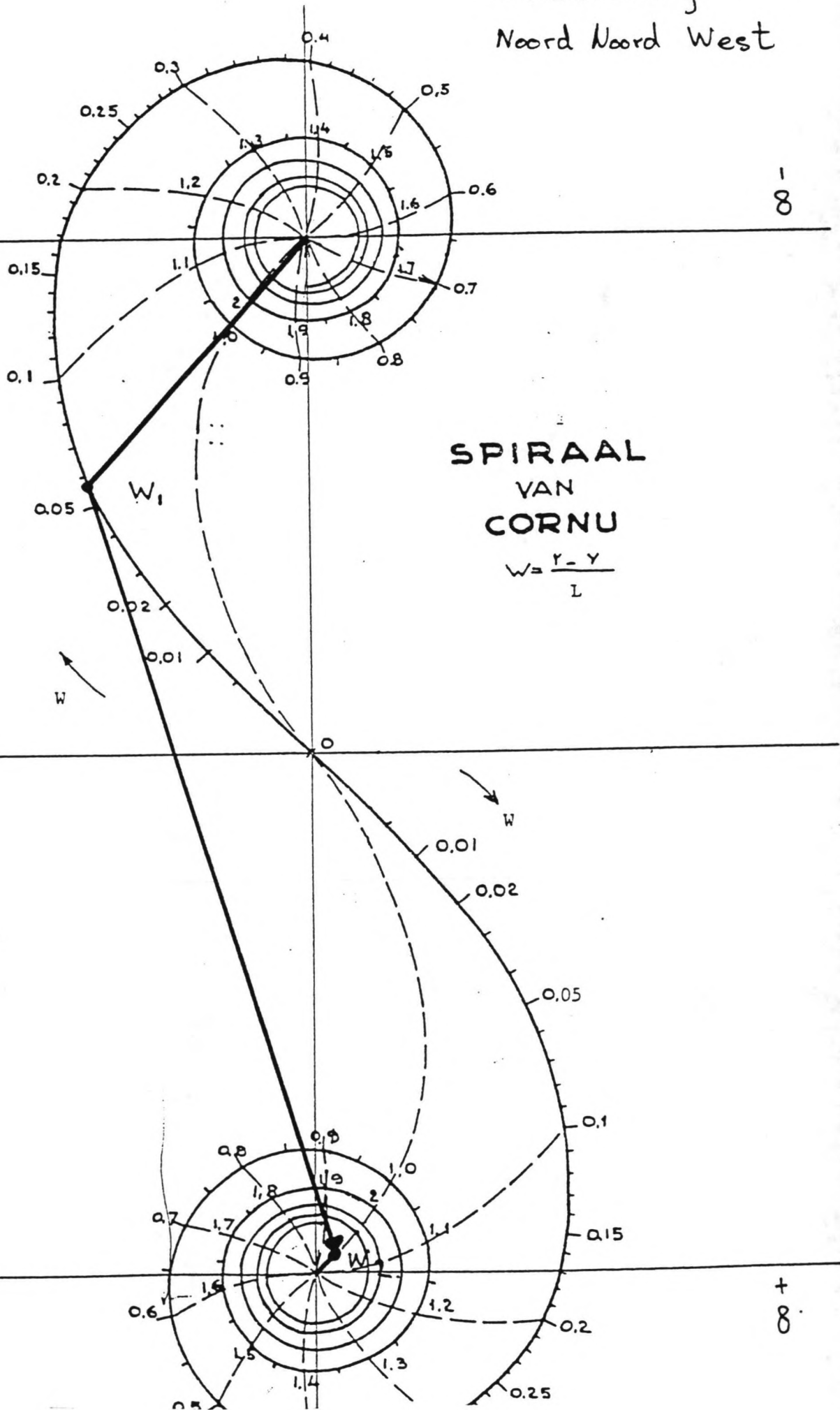


BIJLAGE 26 : DIFFRACTIE



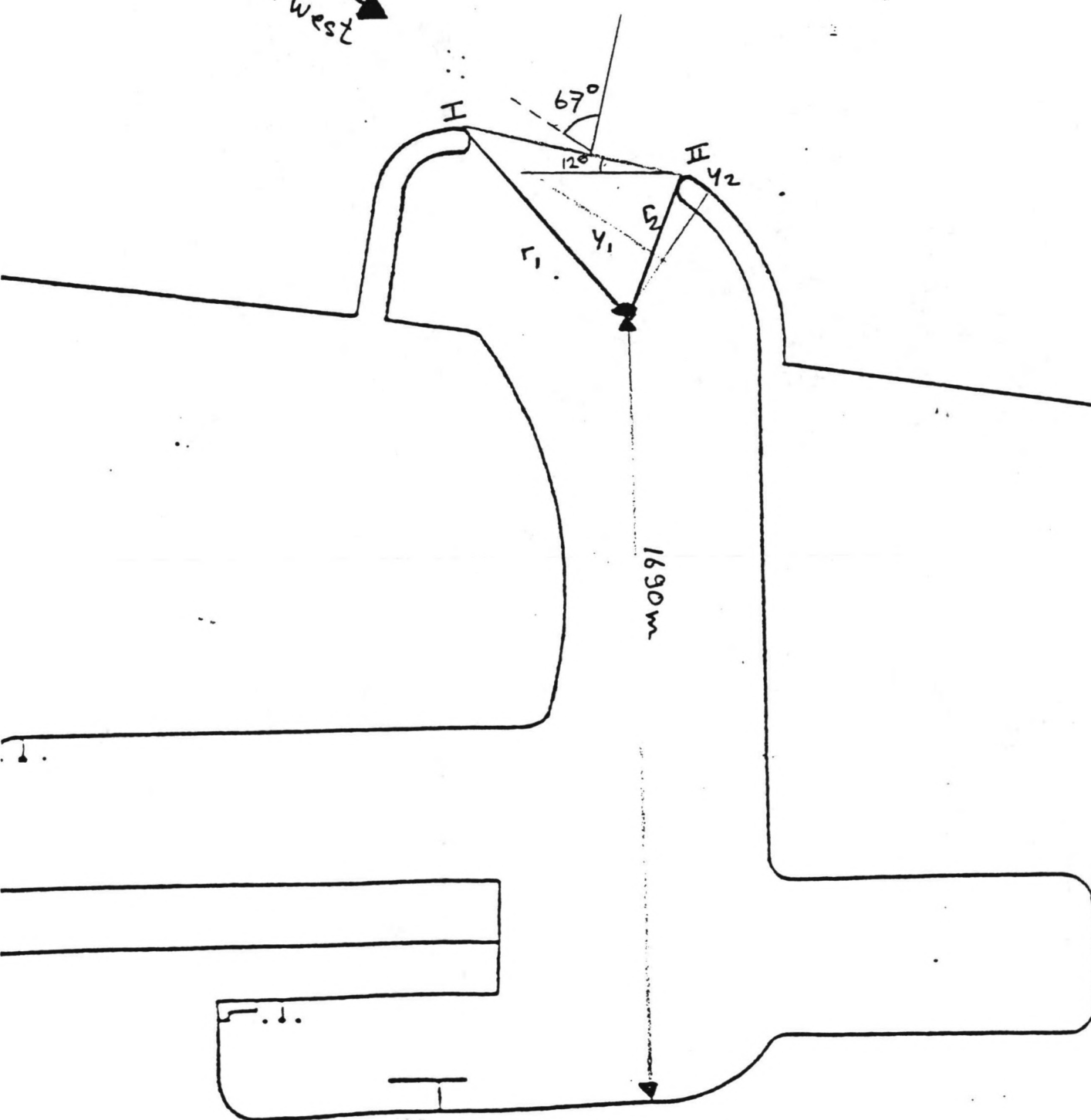
BIJLAGE 27 : DIFFRACTIE

Windrichting
Noord Noord West

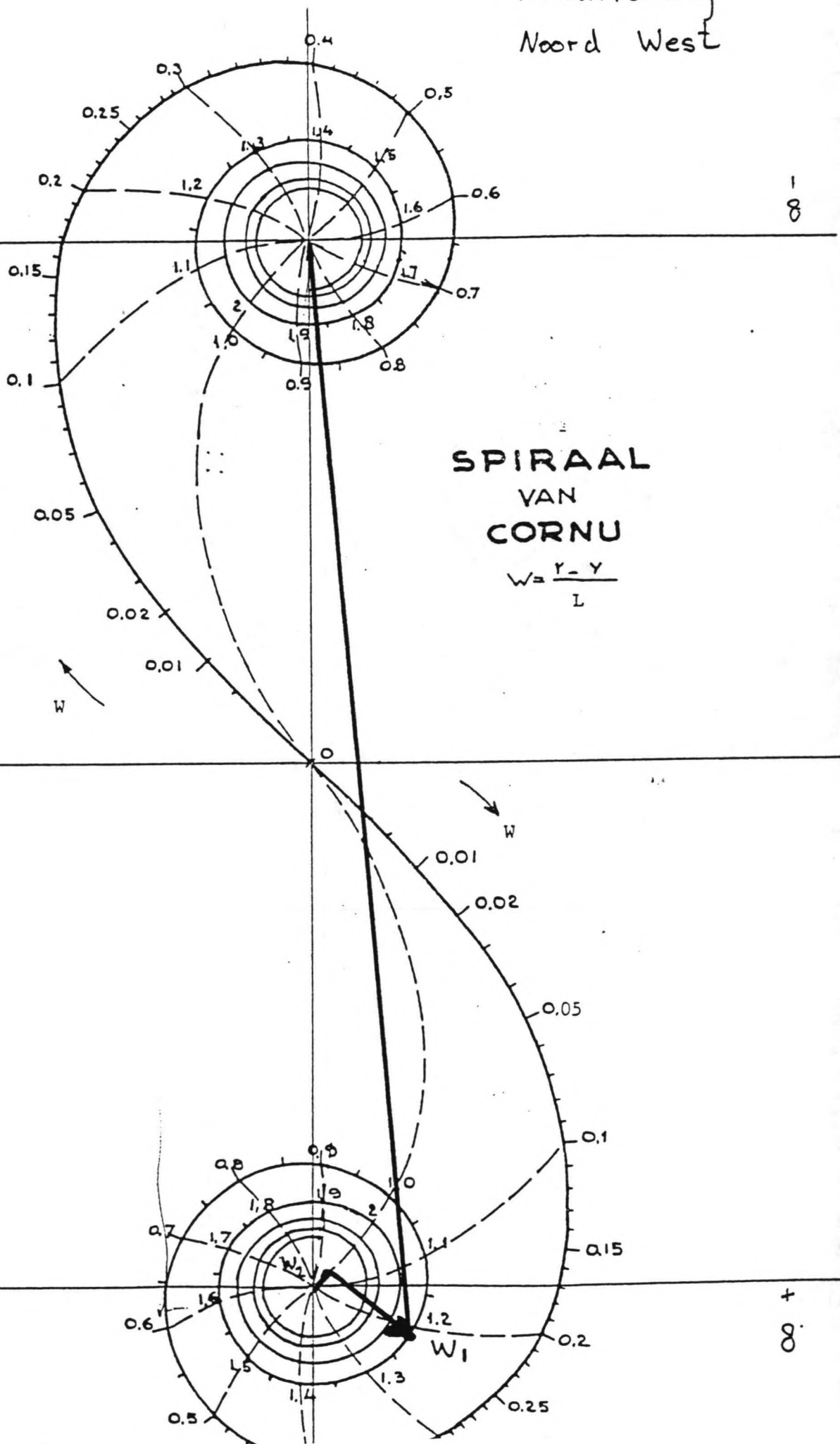




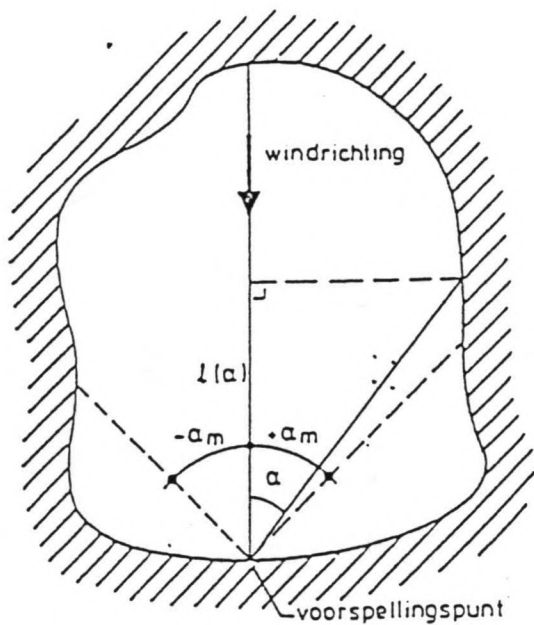
windrichting
noord west



Windrichting
Noord West



BIJLAGE 30 : DIFFRACTIE



$$F_{eff} = \frac{\int_{-\alpha_m}^{+\alpha_m} w(\alpha) \cdot l(\alpha) \, d\alpha}{\int_{-\alpha_m}^{+\alpha_m} w(\alpha) \, d\alpha}$$

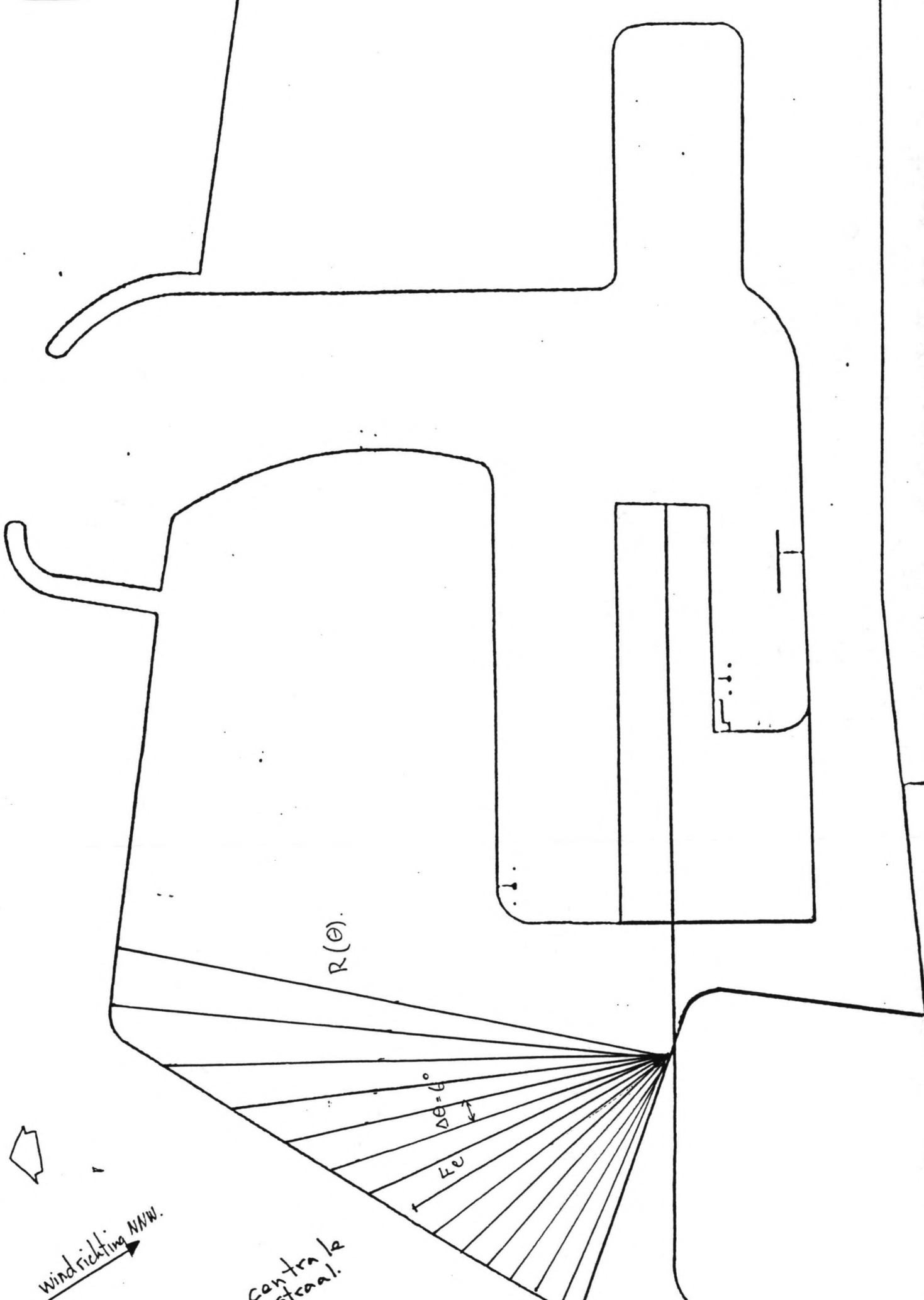
waarin

$w(\alpha)$ = gewichtsfunctie

$l(\alpha)$ = projectie van de afstand naar de kust op de windrichting [meters]

α = hoek ten opzichte van de normaal op de dijk [graden]

α_{max} = maximale hoek [graden]



Effectieve strijklengte : windrichting NNW

hoek α (graden)	$\cos(\alpha)$	$\text{sqr} \cos(\alpha)$	$R(\alpha)$	$R(\alpha) * \text{sqr} \cos(\alpha)$
-42	-	-	-	-
-36	.809	.654	720 m	470.9 m
-30	.866	.750	720 m	540 m
-24	.914	.835	724 m	604.5 m
-18	.951	.904	728 m	658.1 m
-12	.978	.956	754 m	720.6 m
-6	.995	.99	780 m	772.2 m
0	1	1	832 m	832 m
6	.995	.99	897 m	888 m
12	.978	.956	962 m	919.7 m
18	.951	.904	1053 m	951.9 m
24	.914	.834	1170 m	976.6 m
30	.866	.750	1339 m	1004.3 m
36	.809	.654	1495 m	977.7 m
42	.743	.552	1508 m	832.4 m

$$\text{som} \cos(\alpha) = 12,778$$

$$\text{som} R(\alpha) * \text{sqr} \cos(\alpha) = 10348.4$$

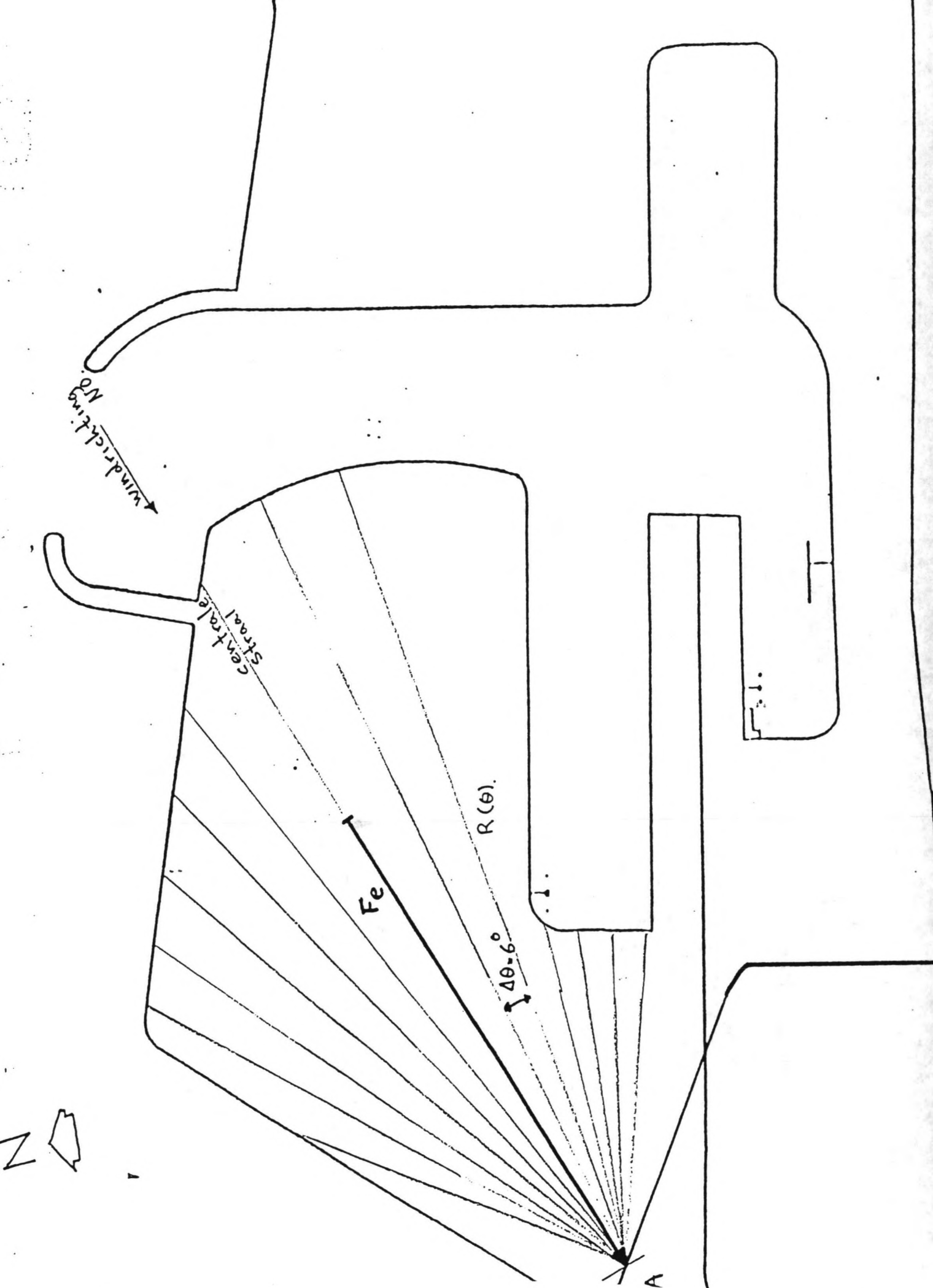
$$F_e = \text{som} R(\alpha) * \text{sqr} \cos(\alpha) / \text{som} \cos(\alpha)$$

$$= 10348.4 / 12.778$$

$$= 810 \text{ meter}$$



VAKGROEP
WATERBOUWKUNDE
 Afd. Civiele Techniek
 TH Delft



BIJLAGE 34 :

Effectieve strijklengte : windrichting NO

a (graden)	cos (a)	sqr cos (a)	R(a)	R(a)*sqr cos(a)
-36	.809	.654	832 m	544.1 m
-30	.866	.750	1000 m	750 m
-24	.914	.835	1339 m	1118.1 m
-18	.951	.904	1469 m	1328 m
-12	.978	.956	1508 m	1441.6 m
-6	.995	.99	1560 m	1544.4 m
0	1	1	1638 m	1638 m
6	.995	.99	1742 m	1724.6 m
12	.978	.956	1833 m	1752.3 m
18	.951	.904	2080 m	1880.3 m
24	.914	.834	2132 m	1780.2 m
30	.866	.750	715 m	536.25m
36	.809	.654	676 m	442.1 m
42	.743	.552	650 m	358.8 m

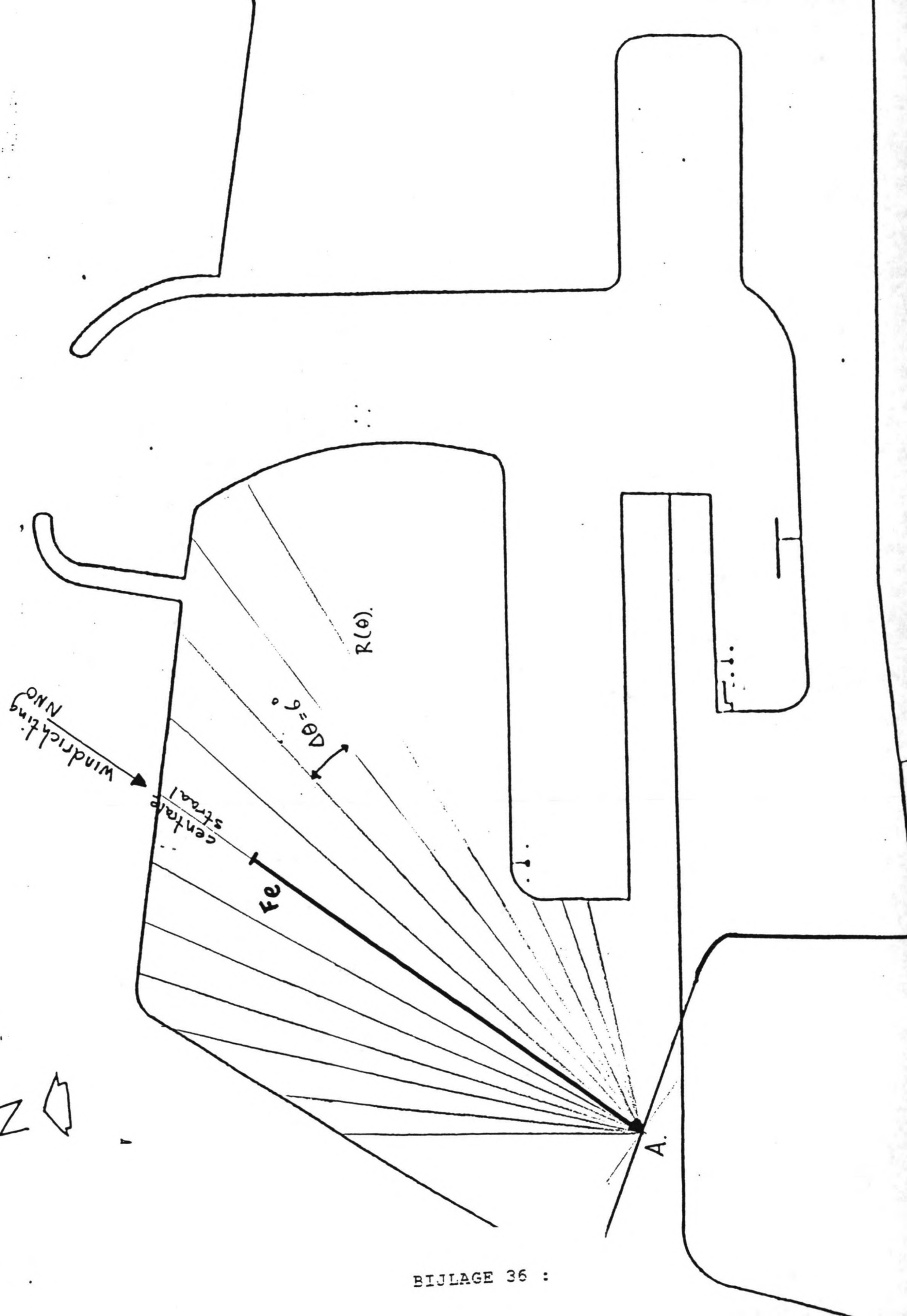
som cos (a) = 12.778

som R(a)*sqr cos(a) = 16838.8

$Fe = \text{som } R(a) * \text{sqr } \cos(a) / \text{som } \cos(a)$

= 16838.8 / 12.778

= 1317.8 meter



Effective strijklengte : windrichting 090

hoek a (graden)	cos (a)	sqr cos (a)	R(a)	R(a)*sqr cos(a)
-42	-	-	-	-
-36	.809	.654	962 m	629.1 m
-30	.866	.750	1482 m	1111.5 m
-24	.914	.835	1547 m	1291,7 m
-18	.951	.904	1651 m	1492.5 m
-12	.978	.956	1781 m	1702.6 m
-6	.995	.99	1937 m	1917.6 m
0	1	1	2197 m	2197 m
6	.995	.99	2314 m	2290.9 m
12	.978	.956	2300 m	2198.8 m
18	.951	.904	936 m	846.1 m
24	.914	.834	910 m	758.9 m
30	.866	.750	910 m	682,5 m
36	.809	.654	900 m	588,6 m
42	-	-	-	-

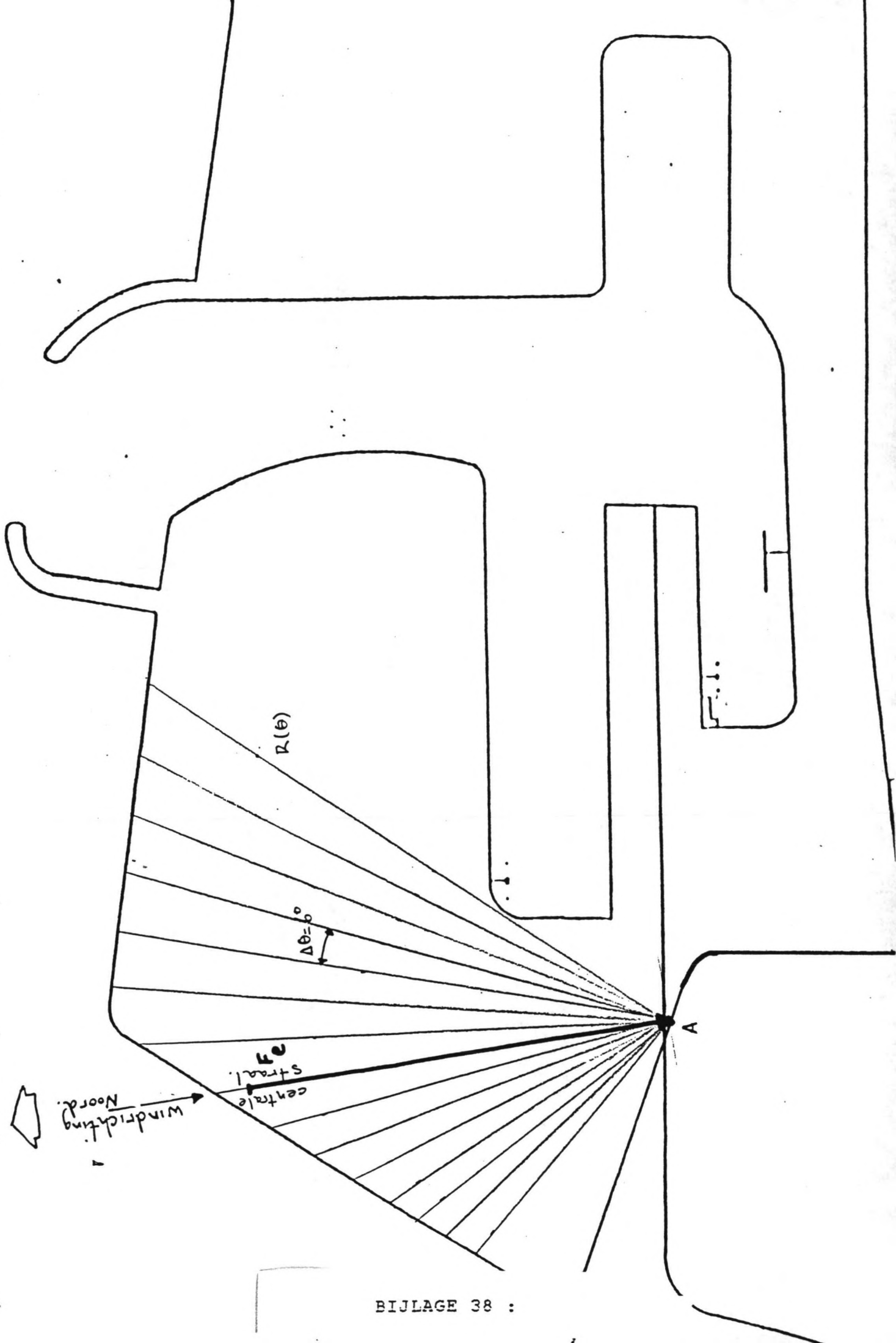
som cos (a) = 12,026

som R(a)*sqr cos(a) = 17707.8

$F_e = \text{som } R(a) * \text{sqr } \cos(a) / \text{som } \cos(a)$

= 17707.8 / 12.026

= 1472.4 meter



Effectieve strijklengte : windrichting N

hoek α (graden)	cos (α)	sqr cos (α)	R(α)	R(α)*sqr cos(α)
-42	.743	.552	819 m	452.1 m
-36	.809	.654	832 m	544.1 m
-30	.866	.750	871 m	653.3 m
-24	.914	.835	975 m	814.1 m
-18	.951	.904	975 m	881.4 m
-12	.978	.956	1040 m	994.2 m
-6	.995	.99	1118 m	1106.8 m
0	1	1	1248 m	1248 m
6	.995	.99	1443 m	1428.6 m
12	.978	.956	1521 m	1454.1 m
18	.951	.904	1521 m	1375 m
24	.914	.834	1521 m	1270 m
30	.866	.750	1560 m	1170 m
36	.809	.654	1599 m	1541.4 m
42	.743	.552	1690 m	932.9 m

som cos (α) = 13,512

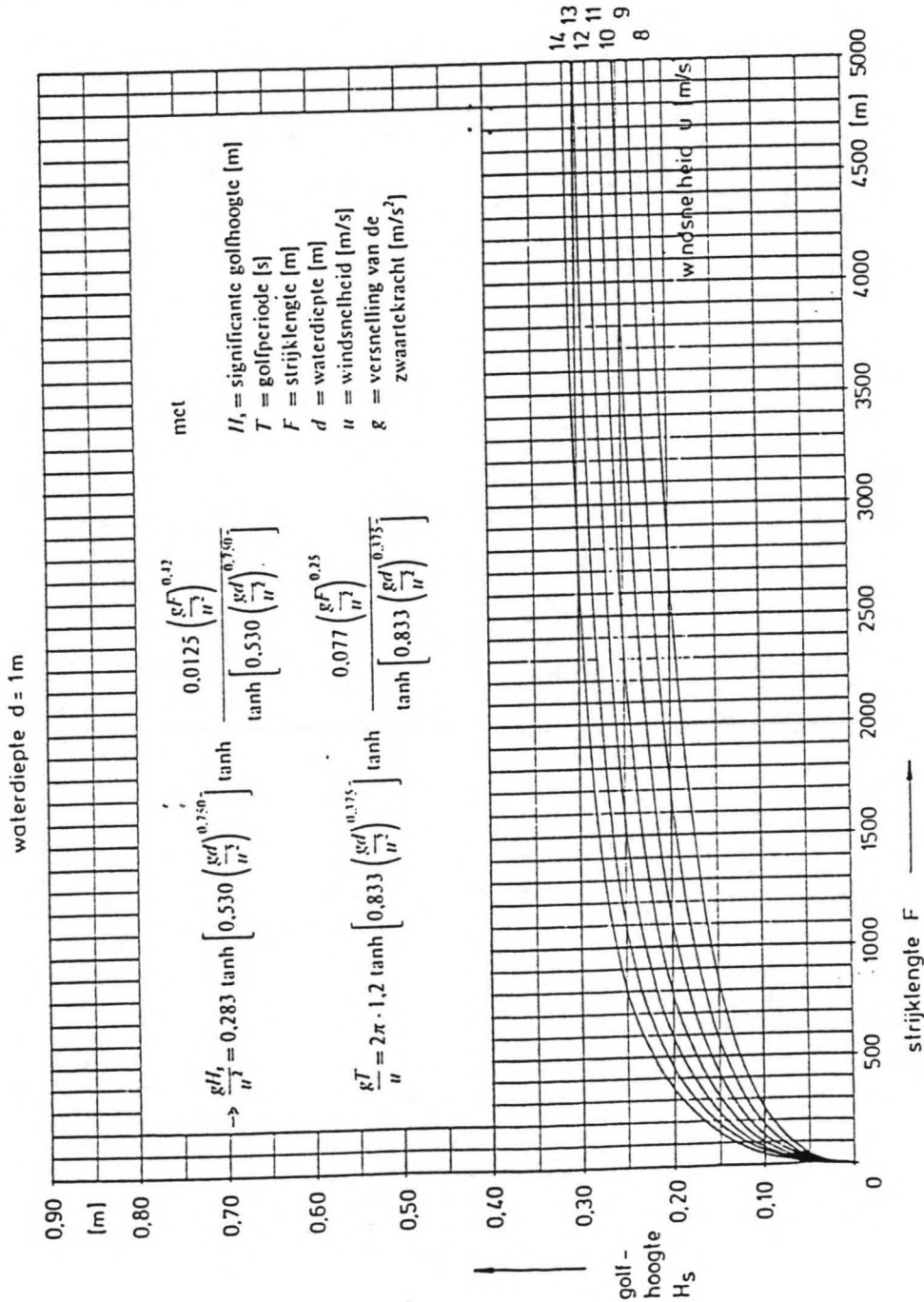
som R(α)*sqr cos(α) = 1866

$F_e = \text{som R}(\alpha) * \text{sqr cos}(\alpha) / \text{som cps}(\alpha)$

= 15866 / 13.521

= 1174.2 meter

Golfhoogte als functie van windsnelheid, strijklengte en waterdiepte volgens Bretschneider



BIJLAGE 40 : FORMULES VAN BRETSCHNEIDER

STRIJKLENGTE

windrichting	strijklengte	windsnelheid	diepte
N	F=1472,4	U=21.7m/s	d=3.4m
NNO	F=1317,2	U=22 m/s	d=2.3m
NO	F=1174,2	U=23.7m/s	d=2.3m
NNW	F=810	U=26.8m/s	d=3.4m

SIGNIFICANTE GOLFHOOGTE , GOLFFERIODE

windrichting	$g \cdot H_s / \text{sqr } U$	H_s	$g \cdot T / U$	T
N	0.0179	0.86	1.4	3.1
NNO	0.0136	0.67	1.35	3.04
NO	0.0123	0.7	1.28	3.1
NNW	0.0128	0.94	1.23	3.35

GOLFOPLOOP

windrichting	H_s	T	tga	g	z 2%
N	0,86	3,1	1/3	9,8	2,13
NNO	0,67	3,04	1/3	9,8	1,84
NO	0,7	3,1	1/3	9,8	1,92
NNW	0,94	3,35	1/3	9,8	2,41

REDUCTIE VAN DE GOLFOPLOOP

windrichting	invalshoek	reductie	z 2%
N	b = 28	$\cos(b-10) = 0,951$	<u>2,03</u>
NNO	b = 38	$\cos(b-10) = 0,883$	1,62
NO	b = 12	$\cos(b-10) = 0,99$	1,9
NNW	b = 50	$\cos(b-10) = 0,77$	1,86

OPWAAING

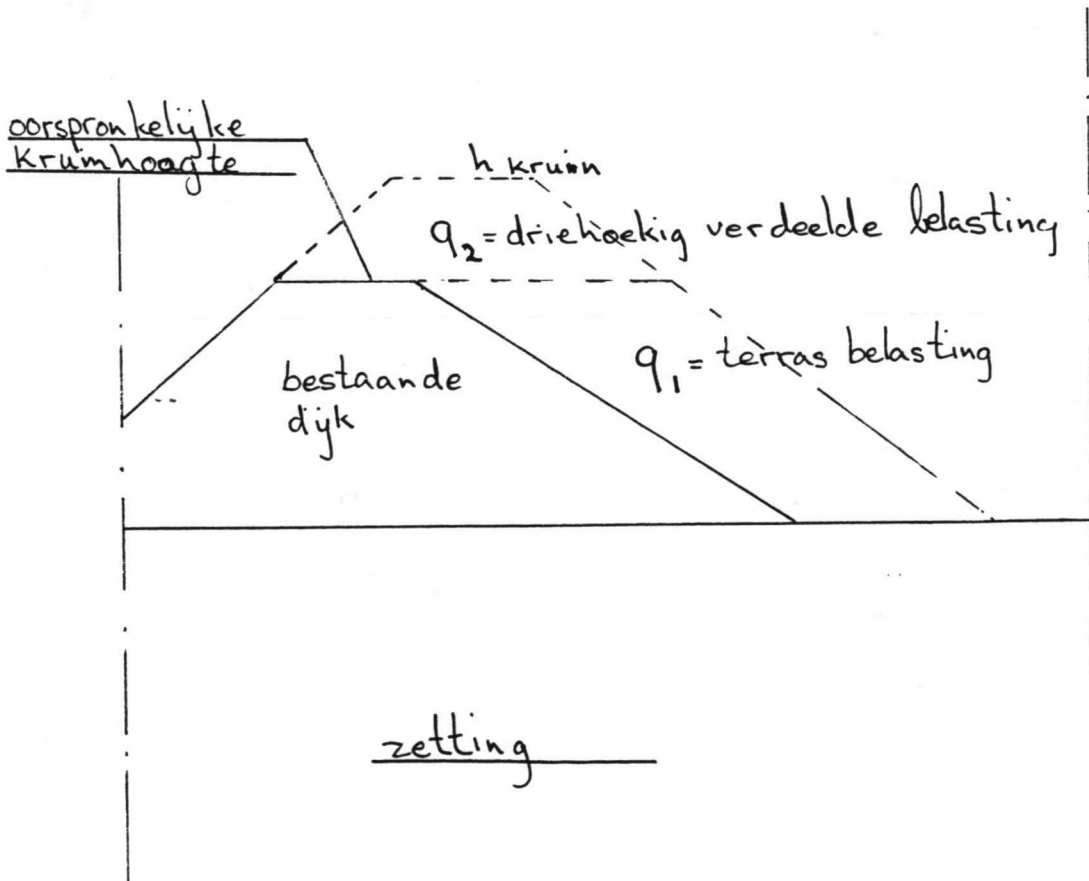
windrichting	windsnelheid	verhang
N	U= 21.7 m/s	i=7.305 10 ⁻⁵
NND	U= 22 m/s	i=7.508 10 ⁻⁵
NO	U= 23.7 m/s	i=8.713 10 ⁻⁵

z N = 0,07 meter

z NND= 0,07 meter

z NO = 0,08 meter

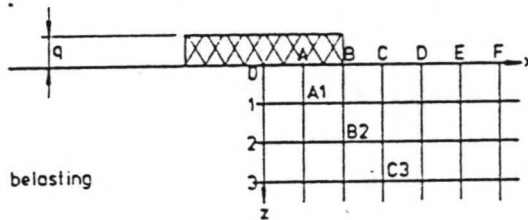
∴



14. Belastingspreiding in de ondergrond bij ophogingen volgens Jürgenson

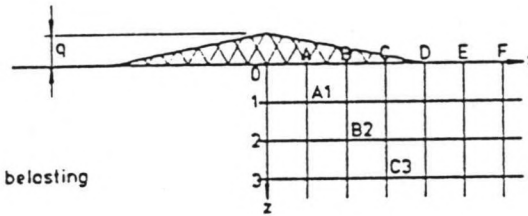
(A)

oneindige strook,
gelijkmatig verdeelde belasting



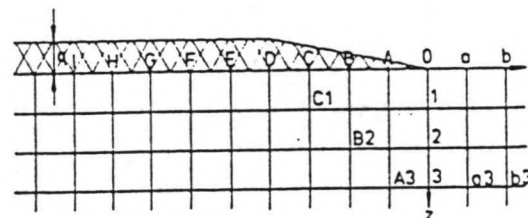
(B)

oneindige strook,
driehoekig verdeelde belasting



(C)

terros-belasting



$$n_z = \frac{\text{locale toename van de verticale korrelspanning in kN/m}^2}{\text{maximale ophoogdruk } q \text{ in kN/m}^2}$$

A	
punt	n _z
00	1,0000
01	0,9594
02	0,8183
03	0,6678
04	0,5508
05	0,4617
06	0,3954
07	0,3457
08	0,3050
A0	1,0000
A1	0,9028
A2	0,7352
A3	0,6073
A4	0,5107
A5	0,4372
B1	0,4969
B2	0,4797
B3	0,4480
B4	0,4091
B5	0,3701
C1	0,0892
C2	0,2488
C3	0,2704
C4	0,2876
C5	0,2851
D1	0,0194
D2	0,0776
D3	0,1458
D4	0,1847
D5	0,2045
E1	0,0060
E2	0,0357
E3	0,0771
E4	0,1135
E5	0,1404
F1	0,0026
F2	0,0171
F3	0,0427
F4	0,0705
F5	0,0952
F6	0,1139

B	
punt	n _z
00	1,0000
01	0,8440
02	0,7048
03	0,5904
04	0,5000
05	0,4296
06	0,3744
07	0,3305
08	0,2952
010	0,2422
A0	0,7500
A1	0,7196
A2	0,6344
A3	0,5462
A4	0,4711
A5	0,4101
B0	0,5000
B1	0,4949
B2	0,4714
B3	0,4350
B4	0,3955
B5	0,3577
B6	0,3238
B8	0,2682
B10	0,2266
C0	0,2500
C1	0,2620
C2	0,2875
C3	0,3000
C4	0,2980
C5	0,2869
D0	0
D1	0,0766
D2	0,1393
D3	0,1813
D4	0,2048
D5	0,2148
D6	0,2159
D7	0,2048
D10	0,1874
E1	0,0155
E2	0,0580
E3	0,1002
E4	0,1319
E5	0,1526
F1	0,0046
F2	0,0250
F3	0,0545
F4	0,0824
F5	0,1049
F6	0,1211
F8	0,1375
F10	0,1403
H2	0,0064
H4	0,0332
H6	0,0636
H8	0,0862
H10	0,0985

C			
punt	n _z	punt	n _z
00	0	a0	0
01	0,0780	a1	0,0161
02	0,1476	a2	0,0633
03	0,2048	a3	0,1156
04	0,2500	a4	0,1630
05	0,2852	a5	0,2032
06	0,3129	b0	0
08	0,3524	b1	0,0051
010	0,3789	b2	0,0286
A0	0,2500	b3	0,0650
A1	0,2643	b4	0,1045
A2	0,3023	b5	0,1422
A3	0,3381	b6	0,1762
A4	0,3659	b8	0,2317
A5	0,3867	b10	0,2734
B0	0,5000	c0	0
B1	0,5000	c1	0,0023
B2	0,5000	c2	0,0147
B3	0,5000	d0	0
B4	0,5000	d2	0,0083
B5	0,5000	d4	0,0452
B6	0,5000	d6	0,0967
B8	0,5000	d8	0,1475
B10	0,5000	d10	0,1915
C0	0,7500		
C1	0,7357		
C2	0,6978		
C3	0,6619		
C4	0,6341		
C5	0,6133		
D0	1,0000		
D1	0,9220		
D2	0,8524		
D3	0,7951		
D4	0,7500		
D5	0,7148		
D6	0,6871		
D8	0,6476		
D10	0,6211		
E0	1,0000		
E1	0,9403		
E2	0,9367		
E3	0,8844		
E4	0,8370		
E6	0,7632		
E8	0,7123		
E10	0,6765		
F0	1,0000		
F1	0,9949		
F2	0,9714		
F3	0,9350		
F4	0,8955		
F6	0,8238		
F8	0,7682		
F10	0,7266		
H0	1,0000		
H1	0,9989		
H2	0,9916		
H4	0,9548		
H6	0,9032		
H8	0,8524		
H10	0,8085		

BIJLAGE 44 : COEFFICIENTEN VAN BELASTINGSPREIDING

ZETTING

GEVAL A:

De dijk ligt op N.A.P. +5.6 dus moet men rekenen met een belasting van $q_1 = 5.6 * 19 = 106 \text{ KN/ sgr m}$

Een verhoging van ca. 3.85 m levert een terrasbelasting op van $q_2 = 3.85 * 19 = 73.15 \text{ KN/ sgr m}$.

Resultaten: De spanningen zijn bepaald voor lagen van 1 meter dik.

punt	gemiddelde oorspronkelijke korrelspanning	korrelspanning	korrelspanning
		na belasting q_1	na belasting q_2
00	0	106	179.15
01	16	116.84	207.27
02	32	117.03	206.8
03	49	117.16	199.69
04	56	111.38	186.05
05	64	109.51	183.3
06	72	110.08	182.1
07	78	110.68	181
08	84	111.85	181.48

punt	samendrukking Dz	
	Dz 1	Dz 2
00		13.1
01	49.7	14.3
02	32.4	14.2
03	21.8	13.3
04	17.19	12.8
05	13.43	12.9
06	10.61	12.6
07	8.75	12.3
08	7.15	12.1
totaal	161.03 mm	117.6 mm

totale zetting is gelijk aan 27,8 cm

GEVAL B :

De dijk ligt op N.A.P. +6.2 dus moet men rekenen met een belasting van $q_1 = 6.2 * 19 = 112 \text{ KN/ sgr m}$

Een verhoging van ca. 2,25 m levert een terrasbelasting op van $q_2 = 2.25 * 19 = 42.7 \text{ KN/ sgr m}$.

Resultaten: De spanningen zijn bepaald voor lagen van 1 meter dik.
gemiddelde

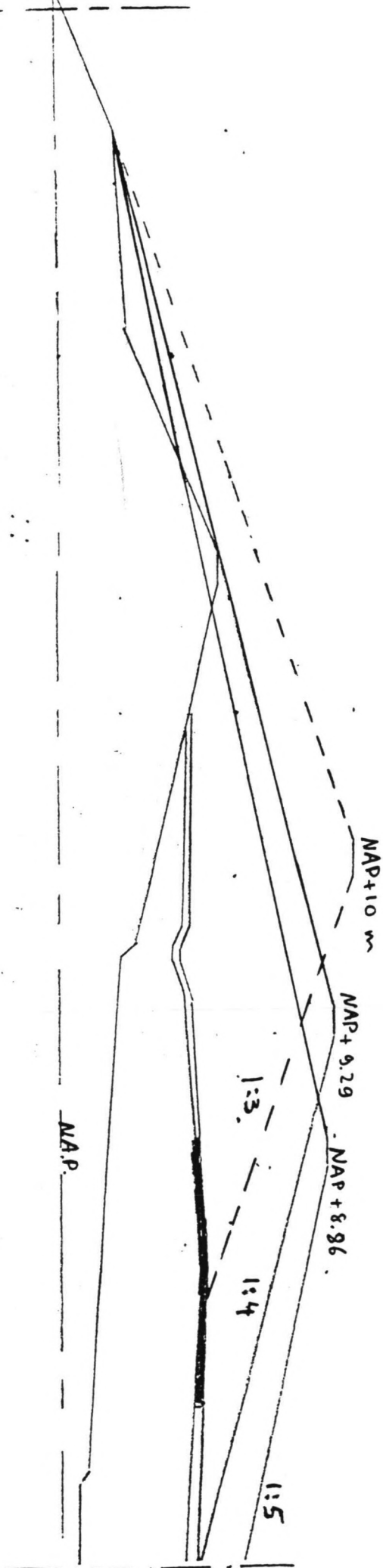
punt	oorspronkelijke korrelspanning	korrelspanning na belasting q_1	korrelspanning na belasting q_2
00	0	112	154.7
01	16	123.45	171.12
02	32	123.65	171.1
03	49	123.79	170.51
04	56	117.69	161
05	64	115.71	157.1
06	72	116.28	156.8
07	78	116.92	156.7
08	84	118.16	156.7



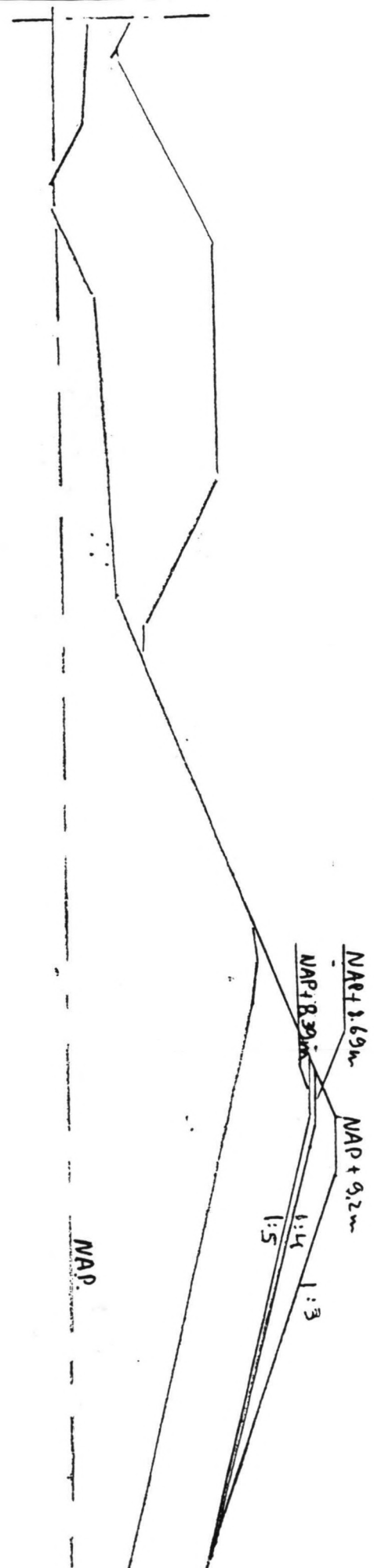
punt	samendrukking Dz 1	samendrukking Dz 2
00		8.07
01	51	8.16
02	33.6	8.11
03	23.12	8
04	18.57	7.83
05	14.8	7.64
06	17	7.47
07	10.12	7.32
08	8.5	7.06
totaal	171.91 mm	69.66 mm

totale zetting is 24.1 cm

DIJKVERZAKING OOSTPOLDER DIJK
BIJ VERSCHILLENDE TALUDS



DISKVERZWARING EN HAALDERDIJK
BIJ VERSCHILLENDE TALUDS.



BIJLAGE 48 : OPTIMALISATIE TALUD

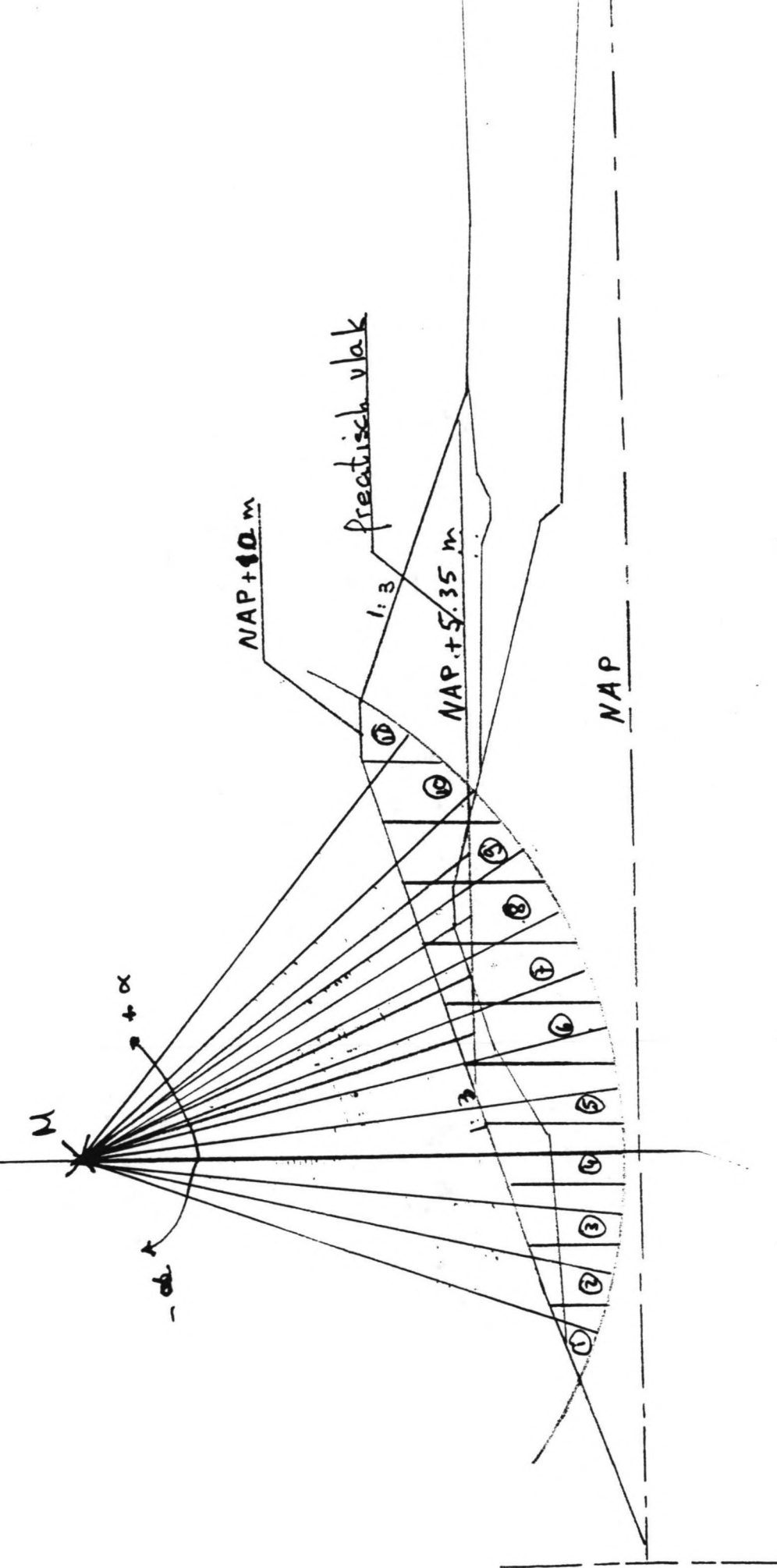
OPTIMALE TALUDHELLING

GEVAL A : ($H_s = 0,97 \text{ m}$)

p	3	4	5
z 2% (m)	2.84	2.13	1.70
h kr (m)	10	9.29	8.66
I (m ³)	78.5	69	65
A (m ²)	14.4	18.8	22.6
B (m ²)	20	29.5	38
		..	
		..	
Kosten / m	2352	3070.5	3748

GEVAL B : ($H_s = 0,86 \text{ m}$)

p	3	4	5
z 2% (m)	2.03	1.52	1.22
h kr (m)	9.2	8.69	8.39
I (m ³)	74	66	63
A (m ²)	7.4	10	12.7
B (m ³)	24	28	30
Kosten / m	2562	2840	3001



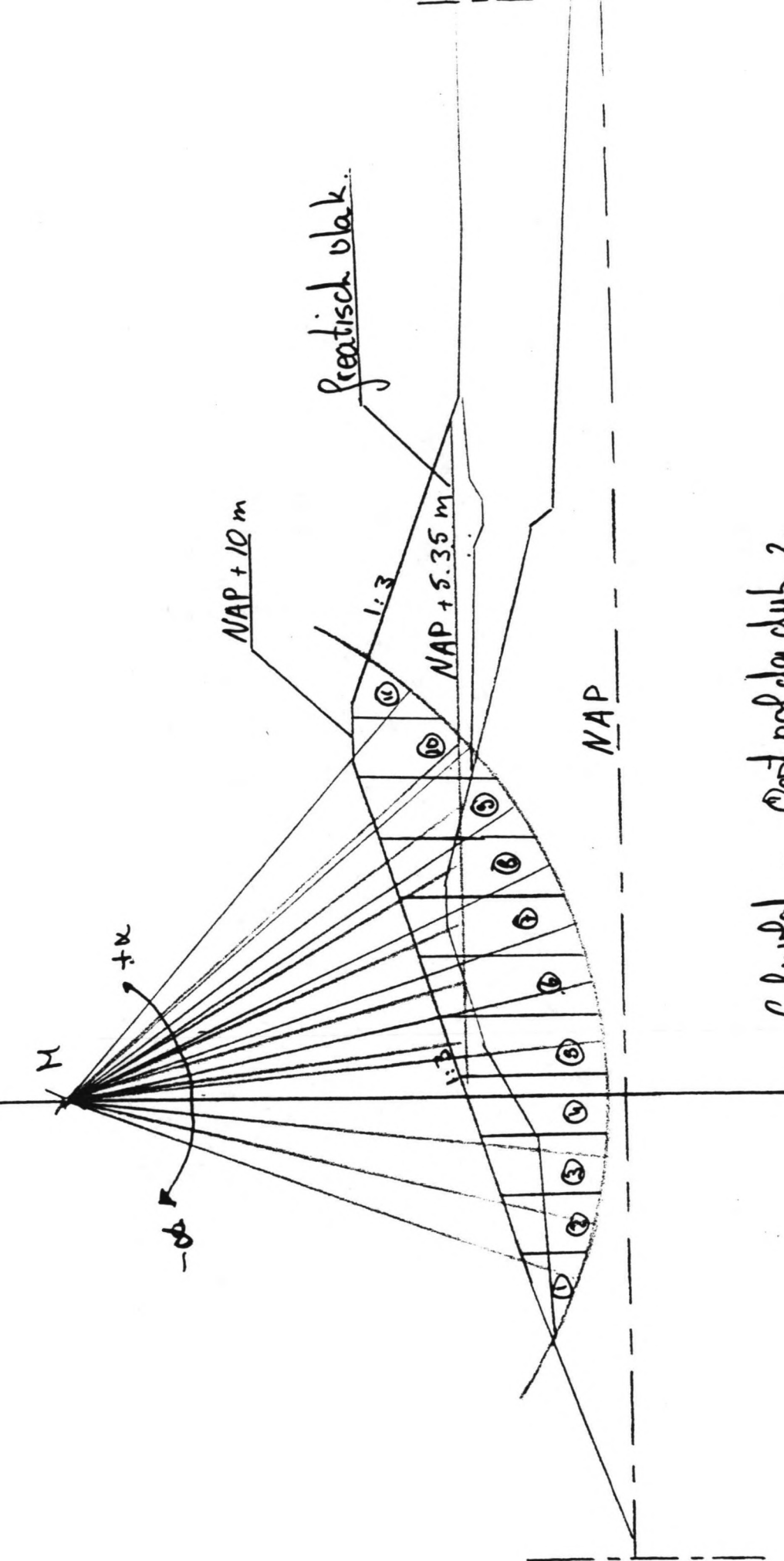
Glijvlak - Oost poldeuryk 1
 Binmentaalud.

Glijvlak berekening - Oostpolderdijk 1

Binnentalud.

laamnel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	19	1,2	48,1	7,8
2	13	2,4	53,8	10,8
3	7	3,4	59,5	8,3
4	0	4,2	64,2	0
5	7	4,8	67,4	11,7
6	17	0,6	47,8	3,16
	14	4,4	64,3	21,3
7	24	1,3	56,1	9,5
	20	3,8	60,4	26
8	31	1,8	62,7	16,7
	27	3	56,3	27,2
9	38	2,6	72,1	28,8
	34	1,8	52,9	20,1
10	40	3,4	56,6	43,7
11	51	1,6	60,5	24,9
			<u>882,7</u>	<u>236,6</u>

$$F = \frac{882,7}{236,6} = 3,73$$

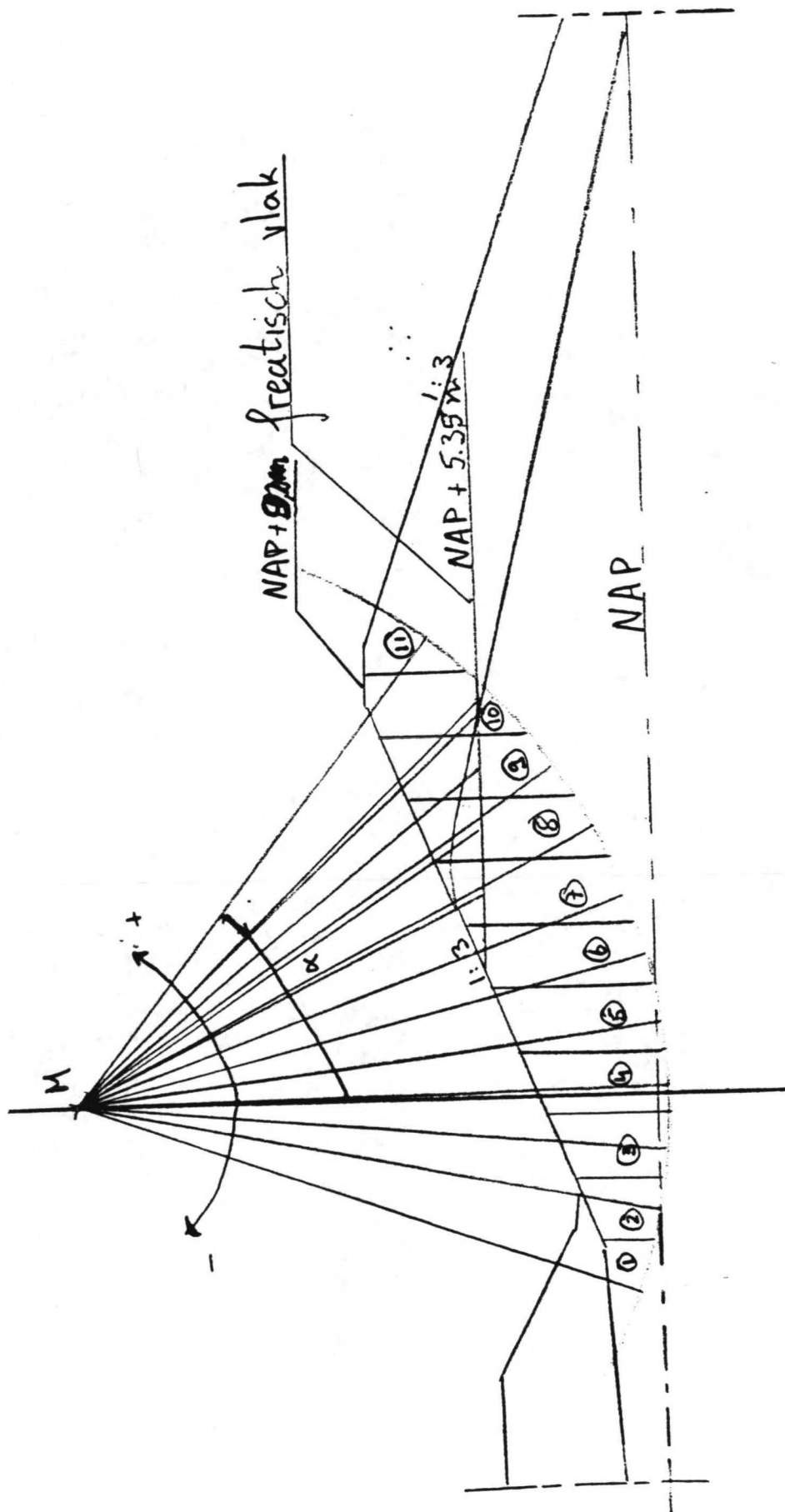


Glyfolak - Oost poldeardijk 2
 Bimmentalud

Glyvlak berekening - Oostpolderdyk 2
Binnentalud

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	20	1,6	50,1	10,94
2	14	2,8	55,9	13,6
3	6	3,8	61,8	7,94
4	0	4,6	66,6	0
5	8	0,4	44,5	1,1
	6	5,2	69,7	10,9
6	16	1,2	53,6	59,5
	12	4,4	64,6	18,3
7	24	1,8	60,9	13,2
	19	3,8	60,6	24,8
8	30	2,4	67,8	21,6
	26	3	56,4	26,3
9	36	3	72,5	31,7
	32	2	53,1	21,2
10	42	5,8	83,2	69,9
	40	0,4	52,7	51,4
11	49	1,8	58,8	27,5
			<u>1032,8</u>	<u>409,88</u>

$$F = \frac{1032,8}{409,88} = 2,52.$$

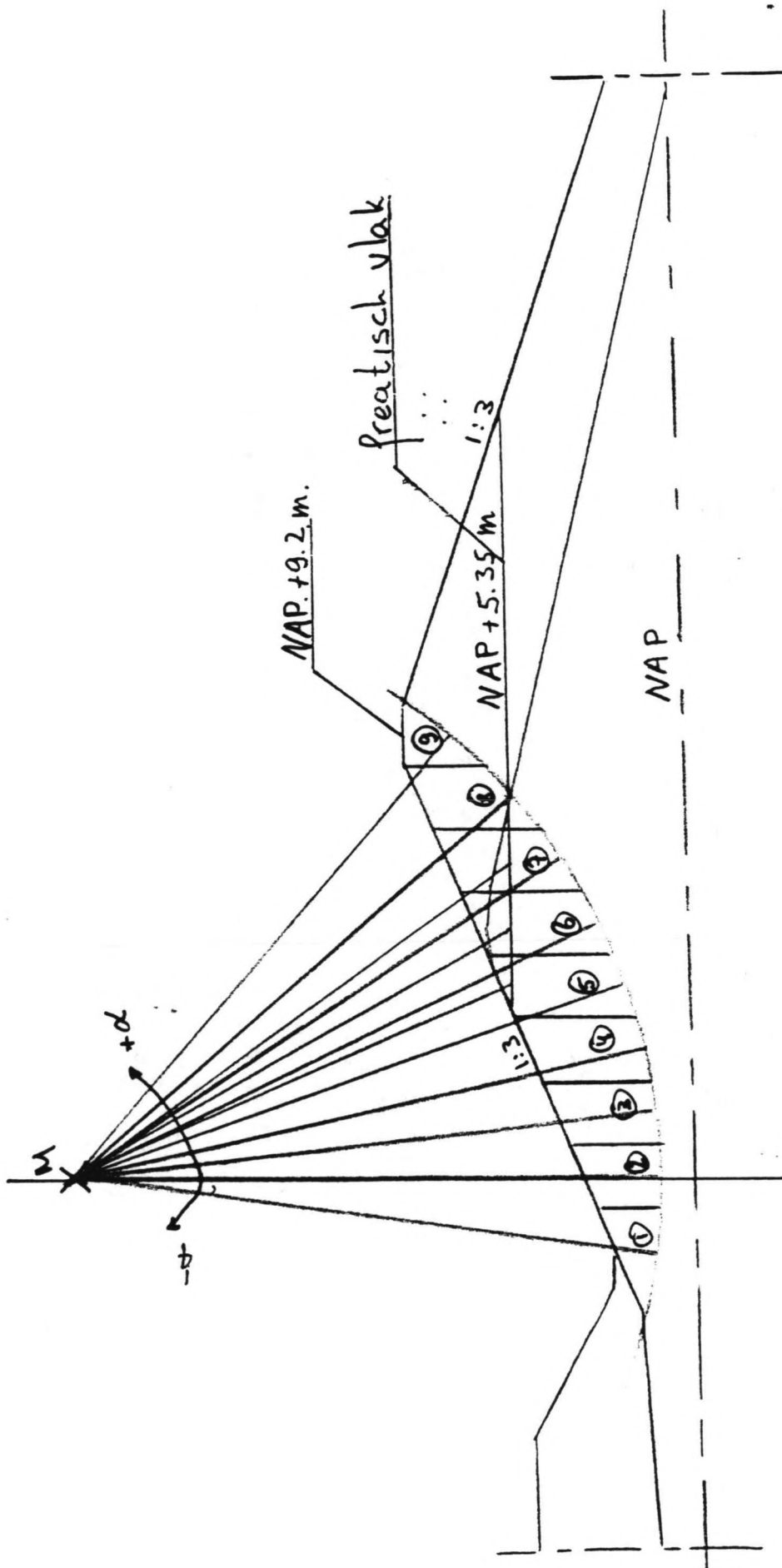


Glyvlak - Emma polderdijk 1
 Binnentalud.

Glyvlak berekening - Emma polder dijk 1
Bunmentalud

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	20	1	47,3	6,9
2	12	2,2	52,8	9,14
3	6	3,2	58,4	6,69
4	1	4	63,1	1,4
5	7	4,8	67,4	11,7
6	14	5	65,5	24,2
7	27	1	54,2	8,2
	20	4,4	63,3	30,1
8	34	1,8	63,8	18,2
	28	3,4	57,7	31,9
9	40	2,6	72,9	30,1
	35	2,4	54,6	27,6
10	45	3,4	81,5	43,3
	44	0,6	55,8	8,4
11	53	2	61,2	32
			<u>921,5</u>	<u>289,83</u>

$$F = \frac{921,5}{289,83} = 3,18.$$



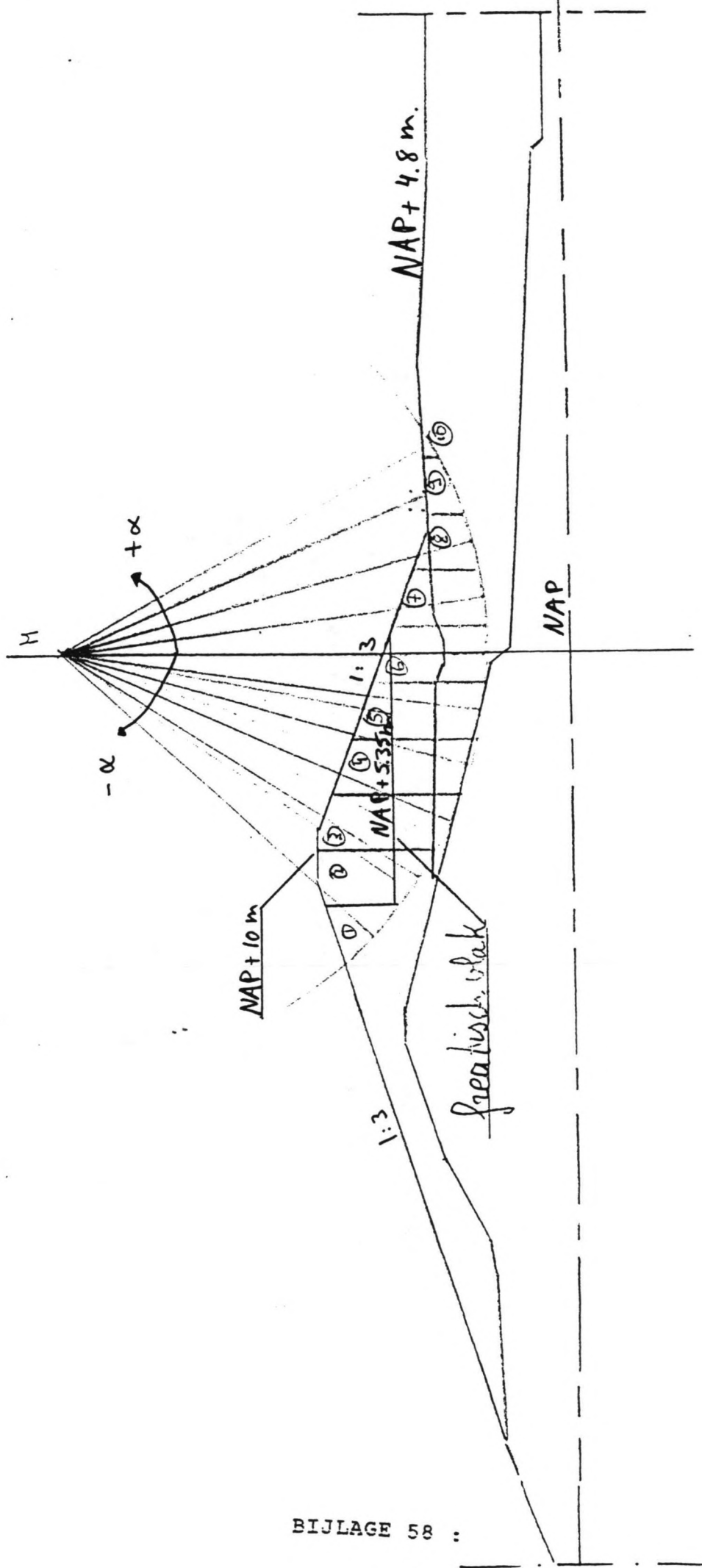
Glyoloh - Emma polder dyk 2
 Binnen talud

Glyftak berekening - L m m a p o l d e r u g k z.

Binnen talud.

laammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	8	1,2	47,1	3,4
2	0	2,4	53,9	0
3	7	3,2	58,4	7,9
4	13	3,6	60,2	16,2
5	24	0,4	47,6	29,3
	20	3,6	59,5	24,7
6	30	1,2	56,9	10,8
	26	2,8	55,6	24,8
7	36	2	66,3	21,2
	34	1,6	52,4	17,9
8	41	2,6	55,8	34,1
9	49	1,4	59,3	21,2
			<u>673</u>	<u>211,5</u>

$$F = \frac{673}{211,5} = 3,18$$

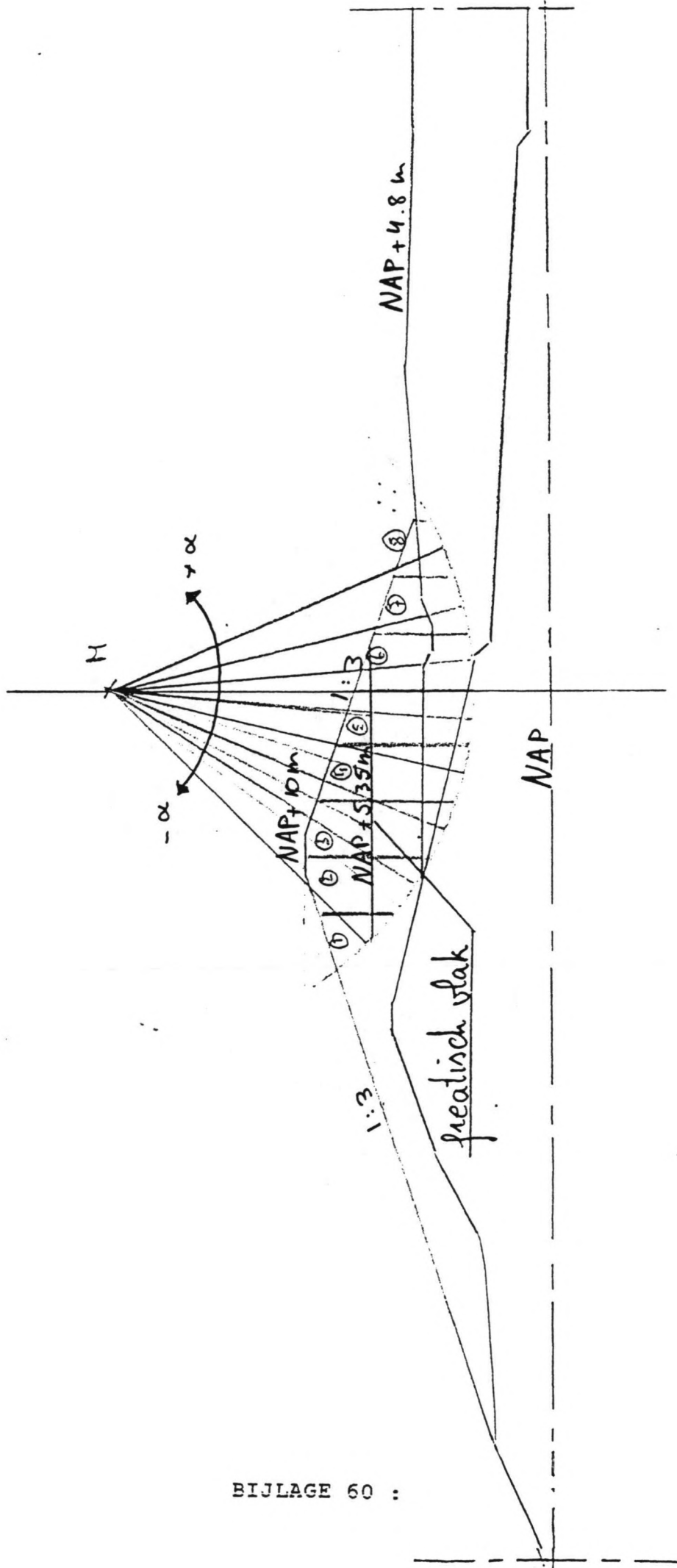


Glyvlak - Oost polderdyk 1
 Buitentalud

Glykol berekening - ~~Ex~~ polder dyk 1
Buiter talud

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	43	1,2	63,814	14,73
	36	2,6	71,302	27,5
2	33	0,8	11,039	8,72
	28	2,6	69,16	22
3	24	1,8	22,01	14,65
	20	1,8	60,145	11,1
4	16	2,4	29,511	13,23
	11	1	50,950	3,43
5	8	3	37,092	8,35
6	0	3,6	44,33	0
7	7	2,8	34,872	6,82
8	15	1,8	27,935	9,317
9	24	1	13,571	8,14
10	30	0,3	6,188	3
			Σ 533,739	151,1

$$F = \frac{533,739}{151,1} = 3,53.$$



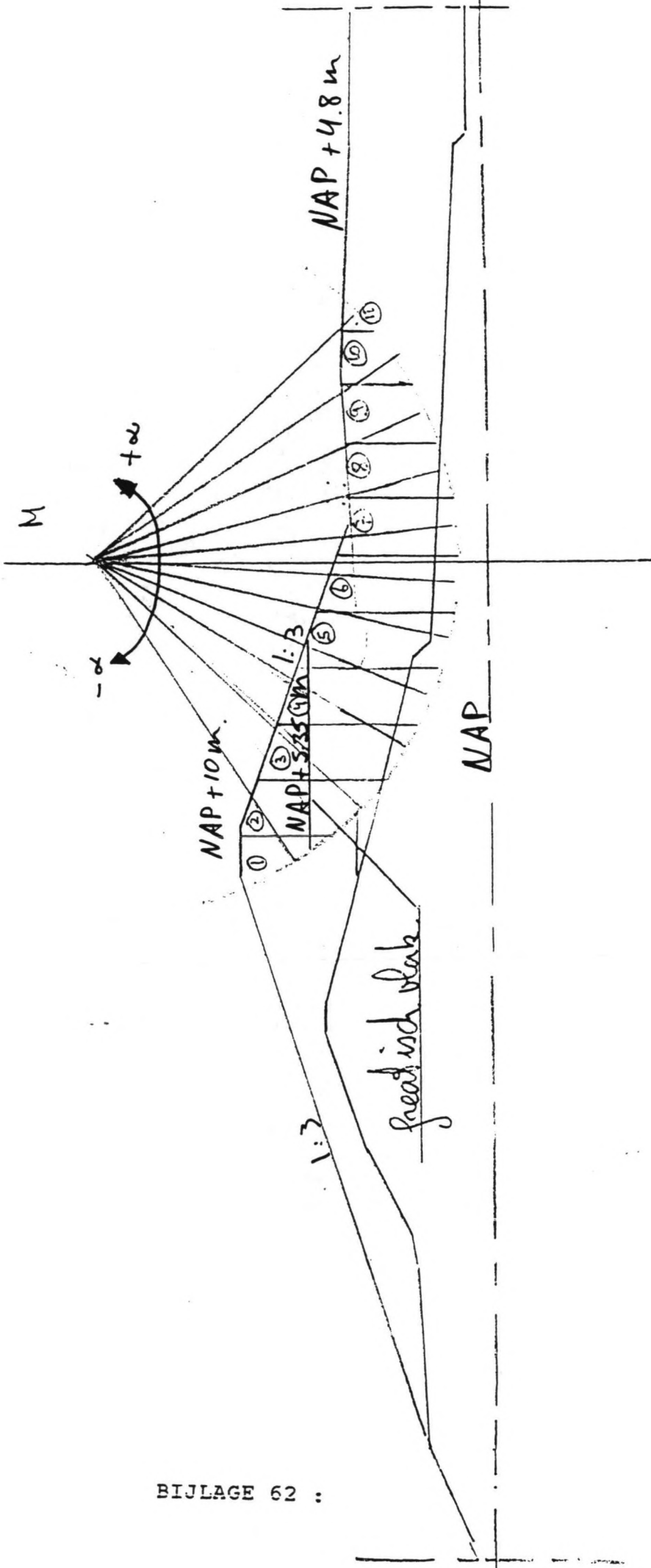
BIJLAGE 60 :

Glyvlak - Oost polderdyk 2.
 Buitentalud.

Glyvlah berekening - Oost polder dyk 2
 Britentaled.

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	45	1,2	65,387	15,3
	38	2,2	68,777	24,4
2	33	1,6	18,787	17,43
	29	2,2	65,731	19,2
3	23	2,6	30,635	20,3
	18	1,6	57,872	8,9
4	14	3,2	38,698	15,5
	6	1	50,556	1,9
5	5	3,4	41,882	5,9
6	4	3,6	44,236	5,02
7	9	2,8	34,729	8,76
8	24	1,4	17,790	11,39
			$\Sigma 534,3$	$\Sigma 154,2$

$$F = \frac{534,3}{154,2} = 3,5$$

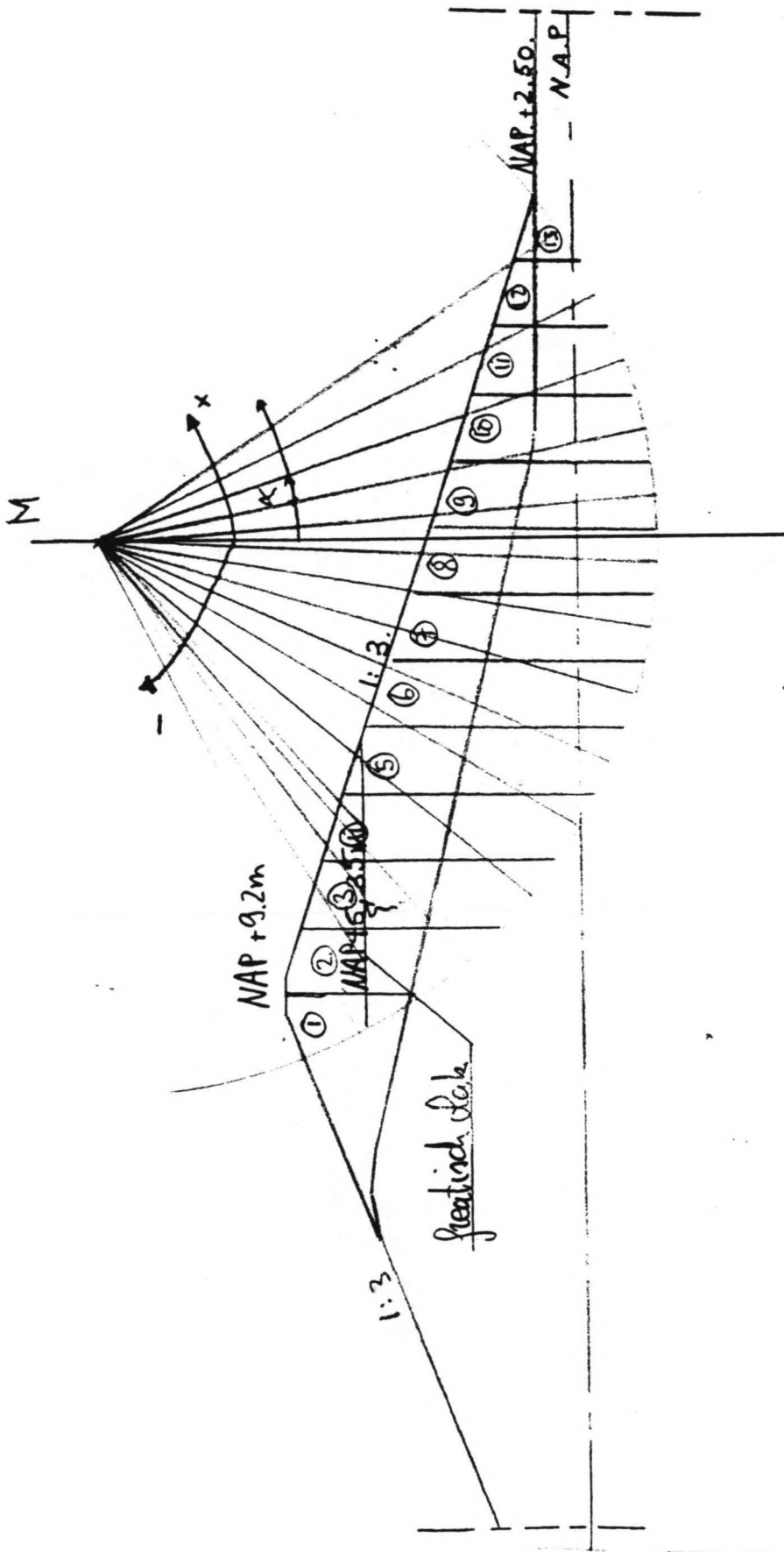


Glyfolak - Oostpolderdijk 3.
 Britentaled. :

Glyfde berekening - Oost polderdijk 3
Buitentalud

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	57	2	84,763	30,2
	50	2,2	76,925	30,4
2	43	1,6	17,287	21,8
	44	1,6	67,568	20,1
3	31	3,2	34,894	32,96
	31	0,8	53,752	7,4
4	22	4,2	47,944	31,5
5	12	5	59,296	20,8
6	4	4,6	55,754	6,4
7	6	3,8	46,414	7,95
8	15	3,4	40,78	17,6
9	25	2,8	32,349	23,7
10	35	1,8	20,396	20,7
11	44	0,6	8,822	8,33
			$\Sigma 642,87$	$\Sigma 279,84$

$$F = \frac{642,87}{279,84} = 2,3$$

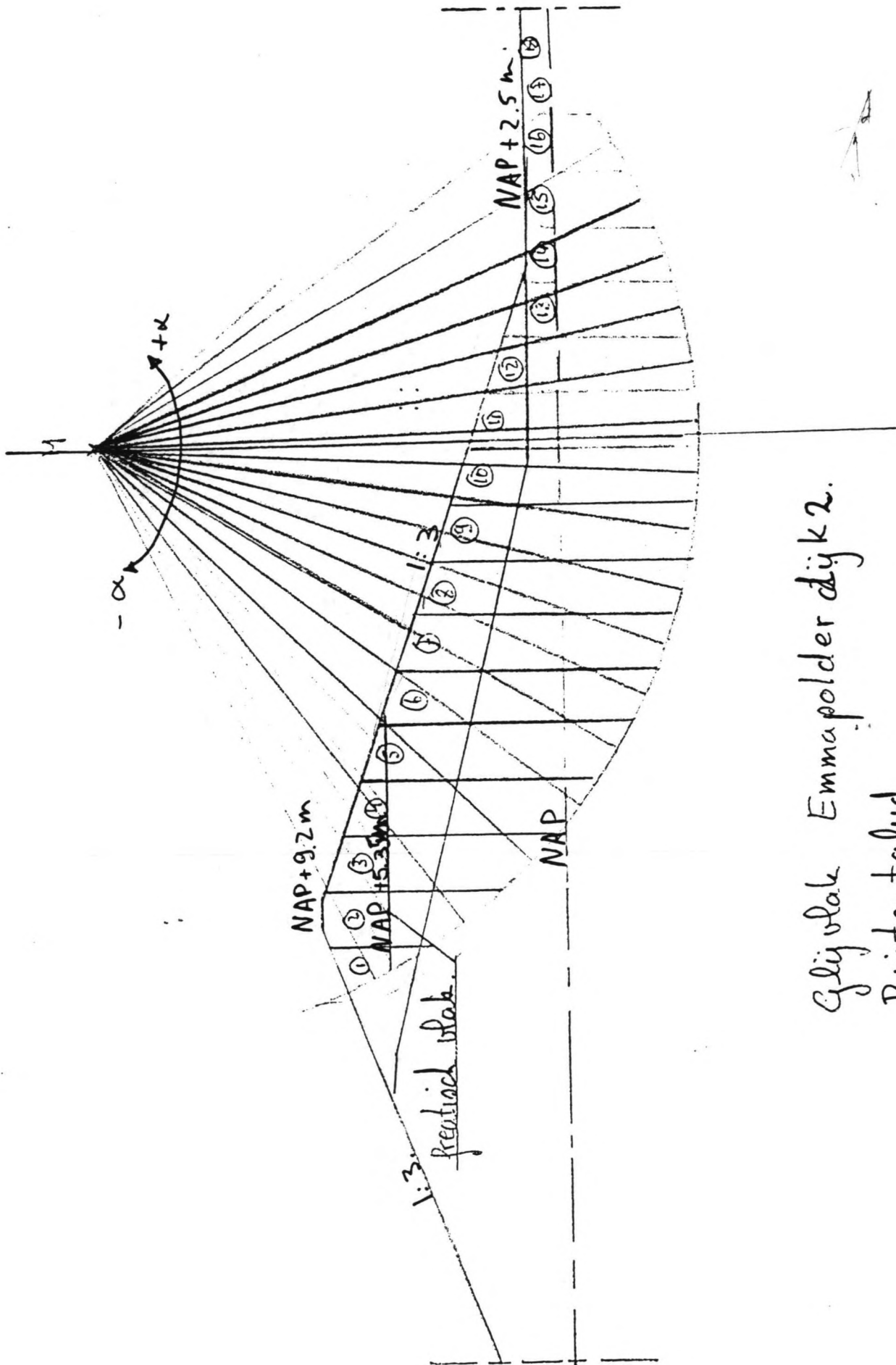


Glijvlak Emma polder dijk 1
 Buitentalud.

Glykta berekening Emma polderdyk 1
Buiten talud.

Laannel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	63	0,2	89,051	3,201
	61	2	16,891	3,5
2	59	2	88,369	30,9
	49	3	26,935	45,3
3	54	1,2	75,382	17,5
	40	3	46,063	61,7
4	50	1	68,909	13,8
	31	6,2	64,587	63,9
5	52	0,4	67,530	5,7
	24	7,2	78,973	58,6
6	17	7,8	89,018	45,6
7	10	7,6	89,228	26,4
8	3	7	83,483	7,33
9	4	6,4	76,488	8,9
10	11	5,4	64,021	20,6
11	18	4,2	49,027	26
12	26	2,8	32,131	24,5
13	33	0,8	11,039	8,72
			$\Sigma 1116,935$	$\Sigma 503,651$

$$F = \frac{1116,935}{503,651} = 2,2$$



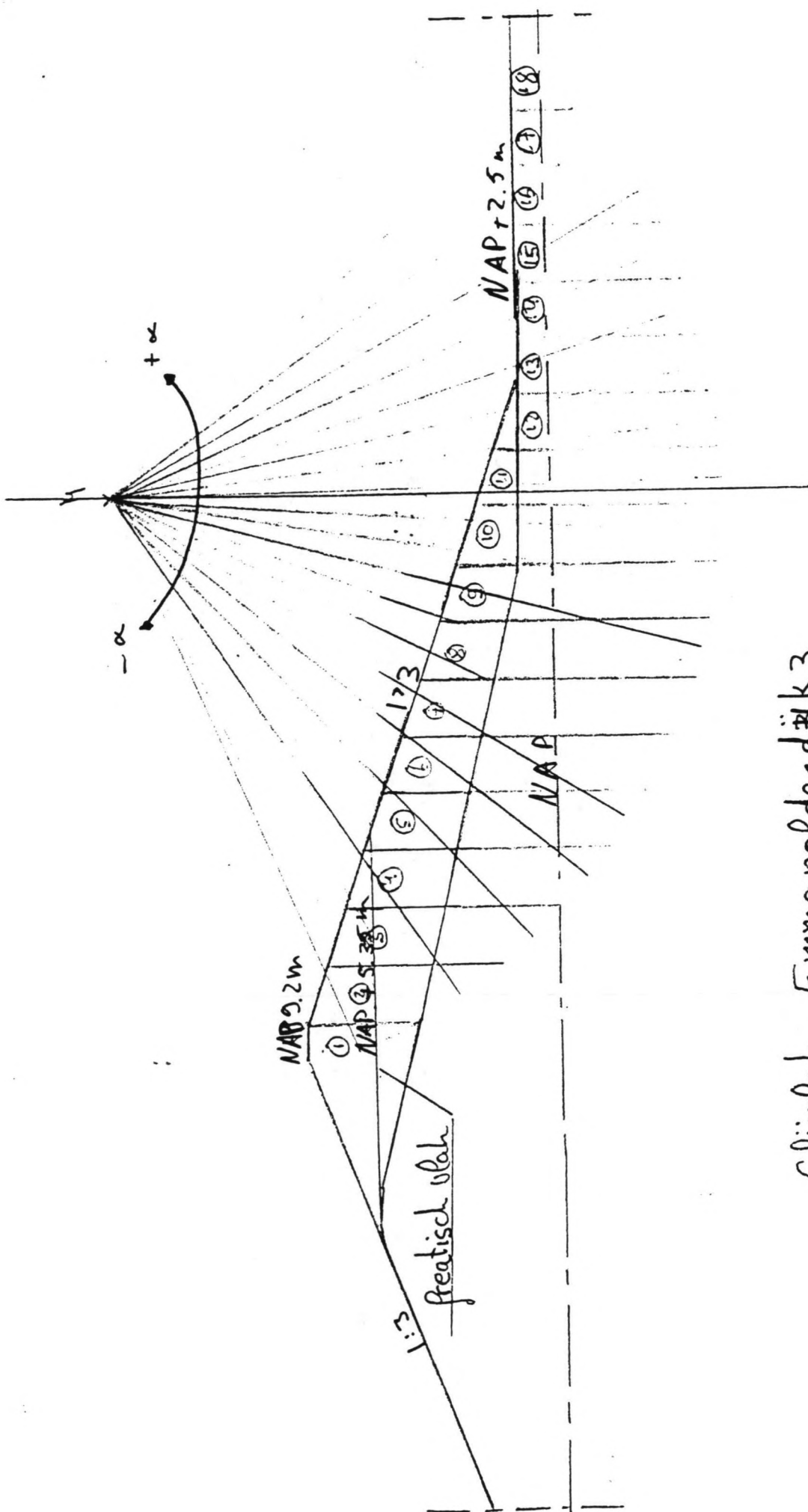
Gelij vlak
 Buitentalud
 Emmapolder dijk 2.

Glijvlak berekening - Emma polder dyl 2

Buiter talud

lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	63	1	92,826	16,04
	62	0,2	6,965	3,53
2	59	2,4	90,510	37,03
	54	2,8	23,701	45,3
3	56	1,8	81,992	26,9
	45	5,2	46,362	73,5
4	52	1,2	72,649	17,02
	38	6,8	65,378	83,8
5	48	0,6	63,951	8,03
	32	8,2	83,553	86,9
6	26	9,4	100,629	92,42
7	20	9,4	104,934	64,3
8	15	9,2	105,471	47,6
9	9	9	105,439	28,2
10	4	8,4	99,526	11,7
11	1	7,8	92,814	2,73
12	7	7	83,008	17,06
13	13	6	70,340	27
14	18	5	57,812	30,9
15	24	4,2	47,327	34,17
16	30	3	33,188	20
17	36	1,6	18,359	18,8
18	42	0,4	7,148	5,4
			$\Sigma 1552,6$	$\Sigma 798,33$

$$F = \frac{1552,6}{798,33} = 1,9$$

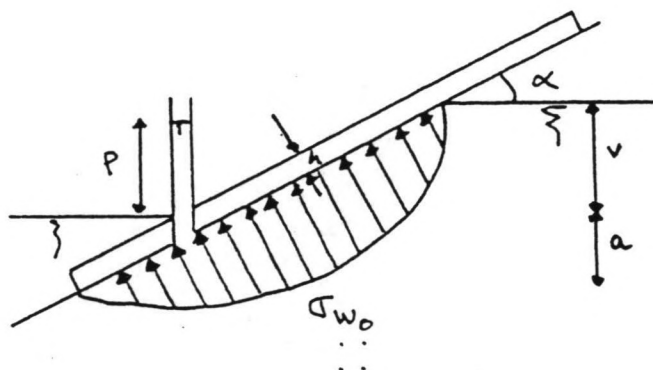


Glijvlak Emmapolderdijk 3
 Buitentalud.

Glykolak berekening Emma polder dyk 3
Bruten talud.

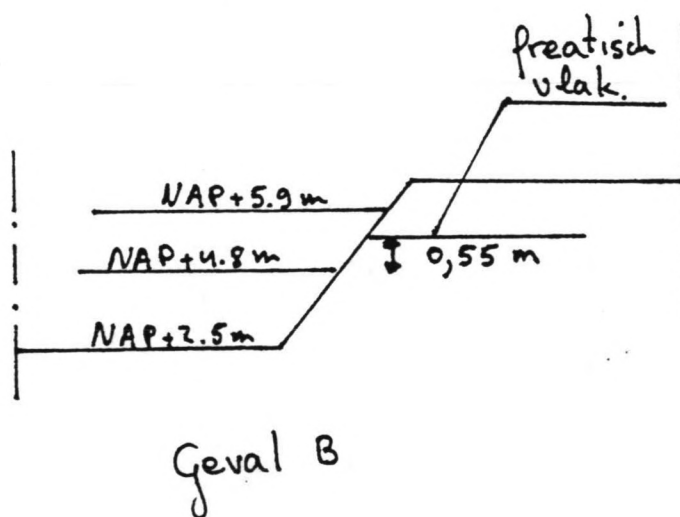
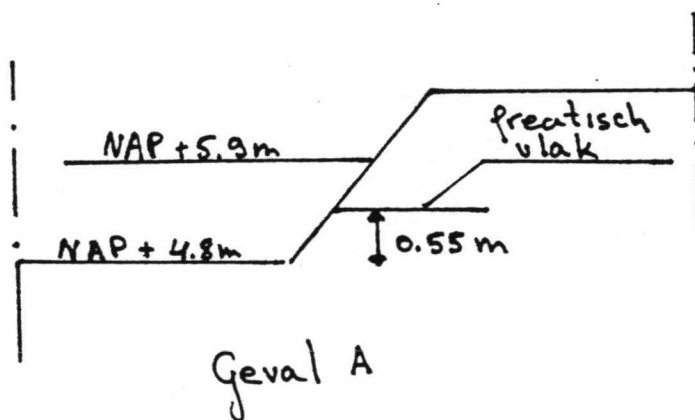
lammel	α	h	$[c + (\gamma h \cos^2 \alpha - p) \tan \phi] / \cos \alpha$	$\gamma h \sin \alpha$
1	65	1,6	101,675	26,1
	78	0,2	13,759	3,9
2	62	2	94,96	31,8
	57	3	23,936	50,32
3	60	1,2	86,235	18,7
	49	5,8	48,146	87,6
4	56	0,6	75,018	8,95
	41	7,4	68,147	97,5
5	34	9	89,486	100,7
6	27	9,2	97,752	83,5
7	21	9,6	106,446	68,8
8	15	9,6	109,932	49,7
9	10	9,2	107,422	32
10	5	8,8	103,998	15,4
11	1	8,2	97,432	2,9
12	6	7,8	92,349	16,3
13	12	6,6	77,367	27,4
14	18	6	68,794	37
15	24	5,2	57,876	42,3
16	30	4	43,188	40
17	37	3	31,123	36,1
18	44	1,2	13,806	16,7
			$\Sigma 1608,113$	$\Sigma 893,7$

$$F = \frac{1608,113}{893,7} = 1,8$$



Formule Van der Veer

$$\sigma_{w0} = \rho_w \cdot g (p + h \cos \alpha)$$



BEKLEDING

De waterdruk volgt uit de formule van Van der Veer (bijlage 70).

$$\text{SIG } w = \rho_w * g * (p + h * \cos a)$$

$$\text{SIG } w = \text{waterdruk (N/m}^2\text{)}$$

$$\rho_w = \text{massadichtheid van water (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{zwaartekrachtsversnelling (kg/m/s}^2\text{)}$$

$$p = \text{maximale waterdruk (m)}$$

$$a = \text{hellingshoek}$$

$$h = \text{dikte bekleding (m)}$$

De maximale waterdruk p treedt op ter plaatse van de waterlijn en is gelijk aan $p = c * \rho_w * v$

Hierin is ρ_w het verschil in stijghoogte tussen de buitenwaterstand en het freatisch vlak. De coëfficiënt c bedraagt $c = 1 - (v / (a + v))$

GEVAL A :

$$c = 1 - (0,55 / (0,55 + 0,55)) = 0,5$$

$$p = 0,5 * 0,55 = 0,275$$

$$\begin{aligned} \text{SIG } w &= 1030 * 9,8 * (0,275 + 0,25 * \cos 18,43) \\ &= 1,723 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

GEVAL B :

$$c = 1 - (0,25 / (2,3 + 0,55)) = 0,8$$

$$p = 0,8 * 0,55 = 0,443$$

$$\begin{aligned} \text{SIG } w &= 1030 * 9,8 * (0,443 + 0,25 * \cos 18,43) \\ &= 2,563 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

1 Afschuifcriterium

$$h >= f * \text{sig } w / (\rho_a * g * (f * \cos a - \sin a))$$

f = wrijvingscoëfficiënt en is gelijk aan de tangens van hoek van de inwendige wrijving. $f = \tan 30$

$$\text{sig } w = \text{maximale wateroverspanning (N/m}^2\text{)}$$

$$\rho_a = \text{dichtheid van de bekleding (kg/m}^3\text{)}$$

$$a = \text{taludhelling}$$

GEVAL A:

$$h \geq \text{tg } 30 * 1.723 \cdot 10^3 / (2200 * 9.8 * (\text{tg } 30 * \cos 18.43 - \sin 18.43)) \\ = 0.199 \text{ m}$$

GEVAL B:

$$h \geq \text{tg } 30 * 2.863 \cdot 10^3 / (2200 * 9.8 * (\text{tg } 30 * \cos 18.43 - \sin 18.43)) \\ = 0.33 \text{ m}$$

2 Het opdrijf criterium

$$h \geq \text{sig } w / (\rho a * g * \cos a)$$

GEVAL A:

$$h \geq 1.723 \cdot 10^3 / (2200 * 9.8 * \cos 18.43) \\ = 0.084 \text{ m}$$

GEVAL B:

$$h \geq 2.863 \cdot 10^3 / (2200 * 9.8 * \cos 18.43) \\ = 0.14 \text{ m}$$

3 Golfklappen

$$h = 0.75^5 * (P/\text{sig})^4 * (27/16) * S / ((1 - \text{sqr } \nu) / c)$$

Voor de gegevens zie bijlage 74.

h = bekledingsdikte (m)

P = de grootte van de golfklap (N/sqr m)

sig = bezwijkspanning van asfalt (N/sqr m)

S = stijfheidsmodulus (N/sqr m)

ν = constante van Poisson voor asfalt (.25 / .4)

c = de beddingsconstante van de ondergrond (N/sqr m)

De grootte van de golfklap is proefondervindelijk bepaald:

$$P = p * b$$

$$p = \rho(w) * g * q * H$$

$$b = 0.4 * H$$

P = grootte van de golfklap (N/m)

p = grootte van de maximale drukstoot (N/m)

b = breedte waarover de maximale drukstoot moet aangrijpen (m)

H = golfhoopte (m)

q = taludparameter

Taludhelling	q
1:2	2,3
1:3	2,7
1:4	2,3
1:6	2

Berekening

$$\text{sig} = 1.1 \cdot 10^{-6}$$

$$S = 2.5 \cdot 10^9$$

$$\text{nu} = 0,4$$

$$c = 1 \cdot 10^7$$

GEVAL A:

$$P = 1030 \cdot 9,8 \cdot 2,7 \cdot \text{sqr } .97 \cdot 0,4 \\ = 10257,24 \text{ N/m}$$

$$h = .75^5 \cdot (10257,24 / 1.1 \cdot 10^6) \cdot (27/16) \cdot (2.5 \cdot 10^9 / ((1 - \text{sqr } .4) \cdot 1 \cdot 10^7)) \\ h = 0,259 \text{ m.}$$

GEVAL B :

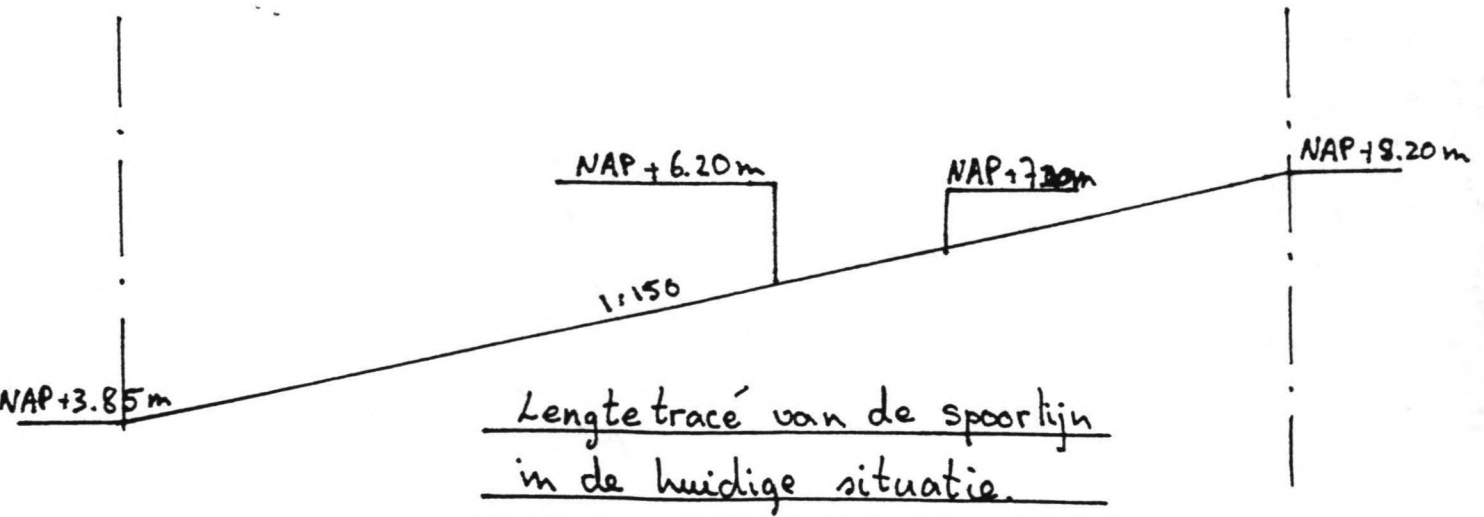
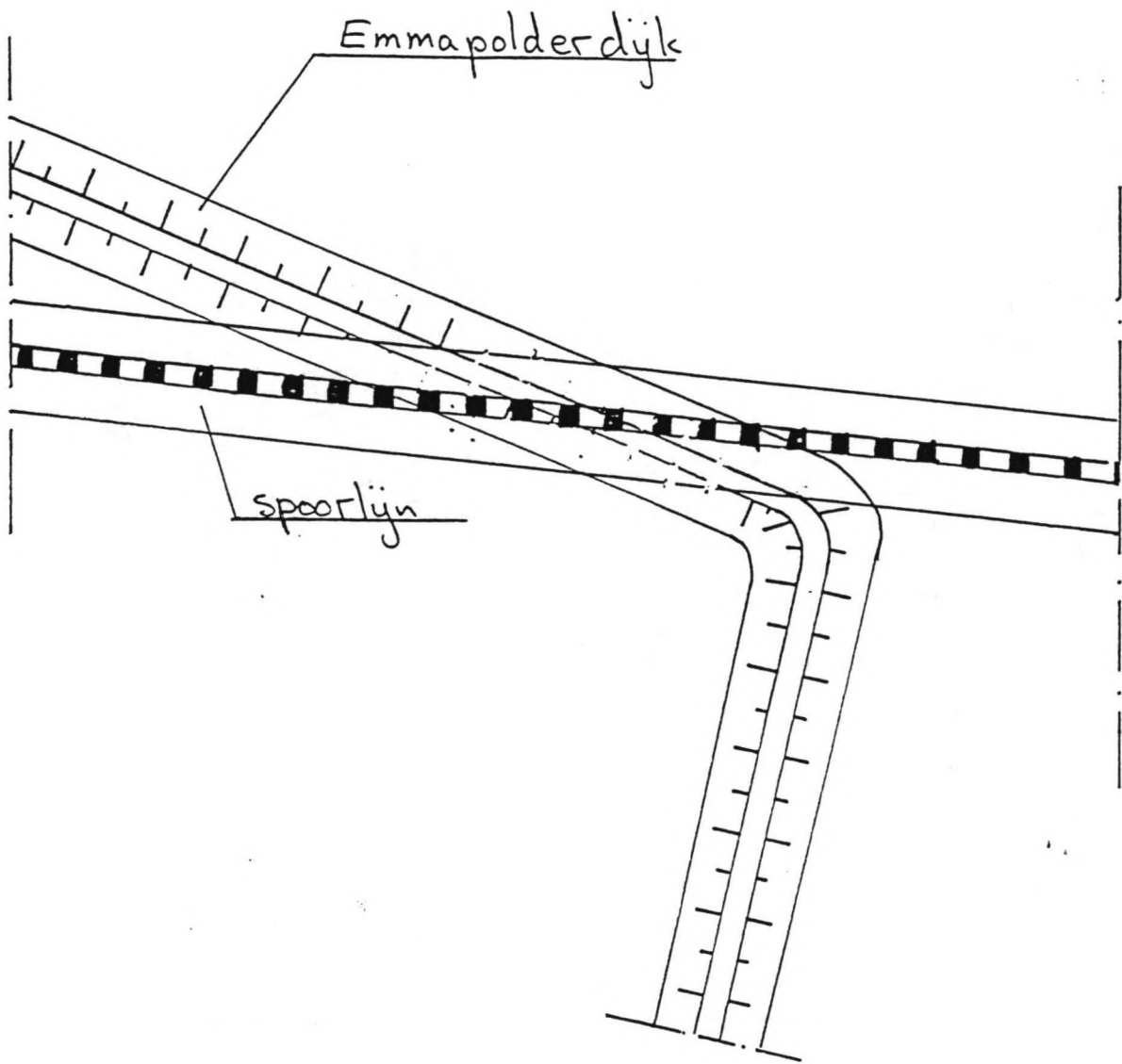
$$P = 1030 \cdot 9,8 \cdot 2,7 \cdot \text{sqr } .94 \cdot 0,4 \\ = 9632,6 \text{ N/m}$$

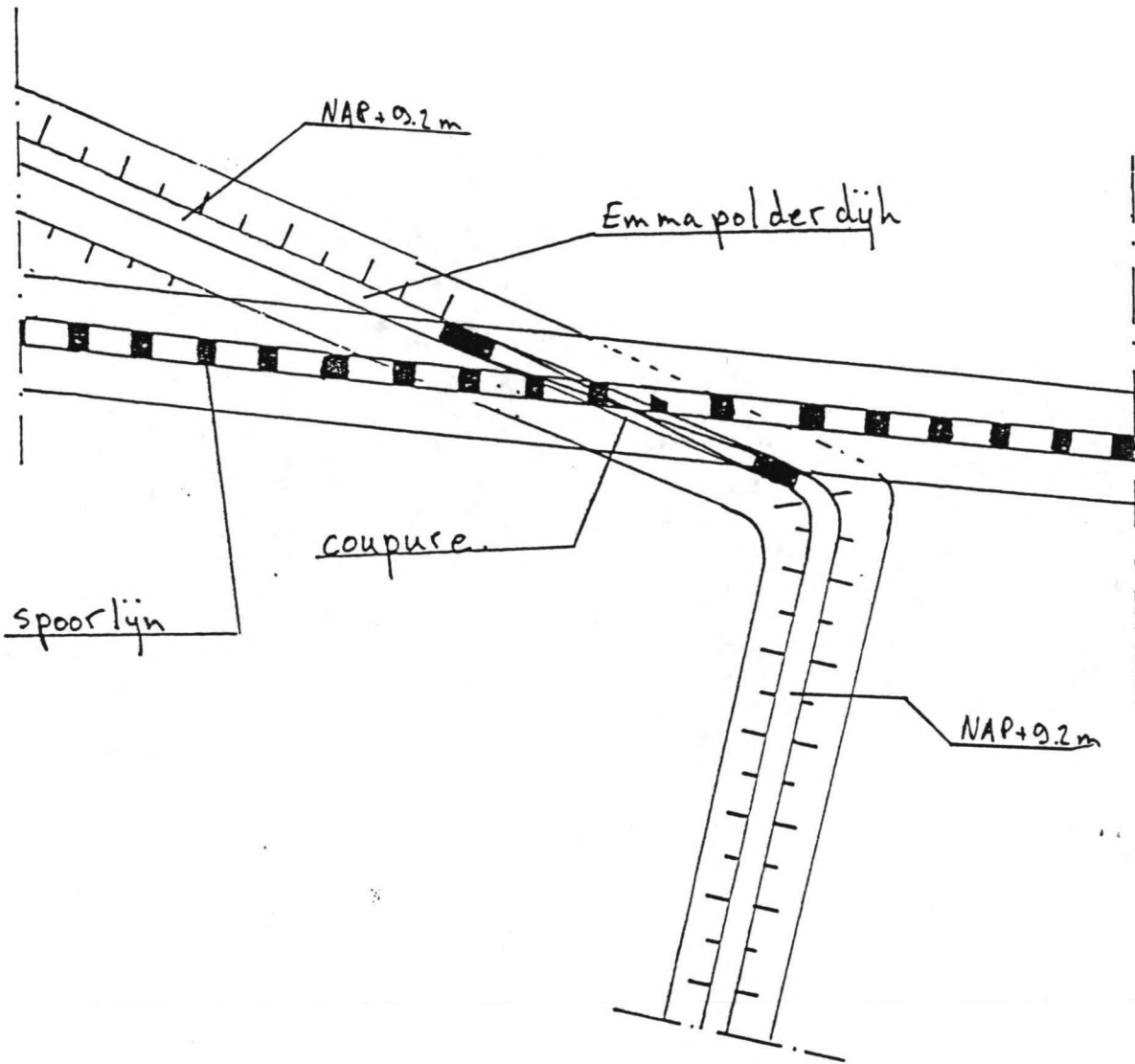
$$h = .75^5 \cdot (9632,6 / 1.1 \cdot 10^6) \cdot (27/16) \cdot (2.5 \cdot 10^9 / ((1 - \text{sqr } .4) \cdot 1 \cdot 10^7)) \\ h = 0,243 \text{ m.}$$

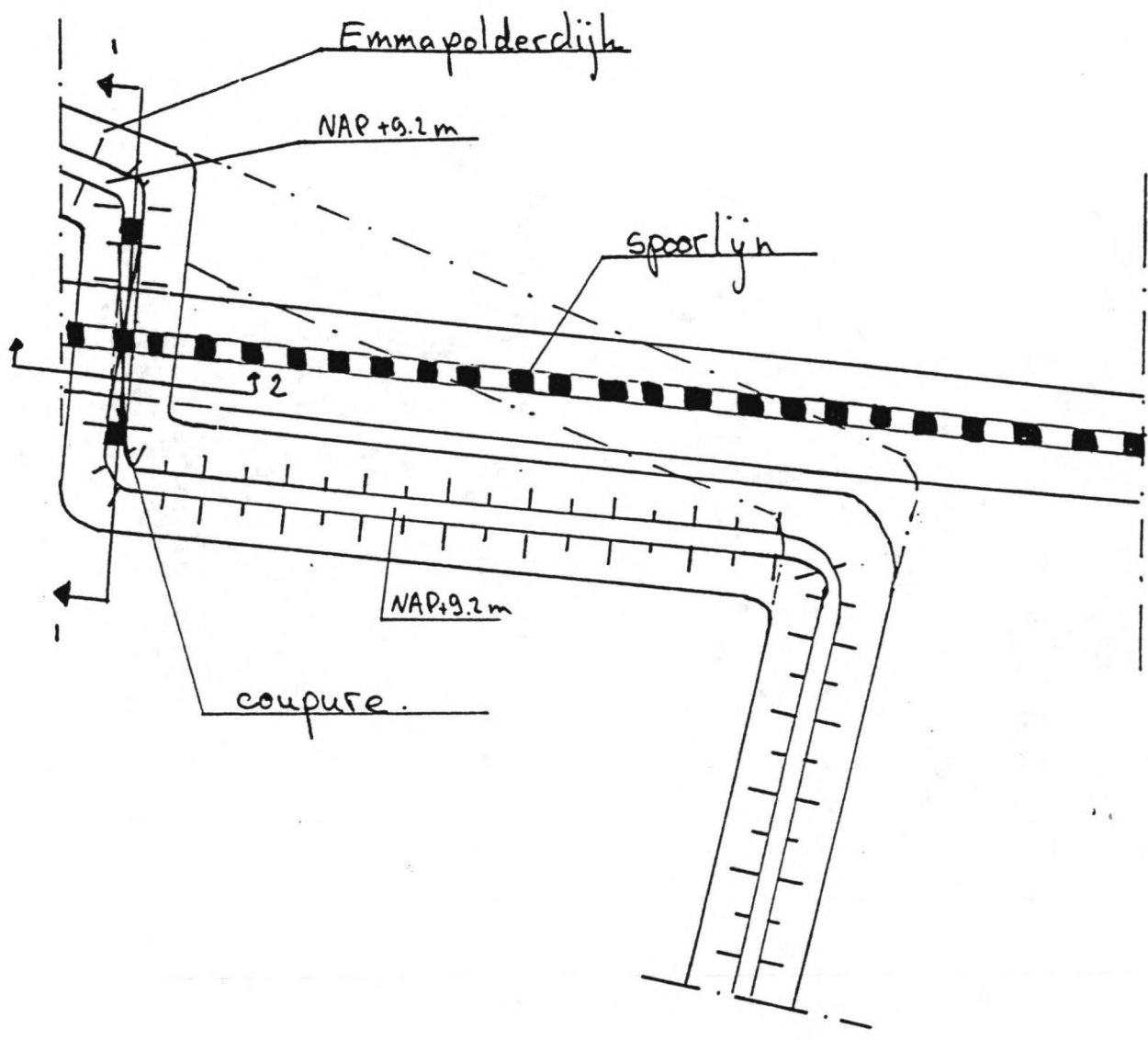
Mengseltype	Taludhelling	Opmerking
Asfaltbeton	1:1,7	
Mastiek	1:6 à 11	
Dicht steenasfalt	1:4	bij voorkeur vlakke ondergrond
Open steenasfalt:		
- in situ	1:1,5	
- gepref. mat.	1:2,5	evt. steiler met verankering
Zandasfalt		zie hieronder

Ondergrond	Beddingsconstante (N/m ³)
Zand:	
- middelmatig verdicht (rel. proctordichtheid 87-95)	1.10 ⁷ - 1.10 ⁸
- goed verdicht (rel. proctordichtheid 95-100)	1.10 ⁸ - 3.10 ⁸
Zand + klei	3.10 ⁷ - 8.10 ⁷
Zand + slib	2.10 ⁷ - 5.10 ⁷
Klei:	
- lage kompressibiliteit	3.10 ⁷ - 6.10 ⁷
- hoge kompressibiliteit	<4.10 ⁷
Veen	<5.10 ⁷
Grind	>7.10 ⁷
Zandasfalt	>5.10 ⁸

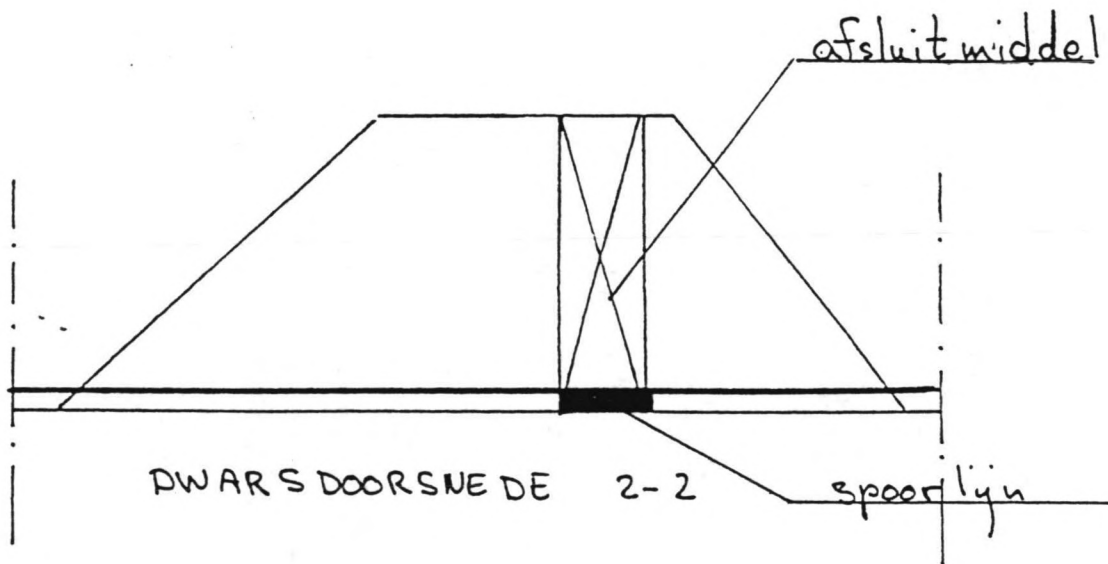
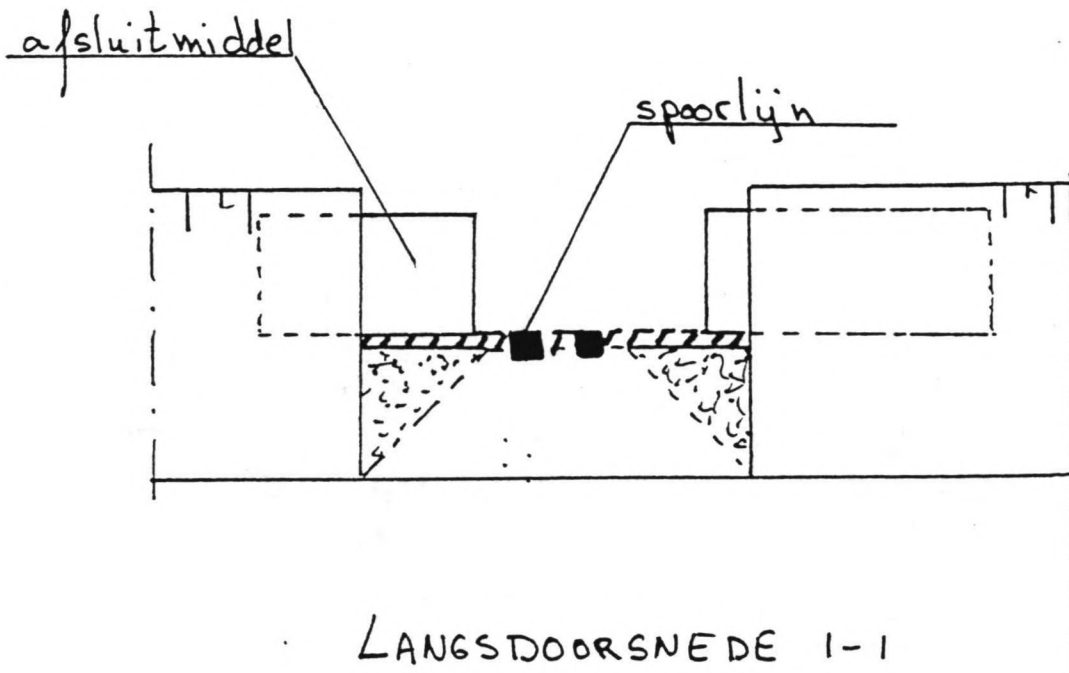
Mengseltype	Stijfheids- modulus S (N/m ²)	Initiële bezwijkspanning σ_D (N/m ²)				
		Aantal lastherhalingen				
		1	100	1000	10000	100000
Asfaltbeton	7.10 ⁹	8,4.10 ⁶	3,6.10 ⁶	2,4.10 ⁶	1,8.10 ⁶	1,1.10 ⁶
Mastiek	1.10 ⁹	8,6.10 ⁶	3,4.10 ⁶	2,2.10 ⁶	1,4.10 ⁶	8,6.10 ⁵
Dicht steenasfalt	4,5.10 ⁹	1.10 ⁷	4,1.10 ⁶	2,6.10 ⁶	1,6.10 ⁶	1.10 ⁶
Open steenasfalt	7.10 ⁸	2,4.10 ⁶	9,1.10 ⁵	5,5.10 ⁵	3,4.10 ⁵	2,1.10 ⁵
Zandasfalt	1.10 ⁹	1.10 ⁶	4,2.10 ⁵	2,6.10 ⁵	1,7.10 ⁵	1.10 ⁵







BIJLAGE 77 : ALTERNATIEF 2



BIJLAGE 78 : DWARSDOORSNEDE VAN ALTERNATIEF 2

