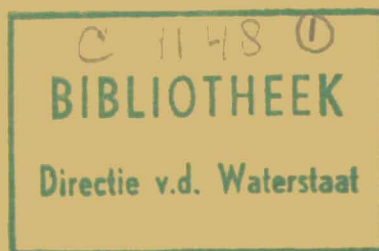


Met: 5 Bijlagen.

De frequentie van stormvloeden  
in het algemeen en van die te  
Hoek van Holland in het bijzonder.





De frequentie van stormvloeden in het algemeen en van die te Hoek van Holland in het bijzonder.

Het peil, waartoe een bepaald hoogwater op een gegeven punt langs onze kust of onze zeearmen zal stijgen, is afhankelijk van een groot aantal factoren, welke verdeeld kunnen worden in onveranderlijke en veranderlijke factoren. De onveranderlijke factoren zouden met elkaar kunnen worden genoemd de geografische invloed. Deze invloed wordt bepaald door de vorm en ligging, welke de Noordzee met de zeearmen op de topografische kaart innemen, alsmede de diepteligging van de Noordzee met de zeearmen. Zolang in de genoemde afmetingen geen noemenswaardige verandering optreedt of wijzigingen worden aangebracht, zal ook de geografische invloed op de aanwijzing van een bepaalde peilschaal geen noemenswaardige wijziging ondergaan.

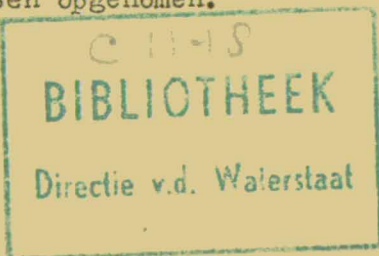
In hoeverre enigszins belangrijke veranderingen of wijzigingen van invloed zullen zijn, is in hoge mate afhankelijk van de ligging van de beschouwde peilschaal ten opzichte van de verandering of wijziging. Zo zal de afsluiting van de Zuiderzee of de afdamming van de Brielsche Maas geen merkbare invloed hebben op het peil, waartoe een bepaald hoogwater te IJmuiden stijgt. Anderzijds wordt de frequentie van de waterstanden te Harlingen wel door de afsluiting van de Zuiderzee beïnvloed en de frequentie van de waterstanden te Spijkenisse door de afsluiting van de Brielsche Maas.

Wanneer voor een zekere periode, waarover gegevens van een bepaalde peilschaal bekend zijn, de geografische invloed geen wijziging heeft ondergaan - hetgeen in het navolgende wordt verondersteld - dan zal deze invloed verder buiten beschouwing kunnen blijven.

Tot de geografische invloed zou mede gerekend kunnen worden de niveauverandering (zeespiegelrijzing en/of bodemdaling). Aan deze niveauverandering zullen verderop in deze nota nog enkele beschouwingen worden gewijd.

De veranderlijke factoren, welke van invloed zijn op het peil, waartoe op een gegeven punt een bepaald hoogwater stijgt, zijn te verdelen in twee grote groepen, namelijk de factoren, welke tezamen de astronomische invloed uitoefenen en die, welke tezamen de meteorologische invloed uitoefenen.

De astronomische invloed op een willekeurig hoogwater van een gegeven peilschaal wordt voornamelijk bepaald door de stand, welke zon, maan en aarde onderling op een bepaald tijdstip innemen. De invloed, welke deze factoren uitoefenen, is vooraf vast te stellen. In de getijtafels zijn de hoogte van hoog- en laagwater voor een groot aantal plaatsen opgenomen.





De meteorologische invloed wordt voornamelijk bepaald door de volgende factoren:

- a. de richting van de wind
- b. de kracht van de wind
- c. de duur van de wind
- d. het tijdstip van hoogwater ten opzichte van het begin van de wind
- e. de verschillen in barometerstand met niet veraf gelegen punten
- f. de afvoeren van de rivieren.

De meteorologische invloed kan worden vastgesteld door het verschil te berekenen tussen de werkelijk opgetreden hoogwaterstand en de voorspelde hoogwaterstand; derhalve door de hoogwaterstand, welke wordt aangegeven in het jaarboek der waterhoogten, te verminderen met de overeenkomstige hoogwaterstand, welke wordt aangegeven in de getijtafel.

Waarom deze invloeden afzonderlijk worden bepaald, zal nog nader worden uiteengezet. Allereerst zal evenwel worden nagegaan, in hoeverre met behulp van een frequentiekromme enig inzicht in het verloop van de frequenties van hoogwaterstanden zal zijn te verkrijgen en wat tot nog toe ten deze is gedaan.

Door het rangschikken van waarnemingen betreffende natuurverschijnselen, zoals regenval, waterafvoer en hoogwaterstanden, naar hun frequentie enerzijds en hun grootte of hoogte anderzijds, wordt een regelmatig verloopende kromme verkregen, wanneer ten minste het aantal waarnemingen voldoende groot is. Op welk een wijze een zodanige kromme verloopt, is niet van tevoren aan te geven; dit zal uit de waarnemingen moeten blijken. Zo zal, aangezien bij een bovenrivier de waterstand niet rechtlijnig verloopt met de afvoer, de frequentiekromme voor de waterstanden een andere vorm hebben dan die voor de afvoer. Wel kan worden gezegd, dat door de velerlei factoren, welke op een natuurverschijnsel van invloed zullen zijn, de frequentiekromme een regelmatig verloop zal hebben, hetgeen ook in het bovenstaande werd vermeld (de wettigheid van de grote aantallen).

Het aantal waarnemingen, dat voor het tekenen van een frequentiekromme voldoende is, zal voor het ene natuurverschijnsel of het andere zeer verschillend kunnen zijn. Natuurlijk is op het aantal, dat voldoende zal zijn, allereerst van invloed, hetgeen met de frequentiekromme wordt beoogd. Wordt namelijk nagegaan hoe het verloop van de kromme is, om en bij de gemiddelde waarde, dan zal een veel kleiner aantal waarnemingen voldoende zijn, dan wanneer om en bij de uiterste waarden de vorm van de kromme wordt onderzocht. Doch ook in het algemeen gesproken, hangt het aantal waarnemingen, dat voldoende is voor een enigszins betrouwbare frequentiekromme, niet alleen af van het verschil in de uitersten, maar ook - en dit zelfs in veel hogere mate - van het aantal van elkaar onafhankelijke factoren, welke op de grootte of het hoogtecijfer van invloed kunnen zijn.

Om zulks duidelijk te maken, zal een eenvoudig voorbeeld uit de kansrekening voldoende zijn. Met één dobbelsteen is het mogelijk zes verschillende cijfers (ogen) te werpen. Wordt nu

120 maal een worp gedaan, dan zal een vrij nauwkeurig beeld verkregen zijn van de frequentie van elk cijfer, omdat deze frequentie voor elk cijfer niet veel van  $1/6$  zal verschillen en derhalve elk cijfer gemiddeld 20 maal zal worden geworpen.

Wordt met vier dobbelstenen geworpen, dan zal het aantal worpen allereerst moeten worden verhoogd, omdat het aantal ogen, dat kan worden geworpen, van 6 op 21 is gebracht (de getallen 4 tot en met 24). Wordt dit gedaan in evenredigheid van het verschillende aantal ogen, dat kan worden geworpen, dan zal het aantal worpen  $\frac{21}{6} \times 120 = 420$  moeten bedragen. Met 4 dobbelstenen kunnen evenwel de getallen 4 tot en met 24 in totaal op  $6^4 = 1296$  verschillende manieren worden geworpen. Zouden derhalve de frequenties voor 4 dobbelstenen met dezelfde nauwkeurigheid worden onderzocht als die van één dobbelsteen, dan zou het aantal worpen moeten zijn, niet 420, maar  $1296 \times 20 = 25.920$ .

De frequentie van het getal 4 (het kleinste aantal ogen bij het werpen met 4 dobbelstenen) en van het getal 24 (het grootste aantal ogen) is voor elk 1 op 1296. Eén van dit aantal ogen zal dus bij een serie van 25.920 worpen gemiddeld slechts 20 maal verschijnen.

Het is overigens duidelijk, dat het middelste aantal ogen (14) vele malen veelvuldiger verschijnt dan de twee uiterste aantallen 4 en 24 (en ook het veelvuldigst van alle). Volgens de kansrekening is dit 146 maal. Voor het aantal ogen 13 of 15 is het 140 maal; voor 12 of 16 is het 125 maal; voor 11 of 17 is het 104 maal; voor 10 of 18 is het 80 maal en voor 9 of 19 nog 56 maal.

Zou de eis worden gesteld, dat voor een serie een aantal ogen gemiddeld 20 keer moet zijn geworpen, om voor een betrouwbare frequentiekromme in aanmerking te komen, dan zou daaraan, wanneer een serie van 420 worpen (20 keer het aantal te werpen ogen) werd genomen, het aantal ogen 9 of 19 reeds niet meer voldoen; immers voor deze ogen zou dan het gemiddelde slechts  $\frac{56}{1296} \times 420$  of ongeveer 18 keer per 420 worpen zijn. Alleen van het aantal ogen tussen 10 en 18 zou derhalve bij 420 worpen de frequentie betrouwbaar kunnen worden vastgesteld. (Zelfs indien niet werd gevraagd naar de frequentie van juist 9 of juist 19 ogen, maar naar de frequentie van het aantal ogen 8 en daarbeneden of het aantal ogen 20 en daarboven, zou een aantal worpen van 420 nog maar amper voldoende zijn om een vrij betrouwbare frequentie te verkrijgen, omdat dit aantal ogen dan gemiddeld nog slechts  $\frac{1 + 4 + 10 + 20 + 35}{1296} \times 420$  of gemiddeld nog geen 23 keer per 420 worpen zou voorkomen).

Is het derhalve de bedoeling om door middel van een frequentiekromme het gemiddelde vast te stellen en de frequentie van dit gemiddelde, dan kan met een betrekkelijk klein aantal worden volstaan. Bij het bepalen van de frequentie van stormvloeden moeten evenwel de uitersten van de hoogwaterstanden worden nagegaan en voor deze stormvloeden geldt derhalve, dat alleen

met een buitengewoon groot aantal waarnemingen deze frequentie kan worden bepaald.

Hieruit valt de conclusie te trekken, dat uit een bepaalde reeks waarnemingen slechts die groepen van standen voor het bepalen van de frequentiekromme enige waarde bezitten, wanneer deze groepen tot een behoorlijk aantal zijn waargenomen. (Met groepen van deze standen wordt hierbij bedoeld de standen begrepen tussen twee intervallen, waarvoor als regel bij waterstanden een interval van 10 centimeter wordt genomen).

Het is moeilijk vast te stellen, wat onder een behoorlijk aantal moet worden volstaan. Wel is het vanzelfsprekend zo, dat hoe groter het aantal, hoe nauwkeuriger het bijbehorende punt van de kromme. Ook zal het aantal van het voorafgaand- en van het opvolgend interval van belang zijn, om te bepalen, waar de extrapolatie een aanvang neemt.

In elk geval is het duidelijk, dat, zolang niets naders van het verloop van de frequentiekromme bekend is, voor bijvoorbeeld een 50 jarige periode de extrapolatie als regel reeds daar zal aanvangen, waar de frequentie van overschrijding kleiner wordt dan één keer per twee jaar of één keer per drie jaar.

De extrapolatie zover door te zetten als overeenkomt met de waargenomen periode gaat dan ook zonder meer reeds te ver en het is derhalve zeker niet verantwoord nog verder te gaan door frequenties te bepalen van standen, welke nog nimmer zijn waargenomen.

Door ir P.J. Wemelsfelder is in zijn artikel in het weekblad "De Ingenieur" van 1939 No. 9, Bouw- en Waterbouwkunde No. 3, uitgegaan van een gesommeerde frequentiekromme voor een 50 jarige periode van de H.W.standen te Hoek van Holland. Deze kromme is getekend op half-logaritmisch papier en wel zodanig, dat de waterstanden in horizontale richting zijn uitgezet volgens een normale schaalverdeling en de frequenties van de overschrijdingen van de waterstanden, in verticale richting volgens een logaritmische schaal.

Ir Wemelsfelder komt op grond van de getekende figuur tot het volgende:

"Het eerste, dat aandacht verdient, is de zeer regelmatige afname van de frequentie bij toenemende vloedhoogte. Er wordt op deze logaritmische schaal een praktisch nagenoeg rechtlijnig verloop der frequentiekrommen gevonden. Hoewel het empirisch karakter terdege in het oog moet worden gehouden, zo doet deze figuur toch vermoeden, dat de frequentiekromme ook boven het peil 300 à 330 m + N.A.P. aanvankelijk nog wel in dezelfde richting zal lopen."

Nu dient er de aandacht op te worden gevestigd, dat door het tekenen van waarnemingen op half-logaritmisch papier het verloop van de kromme, welke door deze waarnemingen kan worden getrokken, zeer sterk wordt vervormd. Daardoor zal een betrekkelijk klein gedeelte van de kromme sterk vergroot worden weergegeven, terwijl weer een ander gedeelte wordt verkleind. Ook hier is voor de hoge en zeer hoge standen het eerste het geval. Ir Wemelsfelder schrijft er zelf van:

"Er is daarvoor een logaritmische schaal toegepast, met het doel een ruimere voorstelling te verkrijgen van de zeer kleine aantallen, die bij de hogere peilen behoren."

Wordt nu op grond van een klein aantal en bovendien ver uit elkaar gelegen punten de vervormde kromme geconstrueerd, dan is het meestal voor de hand liggend tot een rechtlijnig verloop te besluiten. Door extrapolatie kunnen dan evenwel al spoedig grote fouten worden gemaakt, indien het verloop van de kromme niet rechtlijnig is, de kromme niet de juiste helling heeft, of indien de kromme eindig is.

Wordt thans in het licht van het bovenstaande, de geconstrueerde figuur van ir Wemelsfelder nagegaan, dan blijkt, dat, althans voor de figuur in zijn geheel, een rechtlijnig verloop zeker niet geldt. Immers voor de lagere waterstanden wijken zowel de kromme A als de kromme B van een rechte lijn af. Nog sterker komt dit niet-rechtlijnig verloop tot uiting, wanneer de krommen naar links verlengd worden tot de allerlaagste hoogwaterstanden. (Terloops zij hierbij nog opgemerkt, dat niet duidelijk is, waarom de kromme B en niet de kromme A de juiste is, doch zulks doet in dit verband niet terzake).

De getekende krommen krijgen in feite eerst een rechtlijnig verloop ongeveer boven de stand van 2.40 m + N.A.P. Maar boven deze stand blijkt de kromme, zoals in de aanvang is betoogd, geheel te komen in het onbetrouwbare gebied door een tekort aan waarnemingsmateriaal. Immers boven de stand van 2.40 m + N.A.P. is het aantal waarnemingen in de beschouwde 50 jarige periode slechts 23 geweest. Daarbij moet dan nog niet worden vergeten, dat het hier een sommatiekromme betreft, en dus alle waarnemingen boven 2.40 m + N.A.P. omvat. Het aantal waarnemingen tussen 2.40 m + N.A.P. en 2.50 m + N.A.P. was slechts 5.

Aangezien het veronderstelde rechtlijnig beloop aldaar daar begint, waar de betrouwbaarheid ophoudt, kan dus gevoegelijk de conclusie worden getrokken, dat een bewijs voor een rechtlijnig verloop hiermee allerminst geleverd is. Ook de helling van de rechte lijn zal een belangrijke afwijking van de werkelijke helling kunnen vertonen en daardoor bij extrapolatie tot grote verschillen met de werkelijkheid kunnen leiden.

In het bovengenoemde artikel wordt ook slechts gesproken van een practisch nagenoeg rechtlijnig verloop; bovendien blijkt uit nadere nota's van ir Wemelsfelder betreffende de frequentiekrommen van waterstanden, dat door hem geenszins is bedoeld om een rechtlijnig verloop in alle gevallen als vaststaand aan te nemen.

Er wordt desalniettemin hier zo uitvoerig bij stilgestaan, omdat, naar aanleiding van het geciteerde artikel van ir Wemelsfelder, in het Voorlopig Rapport van de Commissie inzake stormvloed en de benedenrivieren, een rechtlijnig verloop van de frequentiekromme van de hoogwaterstanden op een half-logaritmische schaal als de algemene eigenschap van frequentiekrommen van een natuurlijk verschijnsel wordt verondersteld en daarbij ook voor verschillende peilschalen wordt toegepast.

Nu richt mijn bezwaar zich niet zo zeer tegen het rechtlijnig interpoleren tussen enkele ver uiteen gelegen punten, doch veelmeer tegen het feit, dat deze punten op zichzelf al zeer onzeker zijn en daardoor een interpolatie gesuggereerd wordt, waar in wezen reeds sprake is van een extrapolatie. Of deze extrapolatie uitgevoerd wordt door een rechte lijn of zoals vele onderzoekers, als Gumbel, Horton, Pearson, Goodrich en anderen, hebben gedaan met bepaalde krommen doet weinig terzake; goed in het oog moet worden gevat, dat reeds wordt geëxtrapoleerd binnen het tijdsbestek, waarover de waarnemingen lopen en dat extrapoleren voor perioden groter dan het tijdsbestek, waarover de waarnemingen lopen, wel zeer onzeker is; gezwegen nog, of de kromme wel zover zal doorlopen.

Dit is dan ook de reden waarom aan de juistheid van deze extrapolatie van de daaraan vastgeknoopte beschouwingen in het bovengenoemde artikel van ir Wemelsfelder naar mijn mening alle waarde moet worden ontzegd; gezwegen nog van de bezwaren daartegen door ir Van der Breggen in zijn artikel in het weekblad De Ingenieur 1948 No. 5, Algemeen Gedeelte 5, ingebracht.

Alvorens aan te geven op welke wijze naar mijn mening wel enige meerdere nauwkeurigheid betreffende de frequenties van hoogwaterstanden in een even groot tijdsverloop als de waargenomene valt te bereiken, zullen nog enige beschouwingen worden gegeven over het onzekere, waarin men ook met het berekenen van bepaalde vormen voor de frequentiekromme komt te verkeren.

In dit verband is het wel van belang na te gaan, wat de kansrekening leert omtrent frequenties in bepaalde gevallen.

Wanneer op het optreden van een bepaald verschijnsel  $n$  gelijke factoren inwerken, welke onderling van elkaar onafhankelijk zijn en voor elk van deze factoren geldt, dat deze 1, 2, 3 -- tot en met  $p$  verschillende waarden kunnen aannemen, dan zal het aantal verschillende manieren, waarop het verschijnsel kan optreden  $p^n$  zijn, terwijl de grootte van het verschijnsel  $n$  ( $p - 1$ ) + 1 verschillende waarden zal aannemen. Dit laatste geschiedt natuurlijk alleen, wanneer het verschijnsel een voldoende aantal keren maal  $p^n$  is waargenomen.

Als voorbeeld hoe sterk reeds bij kleine waarden van  $p$  en  $n$  de frequenties uiteen kunnen lopen en kunnen stijgen, zal het werpen van een bepaald aantal ogen op verschillende wijzen nader worden beschouwd.

Allereerst wordt daartoe nagegaan, de frequentie van het werpen van 31 verschillende opeenvolgende getallen. Dit kan geschieden met 6 dobbelstenen, waarmee van 6 tot 36 ogen kan worden geworpen. Het aantal manieren, waarop deze ogen kunnen worden geworpen, is  $6^6 = 46.656$ . De frequentie van 6 of 36 ogen is nu slechts  $\frac{1}{46.656}$ ; daarentegen van 21 (het gemiddelde

aantal ogen)  $\frac{4.332}{46.656}$  of ongeveer 0.0926. Op bijlage 1 is het gehele verloop van de frequenties op half-logarithmisch papier weergegeven door de kromme (gebroken rechte) I.

Wordt evenwel een "rad van avontuur" gedacht, verdeeld in 31 gelijke vakken en genummerd van 6 tot 36 (om dezelfde ogen te verkrijgen), dan zal de frequentie, dat het wijzertje op één van de getallen komt, voor elk getal hetzelfde zijn. De frequentie voor elk der ogen 6 tot 36 is dus in dit geval  $\frac{1}{31}$  of ongeveer 0.0323. Dit geval geeft derhalve op bijlage 1 de horizontale lijn II.

Met dobbelstenen is evenwel het sterk veranderlijke in de frequenties van 31 ogen nog niet het grootst. Dit zal het geval zijn, indien gedacht wordt aan fiches, welke aan de ene zijde het getal  $\frac{1}{5}$  en aan de andere zijde het getal  $1.\frac{1}{5}$  dragen. Noemt men 30 van dergelijke fiches, dan zullen ook hiermede de ogen 6 tot 36 geworpen kunnen worden. Het valt gemakkelijk in te zien, dat nu het aantal manieren om deze ogen te werpen  $2^{30} = 1.073.741.824$  geworden is. De frequentie van de getallen 6 of 36 is nu slechts  $\frac{1}{1.073.741.824}$ , terwijl van het middelste getal 21 de frequentie  $\frac{155.117.520}{1.073.741.824}$  of ongeveer 0.1445 is. Het verloop

van de frequenties is voor dit geval weergegeven op bijlage 1 door de getrokken lijn III. (Voor zover dit ten minste bij de gekozen schalen mogelijk was: de drie hoogste en de drie laagste getallen hebben frequenties, welke op de bijlage 1 ver buiten de tekening vallen).

Wanneer nu de aandacht allereerst tot deze 3 lijnen van de bijlage 1 beperkt blijft, dan levert een vergelijking met de waarneming van de hoogwaterstanden over een periode van 50 jaar het volgende op.

Het aantal waarnemingen van de hoogwaterstanden over een periode van 50 jaar (ongeveer 35.300) komt in orde van grootte overeen met het mogelijke aantal verschillende manieren van werpen met de zes dobbelstenen; al is het laatste aantal nog ongeveer een derde groter (46.656). Zou men dus met zes dobbelstenen slechts (!) 35300 worpen doen, dan zou men van de kromme I nog maar een onregelmatig beeld krijgen. De mogelijkheid zou groot zijn, dat één uiterste waarde of de beide uiterste waarden in het geheel niet geworpen zouden worden; maar ook zou het niet onmogelijk zijn, dat één der beide uiterste waarden twee of zelfs driemaal zou worden geworpen. Voor de andere getallen zouden de afwijkingen van het gemiddelde aantal eveneens belangrijk kunnen zijn, hoewel procentueel geringer, naar mate de getallen dichter bij het middelste getal zijn gelegen.

Nog onregelmatiger zou het beeld van de kromme III zijn, indien men voor het construeren van deze kromme eveneens met 35.300 worpen zou volstaan. Om dezelfde graad van nauwkeurigheid als bij de kromme I te bereiken (of wellicht is het beter te spreken van graad van onnauwkeurigheid) zou het aantal worpen  $\frac{1.073.741.824}{46.656}$  of liefst ongeveer 23.000 maal groter moeten zijn.



De kans voor het werpen van de uiterste waarden (6 of 36) zou bij 35.300 worpen dan ook slechts 35.300 op 1.073.741.824 of ongeveer 1 op 30.000 zijn. Zelfs de kans voor het werpen van één van de hoogste 5 waarden (6, 7, 8, 9 of 10) of één van de laagste 5 waarden (36, 35, 34, 33 of 32) zou nog slechts gemiddeld ongeveer 1 zijn; dat wil dus zeggen, dat bij een serie van 35.300 worpen gemiddeld slechts één keer één van de vijf laagste en één van de vijf hoogste getallen geworpen zou worden. Daarbij zou de kans van 10 en 32 verreweg het grootst zijn, vervolgens 9 en 33, enz. Indien de aard van het spel niet bekend zou zijn, doch zonder meer de uitkomsten van 35.300 waarnemingen in tekening werden gebracht, zou een onregelmatige kromme worden verkregen, waarbij althans de regelmatigheid voor de uiterste getallen onmogelijk zou zijn vast te stellen en evenmin enige zekerheid zou bestaan, waar het begin- en eindpunt zouden liggen. Nog sterker, men zou niet kunnen onderkennen, dat er een begin- en eindpunt was, en de frequenties van deze begin- en eindpunten veel te hoog kunnen aanslaan.

De kromme I en III kunnen geen overeenkomstig beeld vertonen van de verdelingskromme van de frequenties van de hoogwaterstanden, omdat bij deze krommen, niet zoals bij de hoogwaterstanden, de factoren, welke invloed uitoefenen, alle gelijk van uitwerking zijn en elke factor de krommen symmetrisch beïnvloedt. Om ten deze de verdelingskromme van de hoogwaterstanden iets meer nabij te komen, zijn op bijlage 1 nog de krommen IV en V aangegeven.

De symmetrische kromme IV geeft de frequenties bij het gelijktijdig werpen met 2 gewone dobbelstenen en 20 fiches, welke aan de ene zijde het getal  $1/5$  en aan de andere zijde het getal  $1.1/5$  dragen. Ook hierbij varieert het aantal te werpen ogen van 6 tot 36. Het aantal verschillende worpen is, zoals gemakkelijk valt in te zien  $6^2 \times 2^{20} = 37.748.736$  en ligt derhalve tussen die van de zes dobbelstenen en die van de dertig fiches. Overigens is de vorm geheel overeenkomstig die van de kromme I en III.

De kromme V geeft de frequenties van de getallen 6 tot 36 bij het werpen met 2 dobbelstenen, waarvan elk vier zijkanten heeft met het getal 1, één zijkant met het getal 2 en één zijkant met het getal 6, benevens met 20 fiches, welke aan de ene zijde het getal  $1/5$  en aan de andere zijde het getal  $1.1/5$  dragen. Gemakkelijk valt in te zien, dat geen verschil ontstaat, indien elk fiche wordt vervangen door een dobbelsteen, waarvan drie zijkanten het getal  $1/5$  en drie zijkanten het getal  $1.1/5$  dragen. Ook zal een zelfde kromme ontstaan, indien de dobbelstenen, welke de fiches vervangen, drie zijkanten met het getal 1 en drie zijkanten met het getal 2 krijgen; alleen worden dan niet geworpen de getallen 6 tot 36, maar de getallen 22 tot 52.

Een zelfde kromme, voor de frequenties van de getallen 22 tot 52, als de kromme V vertoont voor de frequenties van de getallen 6 tot 36, zal dus ontstaan, indien geworpen wordt met 22 dobbelstenen, waarvan 2 dobbelstenen elk vier zijanten met het getal 1, één zijkant met het getal 2 en één zijkant met het getal 6 hebben, en 20 dobbelstenen elk drie zijanten met het getal 1 en drie zijanten met het getal 2.

De kromme V vertoont een onsymmetrische vorm op de wijze als ook ontstaat bij het in tekening brengen van de verdelingskromme voor de frequenties van de hoogwaterstanden. Overigens is het verloop van de kromme V even vloeiend als bij de krommen I en III; en dit niettegenstaande bij de twee abnormale dobbelstenen de getallen 3, 4 en 5 geheel ontbreken.

Bij de factoren, welke de frequenties van de hoogwaterstanden voor een bepaalde peilschaal beïnvloeden, zullen voor elke factor het verloop van de invloed op de waterstand verschillend zijn. Deze invloed zal echter gelijkmatig in grootte verlopen en niet, zoals bij de beschouwde abnormale dobbelstenen, grote hiaten vertonen. Zo zal de kracht van de wind, indien een groot aantal stormen in beschouwing wordt genomen, niet zodanig optreden, dat bijvoorbeeld geen stormen voorkomen met de windkracht van 7 tot 10, maar wel een belangrijk aantal met windkracht 6 en met windkracht 11. Evenzo zal de wind wel een zekere voorkeur voor een gedeelte van de windroos vertonen, doch niet uit een bepaalde richting in het geheel niet waaien, enz.

Verwacht mag dan ook worden, dat de verdelingskromme van de frequenties van de hoogwaterstanden, getekend op half-logarithmische schaal, een gelijkmatig vloeiend verloop zal vertonen, en wel vermoedelijk in vele gevallen evenals de getekende kromme V een verloop zonder buigpunten; derhalve met een steeds grotere helling met de horizontale lijn, naar mate de punten meer van het gemiddelde zullen zijn gelegen (Ook de bekende Gausekromme vertoont dit beeld; op half-logarithmisch papier is deze kromme een parabool).

Door het naar verhouding klein aantal waarnemingen, dat zelfs bij een vijftigjarige periode nog wordt verkregen, zal de verdelingskromme en ook de sommaringkromme, voor de zeer grote en voor de zeer kleine waarden nog onbetrouwbaar blijven. Zouden voor de waterstandsintervallen, evenals bij de kromme V, ongeveer 38 miljoen verschillende waarnemingen onder van elkaar afwijkende omstandigheden (zon- en maanstand, windkracht, windrichting enz.) mogelijk zijn, dan zou van de frequentiekromme voor de uiterste hoogwaterstanden eerst een enigszins betrouwbaar beeld kunnen worden verkregen na verloop van een waarnemingsperiode van enkele duizenden eeuwen; gesteld al, dat in deze periode de klimatologische, geophysische omstandigheden, enz. intussen niet zouden zijn gewijzigd. Dit wil dus zeggen, nimmer.

Nu staat het geenszins vast, hoe groot het aantal verschillende waarnemingen van waterstandsintervallen bij een peilschaal in het getijgebied voor het verkrijgen van een betrouwbare kromme zal moeten zijn. Het kunnen er evengood nog meer dan 38 miljoen als aanzienlijk minder dan dit getal moeten zijn. Dat het evenwel een zeer groot aantal malen 35.300 (het aantal waarnemingen van een vijftigjarige periode) zal moeten zijn, volgt wel hieruit, dat in de vijftigjarige periode 1888-1937 te Hoek van Holland geen standen zijn voorgekomen tussen 3.00 m + N.A.P. en 3.28 m + N.A.P. en zelfs geen standen tussen 2.76 m + N.A.P. en 2.96 m + N.A.P., terwijl na 1937 nog geen hogere stand is opgetreden dan 2.70 m + N.A.P. (2 Maart 1949).

In dit verband zou het, op het eerste gezicht, wel van belang zijn, indien kon worden bepaald of de frequentiekromme van de hoogwaterstanden niet tot in het oneindige mag worden verlengd en zo ja, welke de uiterste stand zou zijn. Dat de frequentiekromme niet tot in het oneindige mag worden verlengd, is wel duidelijk, wanneer men bedenkt, dat de windkracht uit de meest ongunstige richting een bepaalde, eindige sterkte niet zal kunnen overschrijden en evenzeer van beperkte duur zal zijn. Tegen een andere zienswijze verzet zich alleen al de beperktheid van de aardbol.

Het bepalen van de uiterste stand uit de afzonderlijke, van invloed zijnde factoren, leidt, voorzover dit al mogelijk is, echter tot zodanig hoge stand, dat ook dit geen oplossing kan geven. Zulks hangt hiermee samen, dat het samentreffen van alle ongunstige factoren een dergelijk abnormaal voorkomend verschijnsel zal zijn, dat het practisch gesproken tot de onmogelijkheden behoort. Of met andere woorden gezegd de frequenties voor het samentreffen van alle ongunstige factoren is zo klein, dat daarmee geen rekening behoeft te worden gehouden.

In Statistica, orgaan van de Vereniging voor Statistiek, jaargang 1 (1946-1947) blz. 139, vermeldt Drs. A.R. van de Burg op bladzijde 139 bij het bespreken van "Statistisch denken tegenover deterministisch denken" het volgende:

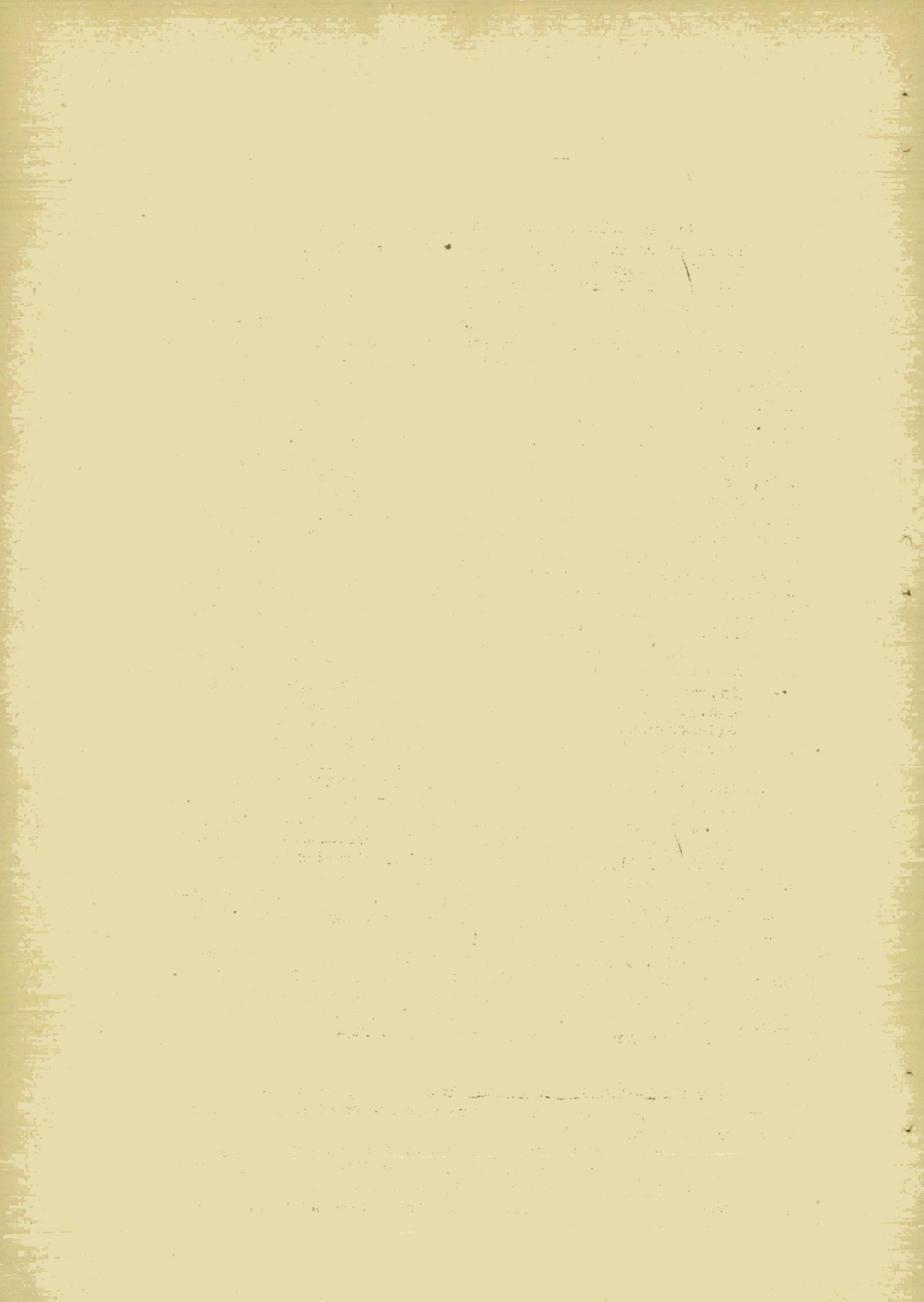
"De kans, dat er in Nederland gedurende een heel jaar uitsluitend jongens worden geboren, is ongeveer 1 op  $10^{30.000}$ .

"Onmogelijk is het echter niet!"

Inderdaad, maar toch kunnen we veilig aannemen, dat deze omstandigheid zich niet in duizendtallen van jaren zal voordoen. Zelfs niet, indien we ons bepalen tot het gedurende slechts één dag geboren worden van uitsluitend jongens; ook al is deze kans nog maar ongeveer 1 op  $10^{80}$  dagen.

Ter verduidelijking van het bovenstaande, en toepassing daarvan op de frequenties van hoogwaterstanden zij nog het volgende opgemerkt:

Laat daartoe worden uitgegaan van de veronderstelling, dat, mede op grond van het vermelde in het Voorlopig Rapport van de Commissie inzake stormvloed op de Benedenrivieren en van het Verslag van de Staatscommissie inzake buitengewoon hoge water-



standen op de Rotterdamse Waterweg, bijlage 22, ertoe zou kunnen worden besloten om aan te nemen, dat geen grotere opwaaiing (stuwing) te Hoek van Holland zal kunnen voorkomen dan 2,82 m en dat deze stuwing gemiddeld één keer, een uur lang, in de 30 jaar zal optreden. Aangezien het hoogste astronomische hoogwater te Hoek van Holland (zonder rekening te houden met stuwing) 1.34 m + N.A.P. is, zou dan de hoogste stand kunnen worden  $2.82 + 1.34 = 4.16$  m + N.A.P.

Omdat de hoogste astronomische stand slechts éénmaal in de ongeveer 15 jaar voorkomt, zou met de bovengenoemde veronderstelling de hoogste stand gemiddeld slechts éénmaal in de ongeveer  $24 \times 365 \times 30 \times 15$  of globaal 4 miljoen jaar voorkomen. Praktisch zou daar derhalve geen rekening mee behoeven te worden gehouden.

Iets anders zou het nog zijn, indien rekening werd gehouden met ongeveer de gemiddelde astronomische hoogwaterstand van  $0.88$  m + N.A.P., welke ongeveer 320 maal per jaar wordt overschreden. Uit hoofde van de grootste stuwing zou dan de stand van  $2.82 + 0.88 = 3.70$  m + N.A.P. met één keer in  $\frac{24 \times 365 \times 30}{320}$

globaal 800 jaar worden overschreden. Bij deze frequentie zou nog dienen te worden opgeteld het aantal frequenties, dat zou voorkomen van stuwingen gelegen tussen 2.72 en 2.82 m met astronomische hoogwaterstanden tussen 0.98 m en  $0.88$  m + N.A.P., van stuwingen gelegen tussen 2.62 en 2.72 m met astronomische hoogwaterstanden tussen 1.08 m en  $0.98$  m + N.A.P., enz. tot stuwingen gelegen tussen 2.36 en 2.42 m met astronomische hoogwaterstanden tussen 1.34 en 1.28 m + N.A.P. Globaal genomen zal men dan vermoedelijk komen op een frequentie voor de stand van  $3.70$  m + N.A.P. van gemiddeld éénmaal in de 300 jaar.

Intussen moet men de gegevens van dit gedeelte alleen zien als een verduidelijking van hetgeen in het algemeen werd opgemerkt, namelijk

- 1e. dat met een hoogst bereikbare stand geen rekening behoeft te worden gehouden, omdat de frequentie daarvan te verwaarlozen klein is;
- 2e. dat veeleer gepoogd moet worden om de frequentie van overschrijding van abnormaal hoge standen zo nauwkeurig mogelijk te bepalen, ten einde op deze wijze tot een aanvaardbare hoogste stand te besluiten.

Uit vorenstaande beschouwingen moge zijn gebleken, dat enkel met het verwerken van de afgelezen waarnemingen uit een langdurige periode van bijvoorbeeld 50 jaar niet een frequentiekromme kan worden gevonden, welke voor de uiterste standen van een zodanige periode betrouwbare frequenties oplevert; nog daargelaten, dat deze frequentiekromme betrouwbare gegevens zal kunnen verlenen voor standen met nog geringere frequenties. De kromme mag derhalve zeker niet buiten de betreffende periode zonder meer worden doorgetrokken. Ook dan niet, wanneer daartoe allerlei formules worden toegepast, omdat de constanten van deze formules op onbetrouwbare frequenties worden gebaseerd. Hoe <sup>minder</sup> ~~weinig~~ frequent, des te geringer zal de betrouwbaarheid van de frequentie van deze waarnemingen zijn. Om het nog op een andere wijze uit te drukken: het is

geenszins zeker, dat de hoogste stand van een vijftigjarige periode in een volgende vijftigjarige periode niet belangrijk hoger of belangrijk lager zal zijn en of derhalve deze stand als de maatgevende voor een zodanige periode zal kunnen gelden. Indien in plaats van de vijftigjarige periode van 1888 tot 1937 genomen werd de vijftigjarige periode van 1900 tot 1949, dan zou de hoogst waargenomen stand te Hoek van Holland in plaats van 3.28 m + N.A.P. geworden zijn 3.00 m + N.A.P.

Op welke wijze zal nu enige meerdere mate van betrouwbaarheid voor de frequentie van de uiterste standen van een bepaalde waargenomen periode kunnen worden gevonden?

Dit zal mogelijk zijn, indien voor elke willekeurige hoogwaterstand nauwkeurig kan worden bepaald de uitwerking, welke twee of liefst nog meer onafhankelijke invloeden op een bepaalde hoogwaterstand hebben gehad. Ten aanzien van deze onafhankelijke invloeden is allereerst gedacht aan de reeds in de aanvang van deze nota genoemde astronomische invloed en meteorologische invloed.

Het staat wel vast, dat deze twee invloeden onafhankelijk van elkaar werkzaam zijn, in dien zin, dat een bepaalde onderlinge stand van zon, maan en aarde in een zelfde seizoen geen invloed zal hebben op windrichting, windkracht enz. Evenwel zou het mogelijk kunnen zijn, dat deze twee afzonderlijke invloeden (astronomische en meteorologische) niet onafhankelijk van elkaar werkzaam zouden zijn bij het tot stand komen van een bepaald hoogwater. Het zou met name kunnen zijn, dat bij een laag astronomisch hoogwater de opwaaiing, veroorzaakt door een volkomen dezelfde meteorologische invloed, groter zou zijn dan bij een hoog astronomisch hoogwater. Dergelijke factoren zullen wel degelijk van niet te verwaarlozen invloed kunnen zijn; in het onderstaande zal daarop nog worden teruggekomen. Reeds hier zij echter opgemerkt, dat, indien een zodanige invloed wordt verwaarloosd, de frequentie van hoge hoogwaterstanden te hoog zal worden gevonden en van lage hoogwaterstanden te laag, waardoor derhalve voor hoge hoogwaterstanden aan de veilige kant wordt gebleven door deze invloed te verwaarlozen.

Door van elke hoogwaterstand uit het Jaarboek der Waterhoogten af te trekken de voor hetzelfde getij voorspelde hoogwaterstand uit de getijtafel wordt de "op- of afwaaiing" gevonden, welke, met bovengenoemde restrictie, geldt voor een zelfde meteorologische invloed bij elk willekeurig hoogwater. (In den vervolge wordt in deze nota verstaan onder "opwaaiing" het reeds genoemde verschil tussen waargenomen hoog- of laagwaterstand, en voorspelde hoog- of laagwaterstand, indien dit verschil positief is en onder "afwaaiing", wanneer het bedoelde verschil negatief is; in beide gevallen onverschillig of de bedoelde hoogwaterstanden nauwkeurig in tijd overeenstemmen of soms uren verschillen. Onder "stuwing", hetzij positief of negatief zal worden verstaan het op een gegeven tijdstip opgetreden verschil in waargenomen en voorspelde waterstand).

Worden voor een bepaalde periode de gegevens van de jaarboeken en van de getijtafels uitgewerkt, dan kan derhalve voor die periode worden getekend een verdeelkromme voor de astrono-

mische standen en een zelfde kromme voor de op- en afwaaiing. De laatste kromme moet -en dit geldt vooral voor de uiterste standen- nauwkeuriger zijn dan de kromme voor de hoogwaterstanden uit het Jaarboek der Waterhoogten, omdat de op- en afwaaiingen zijn ontstaan van de toevallig voorgekomen wisseling in hoogte van de astronomische stand. Worden vervolgens de twee verdeelkrommen (astronomische en meteorologische) samengesteld tot een nieuwe verdeelkromme en daaruit weer een nieuwe sommeringskromme, dan is daarmee, zoals vanzelf spreekt, een nauwkeuriger sommeringskromme voor de hoogwaterstanden gevonden dan met alleen de standen uit het Jaarboek der Waterhoogten kan worden samengesteld.

Voor de 51 jarige periode van 1 Januari 1898 tot 31 December 1948 is van de registrerende peilschaal te Hoek van Holland voor elk hoogwater opgetekend de waargenomen stand (volgens het Jaarboek der Waterhoogten) en de astronomische stand (volgens de getijtafel) en is daaruit bepaald het verschil, hetwelk derhalve aangeeft de op- of afwaaiing. Begonnen is met het jaar 1898, omdat van dit jaar af eerst getijtafels van een aantal belangrijke peilschalen bepaald zijn.

Bovendien zijn op dezelfde wijze bepaald de op- en afwaaiing bij alle laagwaterstanden van de overeenkomstige periode, ten einde na te kunnen gaan, of en in hoeverre de opwaaiingen bij hoogwater lager zijn dan bij laagwater. Verwacht werd evenwel, dat ten deze nog andere invloeden werkzaam zouden zijn. Hierbij werd allereerst gedacht aan het niet sinusoidaal verloop van de astronomische getijkromme te Hoek van Holland, waardoor bij laagwater het water veel langer om en bij hetzelfde peil blijft (de agger) dan bij hoogwater. Daardoor zal bij opwaaiing de laagwaterstand langeretijd gelegenheid hebben om samen te treffen met de hoogste of nagenoeg hoogste stuwung van een storm dan de hoogwaterstand. Ook dit zal dus een frequent er samentreffen met een grote opwaaiing kunnen veroorzaken.

Een derde reden, welke bij een laagwater een groter opwaaiing zou kunnen veroorzaken, zou zijn, dat bij laagwater de **ebstrom** ongeveer in tegengestelde richting werkt van de stormstreek voor opwaaiing, terwijl bij hoogwater beide juist in ongeveer dezelfde richting werken, waardoor dus bij de meer binnenwaarts gelegen peilschaal te Hoek van Holland de opwaaiing bij hoogwater lager zou zijn dan aan de open kust ter plaatse en bij laagwater hoger.

Ten einde te trachten om ten aanzien van deze vraagpunten nog iets meer inzicht te krijgen, werden gelijktijdig met het berekenen van de bovengenoemde gegevens voor Hoek van Holland de overeenkomstige gegevens bepaald voor de peilschaal te Vlissingen. Bij deze peilschaal is het verschil tussen eb en vloed aanzienlijk groter, waardoor de verschillende invloed van opwaaiing bij hoogwater of laagwater groter zou moeten zijn dan aan de peilschaal te Hoek van Holland. Daarentegen heeft de astronomische getijkromme te Vlissingen een meer sinusoidaal verloop, waardoor de kans van samenvallen met een grootste stuwung voor hoogwater niet minder zou zijn dan voor laagwater. De meer binnenwaartse ligging met eveneens sterke eb- en vloedstromen te Vlissingen zou weer tot nog grotere verschillen van opwaaiing aanleiding kunnen geven dan te Hoek van Holland.

Het merkwaardige feit deed zich nu voor, dat voor Hoek van Holland de verschillen in de opwaaiing bij de extreme standen van hoogwater vergeleken bij die van laagwater belangrijk kleiner waren dan voor Vlissingen.

Doch dit niet alleen; de verschillen in de opwaaiing bij de extreme standen voor hoogwater vergeleken met die voor laagwater, waren bij Hoek van Holland zo gering, dat slechts een betrekkelijk kleine fout in ongunstige zin (wat het hoogwater betreft) gemaakt zal worden, indien voor de frequenties van de opwaaiingen bij extreme standen voor hoogwater genomen wordt het gemiddelde van deze frequenties voor hoogwater en laagwater tezamen.

Het bijkomend voordeel van deze samenvoeging is dan nog, dat, als het ware, verkregen wordt de op- en afwaaiing van de hoogwaterstanden van 102 jaar, in plaats van 51 jaar.

Gezien het feit, dat de aldus verkregen frequenties van de opwaaiingen, op de in het bovenstaande uiteengezette wijze, in combinatie gebracht kunnen worden met de juiste frequenties van de wisselvallige astronomische stand, zullen de berekende frequenties van de hoogwaterstanden een hogere graad van nauwkeurigheid krijgen dan de waargenomen hoogwaterstanden en als het ware het resultaat zijn van, niet een enkele 50-jarige periode, maar van meerdere 50-jarige perioden.

Op bijlage 2 zijn voor Hoek van Holland de gegevens van de opwaaiingen van 1898-1948 verwerkt. Daartoe zijn allereerst voor de onderste figuur de frequenties van de overschrijdingen, zowel voor hoogwater als voor laagwater gecombineerd, met punten aangegeven en daar zo goed mogelijk een vloeiend verlopende lijn (III) doorgetrokken. Verder zijn op deze bijlage bij II afzonderlijk aangegeven de frequenties van de overschrijdingen voor de opwaaiingen bij hoogwater en bij I de frequenties van de overschrijdingen voor de opwaaiingen bij laagwater, terwijl bij beide dezelfde lijn is ingetekend als bij III is geconstrueerd. Daaruit valt wel op te maken, dat de lijn bij II vermoedelijk, althans voor de frequenties van de opwaaiingen boven 1.80 m, een gunstiger verloop zal hebben en dat, indien niettemin deze lijn wordt aangehouden, ten volle rekening is gehouden met de nadelige invloed op de hoogwaterstanden bij verbetering van de mond van de Waterweg. Hierop zal nog nader worden teruggekomen.

Bezien we thans dezelfde gegevens voor Vlissingen. Deze zijn aangegeven op bijlage 3, zonder evenwel, zoals op bijlage 2, de schaal voor de frequenties voor de op- en afwaaiing bij hoogwater ten opzichte van die bij laagwater te verschuiven. Er blijkt uit, dat de frequenties van de overschrijdingen van de hoogste opwaaiing bij hoogwater belangrijk afwijken van die van laagwater en dat hetzelfde in omgekeerde zin geldt voor de afwaaiingen.

Zowel door de punten van de gesommeerde op- en afwaaiingen voor de hoogwaterstanden als voor die van de laagwaterstanden is een, voorlopig als meest waarschijnlijk te achten, kromme getrokken. Niet onmogelijk is, dat deze krommen bij overeenkomstige verdere berekeningen en beschouwingen, als in deze nota nog voor Hoek van Holland worden toegepast, enige veranderingen zullen ondergaan. Aangezien met deze nota alleen wordt beoogd een algemeen bruikbare werkwijze aan te geven en de toepassing



daarvan op de hoogwaterstanden voor Hoek van Holland, zal van verdere nadere uitwerkingen ten aanzien van de peilschaal van Vlissingen of van andere peilschalen in deze nota worden afgezien.

Een nog hogere graad van nauwkeurigheid zou kunnen worden bereikt, indien niet, zoals in het bovenstaande, zou worden volstaan met het bepalen van de frequenties van de opwaaiingen bij hoog- en bij laagwater, maar nauwkeurig zou worden vastgesteld het aantal uren, dat de stuwingen een bepaalde hoogte zouden hebben overschreden. Daartoe zouden dan voor alle stormen uit de ongunstige windhoek de stuwingen moeten worden nagegaan. Dit is voor enkele van de ongunstigste stormen bepaald. Alvorens daarop nader in te gaan dient evenwel als bezwaar te worden vermeld, dat voor een bepaald geval de stuwingen niet zo nauwkeurig zijn vast te stellen, omdat een kleine afwijking in de te construeren astronomische getijkromme reeds betrekkelijk grote afwijkingen in de opgetreden stuwing teweeg brengt. Bovendien zijn de zeer grote stuwingen hoge uitzonderingen, waardoor dus ook de uurfrequenties, berekend uit een zodanige stuwkromme, vrij onzeker zijn. Niettemin is uit vergelijking van de grootst bereikte hoogten van enkele stuwingen, welke onafhankelijk van elkaar zijn bepaald door de Staatscommissie, inzake buitengewoon hoge waterstanden op de Rotterdamsche Waterweg (zie tabel III bladzijde 442 en 443 van het Verslag), en door de Algemene Dienst, gebleken, dat de onderlinge verschillen niet bijzonder groot zijn. In onderstaand staatje zijn deze verschillen bij enkele hoge vloed en voor Hoek van Holland vermeld.

Stormvloed van	Stuwing I (bepaald door Staatscommissie)	Stuwing II (bepaald door Algemene Dienst)	Vershil I-II
23 December 1894	± 2.66 m	± 2.73 m	- 0.07 m
23 Januari 1895	2.64 "	2.62 "	+ 0.02 "
29 November 1897	2.28 "	2.30 "	- 0.02 "
3 Februari 1898	2.20 "	2.07 "	+ 0.13 "
30 December 1904	2.23 "	1.98 "	+ 0.25 "
7 Januari 1905	2.24 "	2.34 "	- 0.10 "
12 Maart 1906	2.13 "	2.08 "	+ 0.05 "
" " "	2.15 "	2.18 "	- 0.03 "
21 Februari 1907	2.26 "	2.21 "	+ 0.05 "
13 Januari 1916	2.80 "	2.78 "	+ 0.02 "

Opgemerkt dient hierbij nog te worden, dat naar dezerzijdse mening de door de Staatscommissie bepaalde stuwing van 30 December 1904 op een vergissing moet berusten, omdat de tijd van astronomisch hoogwater en opgetreden hoogwater vrijwel samen vielen, terwijl de opwaaiing (bij hoogwater) 1.93 m was. Schakelen we deze onderlinge vergelijking uit, dan is de middelbare afwijking ongeveer 6<sup>5</sup> cm.

Verder moet nog worden opgemerkt, dat de stuwing van 23 December 1894 in geen van beide gevallen nauwkeurig kon worden

bepaald, omdat even voor het bereiken van de hoogste stand de registratie uitviel en daardoor het verloop en de grootste hoogte van de stuwung slechts op vrij willekeurige wijze uit het verondersteld verloop van de waterstand valt te construeren; vandaar het  $\pm$  teken bij de stuwungen van 23 December 1894.

Een ander bezwaar, dat aan de zo juist genoemde methode verbonden is, vormt het vrij omvangrijke werk, hetgeen voor elk bepaald geval moet worden verricht, terwijl men daarna nog niet volkomen zeker is of aan een ogenschijnlijk niet belangrijk geval wel voldoende aandacht is gewijd. Vandaar dan ook, dat alleen van de 18 stormen met belangrijke stuwungen na 1890, welke zijn onderzocht, alleen diegene in onderstaande staat zijn opgenomen, welke een stuwung hadden van meer dan 2.30 m, ten einde nagenoeg zeker te zijn, dat in het tijdvak tussen 1890 en 1950 geen andere stormen met hogere stuwung dan 2.30 m zijn voorgekomen. Het zijn de volgende:

Stuwung te Hoek van Holland

Datum	uren boven 2.30m	uren boven 2.40m	uren boven 2.50m	uren boven 2.60m	uren boven 2.70m	hoog- ste stuwung	Tijdstip hoogste stuwung ten op- zichte van H.W. of L.W.
23 December 1894	3.9	3.3	2.8	2.1	1.1	2.73 m	2 uur na H.W.
23 Januari 1895	3.3	2.6	1.8	0.6	-	2.62 m	3 uur na H.W.
7 Januari 1905	0.8	-	-	-	-	2.34 m	bij L.W.
13 Januari 1916	4.9	4.2	3.3	2.4	1.4	2.78 m	1.5 uur na L.W.
	en	en				en	
	3.-	1.1	-	-	-	2.42 m	2 uur na H.W.
7 April 1943	1.3	0.4	-	-	-	2.43 m	bij L.W.
4 Februari 1944	0.8	-	-	-	-	2.39 m	1.2 uur na L.W.
2 Maart 1949	1.7	0.9	-	-	-	2.45 m	1.5 uur na L.W.
tezamen	19.7	12.5	7.9	5.1	2.5		

Uit deze gegevens valt allereerst te besluiten, dat de frequenties voor de stuwungen boven 2.30 m ongeveer volgens dezelfde, nagenoeg meetkundige reeks afnamen als de opwaaiingen onmiddellijk daarbeneden en dat nog geen hogere stuwung is geconstateerd dan ongeveer 2.80 m.

Verder moet worden opgemerkt, dat in de beschouwde 60-jarige periode twee betrekkelijk dicht bijeen gelegen ongunstige stormen voorkomen, waarbij de waterstand tot nagenoeg 2.80 m werd opgestuwd, namelijk 1894 en 1916. Voorzover valt na te gaan, is het vrijwel zeker, dat tot 1825 moet worden teruggedaan, alvorens een ongunstige storm met een zo grote stuwung zal zijn voorgekomen en dat ook in de periode gelegen tussen 1825 en 1894 de stuwungen slechts een paar malen een grootste hoogte van 2.40 m à 2.50 m zullen hebben bereikt.

Aldus beschouwd is het dan ook vrijwel zeker, dat de in de tabel vermelde stuwungen zullen gelden voor een langere periode dan 60 jaar.

Nu zijn de frequenties van de stuwingen te herleiden tot frequenties van de opwaaiingen door te overwegen, dat het tijdsverloop tussen twee hoogwaters afgerond 12.4 uur bedraagt. De uit bovenstaande tabel af te leiden frequenties voor de opwaaiingen zouden dus aan de reeds bepaalde kromme voor de opwaaiingen (bijlage 2) geheel aansluiten, indien zou mogen worden aangenomen, dat de stuwingen van de tabel gelden voor een 100 jarige periode, hetgeen gelet op de bovengenoemde beschouwingen wel aannemelijk is te achten.

Overigens moet worden opgemerkt, dat de wijze, waarop de kromme voor de opwaaiingen wordt geëxtrapoleerd van betrekkelijk geringe invloed is op de frequentie van de berekende standen tot ongeveer 3.50 m + N.A.P. en dat het feit, of al dan niet nog hogere stuwingen zullen kunnen ontstaan bij dergelijke exceptioneel hoge standen van meer invloed zal blijken te zijn.

Vandaar dat op bijlage 2 de sommeringskromme voor de frequenties bij IV met een gestippelde lijn is verlengd tot 2.80 m, terwijl daarbij de punten van de, volgens de tabel herleide, opwaaiingen zijn aangegeven.

Op bijlage 4 is met lijn I aangegeven de verdelingskromme voor de frequenties van de opwaaiingen, welke uit de sommeringskromme is afgeleid. Tevens is op deze bijlage de verdelingskromme voor de frequenties van de astronomische hoogwaterstanden aangegeven, zoals deze uit de getijtafels van 1898 tot 1948 zijn bepaald.

In tabelvorm was het resultaat, het volgende:

boven N.A.P.	aantal	in procenten
van 1.30 m tot en met 1.33 m	19	) 1.5
van 1.20 m tot 1.30 m	516	
van 1.10 m tot 1.20 m	1842	5.1
van 1.00 m tot 1.10 m	4415	12.3
van 0.90 m tot 1.00 m	7441	20.7
van 0.80 m tot 0.90 m	8476	23.5
van 0.70 m tot 0.80 m	6622	18.4
van 0.60 m tot 0.70 m	3951	11.-
van 0.50 m tot 0.60 m	1961	5.4
van 0.40 m tot 0.50 m	627	1.7
van 0.30 m tot 0.40 m	119	) 0.4
van 0.26 m tot 0.30 m	3	

Er blijkt dus uit, dat het astronomisch hoogwater te Hoek van Holland schommelt tussen de uitersten van 0.26 m + N.A.P. tot 1.33 m + N.A.P., terwijl praktisch alleen rekening behoeft te worden gehouden met een schommeling tussen 0.35 m + N.A.P. en 1.25 m + N.A.P.

Alvorens nu aan te geven, op welke wijze de aldus berekende invloeden weer zijn gecombineerd tot een frequentiekromme voor de stormvloedten te Hoek van Holland, dienen nog nader te worden bezien een tweetal factoren, welke op de berekende invloeden een storende werking zullen hebben -of zullen kunnen hebben- uitgeoefend; namelijk de invloed van de stroom in de mond van de Waterweg en de niveauverandering, ontstaan door bodemdaling en/of zeespiegelrijzing.

Allereerst dan de invloed van de stroom in de mond van de Waterweg. Het valt daarbij niet te ontkennen, dat tijdens hoogwater nog een aanzienlijke vloedstroom de Waterweg intrekt, waardoor de stand aan de meer binnengaats dan de mond gelegen peilschaal lager zal zijn dan geheel buitengaats. Bij laagwater is de toestand juist omgekeerd, omdat dan nog een ebstroom de Waterweg uittrekt. Door het uitvoeren van verbeteringswerken zal de toestand ongunstiger kunnen worden in dien zin, dat de verlagende werking op de hoogwaterstand en evenzo de verhogende werking op de laagwaterstand kleiner zal worden. Bij het vaststellen van de opwaaiingskromme is echter in feite reeds met de gehele verlagende werking op de hoogwaterstand rekening gehouden, omdat bij de opwaaiingen (zie lijn III van bijlage 2) geen onderscheid is gemaakt tussen een opwaaiing bij hoogwater of een opwaaiing bij laag water.

Bovendien moet nog worden bedacht, dat het verminderen van een verlagende werking op de hoogwaterstand, bij lange na niet, een zelfde verhoging van de hoogwaterstand te Maassluis, Vlaardingingen of Rotterdam zal teweegbrengen. Deze verhogende invloed zal meer binnenwaarts sterk verminderen.

Ook overigens zullen verbeteringswerken aan de Rotterdamse Waterweg betrekkelijk geringe invloed op de stormvloedenuitoeefenen, zoals de beschouwingen en de becijferingen uit dat verslag van de Staatscommissie inzake buitengewoon hoge waterstanden op de Rotterdamse Waterweg aantonen. Geconcludeerd mag daarom wel worden, dat de frequentielijn van de opwaaiingen van bijlage 2, ook na het uitvoeren van verbeteringswerken, eerder nog aan de hoge kant zal zijn.

Ten aanzien van de niveauverandering, ontstaan door bodemdaling en/of zeespiegelrijzing, dient allereerst te worden opgemerkt, dat deze voor de betrekkelijk korte duur van de in de frequentielijn beschouwde periode, waarbij alleen met afwijkingen van het gemiddelde zou moeten worden rekening gehouden, te gering is om een waarneembare invloed op het verloop of de ligging van deze lijn uit te oefenen.

Een ander geval is nog, of voor de toekomst met een bepaalde niveauverandering dient te worden gerekend. Daarbij moet allereerst worden bedacht, dat de niveauveranderingen niet van plaats tot plaats dezelfde zijn en dat deze evenmin recht evenredig zijn met een beschouwde tijdsduur. Nauwkeuriger omschreven geldt, dat van plaats tot plaats de niveauverandering verschillend zal kunnen zijn (breukvlakken en aardbewegingen in de bodem), terwijl in de loop der tijd schoksgewijze niveauveranderingen of veranderingen met veranderlijke snelheid kunnen optreden. Vandaar dat waarnemingen gebaseerd op tijdperken van meer dan een eeuw, gezwezen nog van onnauwkeurigheden in de waarneming, verkeerde aannamen of andere niet ter zake doende invloeden voor het hier beschouwde doel van weinig of geen waarde zijn.

Er blijven dan nog over de resultaten van de peilschaalwaarnemingen zelf en die van de nauwkeurigheidswaterpassingen. Hiervan zijn de peilschaalwaarnemingen, voor hetgeen wordt beoogd, eveneens nog te onnauwkeurig, omdat de gemiddelde stand, ook dan wanneer deze wordt bepaald over een tijdsverloop van bijvoorbeeld 10 jaar, nog te veel van toevallige factoren als meer of minder ongunstige opwaaiingen en geringe wijzigingen in de

astronomische standen afhankelijk is, om voldoende nauwkeurig te kunnen worden bepaald.

Waarnemingen van nauwkeurigheidswaterpassingen zijn thans nog niet in voldoende mate voorhanden, omdat eerst bij de laatste nauwkeurigheidswaterpassing van het gehele land een voldoende aantal, over het gehele land verspreid liggende, ondergrondse merken zijn geplaatst, welke derhalve nog geen enkele maal opnieuw zijn gewaterpast, laat staan enige malen. Overigens zullen deze waarnemingen alleen de grootte van relatieve bodemveranderingen kunnen doen vaststellen en zullen deze geen uitsluitel geven omtrent dat deel van de niveauverandering, hetgeen betrekking heeft op zeespiegelrijzing of -daling.

Uit dit alles valt derhalve te concluderen, dat, mede door de geringe grootte en het onregelmatige van de niveauverandering, geen voorspelling of althans nu nog geen voorspelling valt te doen over de niveauverandering. Het komt mij voor, dat de meest gewenste methode ten deze zal zijn, om telkens na verloop van 10 of 25 jaar de hoogte van de hoogwaterkerende dijken opnieuw systematisch te waterpassen en daarbij tevens zo nauwkeurig mogelijk het verloop van de zeespiegel na te gaan met behulp van de peilschaalwaarnemingen. Zodoende zou naar mijn mening kunnen worden afgezien van de overigens vrij willekeurig vast te stellen evenredig met de tijd verloopende niveauverandering.

Na het vorenstaande zal met enige korte uiteenzettingen, over de wijze van vaststelling van de sommeringskromme voor de frequenties van de stormvloedstanden uit de verdelingskromme voor de frequenties van de opwaaiingen en de verdelingskromme voor de frequenties van de astronomische standen, kunnen worden volstaan.

Het valt gemakkelijk in te zien, dat de frequentie van de waterstanden gelegen tussen bijvoorbeeld 2.65 m + N.A.P. en 2.75 m + N.A.P. kan worden bepaald, door de frequentie van de opwaaiingen tussen 1.40 m en 1.50 m te vermenigvuldigen met het percentage van de astronomische hoogwaterstanden, waarbij de astronomische stand is gelegen boven 1.20 m + N.A.P., vervolgens de frequenties van de opwaaiingen tussen 1.50 m en 1.60 m te vermenigvuldigen met het percentage van de astronomische hoogwaterstanden gelegen tussen 1.10 m + N.A.P. en 1.20 m + N.A.P., en zo voort tot de frequenties van de opwaaiingen tussen 2.30 m en 2.40 m zijn vermenigvuldigd met het percentage van de astronomische hoogwaterstanden beneden 0.40 m + N.A.P. De som van de aldus berekende frequenties, gedeeld door 100, zal tenslotte de frequentie opleveren van de hoogwaterstanden tussen 2.65 m + N.A.P. en 2.75 m + N.A.P.

Op deze wijze zijn de frequenties voor intervallen van 10 cm bepaald voor de hoogwaterstanden tussen 2.05 m + N.A.P. en 3.55 m + N.A.P. Bij het laatste interval van 3.45 m + N.A.P. tot 3.55 m + N.A.P. moest daarbij nog van de veronderstelling worden uitgegaan, dat de lijn voor de opwaaiingen nog regelmatig tot tenminste 3.10 m zal doorlopen, terwijl overigens bleek, dat een zodanige stuwing, gezwegen nog van een zodanige opwaaiing, uit de bekende gegevens niet kon worden afgeleid.

Wordt nu verder aangenomen, dat de frequenties ook voor de intervallen boven 3.55 m + N.A.P. regelmatig volgens een zelfde afnemende, meetkundige reeks zal verlopen als voor de hoogste intervallen, dan is zodoende de frequentielijn te bepalen voor de

hoogwaterstanden van 2.05 m + N.A.P. tot 3.55 m + N.A.P.

De uitkomsten zijn aangegeven op bijlage 5 (lijn II en III tot 3.30 m + N.A.P. en lijn I tot 3.60 m + N.A.P.). Bij I zijn mede aangegeven de punten van de frequenties van de werkelijk opgetreden hoogwaterstanden uit de periode van 1888 tot 1937 en bij II de punten van de frequenties van de werkelijk opgetreden hoogwaterstanden uit de periode van 1888 tot 1948. Er blijkt uit, dat vooral voor deze langere periode de frequenties van de opgetreden hoogwaterstanden zeer bevredigend met de berekende frequenties overeenstemmen.

Uit de berekende lijn I blijkt, dat, indien de verdelingskromme van de frequenties voor de opwaaiingen volgens een afnemende meetkundige reeks, ook voor zeer hoge opwaaiingen, zou kunnen worden doorgetrokken, de frequentie voor de stormvloeden boven 3.60 m + N.A.P. ongeveer 1 per 400 jaar zou zijn. Daarbij wordt dan van de veronderstelling uitgegaan, dat opwaaiingen tot een hoogte van ongeveer 3.20 m mogelijk zullen zijn en dit terwijl tot nog toe geen grotere opwaaiing is geconstateerd dan 2.38 m (December 1894) en zelfs geen grotere stuwving dan 2.80 m (Januari 1916).

Zou daarentegen van de veronderstelling worden uitgegaan, dat deze grootste geconstateerde stuwving zou kunnen gelden als grootste, bereikbare opwaaiing en de verdelingskromme voor de opwaaiingen een overeenkomstige afbuiging zou vertonen, dan zou de frequentie voor de stormvloeden boven 3.60 m + N.A.P. in plaats van ongeveer één keer per 400 jaar, ongeveer één keer per 800 jaar worden en de frequenties voor de stormvloeden boven 3.70 m + N.A.P., enz. vrij spoedig tot de praktisch onbereikbare mogelijkheden gaan behoren.

Wordt voorts bedacht, dat de frequentielijn voor de opwaaiingen nabij 2.40 m vermoedelijk ook reeds aan de hoge kant zal zijn, dan is een stormvloed van 3.60 m + N.A.P. voor Hoek van Holland wel als een uiterst bereikbare mogelijkheid voor de eerste tientallen van jaren te beschouwen.

Alvorens te besluiten dienen nog enige algemene opmerkingen te worden gemaakt.

Ofschoon te Hoek van Holland de stormvloed van December 1894 aanzienlijk hoger is geweest dan de stormvloed van Januari 1916 (3.28 m + N.A.P. en 3.- m + N.A.P.), was de opwaaiing slechts 7 cm hoger (2.38 m en 2.31 m) en de stuwving vermoedelijk zelfs enkele centimeters lager in plaats van hoger (volgens de Staatscommissie 14 cm en volgens de Algemene Dienst 5 cm). Ook dit wijst erop, dat nadere ontleding van de stormvloeden in opwaaiingen en stuwvingen uiteindelijk tot betere resultaten bij de berekening van de frequenties zal voeren dan alleen de bepaling van de frequenties uit de opgetreden standen.

Voorts geeft dit een aanwijzing, dat, voor de meer binnenwaarts gelegen peilschalen, de stormvloedstanden niet met behulp van een formule zullen kunnen worden afgeleid uit de meer zee-waarts gelegen peilschalen.

Enkele van de hoogste stormvloedstanden na 1888 zijn in chronologische volgorde vermeld in de onderstaande tabel voor Hoek van Holland, Rotterdam, Willemstad en Dordrecht. De hoogten zijn aangegeven in meters boven N.A.P.

Datum	Hoek van Holland	Rotterdam	Willemstad	Dordrecht	twee dagen eerder te Lobith
9 Februari 1889	2.76	3.01	3.38	3.22	11.20
22 December 1894	3.28	3.17	3.62	3.21	9.83
23 Januari 1895	2.62	2.68	2.91	2.77	12.90
7 December 1895	2.68	2.79	3.05	2.93	10.17
19 Juni 1897	2.52	2.78	3.50	2.96	11.80
29 November 1897	2.68	2.73	3.24	2.90	9.05
30 December 1904	2.96	2.87	3.39	2.87	8.92
12 Maart 1906	2.97	2.98	3.57	3.27	14.02
13 Januari 1916	3.00	3.31	3.62	3.43	13.29
26 November 1928	2.96	2.99	3.68	3.27	11.56
1 December 1936	2.74	2.76	3.23	2.94	11.20
6 December 1940	2.65	2.90	3.28	3.15	11.24
7 April 1943	2.68	2.78	3.61	2.95	10.58
26 Januari 1944	2.67	2.81	3.22	2.88	10.26
23 Februari 1946	2.56	2.76	3.30	3.10	12.77
1 Maart 1949	2.70	2.80	3.32	2.93	8.99

Uit deze cijfers wordt wel de indruk verkregen, dat de afvoeren van de bovenrivier betrekkelijk weinig invloed hebben op de hoge stormvloedstanden te Dordrecht en te Rotterdam, dat ook de rivierverbeteringen daar niet veel invloed op zullen hebben uitgeoefend, terwijl de windomstandigheden (al dan niet draaien van de wind tijdens de stormperiode, de duur van de stormperiode en de tijdstippen van hoogwater te Hoek van Holland en Willemstad ten opzichte van de stormperiode) in belangrijke mate mede bepalend zullen zijn geweest voor de hoogte van het water te Rotterdam ten opzichte van Hoek van Holland en voor die te Dordrecht ten opzichte van Willemstad en Hoek van Holland.

Het schijnt dan ook wel wenselijk, dat behalve voor Willemstad ook voor Rotterdam en Dordrecht een onderzoek naar de frequenties van de hoogwaterstanden wordt ingesteld op de wijze als in deze nota omschreven, terwijl dan tevens nog aandacht wordt gewijd aan de gelijkertijd optredende standen te Hellevoetsluis, Gorinchem en Schoonhoven.

Ook voor het definitief vaststellen van de frequenties voor Vlissingen zal het gewenst zijn eveneens de frequenties na te gaan van de stormvloedstanden van enkele peilschalen langs de Westerschelde (Breskens, Terneuzen, Hansweert, Bath).

Eerst wanneer het onderling verband tussen de peilschaalstanden van een bepaald gebied op de omschreven wijze grondig zal zijn nagegaan, zal het mogelijk zijn om de resultaten van een laboratoriumonderzoek of een, volgens een bepaalde methode, nader uitgevoerde berekening, voldoende kritisch te beoordelen.

De afsluiting van de Brielse Maas zal de mogelijkheid bieden om bij exceptioneel hoge vloed en enige verlaging van de waterstanden langs de Rotterdamsche Waterweg tot stand te brengen door het inlaten

van water op het afgesloten gedeelte over de dam in de Botlek. Dat zou natuurlijk alleen bij overschrijding van zeer hoge standen moeten geschieden en alleen dan, wanneer een betekende verlagings in een vrij groot gebied het gevolg zou kunnen zijn. Nagegaan zal daartoe dienen te worden, of volstaan zou kunnen worden met het maken van een vaste overlaat ter hoogte van (om de gedachte te bepalen) omtrent 3 m + N.A.P. of dat een, liefst geheel automatisch werkend, systeem van kleppen noodzakelijk zou zijn, hetgeen eerst in werking zou treden bij een nog hogere stand, maar dan met, van stonde aan, grotere capaciteit. Wanneer de sluis te Nieuwe Sluis in dat geval, eveneens automatisch, wordt gesloten, zal veilig een grote watermassa kunnen worden geborgen. Aangezien de exceptionele stand hoogstens slechts een paar uur zal kunnen optreden, zal het inlaten zodanig kunnen worden geregeld, dat de stand binnen de afsluiting niet bijzonder hoog zal kunnen worden.

Vanzelfsprekend zal door het vollopen -hetgeen intussen gemiddeld slechts één keer in de 30 of wellicht de 100 jaar zal behoeven op te treden- sterke verzouting ontstaan van het water binnen de afsluiting. Door krachtig spuien zal dit euvel vrij spoedig kunnen verholpen. Hoewel ook overigens verschillende andere nadelen zullen kunnen optreden, zullen deze belangrijk minder zijn dan de rampen, welke ontstaan bij doorbraken tengevolge van het overlopen van dijken langs de Waterweg.

Een nog grotere verlaging van exceptionele standen langs de Waterweg zou kunnen worden bereikt, wanneer bij afsluiting van de Hollandsche IJssel ook daar de afsluitdam van een overlaat zou worden voorzien.

Indien daarenboven het Haringvliet over een bepaalde lengte zou worden afgesloten, zou het, door het maken van een overlaat op de binnenwaarts gelegen afsluitdam, wellicht mogelijk zijn de exceptionele standen nabij Dordrecht en omgeving eveneens betekend te verlagen.

De methode, zoals in deze nota ontwikkeld, om de frequenties van een bepaald verschijnsel samen te stellen uit de frequenties van twee afzonderlijke invloeden, zal eveneens kunnen worden toegepast op de uitkomsten van regenwaarnemingen. Wanneer de frequenties van de grootte van de regenval voor één dag van een bepaald station over een voldoende aantal jaren zullen zijn bepaald, ~~zullen kunnen~~ worden berekend de frequenties van de grootte van de regenval voor twee achtereenvolgende dagen, voor drie achtereenvolgende dagen, enz.; in het algemeen genomen voor n achtereenvolgende dagen. En dit niet alleen op veel snellere wijze dan het bepalen uit de waarnemingen, maar ook met grotere nauwkeurigheid.

In dit verband zal het een grote vooruitgang betekenen om gebruik te kunnen maken van de uitkomsten van pluviografen. Door met behulp van deze uitkomsten frequenties te bepalen van de grootte van de regenval per uur of per half uur, zullen nauwkeurige frequentiekrommen kunnen worden samengesteld voor de dagelijkse regenval en voor de n daagse regenval.



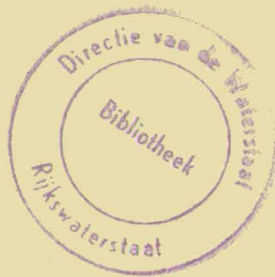
Resumerende valt het volgende te concluderen:

- 1e. het aantal waarnemingen van de hoogwaterstanden aan een registrerende peilschaal voor een 50- of 60-jarige periode is onvoldoende om daaruit de frequenties van de hoogste standen te bepalen, omdat niet met voldoende zekerheid valt vast te stellen, in hoeverre de beschouwde periode van de gemiddelde zal afwijken;
- 2e. enige meerdere nauwkeurigheid kan worden bereikt door de waargenomen waterstanden te splitsen in de voorspelde standen volgens de getijtafels en de daarbij opgetreden verschillen -nog aangevuld met de bepaling van de stuwingen bij enkele van de ongunstigste stormen-, waarna vervolgens de daaruit gevonden frequentiekrommen weer worden samengesteld tot een frequentiekromme voor de optredende hoogwaterstanden;
- 3e. de zekerheid, dat een bepaalde hoogwaterstand nimmer zal worden overschreden, is niet vast te stellen, doch wel zal met behulp van de bepaalde gegevens een beter inzicht zijn te verkrijgen, in hetgeen redelijkerwijs als risico valt toe te laten;
- 4e. een waterstand te Hoek van Holland van 3.60 m + N.A.P. zal, gebaseerd op ongunstige veronderstellingen, gemiddeld één keer per 400 jaar worden overschreden, terwijl, indien gunstiger veronderstellingen worden gedaan een waterstand te Hoek van Holland boven 3.60 m + N.A.P. gemiddeld één keer per 800 jaar zal kunnen optreden en voor overschrijding van nog hogere standen de frequenties zeer snel verder zullen afnemen;
- 5e. voortgezette waarneming en nader onderzoek van alsdan optredende zeer hoge stuwingen zal kunnen leiden tot het verkrijgen van een hogere graad van nauwkeurigheid voor de frequentie van exceptionele standen, waarbij tevens kan worden nagegaan of betekenende niveauverandering heeft plaats gehad en of door uitgevoerde verbeteringswerken eventueel herziening van de bepaalde frequentiekromme gewenst is;
- 6e. niet alleen voor andere aan de kust gelegen waarnemingspunten, doch ook voor meer binnenwaarts gelegen plaatsen zal bepaling van de frequenties, als in de nota omschreven, tot een meer bruikbare kromme leiden dan alleen uit de waargenomen peilschaalstanden zal kunnen worden bepaald;
- 7e. het is wenselijk een nader onderzoek in te stellen, of, door het laten vollopen van reeds afgesloten of nog af te sluiten waterbekkens betekenende vermindering van de frequenties van exceptioneel hoge standen kan worden verkregen voor gevaarlijk hoogwater langs de benedenrivieren;
- 8e. de in de nota ontwikkelde methode zal in sommige gevallen eveneens toepassing kunnen vinden bij het bepalen van de frequenties van andere statistische gegevens. Zo zal het mogelijk zijn om uit dagelijkse of uurwaarnemingen van de regenval voor een bepaald station nauwkeuriger en sneller de frequentiekromme voor de n daagse regenval te vinden dan uit de verwerking van de rechtstreeks bepaalde waarnemingen.

's-Gravenhage, Januari 1951.

De Hoofdingenieur-Directeur,

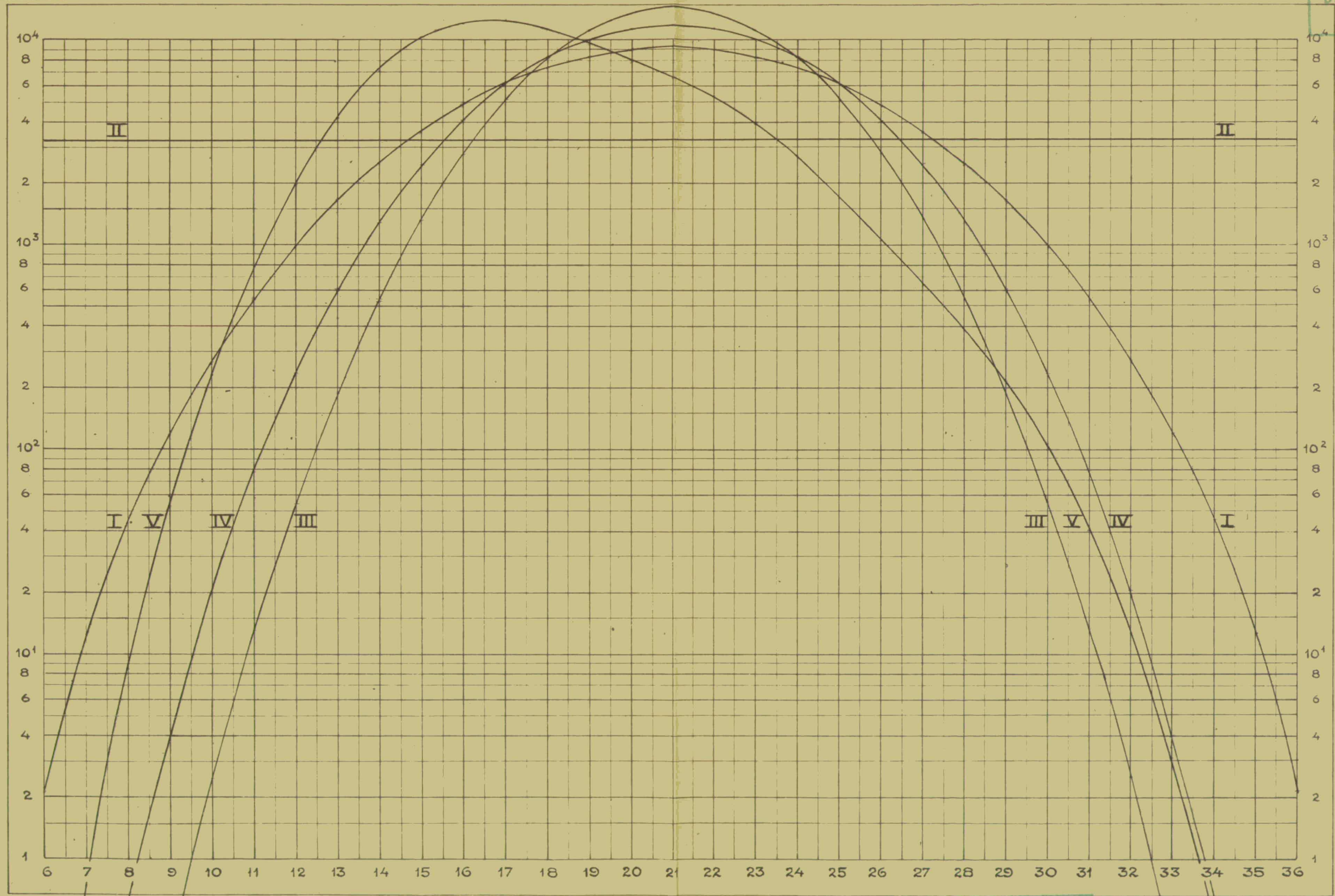
F. VOLKER.



C 1148  
BIBLIOTHE K  
Directie v.d. Waterstaat

C1148  
BIBLIOTHEEK  
Directie v.d. Waterstaat

# FREQUENTIES PER 100.000 WORPEN (VERDELINGSKROMMEN)



C 1148  
BIBLIOTHE K  
Directie v.d. Waterstaat

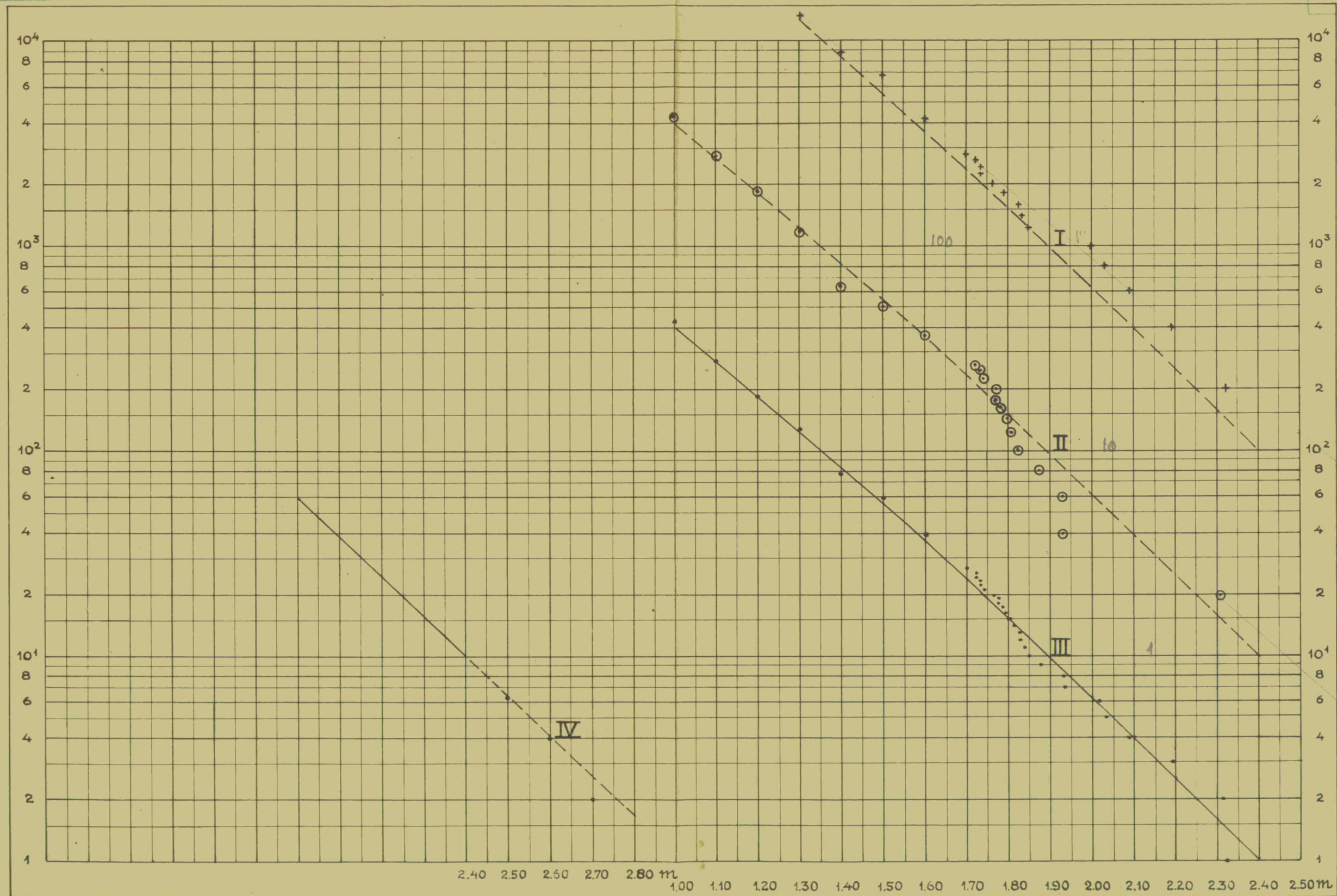
C1148  
 BIBLIOTHEEK  
 Directie v.d. Waterstaat

HOEK VAN HOLLAND

BJLAGE 2  
 C1148  
 Directie v.d. Waterstaat

FREQUENTIE OPWAAIINGEN  
 PER 102 JAAR  
 (SOMMERINGSKROMME)

I BIJ LAAGWATER  
 II BIJ HOOGWATER  
 III BIJ HOOG-EN LAAGWATER



VOOR IV IN-  
 PLAATS VAN  
 10<sup>4</sup> TE LEZEN 1

VOOR IV IN-  
 PLAATS VAN  
 1 TE LEZEN 10<sup>-1</sup>

VOOR I IN-  
 PLAATS VAN  
 10<sup>4</sup> TE LEZEN 10<sup>2</sup>

VOOR I IN-  
 PLAATS VAN  
 10<sup>3</sup> TE LEZEN 10<sup>1</sup>  
 EN VOOR II  
 TE LEZEN 10<sup>2</sup>

VOOR I IN-  
 PLAATS VAN  
 10<sup>2</sup> TE LEZEN 1  
 EN VOOR II  
 TE LEZEN 10<sup>1</sup>

VOOR II IN-  
 PLAATS VAN  
 10<sup>4</sup> TE LEZEN 1

C1148  
 BIBLIOTHEEK  
 Directie v.d. Waterstaat

C 1148  
 BIBLIOTHEEK  
 Directie v.d. Waterstaat

FREQUENTIES PER 51 JAAR

- BJ H.W.
- BJ L.W.

VOOR AFWAAIINGEN LAGER DAN :

VLISSINGEN

OP- EN AFWAAIINGEN  
 (SOMMERINGSKROMMEN)

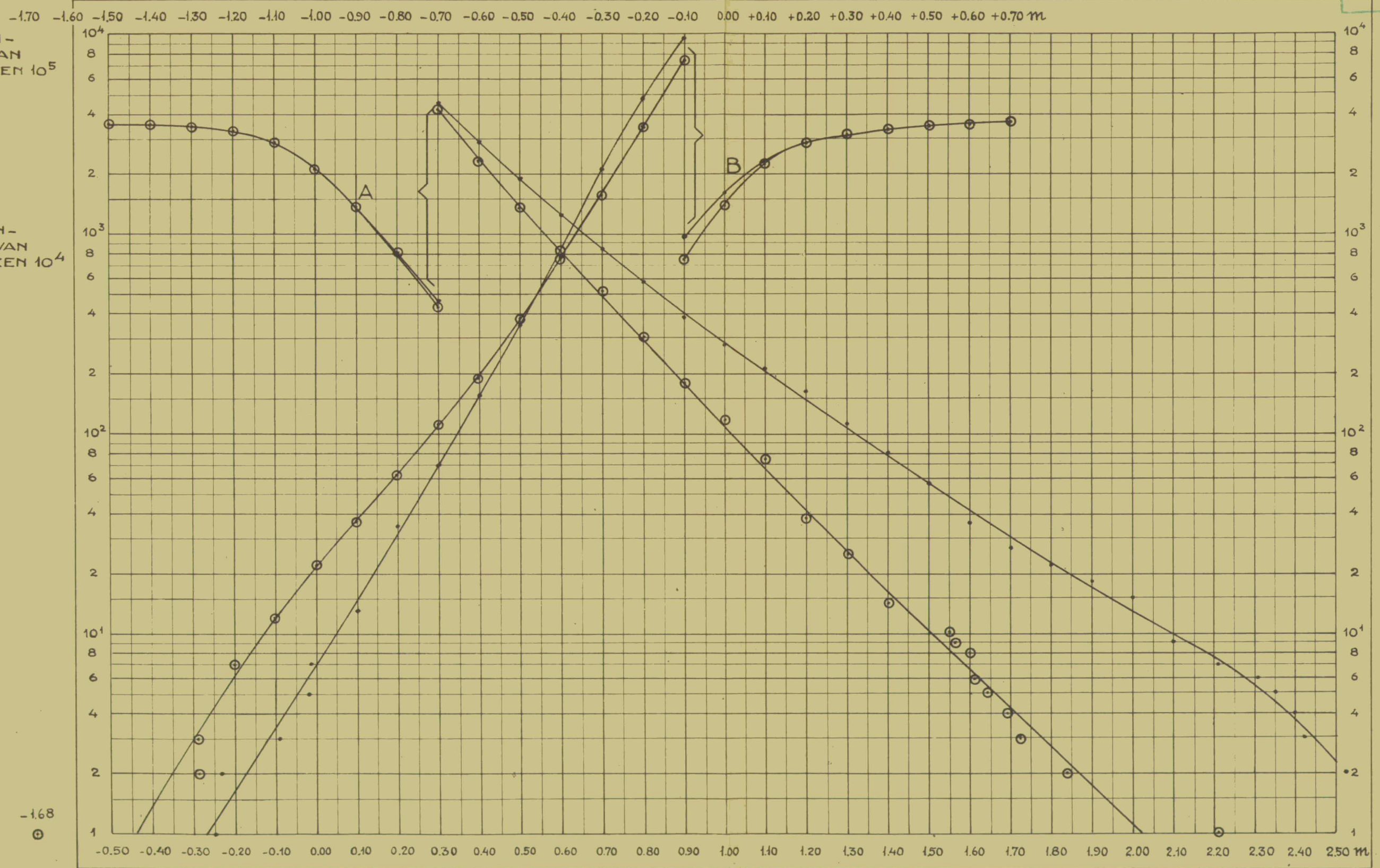
BJLAGE 3  
 C 1148  
 BIBLIOTHEEK  
 Directie v.d. Waterstaat

VOOR A IN-  
 PLAATS VAN  
 $10^4$  TE LEZEN  $10^5$

VOOR A IN-  
 PLAATS VAN  
 $10^3$  TE LEZEN  $10^4$

VOOR B IN-  
 PLAATS VAN  
 $10^4$  TE LEZEN  $10^5$

VOOR B IN-  
 PLAATS VAN  
 $10^3$  TE LEZEN  $10^4$

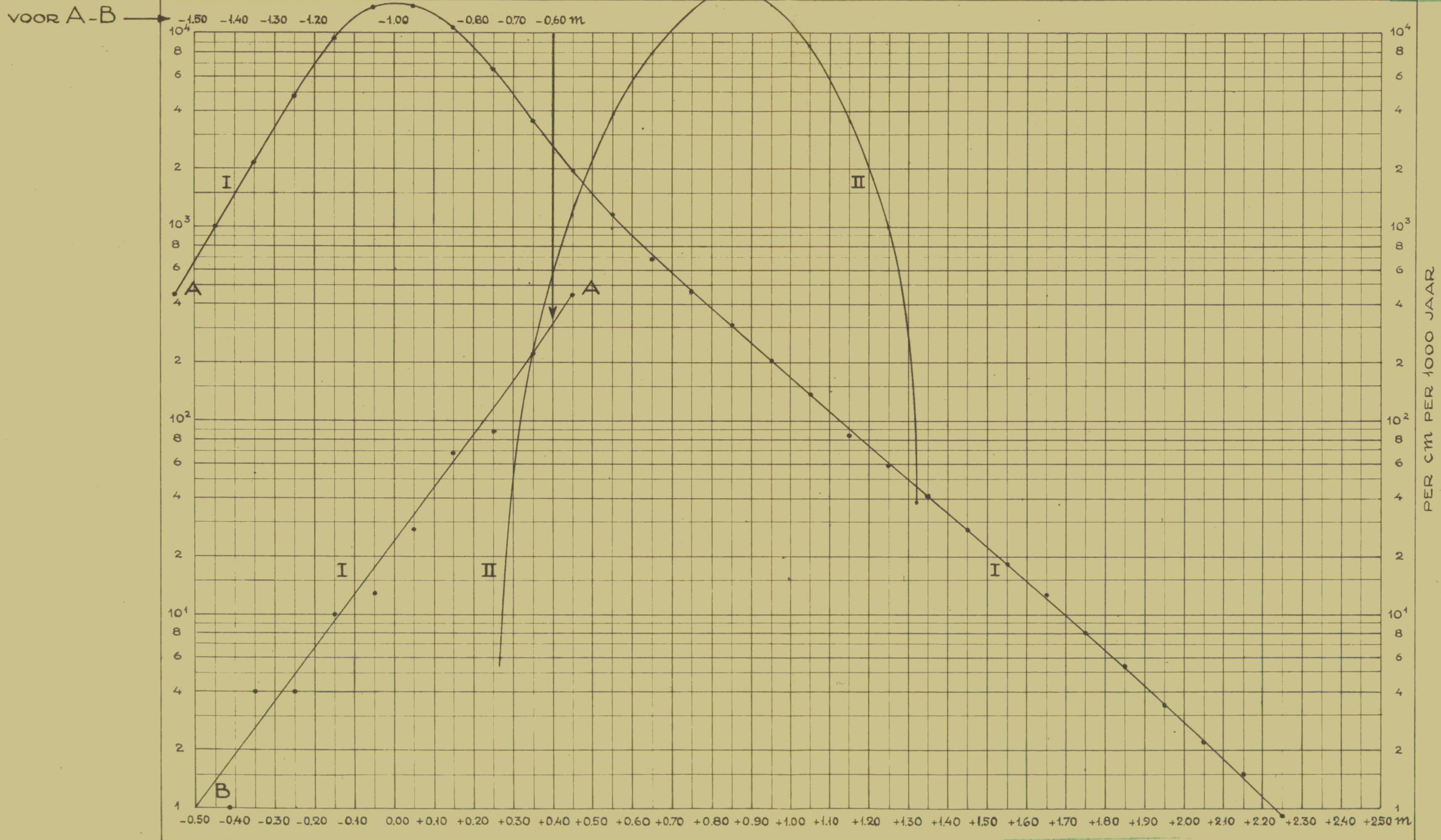


-1.68  
 ○

VOOR OPWAAIINGEN HOGER DAN :

C 1148  
 BIBLIOTHEEK  
 Directie v.d. Waterstaat

- I VERDELINGSKROMME VAN DE FREQUENTIES VAN DE OP- EN AFWAAIINGEN
- II VERDELINGSKROMME VAN DE FREQUENTIES VAN DE ASTRONOMISCHE HOOGWATERSTANDEN IN M + N.A.P.

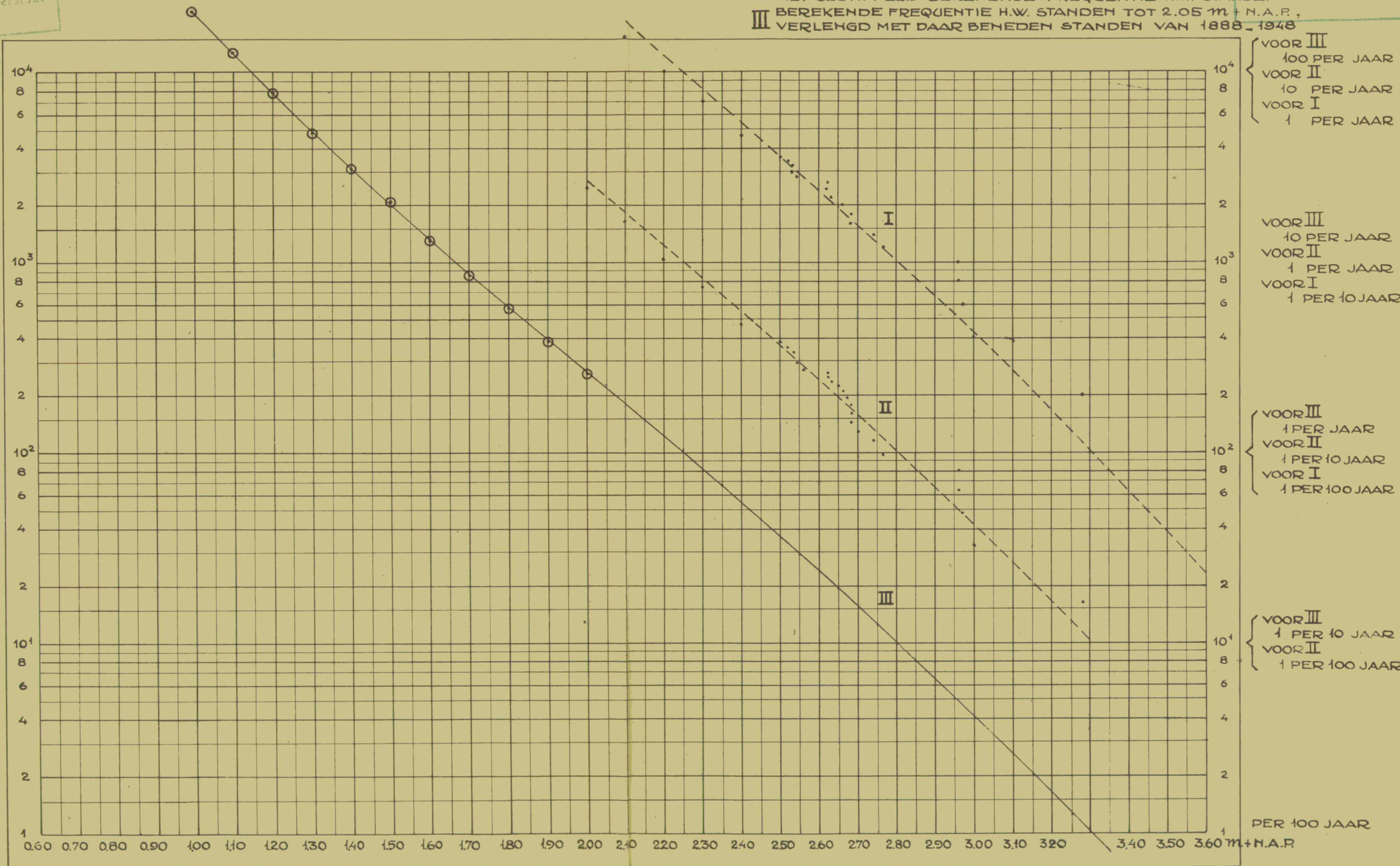


C1140  
BIBLIOTHEEK  
Directie v.d. Waterstaat

HOEK VAN HOLLAND

BIJLAGE 5  
BIBLIOTHEEK  
C1140  
Directie v.d. Waterstaat

- I PUNTEN 1888-1937  
MET GESTIPPELD BEREKENDE FREQUENTIE H.W. STANDEN
- II PUNTEN 1888-1949  
MET GESTIPPELD BEREKENDE FREQUENTIE H.W. STANDEN
- III BEREKENDE FREQUENTIE H.W. STANDEN TOT 2.05 m + N.A.P.,  
VERLENGD MET DAAR BENEDEN STANDEN VAN 1888-1948



C1148  
BIBLIOTHEEK  
Directie v.d. Waterstaat