

Mogelijkheden ontwerp delta-  
verzwaring Amsteldiepdijk als  
overslagdijk

A-75.044

Voorlopig concept  
(nog intern te bespreken)

Hoofdafdeling Waterbouw,  
Afdeling Advies

ir. E.H. Ebbens, J.C.P. Johanson  
december 1985

<u>Inhoud</u>	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	1
2. Uitgangspunten in de geest van het rapport van de Deltacommissie	2
2.1. Waterstanden	
2.2. Windsnelheden	4
2.3. Golfhoogten en -perioden	5
3. Berekende overslag	7
4. Stijging peil Amstelmeer door overslag	8
5. Toelaatbaarheid berekende golven en overslag	9
5.1. Onzekerheden berekende waarden	9
5.2. Toetsingscriteria	11
6. Dimensioneringseisen Amsteldiepdiijk	14
7. Eisen tweede waterkeringen Balgdiijk, Amsteldiijk en Amstelmeerdijk e.a.	15
Literatuur	16
Lijst van bijlagen	17

## 1. Inleiding

De directie Noord-Holland heeft vanwege de besparing in kosten (orde 10 miljoen gulden) een voorkeur voor uitvoering van de Amsteldiepdijk als overslagdijk in plaats van als zeewaterkering volgens het 2%-golfploopcriterium.

Naar aanleiding van een gesprek hierover tussen ir. P. Raat en ir. R.A. Kerp van de Hoofdafdeling AN van directie Noord-Holland en ir. E.H. Ebbens van de Hoofdafdeling Waterbouw van de dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) is afgesproken dat vanuit de DWW op korte termijn zou worden aangegeven in hoeverre een overslagdijk binnen de door de Deltacommissie gestelde voorwaarden voor deltaverzwaringen tot de mogelijkheden behoort. Thans zijn deze mogelijkheden na een globaal vooronderzoek aangegeven in de onderhavige nota.

Volgens het Deltarapport behoort een overslag bestendige dijk tot de mogelijkheden als alternatief voor een dijk waarvan de kruinhoogte is bepaald met het 2%-golfploopcriterium.

Wel verdient een overslagdijk extra aandacht omdat het ontwerp hiervan bepaald geen standaardprocedure is en de hoeveelheid overslag nogal gevoelig is voor kleine veranderingen in waterstanden, golfhoogten en golfperioden.

Mede gezien het ten aanzien van de maatgevende waterstanden wat gecompliceerd liggende probleem, zoals aangegeven in hfst. 2.1 en 2.2, was het nodig om een risico-analyse op te zetten en met meer waterstanden, golfhoogten en golfperioden te rekenen dan tot nu toe te doen gebruikelijk bij de bepaling van kruinhoogten van zeedijken. Het zuiver deterministisch bepalen van ontwerprandvoorwaarden (dus uitgaande van één maatgevende waterstand en één maatgevende golfhoogte en -periode) en het hiermee toetsen van het voorgestelde ontwerp was niet goed verantwoord mogelijk.

## 2. Uitgangspunten in de geest van het rapport van de Deltacommissie

### 2.1. Waterstanden

Volgens de informatie van de directie Noord-Holland geldt voor de Amsteldiepdijk een basispeil van NAP + 5,75 m en een ontwerppeil van NAP + 5,35 m (economische reductie = 40 cm). De economische reductie kan volgens het rapport van de Deltacommissie in rekening worden gebracht. Bij de tussen Den Helder en de Amstelmeerdijk liggende Balgzanddijk is de economische reductie echter niet in rekening gebracht, omdat Den Helder aan de Noordzeezijde beschermd is door een kering gedimensioneerd op basispeil (conform rapport Deltacommissie). Het leek onlogisch om aan Waddenzeezijde een andere norm te hanteren, daar doorbraak van de Balgzanddijk vrijwel zeker meteen tot doorbraak van de achterliggende Balgdijk en inundatie van Den Helder zou leiden en de extra verhoging van de Balgzanddijk relatief weinig extra kosten met zich mee bracht.

Uitgaande van het voorgaande zou gesteld kunnen worden dat voor de veiligheid van het directe achterland van de Amsterdiepdijk tegen inundatie een ontwerppeil van NAP + 5,35 gehanteerd kan worden en dat voor de veiligheid van Den Helder tegen inundatie en rekening houdend met de aanwezigheid van 2<sup>e</sup> waterkeringen een ontwerppeil van NAP + 5,75 m aangehouden kan worden.

Naar aanleiding van de in de inleiding aangegeven vraag van directie Noord-Holland is onderzocht of het mogelijk is bij verhoging van de Amsteldiepdijk tot NAP + 7,5 m te voldoen aan deze uitgangspunten.

### 2.2. Bezwijk- en faalkansen

Op basis van het in 2.1. gestelde worden de volgende uitgangspunten gekozen:

- 1) Den Helder mag niet inunderen bij bereiken van het basispeil (NAP + 5,75 m, overschrijdingskans  $10^{-4}$  keren per jaar).
- 2) De Amsteldiepdijk moet het achterliggende gebied beschermen tegen inundatie bij bereiken van ontwerppeil inclusief economische reductie (NAP + 5,35 m, overschrijdingskans  $3,7 \times 10^{-4}$  keren per jaar).

Door werkgroep 10 van de TAW is onlangs vastgesteld dat bij het ontwerpen van zeedijken volgens de richtlijnen van de Deltacommissie de kans voor begin van bezwijken ongeveer 0,1 x de overschrijdingskans van de ontwerpwaterstand bedraagt.

Deze factor, die ook bij de leidraad duinen is gehanteerd, leidt voor bovenstaande uitgangspunten tot het volgende:

- 1) De kans dat Den Helder inundeert moet kleiner of gelijk aan  $10^{-5}$  keren per jaar zijn.
- 2) De kans dat de Amsteldiepdijk bezwijkt en/of de overslag over de Amsteldiepdijk leidt tot overstroming of een begin van doorbraak van de Balgdijk of de Amstelmeerdijk moet kleiner of gelijk zijn aan  $3,7 \times 10^{-5}$  keren per jaar.

Bij 1) wordt er vanuit gegaan dat bij volledig bezwijken van de dijk inclusief het ontstaan van een stroomgat er inundatie van Den Helder optreedt.

Bij 1) is wel een begin van aantasting van de dijk toelaatbaar.

Zoals is aangegeven in bijlage 2 is er tussen het moment van overschrijden van sterktenormen, waaraan gerekend kan worden, en het ontstaan van een stroomgat nog een reeks van gebeurtenissen nodig die de kans op het ontstaan van een stroomgat kleiner maken dan de kans van overschrijden van de sterktenormen.

Uit de hoogteligging van de tweede waterkeringen rond het Amstelmeer en omgeving kan worden afgeleid dat bij onverhoopt overstromen of doorbreken van de Balgdijk of de Amstelmeerdijk Den Helder nog niet inundeert door de aanwezigheid van de Koegrasdijk (bijlage 3).

Bij 1) is dus overstromen of doorbreken van Balgdijk of Amstelmeerdijk naar de Anna Paulownapolder ten gevolge van veel overslag dus toelaatbaar mits de waterstand in het geïnundeerde gebied ruim beneden de kruin van de Koegrasdijk blijft. Bij het ontstaan van een volledig stroomgat in de Amsteldiepdijk wordt aangenomen dat de Koegrasdijk overstroomt of doorbreekt.

In een gebeurtenissenboom is schematisch weergegeven hoe golven, waterstand en overslag tot bezwijken van de dijk en overstroming kunnen leiden (bijlage 4).

De overschrijdingskansen van bezwijken en falen zijn hierbij aangegeven.

Na behandeling van de berekening van de optredende golven en waterstanden wordt hierop teruggekomen.

## 2.2. Windsnelheden

In het rapport van de Deltacommissie wordt een windsnelheid van 35 m/s voor de Waddenzee als maatgevend gesteld.

Voor deze windopzet is een langdurig optreden (6 à 9 u) van hoge windsnelheden nodig.

Voor golven is echter voor het onderhavige dijkvak een duur van 1 uur van een bepaalde windsnelheid voldoende voor het volledig ontwikkelen van de bijbehorende golven. Dit betekent dat tijdens de hoogste waterstand bij ontwerpomstandigheden zowel hogere als lagere windsnelheden dan 35 m/s kunnen optreden en de golfhoogten dus ook hogere en lagere waarden kunnen hebben.

Verder heeft de voormalige Adviesdienst Hoorn in het verleden een maatgevende windsnelheid van 30 m/s in plaats van 35 m/s gehanteerd [2] vanwege het luwte-effect van het eiland Texel. Recente onderzoeken van het KNMI hebben, enigszins verrassend, aangetoond dat bij overgang van land naar zee of omgekeerd de windsnelheidsverticaal zich veel sneller aanpast dan voorheen werd aangenomen [3]. Daarom wordt hier voor omstandigheden bij bereiken van het basispeil een windsnelheid van 35 m/s aangehouden als langdurig gemiddelde voor de ontwikkeling van de windopzet.

Voor de berekening van de golfhoogte wordt rekening gehouden met de eerder genoemde mogelijke variatie in windsnelheid. Hiervoor wordt op basis van gegevens van het zuidwestelijk deltagebied aangehouden dat de kans op een bepaalde windsnelheid normaal verdeeld is met een gemiddelde van 35 m/s en een standaard afwijking van 16% [4]. Tenslotte is er nog variatie in de windrichting mogelijk. Aangenomen kan worden dat bij het bereiken van de ontwerpwaterstand de wind langdurig uit noordwestelijke richting zal waaien omdat bij andere windrichtingen de windopzet veel geringer is en/of de kans van voorkomen van hoge windsnelheden veel geringer is. Op grond van gegevens van [3] blijkt dat het optreden van hogere windsnelheden uit de sectoren 330 en 300 een factor 10 of meer waarschijnlijk is dan die uit de sector 360.

Bij de berekeningen is alleen gewerkt met sector 330, wat een relatief ongunstige uitgangspunt is.

Vanwege de benodigde beschouwing van ontwerpomstandigheden met verschillende overschrijdingsfrequenties zijn voor andere stormvloedstanden dan het basispeil windsnelheden afgeleid met de aanname dat de windopzet evenredig is met het kwadraat van de windsnelheid (bijlage 5).

### 2.3. Golfhoogten en -perioden

Op basis van het voorgaande subhoofdstuk is gerekend met windrichting  $330^{\circ}$ .

Met de volgens 2.2. afgeleide windsnelheden zijn de golfhoogten bepaald met de formule van Bretschneider inclusief het wrijvingscriterium van Miche.

Eerst zijn enige oriënterende berekeningen gemaakt om de bodem langs de strijklengte voldoende nauwkeurig te schematiseren. Uitgegaan is van een wat ongunstige (diepe) ligging van de bodem (zie bijlage 6). Deze schematisering kan als volgt worden gekarakteriseerd:

<u>lengte t.o.v. dijk</u>	<u>diepte</u>
0 - 9,0 km	NAP - 0,5 m
9,0 - 14,4 km	NAP - 6,75 m

Bij de berekening is bij ondieper worden van de bodem volgens de schematisering met een voor de nieuwe diepte equivalente fetchlengte verder gerekend.

De berekende waarden blijken goed overeen te komen met de vroeger door Adviesdienst Hoorn berekende waarden.

De berekende golfhoogten zijn tenslotte in grafiek uitgezet als functie van de overschrijdingsfrequentie (bijlage 8).

De uiteindelijke overschrijdingsfrequentie van de golfhoogte is bepaald door per gebruikte windsnelheid een bepaalde kans van voorkomen af te leiden uit de eerder genoemde normale verdeling. Door per golfhoogte de overschrijdingsfrequentie  $F$  te vermenigvuldigen met de kans voor voorkomen van de betreffende windsnelheid  $f$  en alle waarden van  $f.F$  te sommeren ontstaat de lijn van overschrijdingsfrequenties voor alle windsnelheden (bijlage 8).

De golfperiode is bepaald met dezelfde equivalente fetchlengte als de golfhoogte. De aldus bepaalde waarden komen goed overeen met de

eerder door de Adviesdienst Hoorn bepaalde waarden [2]. Verder is een verhoudingsfactor 1,25 aangehouden tussen de significante golfperiode  $T_s$  en de gemiddelde golfperiode  $\bar{T}$  eveneens ongeveer conform [2].

De aldus verkregen relatie tussen golfhoogte en gemiddelde golfperiode blijkt goed overeen te komen met de bij uitgebreide metingen in het kustgebied voor de stormvloedkering afgeleide verbanden.



### 3. Berekende overslag

Uitgegaan is van de door de Adviesdienst Hoorn gehanteerde methode van het Hydraulic Research Station te Wallingford [5]. Deze lijkt tot enigszins conservatieve waarden te leiden bij vergelijking met de overslagrelatie in de leidraad Rivierdijken, deel I [6] of de methode volgens de Shore Protection Manual [7].

Bij de berekening zijn coëfficiënten in rekening gebracht voor windinvloed en scheve golfaanval.

Hiervoor zijn voorlopig ongunstige schattingen gedaan van een factor 1,2 voor windinvloed en 1,65 voor scheve golfaanval.

Berekend zijn de overslaghoeveelheden voor de in 2.3. bepaalde golfhoogten.

De overslaghoeveelheden zijn op basis van de gekozen waterstanden en windsnelheden gecombineerd tot overschrijdingsfrequentieverdelingen in bijlage 9.

Hieruit kan de volgende tabel worden afgeleid.

<u>Overschrijdingsfrequentie</u> [aantal keren/jaar]	<u>Maximale overslag</u> [m <sup>3</sup> /m'.s]
10 <sup>-3</sup> (= 10 x overschrijdingsfrequentie basispeil)	6 x 10 <sup>-3</sup>
3,7.10 <sup>-4</sup> (= overschrijdingsfrequentie ontwerpwaterstand met economische reductie)	16 x 10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-4</sup> (overschrijdingsfrequentie basispeil)	54 x 10 <sup>-3</sup>
3,7.10 <sup>-5</sup> (= 0,1 x overschrijdingsfrequentie ontwerpwaterstand met econ. reductie)	122 x 10 <sup>-3</sup>
10 <sup>-5</sup> (= 0,1 x overschrijdingsfrequentie basispeil)	370 x 10 <sup>-3</sup>

4. Stijging peil Amstelmeer door overslag

Op basis van de berekende overslaghoeveelheden bij een lengte van de dijk van 2250 m en een oppervlakte van het Amstelmeer + Balgzandkanaal van  $6,6 \times 10^6$  m (geschat uit [2]) is de stijging van het waterpeil bepaald.

Hierbij is aangenomen op basis van de gegevens van [2] dat een aangenomen duur van de bij maximale waterstand optredende overslag van 3 uur een even grote hoeveelheid overslag geeft als bij het werkelijke verloop van de waterstand tijdens de storm.

De volgende relatie blijkt dan te gelden:

$$\text{Peilverhoging [m]} = 3,68 \times \text{overslag [m}^3\text{/m'.s]}$$

De volgende peilverhogingen gelden nu:

<u>Overschrijdingsfrequentie</u> [aantal keren/jaar]	<u>Peilverhoging</u> [m]
$10^{-3}$	0,02
$3,7 \cdot 10^{-4}$	0,06
$10^{-4}$	0,20
$3,7 \cdot 10^{-5}$	0,45
$10^{-5}$	1,36

## 5. Toelaatbaarheid berekende golven en overslag

### 5.1. Onzekerheden berekende waarden

Achtereenvolgens worden hier de mogelijke bronnen van onzekerheden in de uitkomsten besproken:

#### Bodemligging Balgzand

Uitgegaan is van de wat ongunstige schatting van NAP - 0,5 m  
Uit de ontwikkeling van de bodemligging wordt de indruk verkregen dat de bodem zeer langzaam verondiept.

#### Kruinhoogte

Uitgegaan is van een kruinhoogte van NAP + 7,50 m bij ontwerpomstandigheden. Aangenomen wordt dat bij aanleg rekening gehouden wordt met optredende zetting door een overhoogte aan te houden bij de verzwaring.

#### Profiel dijk

De hoeveelheid overslag wordt beïnvloed door de taludhelling (vooral boven de gemiddelde waterstand) en de aanwezigheid van bermen. Volgens de door de directie Noord-Holland verstrekte gegevens zou de aanvankelijk geplande taludhelling van 1:4 iets gemodificeert worden door de aanleg van een 4 m brede berm op NAP + 4,5 m en een iets steiler talud beneden deze berm.

Deze aanpassing is voor de hoeveelheid overslag van zeer geringe invloed en is daarom niet in rekening gebracht.

#### Ruwheid talud

Gerekend is met een ruwheidsfactor 1. Indien afhankelijk van de aard van de bekleding een grotere ruwheid aanwezig is zal de overslag verminderen.

Bij een ruwheidsfactor van 0,9 (gezette steen) zou de hoeveelheid overslag ongeveer een factor 0,77 van die met een glad talud zijn.

#### Waterstand, windsnelheid

De onzekerheid hiervan wordt geacht voldoende tot uiting te zijn gebracht door de in rekening gebrachte variatie volgens 2.1 en 2.3.

### Windrichting

Zoals reeds gesteld in hfst. 2.3. is optreden van de windrichtingen  $300^{\circ}$  of  $330^{\circ}$  zeer waarschijnlijk. Uit de beschikbare windstatistieken blijkt dat beide ongeveer evenveel kans van voorkomen hebben. Gerekend is met de meest ongunstige richting  $330^{\circ}$ .

Dit betekent dat de berekeningen in dat opzicht aan de veilige kant zijn.

### Golfhoogte

Geschat wordt dat de berekende golfhoogten kunnen afwijken van de werkelijkheid met een standaardafwijking van 10%. Dit betekent voor de overslag een standaardafwijking van 23%.

### Golfperiode

Bij de bepaling van de golfperiode bestaat er behalve onzekerheid over de juistheid van de berekende significante golfperiode extra onzekerheid over de hieruit af te leiden, voor de overslag benodigde, gemiddelde golfperiode.

Geschat is dat de golfperiode een standaardafwijking van 6% heeft. Dit betekent voor de overslag een standaardafwijking van 28%.

### Richting golven ten opzichte van de dijk

Vanwege de onmogelijkheid om op korte termijn een goede schatting van de golfrichting te maken is uitgegaan van de meest ongunstige waarde van  $16^{\circ}$  voor de hoeveelheid overslag. Deze varieert met een factor van 1,0 tot 1,65 voor invalshoeken van  $0^{\circ}$  tot  $34^{\circ}$ .

### Windeffect

Bij zeer geringe overslag moet een toeslag voor windeffect van 1,53 in rekening worden gebracht. Voor grote hoeveelheden overslag is deze factor 1,05. Zekerheidshalve is hier gerekend met 1,2.

### Duur hoge waterstanden

Uitgegaan is van een verloop van de stormvloed conform [2].

Bij een langere duur van hogere waterstanden zou de overslag in totaal groter kunnen zijn. Aangenomen wordt dat dit voor de overslag kan leiden tot een standaardafwijking van 30%.

De totale onzekerheid in overslag tengevolge van onzekerheid in golfhoogte, golfperiode en duur hoogste waterstanden kan als volgt worden bepaald.

Uitgegaan wordt van een lognormale verdeling van de overslag.

$$\ln \sigma'(\text{totaal}) = \sqrt{(\ln \sigma'_{H_s})^2 + (\ln \sigma'_{\bar{T}})^2 + (\ln \sigma'_{\text{duur}})^2}$$
$$= \sqrt{(\ln 1,23)^2 + (\ln 1,26)^2 + (\ln 1,3)^2} = 0,41$$

$$\sigma'(\text{totaal}) = e^{0,41} = 1,50$$

$$\sigma_{\text{totaal}} = 50\%$$

Gezien de wijze waarop de diverse onzekerheden in rekening zijn gebracht en de diverse ongunstige aannamen die zijn gedaan lijkt verhoging van de berekende waarden niet meer nodig.

De onzekerheden in verband met de golfhoogte, golfperiode en duur hoge waterstanden worden geacht te zijn gecompenseerd door ongunstige aanname voor wat betreft bodemligging Balgzand, windrichting, richting golven ten opzichte van de dijk en wind-effect op de overslag.

## 5.2. Toetsingscriteria

De in hfst. 2.2 en bijlage 4 aangegeven eisen worden achtereenvolgens beschouwd:

### a) Ontstaan stroomgat in Amsteldiepdijk

De kans hierop moet kleiner zijn dan  $10^{-5}$  keren/jaar.

Dit betekent dat een hoeveelheid overslag van maximaal  $370 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$  en een golfhoogte  $H_s = 2,48 \text{ m}$  (bijbehorende  $\bar{T} = 4,8 \text{ s}$ ) doorstaan moet kunnen worden.

In ieder geval mogen eventuele beschadigingen niet tot het ontstaan van een doorbraak leiden.

### b) Overstroming of doorbraak Amstelmeerdijk of Balgdijk

De kans hiervoor moet kleiner zijn dan  $3,7 \times 10^{-5}$  keren/jaar.

De hierbij optredende waterstandsverhoging van  $0,45 \text{ m}$  moet gezien de kerende hoogten van de tweede waterkeringen ruim gekeerd kunnen worden zodat overstroming of doorbraak van Amstelmeerdijk

of Balgdijk niet waarschijnlijk lijkt.

Een nader onderzoek naar de extra verhoging door opwaaiing en de golfoploop door op het Amstelmeer opgewekte golven is uitgevoerd in hoofdstuk 7.

c) Diepe afschuiving binnentalud

Bij zeedijken wordt meestal hierop niet getoetst.

Gezien de bijzondere eisen die aan de Amsteldiepdijk gesteld worden is dit in dit geval toch aan te bevelen.

Hierbij zou de waterstand met een overschrijdingskans van  $10^{-5}$  (NAP + 6,45 m) met de bijbehorende karakteristieke waarden van golfhoogte, golfperiode en golfoverslag alsmede de karakteristieke waarden van de grondeigenschappen alsmede een veiligheidsfactor van ca. 1,3 als uitgangspunten voor een stabiliteitsberekening moeten gelden.

d) Bezwijken binnen- en buitenbekleding

Hiervoor geldt een overschrijdingskans van veel kleiner dan  $3,7 \times 10^{-4}$  keren/jaar of kleiner dan  $3,7 \times 10^{-5}$  keren/jaar.

Dit betekent dan:

1<sup>e</sup>) Bij een waterstand van NAP + 5,35 m (overschrijdingskans van  $3,7 \times 10^{-4}$ ) en een karakteristieke bovengrens van de overslag en golfhoogte moet de bekleding met een karakteristieke sterkte en een veiligheidsfactor 1,2 worden gedimensioneerd.

2<sup>e</sup>) Bij de waterstand van NAP + 6,05 m (overschrijdingskans van  $3,7 \times 10^{-5}$ ) en de gemiddelde overslag en golfhoogte bij deze omstandigheden moet de bekleding juist sterk genoeg zijn waarbij nog een veiligheidsfactor van 1,2 geldt.

De bij 1<sup>e</sup>) geldende randvoorwaarden zijn:

Maximale overslag  $Q = 47,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$ , golfhoogte  $H_s = 2,36 \text{ m}$   
en  $\bar{T} = 4,7 \text{ s}$ .

De bij 2<sup>e</sup>) geldende randvoorwaarden zijn:

Maximale overslag  $Q = 100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$ , golfhoogte  $H_s = 2,02 \text{ m}$   
en  $\bar{T} = 4,4 \text{ s}$

Maatgevend zijn dan uiteindelijk voor de bekleding van binnen- en buitentalud:

Maximale overslag  $Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{s}$

Golfhoogte  $H_s = 2,36 \text{ m}$

Golfperiode  $\bar{T} = 4,7 \text{ s}$ .

Hierbij moet een karakteristieke waarde voor de sterkte en een veiligheidsfactor van 1,2 worden aangehouden.

e) Inundatie Den Helder door doorbraak of overlopen van de Koegrasdijk.

Uitgaande van een inundatiekans van  $10^{-5}$  keren/jaar geldt een waterstandsverhoging van 1,36 m in het Amstelmeer.

Indien er door opwaaiing en/of overslag er overlopen of doorbraak optreedt van de Amstelmeerdijk zal de Koegrasdijk voldoende waarborg tegen inundatie bieden.

## 6. Dimensioneringseisen Amsteldiepdiijk

Uit de afgeleide criteria in hfst. 5.2. volgen dimensioneringseisen. Deze moeten door middel van sterkteberekeningen worden gekwantificeerd. Daarnaast is een aantal andere constructieve aspecten van belang. In afwachting van de dimensioneringsberekeningen worden de volgende op voorhand genoemd:

- Het ondoorlatend zijn van de bekleding op het zeewaartse talud en de kruin is naar alle waarschijnlijkheid noodzakelijk voor de stabiliteit van het binnentalud.
- Het ondoorlatend zijn van de bekleding op het binnentalud van de tuimeldijk is waarschijnlijk zeer gewenst.
- Bekleden van klei met grasbetontegels is voor het buitentalud en kruin en wellicht ook voor het binnentalud onvoldoende.
- De aansluitingen tussen de verschillende bekledingssoorten en/of weg en/of fietspad zijn van cruciaal belang (waterdichtheid, begin schade). Hier dient extra zorg aan te worden besteed.
- Het z.g. weg-meubilair (hm-palen, verlichting enz.) mag geen potentiële schadeplekken bij veel overslag vormen.
- Een helling van het binnentalud van de tuimeldijk van 1:4 is gunstiger voor de stabiliteit dan 1:3 en verdient de voorkeur uit dat oogpunt.



7. Eisen tweede waterkeringen Balgdijk, Amsteldijk en Amstelmeerdijk e.a.

Bij de berekeningen die zijn uitgevoerd om te bezien of de kruinhoogte van de Amstelmeerdijk voldoende is, werd uitgegaan van de volgende uitgangspunten.

Het oorspronkelijke niveau van het Amstelmeer ligt op NAP.

Bij deze stand is de hoogte  $\Delta h$  opgeteld die tengevolge van golfoverslag aanwezig is. Hierna is de opwaaiing ( $\Delta S$ ) bepaald met de formule:

$$\Delta S = \frac{c \cdot W^2 \cdot F}{D} \cdot \cos \theta, [7], \text{ waarin}$$

$c$  = coëfficiënt [ $s^2/m$ ]

$W$  = windsnelheid [m/s]

$F$  = strijklengte [km]

$D$  = diepte [m]

$\theta$  = hoek tussen windrichting en strijklengte. In de berekening is  $\theta = 0^\circ$  aangehouden.

Met deze formule wordt het niveauverschil bepaald tussen het begin van het Balgzandkanaal en het eind van het Amstelmeer. Vervolgens is ervan uitgegaan dat de hoeveelheid water die wordt opgestuwd even groot moet zijn als de hoeveelheid water die aan de beginzijde van het bekken wordt onttrokken. Ter plaatse van de Amstelmeerdijk wordt de niveaustijging berekend. Nadat op deze wijze het peil is berekend, zijn met behulp van de formule van Bretschneider golfhoogten bepaald waarmee de golfoploop is voorspeld.

Uit de sommatie van het oorspronkelijke peil, de overslag, de windopzet en de golfoploop volgt de stand tot waar golfoploop plaatsvindt. Het verschil tussen deze stand en de kruinhoogte is de overhoogte. Als kruinhoogte is NAP + 4,50 m aangehouden.

De gemaakte berekeningen kunnen worden gevolgd op bijlage 11 en 12. Over een lengte van circa 130 m is de kruinhoogte gelegen op NAP + 4,25 m.

Ter plaatse is de overhoogte geringer dan de op bijlage 12 vermelde waarden.

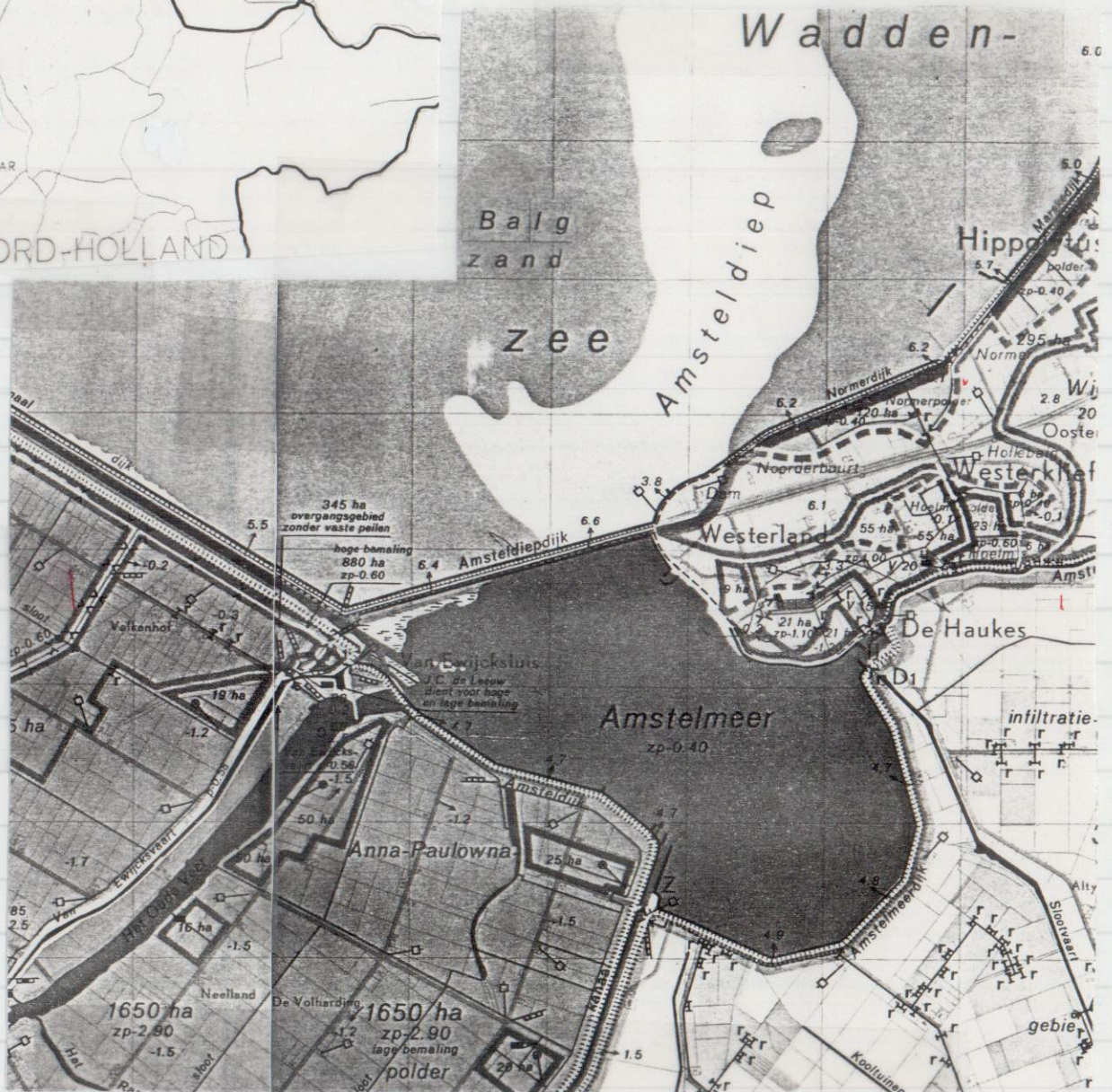
De aanname, dat het oorspronkelijke niveau van het Amstelmeer op NAP ligt is misschien niet terecht, daar het winterpeil op NAP - 0,7 m wordt aangehouden. Indien dit in de berekening van de overhoogte wordt betrokken, zou de kruinhoogte van de Amstelmeerdijk voldoende zijn.

Literatuur

- [1] Rapport Deltacommissie  
Staatsuitgeverij, Den Haag, 1961.
  
- [2] ing. B. van der Duin en ir. H.D. Rakhorst  
Golfoverslag Amsteldiepdijs  
Notitie WWKZ-83.H232, Adviesdienst Hoorn, 1983.
  
- [3] J. Wieringa en P.J. Rijkoord  
Windklimaat van Nederland  
Staatsuitgeverij, 1983.
  
- [4] ir. E.H. Ebbens en ing. P. Roelse  
Golfrandvoorwaarden duinwaterkeringen in Zeeland  
Nota WWKZ-82.V017, Adviesdienst Vlissingen, 1982.
  
- [5] Design of seawalls for wave overtopping  
Hydraulics Research Station Wallingford, no EX 924, 1980.
  
- [6] Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen  
Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - boven-  
riviereengebied  
Staatsuitgeverij, Den Haag, 1985.
  
- [7] "Shore Protection Manual", vol. II  
U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, Virginia, 1977.

Lijst van bijlagen

- 1 Situatie Amsteldiepdiijk
- 2 Schema gebeurtenissen die tot overstroming leiden
- 3 Situatie tweede waterkeringen rond de Amsteldiepdiijk
- 4 Gebeurtenissenboom voor functioneren Amsteldiepdiijk
- 5 Overzicht waterstanden en gemiddelde windsnelheden
- 6 Schematisering bodem ten behoeve van berekening golfhoogten en -perioden.
- 7 Overzicht berekening overslag
- 8 Golfhoogte als functie van de overschrijdingsfrequentie
- 9 Overslag als functie van de overschrijdingsfrequentie
- 10 Waterstandsverhoging Amstelmeer als functie van de overschrijdingsfrequentie.
- 11 Schema vakverdeling Amstelmeer
- 12 Berekening overhoogte Amstelmeerdijk.

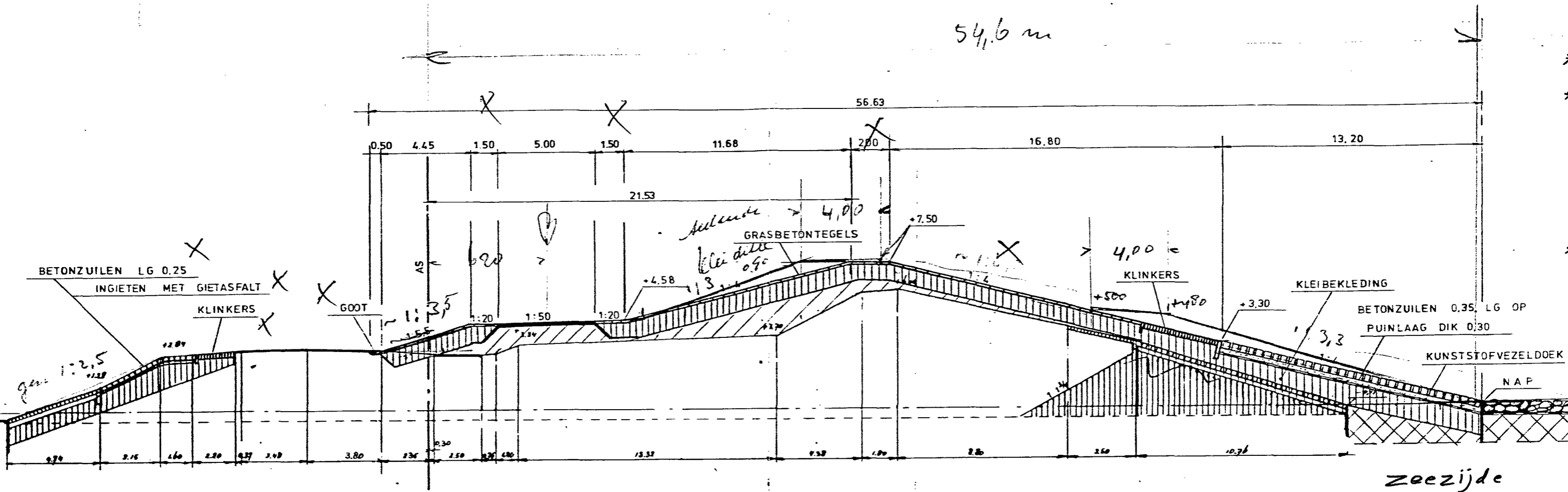


Situatie Amsteldiepdijk

Bijlage 1

DWARSPROFIEL 2 VARIANT B

54,6 m

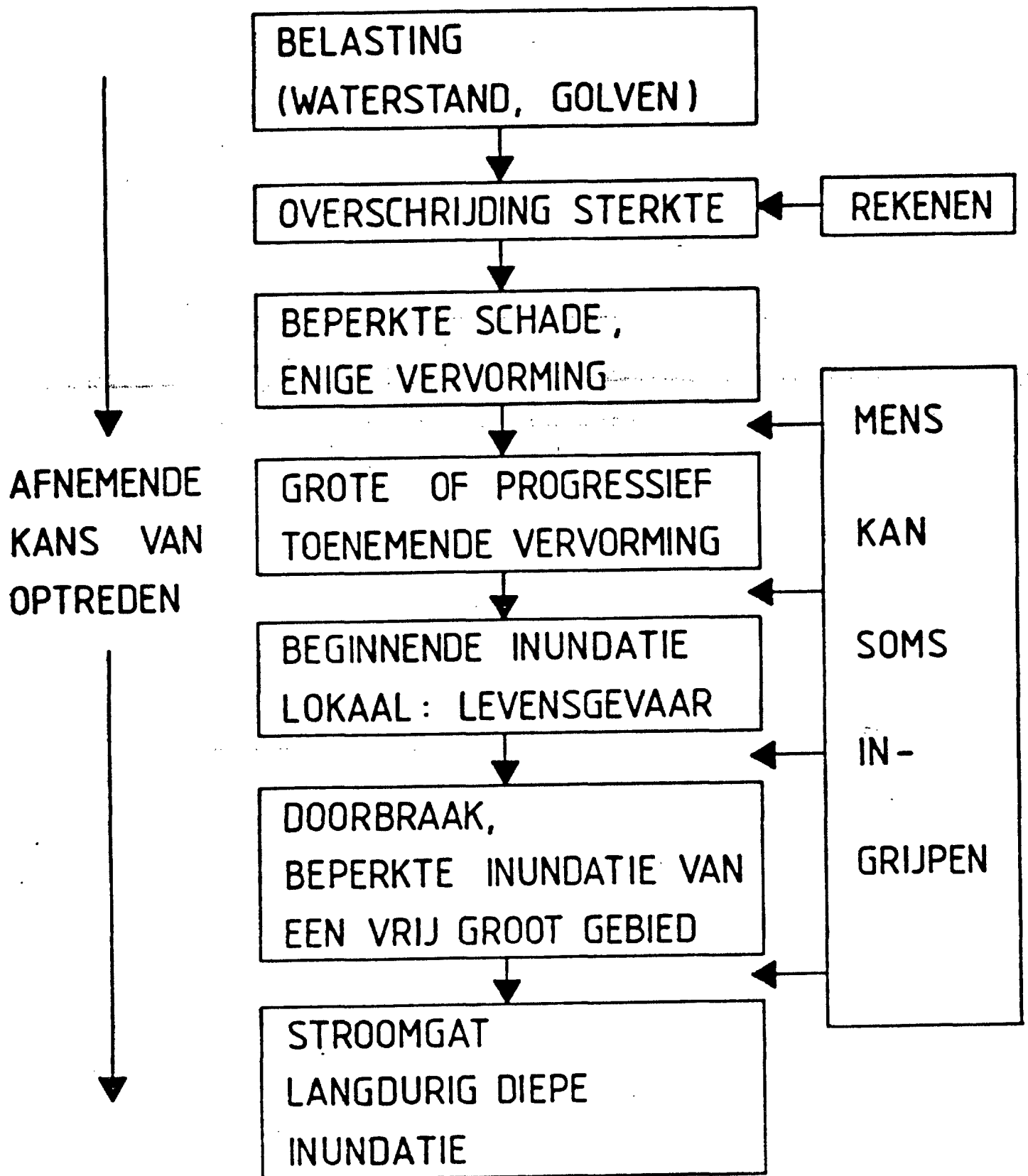


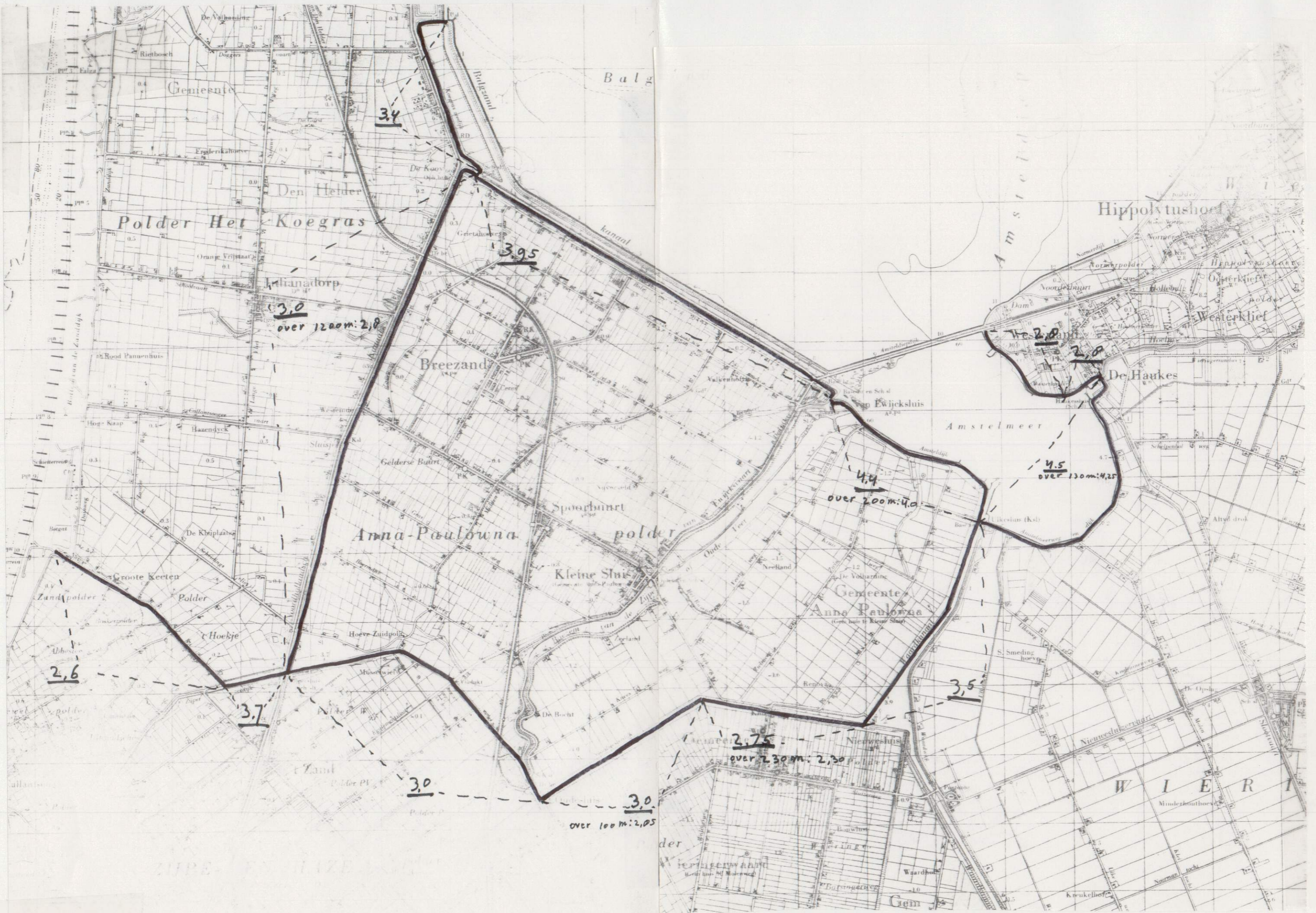
DWARSPROFIEL 2 VARIANT C OVERSLAGDIJK

DWARSPROFIEL  
AMSTELDIEPDIJK

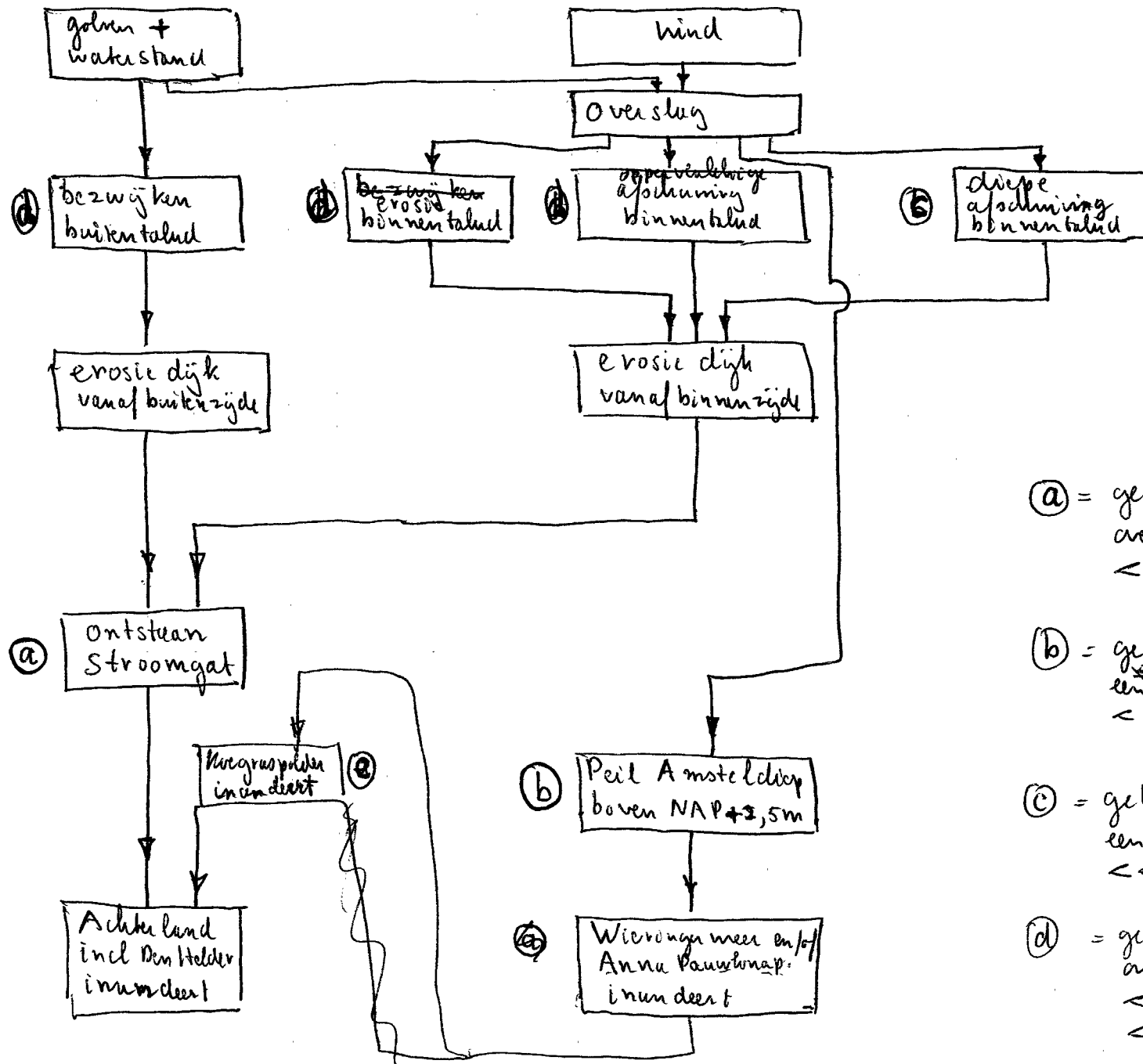
Gemiddelde kern, hoog  
+ 6,20 m.  
BLAD 002

# reeks gebeurtenissen die tot overstroming leidt





situatie tweede waterkeringen rond Amsteldiepdijk.



- (a) = gebeurtenis met een overschrijdingkans  $< 10^{-5}$  keren/jaar
- (b) = gebeurtenis <sup>seen</sup> met ~~gezamenlijke~~ een overschrijdingkans  $< 3,7 \times 10^{-5}$  keren/jaar
- (c) = gebeurtenis ~~seen~~ met een overschrijdingkans  $< 10^{-5}$  keren/jaar
- (d) = gebeurtenis met een overschrijdingkans  $< 3,7 \times 10^{-5}$  keren/jaar of  $< 3,7 \times 10^{-5}$  keren/jaar
- (e) = gebeurtenis met een overschrijdingkans  $< 10^{-5}$  keren/jaar

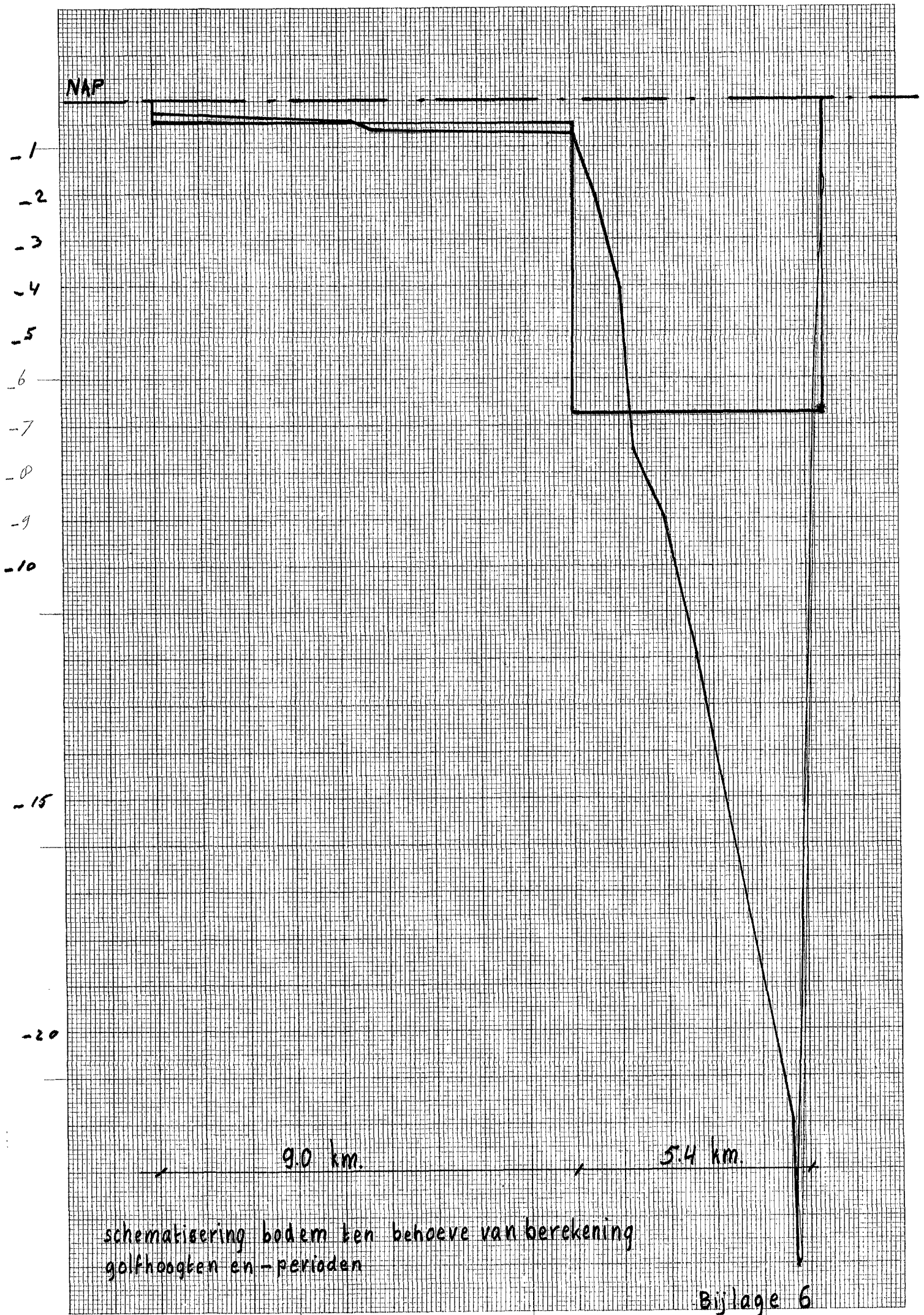
Bijlage 2 Gebeurtenissenboom voor functioneren Amsteldeegdijk



Stormvloedpeil	Overschrijdingsfreq.	gemiddelde windsnelheid
NAP. + 6.45 m.	$10^{-5}$	$\bar{V}_w = \sqrt{\frac{5.05}{5.15} \cdot 35^2} = 37.3 \text{ m/s}$
NAP. + 6.05 m. (ontwerppeil incl. econom. red + decimeringshoogte)	$3.7 \cdot 10^{-5}$	$\bar{V}_w = \sqrt{\frac{5.45}{5.15} \cdot 35^2} = 36.0 \text{ m/s}$
NAP. + 5.75 m. (basispeil)	$10^{-4}$	$\bar{V}_w = 35 \text{ m/s}$
NAP. + 5.35 m. (ontwerppeil incl. econom. red)	$3.7 \cdot 10^{-4}$	$\bar{V}_w = \sqrt{\frac{4.75}{5.15} \cdot 35^2} = 33.6 \text{ m/s}$
NAP. + 5.05 m.	$10^{-3}$	$\bar{V}_w = \sqrt{\frac{4.45}{5.15} \cdot 35^2} = 32.5 \text{ m/s}$

overzicht waterstanden en  
gemiddelde windsnelheden

Bijlage 5



schematisering bodem ten behoeve van berekening  
 golfhoogten en -perioden

Bijlage 6

Stormvloedpeil NAP + 6,45 m.					
	$\bar{V}_w - 2\sigma$	$\bar{V}_w - \sigma$	$\bar{V}_w$	$\bar{V}_w + \sigma$	$\bar{V}_w + 2\sigma$
U [m/s]	25,4	31,3	37,3	43,3	49,2
H <sub>s</sub> [m]	1,50	1,86	2,12	2,37	2,67
T <sub>s</sub> [s]	4,75	5,20	5,60	5,96	6,28
$\bar{T}$ [s]	3,80	4,16	4,40	4,77	5,02
R <sub>*</sub> [-]	0,0702	0,0591	0,0514	0,0457	0,0409
Q <sub>*</sub> [-]	7,11 · 10 <sup>-4</sup>	1,20 · 10 <sup>-3</sup>	1,72 · 10 <sup>-3</sup>	2,25 · 10 <sup>-3</sup>	2,81 · 10 <sup>-3</sup>
Q [m <sup>3</sup> /s]	8,29 · 10 <sup>-2</sup>	1,80 · 10 <sup>-1</sup>	3,17 · 10 <sup>-1</sup>	4,93 · 10 <sup>-1</sup>	7,32 · 10 <sup>-1</sup>
Q <sub>f</sub> [m <sup>3</sup> ]	106,95	404,60	713,11	1109,32	1647,70
Δh [m]	0,3051	0,6622	1,1669	1,8153	2,6964

Stormvloedpeil NAP + 6,05 m.					
	$\bar{V}_w - 2\sigma$	$\bar{V}_w - \sigma$	$\bar{V}_w$	$\bar{V}_w + \sigma$	$\bar{V}_w + 2\sigma$
U [m/s]	24,5	30,2	36,0	41,8	47,5
H <sub>s</sub> [m]	1,50	1,77	2,02	2,27	2,56
T <sub>s</sub> [s]	4,65	5,09	5,40	5,83	6,15
$\bar{T}$ [s]	3,72	4,07	4,30	4,66	4,92
R <sub>*</sub> [-]	0,4016	0,0055	0,0744	0,0659	0,0500
Q <sub>*</sub> [-]	1,63 · 10 <sup>-4</sup>	3,46 · 10 <sup>-4</sup>	5,03 · 10 <sup>-4</sup>	8,70 · 10 <sup>-4</sup>	1,21 · 10 <sup>-3</sup>
Q [m <sup>3</sup> /s]	1,76 · 10 <sup>-2</sup>	4,05 · 10 <sup>-2</sup>	1,00 · 10 <sup>-1</sup>	1,79 · 10 <sup>-1</sup>	2,97 · 10 <sup>-1</sup>
Q <sub>f</sub> [m <sup>3</sup> ]	39,66	109,06	226,50	402,01	660,00
Δh [m]	0,0699	0,1705	0,3691	0,6570	1,0932

overzicht berekening overslag.

Bijlage 7-1

Stormvloed peil NAP + 5.75 m.

	$\bar{V}_w - 2\sigma$	$\bar{V}_w - \sigma$	$\bar{V}_w$	$\bar{V}_w + \sigma$	$\bar{V}_w + 2\sigma$
$u$ [m/s]	23,0	29,4	35,0	40,6	46,2
$H_s$ [m]	1,44	1,70	1,93	2,19	2,48
$T_s$ [s]	4,57	5,00	5,30	5,73	6,04
$\bar{T}$ [s]	3,66	4,00	4,30	4,58	4,83
$R_*$ [-]	0,1272	0,1071	0,0935	0,0824	0,0735
$Q_*$ [-]	$4,89 \cdot 10^{-5}$	$4,26 \cdot 10^{-4}$	$2,38 \cdot 10^{-4}$	$4,01 \cdot 10^{-4}$	$6,09 \cdot 10^{-4}$
$Q$ [ $m^3/m^s$ ]	$5,00 \cdot 10^{-3}$	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$3,85 \cdot 10^{-2}$	$7,81 \cdot 10^{-2}$	$1,42 \cdot 10^{-1}$
$Q_f$ [ $m^3$ ]	11,25	37,33	86,29	175,64	318,58
$\Delta h$ [m]	0,0184	0,0611	0,1412	0,2874	0,5213

Stormvloed peil NAP + 5,35 m.

	$\bar{V}_w - 2\sigma$	$\bar{V}_w - \sigma$	$\bar{V}_w$	$\bar{V}_w + \sigma$	$\bar{V}_w + 2\sigma$
$u$ [m/s]	22,9	28,2	33,6	39,0	44,4
$H_s$ [m]	1,36	1,60	1,82	2,09	2,36
$T_s$ [s]	4,46	4,87	5,25	5,58	5,87
$\bar{T}$ [s]	3,57	3,90	4,20	4,46	4,70
$R_*$ [-]	0,1649	0,1391	0,1211	0,1065	0,0951
$Q_*$ [-]	$8,32 \cdot 10^{-6}$	$2,80 \cdot 10^{-5}$	$6,51 \cdot 10^{-5}$	$1,29 \cdot 10^{-4}$	$2,21 \cdot 10^{-4}$
$Q$ [ $m^3/m^s$ ]	$7,85 \cdot 10^{-4}$	$3,39 \cdot 10^{-3}$	$9,66 \cdot 10^{-3}$	$2,34 \cdot 10^{-2}$	$4,75 \cdot 10^{-2}$
$Q_f$ [ $m^3$ ]	1,77	7,62	21,75	52,64	106,90
$\Delta h$ [m]	0,0029	0,0125	0,0356	0,0861	0,1751

overzicht berekening overslag

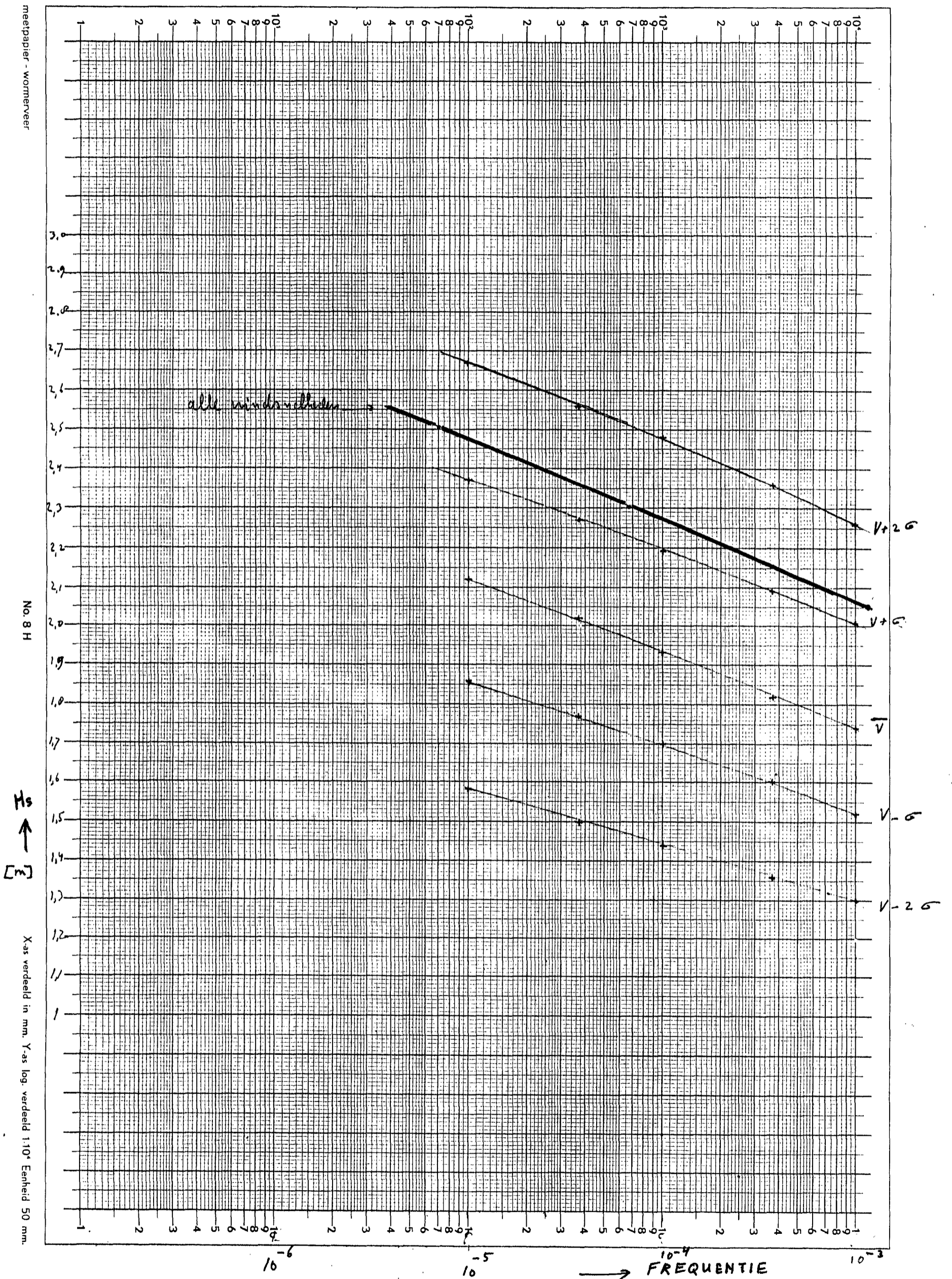
Bijlage 7-2

Stormvloed peil NAP + 5.05 m.

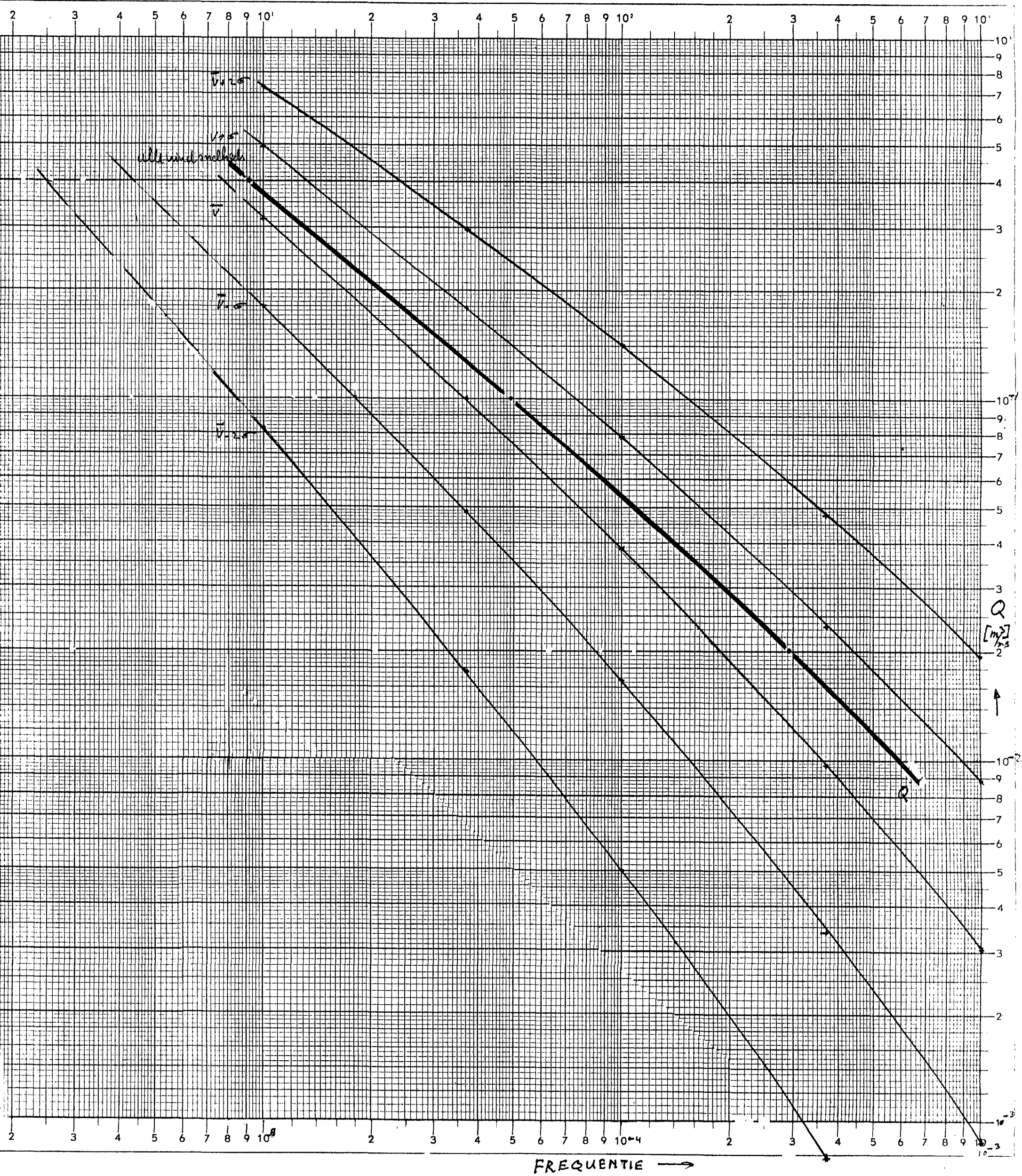
	$\bar{V}_w - 2\sigma$	$\bar{V}_w - \sigma$	$\bar{V}_w$	$\bar{V}_w + \sigma$	$\bar{V}_w + 2\sigma$
$u [m/s]$	22,1	27,3	32,5	37,7	42,9
$H_s [m]$	1,30	1,52	1,74	2,01	2,26
$T_s [s]$	4,21	4,70	5,14	5,47	5,76
$\bar{T} [s]$	3,37	3,82	4,11	4,30	4,61
$R_* [-]$	0,2036	0,1661	0,1443	0,1260	0,1129
$Q_* [-]$	$1,35 \cdot 10^{-6}$	$7,87 \cdot 10^{-6}$	$2,19 \cdot 10^{-5}$	$5,17 \cdot 10^{-5}$	$9,57 \cdot 10^{-5}$
$Q [m^3/m^s]$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$8,87 \cdot 10^{-4}$	$3,04 \cdot 10^{-3}$	$8,84 \cdot 10^{-3}$	$1,94 \cdot 10^{-2}$
$Q_f [m^3]$	0,26	2,00	6,84	19,90	43,56
$\Delta h [m]$	0,0004	0,0033	0,0112	0,0326	0,0713

overzicht berekening overslag

Bijlage 7-3

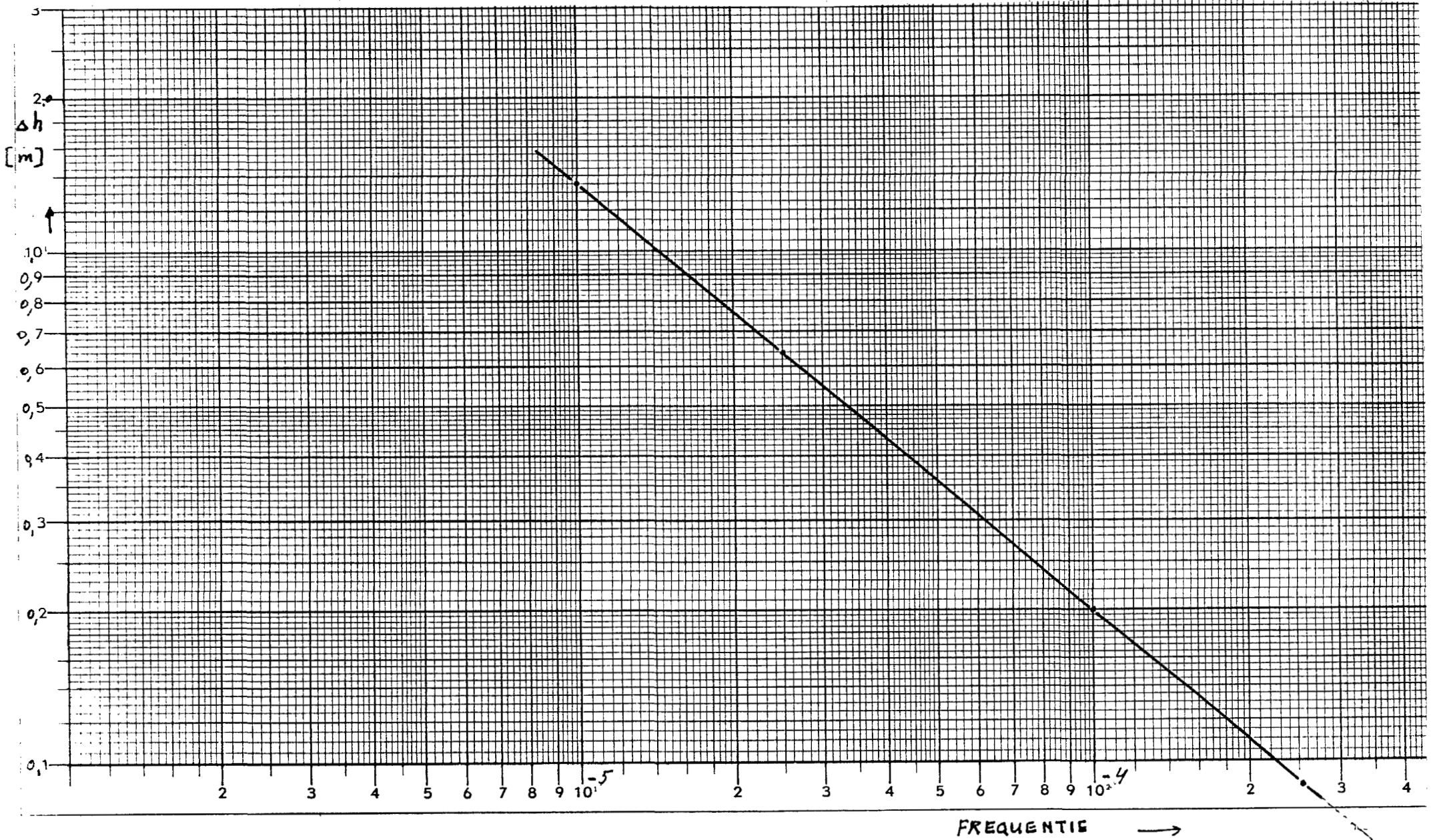


golfhoogte als functie van de overschrijdings frequentie.



overslag als functie van de overschrijdingsfrequentie

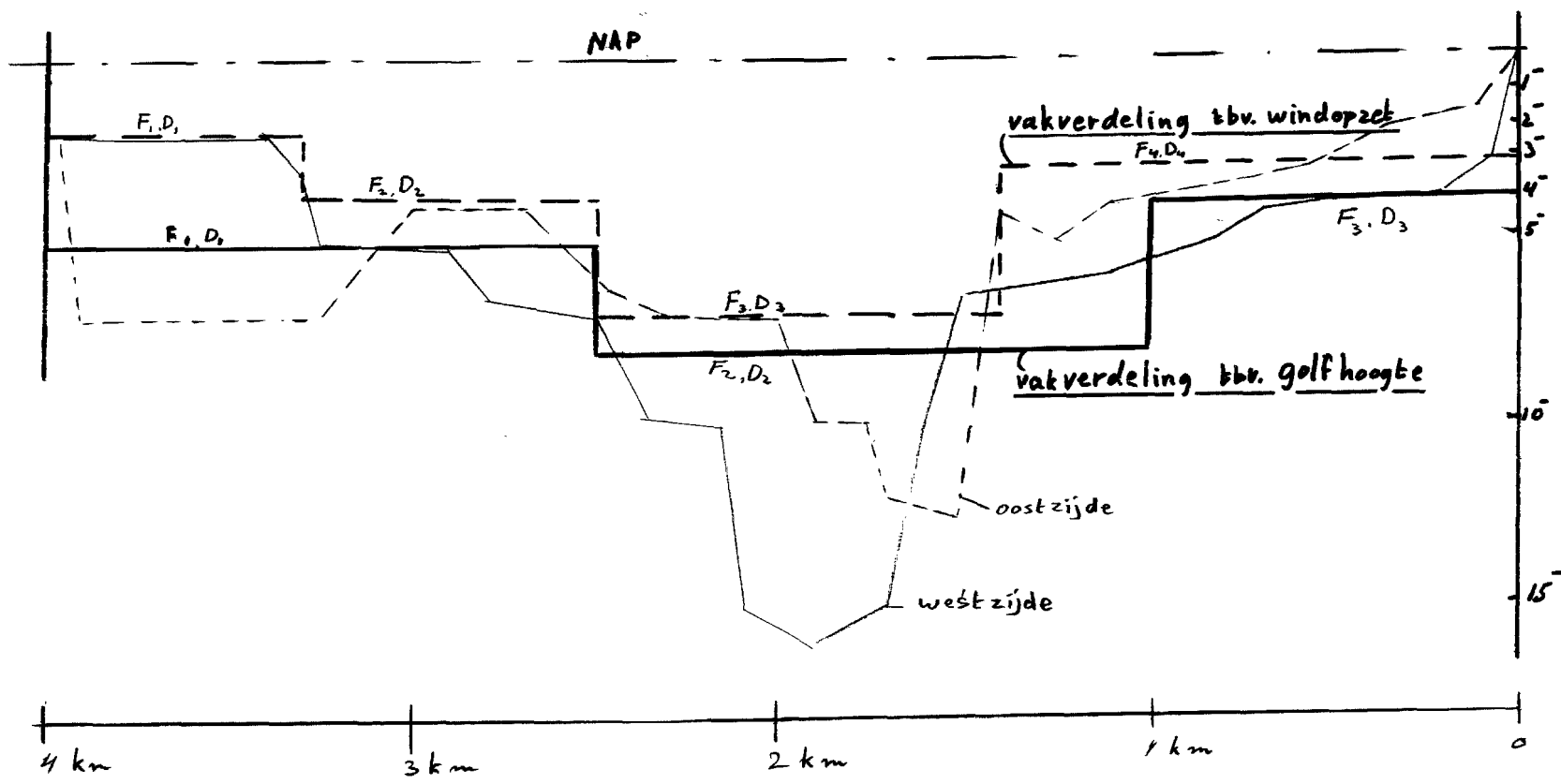
Bijlage 9



waterstands verhoging. A mskelmeer als functie van de overschrijdings frequentie

Bijlage 10





Schema vakverdeling Amstelmeer

Berekening windopzet m.b.v.  $\Delta S = \frac{3.36 \cdot 10^{-4} \cdot W^2 \cdot F}{D}$

De windopzet is apart berekend voor het kanaal en het meer. Daarna is de waterbalans in evenwicht gebracht om de hoogte van de neutrale lijn te vinden. Het verschil tussen verhoging en neutrale lijn is in de berekening ingevoerd als windopzet. De volgende formule is toegepast:  $\Delta S_{(totaal)} = 0,045 \Delta S_{(kanaal)} + 0,505 \Delta S_{(meer)}$ .

In deze formule is het verschil in breedte tussen kanaal en meer verwerkt

W[m/s]	D[m]	$\Delta S_{(kanaal)}$ [m]	$D_1$	$\Delta S_1$	$D_2$	$\Delta S_2$	$D_3$	$\Delta S_3$	$D_4$	$\Delta S_4$	$\Sigma \Delta S_{(meer)}$	$\Delta S_{(totaal)}$
33.6	5.44	0,59	2.05	0,13	3.05	0,00	7.05	0,06	3.05	0,17	0,44	0,24
35.0	5.54	0,63	2.15	0,13	3.95	0,00	7.15	0,06	3.15	0,10	0,45	0,25
36.0	5.77	0,64	2.40	0,13	4.20	0,00	7.40	0,06	3.40	0,19	0,46	0,25

$F_{\text{kanaal}} = 0,5 \text{ km}$       $F_{D_1} = 0,7 \text{ km}$       $F_{D_2} = 0,0 \text{ km}$       $F_{D_3} = 1,1 \text{ km}$       $F_{D_4} = 1,4 \text{ km}$ .

Berekening golfhoogte. met behulp van Bretschneider 1973 2<sup>nd</sup> printing

W[m/s]	$D_1$	$D_2$	$D_3$	H	Z
33,6	5,20	0,20	4,20	1,37	3,65
44,4	5,20	0,20	4,20	1,77	4,72
35,0	5,39	0,39	4,39	1,43	3,01
36,0	5,62	0,62	4,62	1,49	3,97

$F_{D_1} = 1,5 \text{ km}$

$F_{D_2} = 1,5 \text{ km}$

$F_{D_3} = 1,0 \text{ km}$ .

overzicht											
frequentie	Windsnelheid	Peil in meer	$\Delta h$ overslag	waterstand tbv windopzet	$\Delta S$ windopzet	waterstand tbv golfhoogte	Z golfloop	hoogte golfloop	keun hoogte	over hoogte	
$3.7 \cdot 10^{-4}$	$\bar{V} = 33,6 \text{ m/s}$	NAP	0,04	+ 0,04	0,24	+ 0,20	3,65	3,93	4,50	0,57	
$3.7 \cdot 10^{-4}$	$\bar{V} + 25 = 44,4 \text{ m/s}$	NAP	0,04	+ 0,04	0,24	+ 0,20	4,72	5,00		-0,50	
$10^{-4}$	$\bar{V} = 35 \text{ m/s}$	NAP	0,14	+ 0,14	0,25	+ 0,39	3,01	4,20		0,30	
$3.7 \cdot 10^{-5}$	$\bar{V} = 36 \text{ m/s}$	NAP	0,37	+ 0,37	0,25	+ 0,62	3,97	4,59		-0,09	

Berekening overhoogte Amstelmeer dijk.