54e JAARGANG
NUMMER 9

DE INGENIEUR

8 MAART 1939
B. 31

B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 3.

Wetmatigheden in het optreden van stormvloeden

door

ir. P. J. WEMELSFELDER.

Door middel van een freqlentiekromme op logarithmische schaal is een overzichtelijke statistiek der stormvloeden te verkrijgen. Aangetoond wordt, dat de structuur van de verdeeling der stormvloeden over de jaren zoowel naar kracht als naar aantal goed kan worden weergegeven door een der wetten der waarschijnlijkheid. Hieruit is ook het karakter van de maximumwaarden te bepalen en aangetoond wordt dat tegen overschatting daarvan dient te worden gewaakt. Een overzichtelijk diagram geeft de sterkte en veelvuldigheid der stormvloeden langs onze geheele kust.

Ten gevolge van de lage ligging van ons land is er altijd groote belangstelling geweest voor het samenspannen van de elementen wind en water.

Wij willen hiervan enkele details, die van technisch en wetenschappelijk belang kunnen zijn, in studie nemen.

In het bijzonder wordt de aandacht gevraagd voor den „hoogst bekenden" en den „hoogst te verwachten" waterstand. Doch ook de niet allerzwaarste stormvloeden zijn van beteekenis, omdat ze veelal oorzaak zijn van schade.

De hoogte van de individueele vloeden, alsook de opeenvolging ervan en de veelvuldigheid in een of ander jaar wekken in het algemeen den indruk van alleruiterste willekeur. Een willekeur, die zoo groot is, dat men aanvankelijk van de stormvloeden geen andere eigenschap kan aangeven dan dat ze beginnen iets boven gem. H.W. en „waarschijnlijk" wel niet hooger zullen komen dan de „hoogste te verwachten stand".

Voor de techniek is een dergelijke vaagheid, die eigenlijk ook schuilt in veel gebruikte technische benamingen als „normale" vloeden, wintervloeden, enz. niet altijd even bevredigend. Het kan daarom van belang worden geacht een beschrijving te geven van enkele wetmatigheden in het optreden der stormvloeden, welke mogelijk tot verheldering der begrippen kan bijdragen.

Het Noordzeebekken kunnen wij beschouwen als een in het N.N.W. open rechthoek, waarvan onze kust een als het ware ingestulpten bodem vormt met een opening, een lek, in den Z.W.-hoek, n.l. het Nauw van Calais. In groote trekken is daarom de uitwerking van groote windstuwingen langs onze geheele kust van gelijksoortig karakter, hoewel kwantitatief toenemend van Vlissingen naar Delfzijl. Er kan daarom worden volstaan met voor een enkel station in detail de wetmatigheid der stormvloeden op te sporen. Hiervoor is gekozen Hoek van Holland, waarmede tegelijkertijd het karakter der stormvloeden op het zoo belangrijke benedenriviergebied wordt gekarakteriseerd.

Er is gebruik gemaakt van den 50-jarigen registratietermijn 1888 t/m 1937. Deze termijn omvat in totaal 35.287 hoogwaters; omstreeks de helft daarvan is lager dan het gemiddeld H.W. (te Hoek van Holland 88 cm + N.A.P.) en heeft voor het onderhavig onderwerp geen beteekenis. Van de ongeveer 17.500 H.W.'s, die het gem. peil 88 + overschreden is nagegaan hoeveel er daarvan het peil 100 + overschreden, voorts 110 +, 120 +, enz. tot 320 + toe (328 + is de hoogst bekende waterstand).

Omgerekend tot gemiddelde aantallen per jaar, laat zich van deze overschrijdingsfrequenties een waardevolle grafische voorstelling maken, hier gereproduceerd in de frequentiekarakteristiek van fig. 1, lijn *A*.

Langs den onderrand van de figuur zijn de hoogten aangegeven; langs den linkerrand de overschrijdingsfrequenties per jaar. Er is daarvoor een logarithmische schaal toegepast met het doel een ruimere voorstelling te verkrijgen van de zeer kleine aantallen, die bij de hoogere peilen behooren.

Nu moeten wij er ons rekenschap van geven, dat er vaak 2, 3 of zelfs meer H.W.'s door één enkelen storm worden omvat. Vatten wij alle opeenvolgende H.W.'s, die een zeker peil overschreden, op als een eenheid, dan wordt

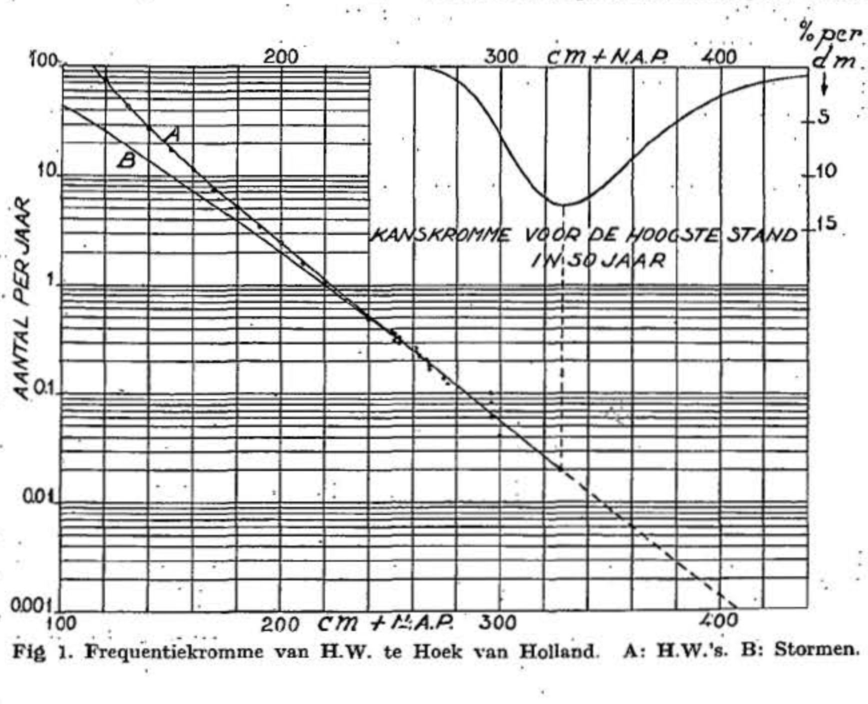

Fig 1. Frequentiekromme van H.W. te Hoek van Holland. A: H.W.'s. B: Stormen.

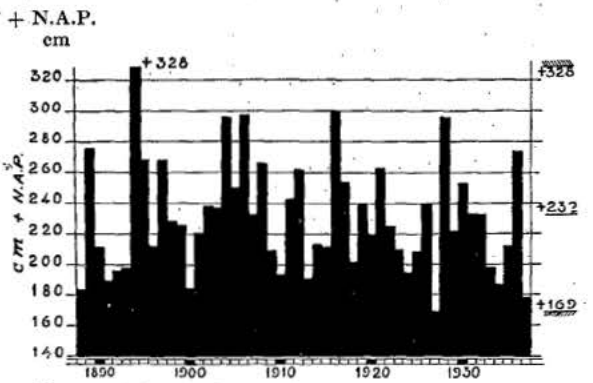

Fig. 2. Hoogste jaarstanden van 1888 t/m 1937 te Hoek van Holland.

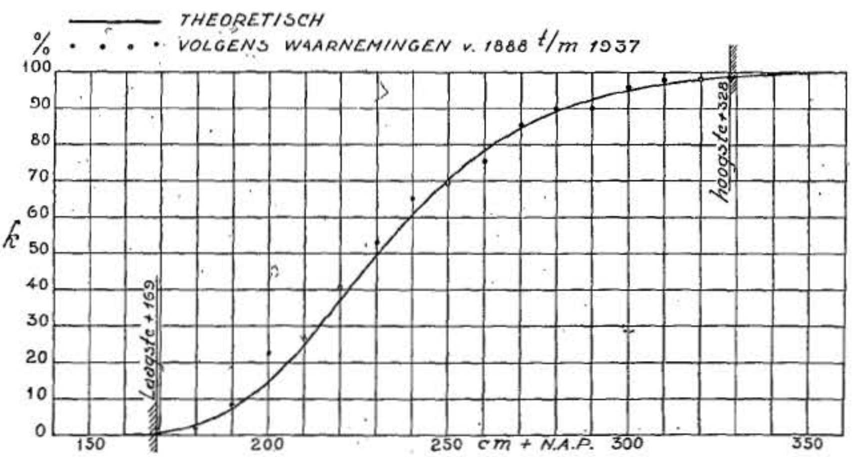

Fig. 3. Frequentiekromme van de hoogste Jaarstanden te Hoek van Holland.

het totaal aantal geringer, en wel als voorgesteld door de frequentiekromme *B* in fig. 1. Hoe lager het peil, hoe meer er per groep kunnen voorkomen. Doch hooge peilen worden zeldzamer of practisch nooit door 2 achtereenvolgende vloeden overschreden. De lijnen *A* en *B* vloeien dan ook naar rechts toe samen.

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

Het bij de frequentie 0,01 behoorend peil 346 + kan dan mogelijk enkele cm foutief zijn en het bij de frequentie 0,001 afgelezen peil + 408 kan mogelijk een fout van 1 à 1½ dm vertoonen. Dat beteekent niet veel, wanneer bedacht wordt, dat eenig inzicht in de kanzen op zeer hooge waterstanden, naar het zich laat aanzien, op geen enkele andere wijze verkregen zal kunnen worden.

Met deze geringe extrapolatie wordt het physisch mogelijke zeker nog niet overschreden. Zoo is er in Hoek van Holland waargenomen een opwaaiïng van 280 cm, gelukkig samenvallende met eb. Indien een zelfde opwaaiïng zou samenvallen met een normalen springvloed van 120 +, dan had men reeds een hoogte van 400 cm + N.A.P. En hoewel de hoogste astronomische stand tot 130 cm + N.A.P. beperkt blijft, zoo is het geenszins zeker, dat de hoogste opwaaiïng (eventueel van zéér korten duur en van plaatselijk karakter) niet belangrijk meer dan 280 cm zou kunnen bedragen.

Zelfs al zou men, eventueel als tegenwerping, de bedoelde extrapolatie als absurdum willen doorvoeren, b.v. tot een frequentie 10^{-6}, dan wordt als vloedpeil met een zoo extreme onwaarschijnlijkheid nog pas 590 cm + N.A.P. gevonden, of slechts 260 cm boven het thans als hoogste geldende peil.

Intusschen ligt het niet in de bedoeling om hier verder in te gaan op deze extrapolatie, met de zich daarbij voordoende vraagstukken. Dit zou ook niet goed kunnen zonder eerst een onderzoek in te stellen naar het eigenlijke karakter van wat wij kennen als „de hoogste stand".

Wat is het karakter van „de hoogste stand"?

De waarneming zonder meer geeft niet anders dan een chaotisch beeld te zien, zooals fig. 2 dat toont, waarin chronologisch achter elkander zijn uitgezet de hoogste standen van elk kalenderjaar. Ter nadere bestudeering kunnen echter met succes de theorema's der kansrekening worden benut.

Zij m het gemiddeld aantal malen, dat een zeker peil h per jaar wordt overschreden (af te lezen op fig. 1, lijn *B*). Dan is in algemeenen zin onze vraag: hoe groot is de kans k dat in een of ander jaar dit peil r maal wordt overschreden?

De verschijnselen zijn hier natuurlijk onderling onafhankelijk, zoodat de kans k wordt gevonden uit de relatieve waarde van den r^e term van het binomium

$$\left(1 + \frac{m}{n}\right)^n.$$

Het totaal aantal mogelijkheden is hier $n = 706$, waartegenover de in beschouwing te nemen waarden van m (hóógstens 5) zeer klein zijn. De eerste termen van het binomium nemen dan den vorm aan

$$k = \frac{m^r}{r!}\, e^{-m} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Met deze formule laat zich het beeld van fig. 2 verklaren.

Voor het hoogste peil geldt, dat het in den betreffenden termijn geen enkel maal wordt overschreden, d.w.z. $r = 0$. De kans op dit geval is derhalve

$$k_o = e^{-m} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Daar nu m van elk peil uit fig. 1 kromme *B* is af te lezen, is met formule (2) de waarde van k voor elk peil te berekenen, d.w.z. de kans, dat dit peil in een of ander jaar niet wordt overschreden, of wat hetzelfde is, dat dit peil jaarhoog te is.

De aldus berekende waarden zijn in fig. 3 grafisch voorgesteld door middel van de getrokken lijn. Zoo is er 10 % kans dat 194 + niet wordt overschreden en 90 % kans dat 283 + niet wordt overschreden.

Ter contrôle kan nu uit fig. 2 worden afgelezen hoe groot het percentage jaren is, dat niet boven een zeker peil uitkomt. Deze cijfers zijn in fig. 3 als punten aangegeven. Men ziet, dat er een uitnemende overeenstemming is tusschen kansrekening en waarnemingscijfers!

Het laagste jaarmaximum 169 + en het hoogste 328 + liggen in fig. 3 aan de beneden- en de bovengrens van de frequentiekromme.

Hiermede is aangetoond, dat „de hoogste stand" in den termijn van b.v. 1 jaar niet kan worden aangegeven door één enkel cijfer op te geven.

Het is echter wel gebruikelijk om te spreken van een stand, die 1 × per 10 jaar of 1 × per eeuw wordt overschreden. Onwillekeurig hecht men daaraan de beteekenis van: hoogste in 10 of 100 jaar. Hoezeer dit onjuist is te achten, blijkt wel uit de gegeven beschouwingen. Immers is hier het peil, dat gemiddeld 1 × per jaar wordt overschreden, 220 +. Uit fig. 3 echter blijkt, dat er 37% kans is dat het jaarmaximum daar beneden blijft, waartegenover 63 % kans dat het jaarmaximum er boven uit gaat, mogelijk zelfs met een groot bedrag.

Niet anders moet de situatie worden opgevat, wanneer het geldt een termijn van 10 of 100 jaar of nog langer. De waarden van m voor formule (2) worden dan resp. 10 en 100 × zoo groot genomen, als fig. 1 aangeeft.

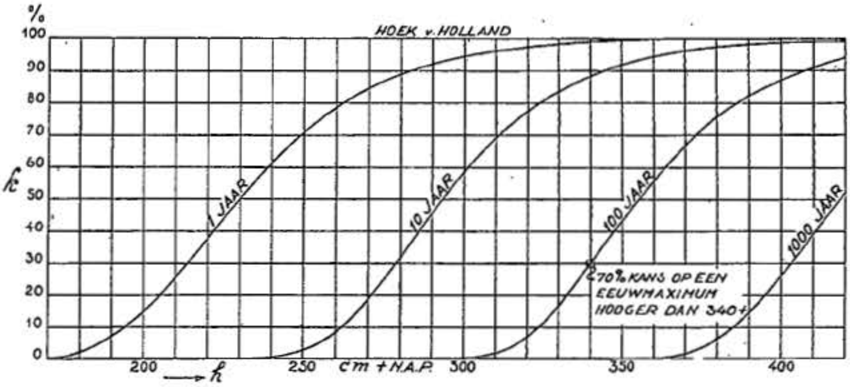

Fig. 4. Frequentiekromme voor de maxima in tijdvakken van 1, 10, 100 en 1000 jaar. Kans in % dat een peil h het hoogste zal zijn in 1, 10, 100 of 1000 jaar.

De resultaten van deze kansberekening zijn in fig. 4 weergegeven. Nemen wij de lijn voor een tijdvak van 100 jaar in beschouwing, dan is op te merken, dat de hoogste stand in 100 jaar practisch nooit beneden 300 + zal liggen. Dat een eeuw maximum hooger zal liggen dan 400 + heeft nog 13 % kans, d.w.z. in gemiddeld 1 op 8 eeuwen ligt de hoogste stand bóven 400 +.

Ook hier geldt nu dat de stand, die volgens fig. 1 de frequentie 0,01 heeft, n.l. 346 cm + N.A.P., zeker niet beschouwd mag worden als „de stand die eenmaal per eeuw voorkomt" en hoogere standen „als zijnde zoo zeldzaam", niet meer in aanmerking behoeven te worden genomen. Met welken hoogsten stand men in de praktijk zal wenschen rekening te houden zal van tal van factoren afhankelijk zijn. Hier zij slechts de aandacht gevestigd op den aard van het verschijnsel als zoodanig. Er is alzoo, volgens fig. 4, 63 % kans dat de hoogste stand in een eeuw boven het peil 346 + uitkomt, misschien zelfs aanzienlijk (gemiddeld 40 cm).

Wanneer men dus een of andere constructie, b.v. een dijk, zoo wil uitvoeren, dat er 90 % zekerheid is dat er in een eeuw tijds geen catastrophe zal plaats vinden, dan moet gerekend worden op een waterstand 408 cm + N.A.P. en niet op 346 cm + N.A.P.

Anderzijds kan, bij het volgen van deze werkwijze, de in de overhoogte aanwezige veiligheidsmarge kleiner worden genomen. Afgezien van het inachtnemen van idiëele waarden, zou de meest juiste werkwijze zijn om bij de constructiekosten op te tellen de gekapitaliseerde risicopremie van alle mogelijke schade en dan de constructiehoogte met minste totaalkosten te kiezen.

De hoogst bekende stand.

De voorgaande beschouwing leidt vanzelf tot de ontluistering van den hoogst bekenden stand. In fig. 1 zijn alle standen hooger dan 250 + aangeteekend, bij hun frequenties van resp. 0,02 —, 0,04 — 0,06 enz. tot 0,36. Er waren nu in deze 50 jaar 5 standen hooger dan 290 +. Het hadden er evengoed 3, 4, 6 of 7 kunnen zijn. Men mag dan ook niet verwachten, dat de punten, welke bij de hoogste standen behooren, precies op de frequentie-kromme zullen liggen. Hoe hooger men komt, hoe meer spreiding op grond van de kansrekening noodwendig moet optreden. Het sterkst geldt dit voor het hoogste punt, hier 328 +. Ook dit is volledig in getallen uit te drukken door met formule (2) een kanskromme te berekenen voor den hoogsten stand in 50 jaar. Zulk een kromme (feitelijk de afgeleide van de frequentiekromme in fig. 2) is in fig. 1 rechts boven aangegeven. Op de daarbij behoorende schaal, geheel rechts, lezen wij af dat de kans voor den hoogsten stand, om tusschen 320 + en 340 + te vallen, omstreeks 12 % per dm bedraagt, d.i. voor dit 2 dm omvattend vak in totaal 24 %. De kans, om tusschen 340 + en 360 + te liggen, is rond 2 × 10 = 20 %, enz. In dit licht gezien, is het wel duidelijk hoe toevallig het is, dat juist 328 + de hoogste stand is geweest in het tijdvak 1888—1937.

De algemeene vorm van een frequentiekromme mag dan ook nooit rekening houden met de hoogste en de op één en twee na hoogste standen. (Dit geldt ook voor afvoeren, regenval, temperatuur, enz.!).

Men kan het ook zoo weergeven: de in een zeker tijdvak waargenomen maximale waarde heeft als zoodanig niet te maken met de grenzen van dat tijdvak en men mag die maxima nooit met den duur van den waarnemingstermijn in verband brengen.

Definieering van het begrip stormvloed.

Het is altijd vaag en onbepaald geweest wat men wel en wat niet onder een stormvloed had te verstaan.

Natuurlijk kan men niet alles, wat boven gem. H W. uitkomt, een stormvloed noemen, ook niet wat boven den hoogsten astronomischen stand uitkomt. (Te Hoek van Holland zijn dat 40 H.W.'s per jaar). Ook kan men een grens niet voor de geheele kust op eenzelfde hoogte nemen, omdat daarvoor de waterbeweging te veel uiteenloopt. Zelfs een constante hoogte bóven gem. H.W. verdient geen aanbeveling, omdat langs onze kust de overeenkomstige opwaaiingen toenemen in Noordelijke richting.

Het is dan ook aangewezen om bedoeld grenspeil vast te leggen door middel van de frequenties. Hetgeen als stormvloed wordt gedefinieerd, heeft dan voor alle plaatsen langs de kust eenzelfde mate van zeldzaamheid.

Een geschikte grens kan worden gevonden uit de aanduiding der windsterkten. Men spreekt bij windkracht 8 Beaufort en hooger van „storm". Het blijkt nu, dat een windkracht 8 vloedhoogten kan teweegbrengen, die de gemiddelde frequentie 0,5 bezitten. (Hiermede komen opwaaiingen overeen van ongeveer 1,50 m aan de Westkust en ruim 2,00 m aan de Noordkust). Te Hoek van Holland komt hiermede overeen een peil 242 cm + N.A.P. Het ligt nu voor de hand om alle vloeden, die boven dit peil uitkomen, te betitelen als stormvloeden.

Voor enkele plaatsen langs de kust is het betreffende grenspeil met frequentie 0,5 per jaar:

Vlissingen	3.27 m + N.A.P.
Brouwershaven	2.75
Hellevoetsluis	2.56
Hoek van Holland	2.42
IJmuiden	2.80
Den Helder	2.02
Harlingen	2 78
Delfzijl	3.34

(Deze peilen zullen in het vervolg ook gelden als norm voor het opnemen van stormvloeden in het Verslag Openbare Werken).

De verdeeling der stormvloeden.

Naast de beschouwingen over het karakter der hoogste waterstanden moet nu nog een nader onderzoek worden ingesteld naar de verdeeling van de aantallen. Zoo is het

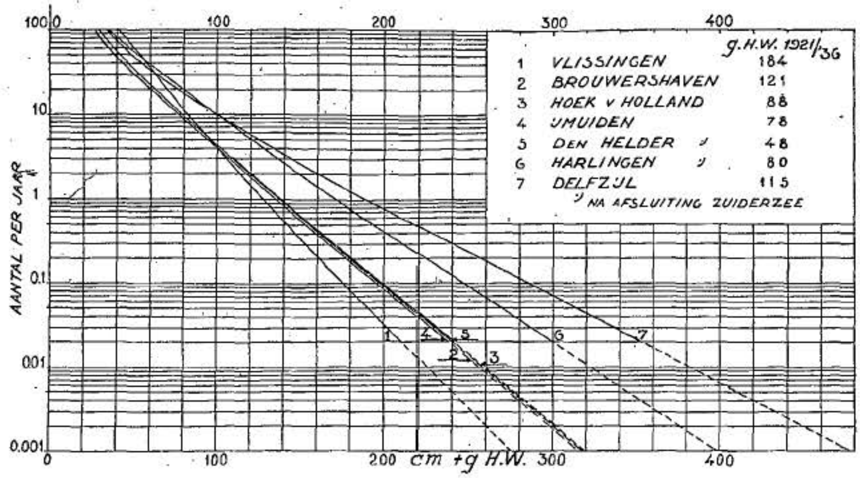

Fig. 5. Frequenties van Vloedhoogten t.o.v. gem. H.W.

eene jaar rijk aan stormvloeden en dan weer komt er in langen tijd geen enkele voor. Men kan nu vragen: hoe groot is de kans, dat er in één winter 2, 3 of 4 stormvloeden zullen voorkomen; of ook: hoe groot is de kans, dat een tijdvak van b.v. 5 jaar stormvloedvrij zal zijn.

De beantwoording van deze vraag is geheel besloten in de reeds genoemde formule

$$k = \frac{m^r}{r!}\, e^{-m}.$$

De frequentie der stormvloeden, die boven het in de vorige par. genoemde grenspeil uitkomen, is bij definitie 0,5; volgens fig. 1 echter veroorzaakt door 0,45 stormen per jaar, zoodat er gemiddeld bij 1 op de 10 stormen 2 opeenvolgende H.W.'s boven het grenspeil uitkomen.

De kans op een stormvloedvrij jaar is,

$$e^{-0,45} = 0{,}638.$$

Per eeuw zijn er dus 36,2 jaren mèt een stormvloed. In zulk een jaar kunnen er 1, 2, 3 of zelfs meer stormvloeden voorkomen. De kans op 3 stuks in 1 winter wordt gevonden uit form. (2) door voor r de waarde 3 in te vullen.

$$k_3 = \frac{0.45^3}{1.2.3}\, e^{-0,45} = 0{,}010$$

d.i. 1,0 maal per eeuw.

De volgende tabel geeft in de 2e kolom een overzicht van de kansen op 0, 1, 3, 2, 4 en 5 stormvloeden in 1 winter uitgedrukt in procenten.

De kans op 3 of meer stormen per jaar is practisch nihil. De derde kolom geeft de berekening van het totaal aantal stormvloeden, dat exact op 45 per eeuw uitkomt. Ter toetsing van de theorie kan hier weer dienen de waarneming. Kolom 4 bevat daartoe het theoretisch aantal winters in 50 jaar met resp. 0, 1, 2, 3, 4 en 5 stormvloeden. (Er naast vermeld staat de aan deze cijfers eigen intrinsieke middelbare fout, die een maat geeft voor de mogelijke afwijkingen tusschen theorie en waarneming). De waarnemingscijfers zijn vermeld in kolom 5. Men kan hier wederom spreken van een volkomen overeenstemming [1]).

Gelijkwaardige waterstanden langs de kust.

In den aanvang werd gezegd, dat de geconstateerde wetmatigheden in het optreden der stormvloeden gelden voor de geheele kust, hoewel de grootte van den windinvloed kwantitatief verschillend is. Dit toont fig. 5, die de frequentiekrommen bevat van

Vlissingen	Den Helder
Brouwershaven	Harlingen
Hoek van Holland	Delfzijl
IJmuiden	

Ter wille van de onderlinge vergelijking zijn de hoogten hier telkens aangegeven t.o.v. gem. H.W. in plaats van, zooals in fig. 1, t.o.v. N.A.P. De figuur toont aan, *dat er een groote regelmaat is in den storminvloed langs de kust.* Te Vlissingen is deze het kleinst, doch verschilt betrekkelijk weinig van die der vier overige stations langs de Westkust. Deze 4 vallen vrijwel samen, hetgeen bewijst dat *de windinvloed van Brouwershaven tot den Helder constant is.* (Dit beteekent nog geenszins dat ook bij een en de zelfden storm de opwaaiingen in deze plaatsen gelijk zullen zijn. Veelal zal dit niet het geval zijn).

Langs de Waddenzee Oostwaarts neemt de windinvloed sterk toe, hetgeen is toe te schrijven aan de zakwerking van de Duitsche Bocht voor N.W.-stormen. De opwaaiïngen zijn te Delfzijl juist tweemaal zoo groot als te Vlissingen.

In het bijzonder is er de aandacht op te vestigen, dat *de maat der opwaaiingen geheel onafhankelijk is van het tijverschil.* Zoo is bij een grootste tijverschil te Vlissingen het windeffect het kleinst. Waar het tijverschil van Brouwershaven tot den Helder sterk afneemt, is het windeffect constant. Naar het Oosten worden beide grooter.

Er kunnen met behulp van de gegevens van fig. 5 op een lengteprofiel van de kustlijn enkele belangrijke lijnen van gelijkwaardige waterstanden worden geteekend. Wij vinden die in fig. 6.

[1]) Bij het toepassen van deze formule op andere gevallen is omzichtigheid geboden in verband met het verschil tusschen de lijnen A en B op fig. 1, alsook in verband met het aanzienlijk verschil tusschen zomer- en wintermaanden.

1	2	3	4	5	6
Aantal stroomvloeden in 1 winter r	Kans in % k. 100%	Totaal aantal stormvloeden in 1 eeuw k.r. 100	Theoretisch aantal winters in een 50-jarig tijdvak met r stormen per winter	Werkelijk voorgekomen	Totaal aantal H.W.'s
0	63,8	63,8 × 0 = 0	31,9 ± 6	33	33 × 0 = 0
1	28,6	28,6 × 1 = 28,6	14,3 ± 4	13	13 × 1 = 13
2	6,4	6,4 × 2 = 12,8	3,2 ± 2	4	$\left.\begin{matrix}2\times 2\\ 2\times 3\end{matrix}\right\} = 10$
3	1,0	1,0 × 3 = 3,0	0,5 ± 0,7	0	
4	0,1	0,1 × 4 = 0,4	0,1 ± 0,3	0	
5	0,0	0,0 × 5 = 0,1	0,0	0	
Totaal . .	100,0	45,0			23

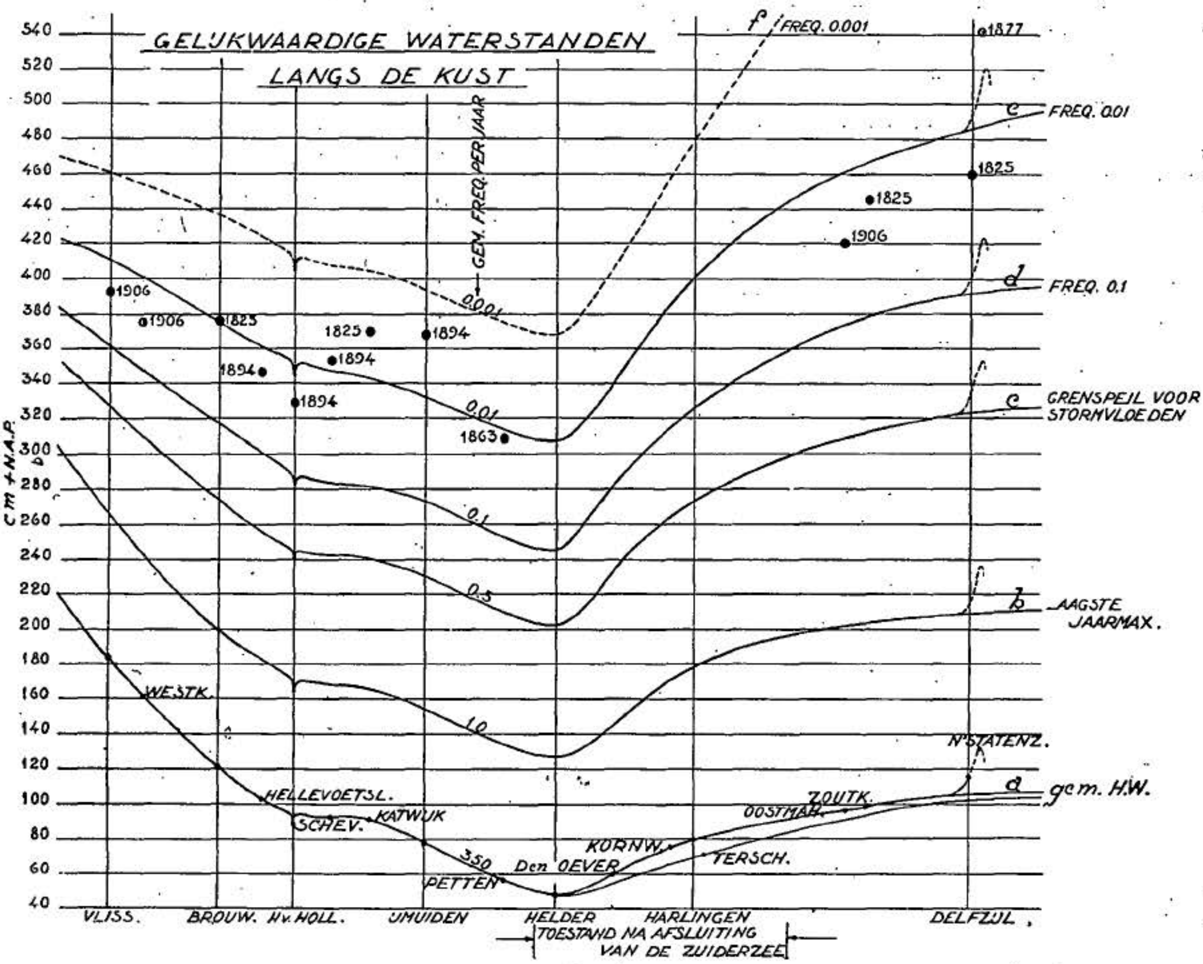

Fig. 6.

Als basis van deze figuur dient de lijn van gem. H.W., kromme *a*. Ten overvloede zij er op gewezen, dat deze waterstanden natuurlijk *nimmer* simultaan optreden.

De lijn *b* geeft aan de hoogten, welke practisch elk jaar worden overschreden (gemiddeld door 10 H.W.'s per jaar). De kans, dat er een jaar zou zijn zonder dat dit peil werd overschreden, is $e^{-6} = 0{,}0025$ of $^1/_4$ %. (De exponent is -6 volgens kromme *B* van fig. 1).

De lijn *c* is het grenspeil voor stormvloeden, freq. 0,5 H.W.'s per jaar.

De lijnen *d*, *e* en *f* geven resp. aan de hoogten, die gemiddeld per jaar 0,1 — 0,01 en 0,001 × worden overschreden. De lijn *f* is uiteraard minder nauwkeurig.

In dit schema kunnen worden ingevuld de tot nu toe als hoogst bekende geldende standen. Deze maxima, die tot niet minder dan 5 verschillende stormen behooren, groepeeren zich iets beneden de lijn van de frequentie 0,01. De termijn van waarneming omvat omstreeks 75 jaar, waarbij echter de storm van 1825 wel is medegerekend. (Voor het gedeelte den Helder—Harlingen zijn de hoogste standen weggelaten, omdat hier eerst een termijn van 6 jaar is verstreken sinds de afsluiting van de Zuiderzee). Gemiddeld is dus de relatieve hoogte der maxima in overeenstemming met de lengte van den waarnemingstermijn.

In het voorgaande is aangetoond, dat een hoogste stand, individueel beschouwd, altijd betrekkelijk willekeurig is en zoowel hooger als lager kan vallen dan de hoogte, welke in den in het oog gevatten termijn van waarneming juist gemiddeld éénmaal behoort voor te komen. De spreiding der punten in fig. 6 zal dan ook niet verwonderen. Juist omdat hier verschillende stormen in het geding zijn, zien wij relatief hooge en relatief lage punten. Zoo is te IJmuiden een relatief zeer hooge stand opgetreden, n.l. een met de freq. 0,0025 (gemiddeld om de 400 jaar). Deze stand kwam daarmede 40 cm uit boven het peil, waarvan de frequentie 1/75 bedraagt.

Tevens blijkt uit deze figuren, dat de allergrootste stormuitwerking slechts over een korte kustlengte optreedt. Dit beteekent, dat de catastrophale vloeden, welke de extrapolatie der frequentiekrommen naar voren brengt, bij één enkelen storm slechts een gedeelte van onze kust bedreigen, dat, naar aan te nemen is, te kleiner zal zijn naarmate de stand hooger is. Voorts ook zal de duur korter zijn naarmate de intensiteit grooter is.

Van vóór 1825 zijn hoegenaamd geen betrouwbare stormvloedcijfers bekend. Ze zouden overigens ook niet in fig. 6 mogen worden ingevuld zonder een correctie voor de sindsdien opgetreden relatieve zeespiegelveranderingen. De figuren immers hebben uitsluitend betrekking op den actueelen toestand van omstreeks 1 Jan. 1937 en zij zullen terugwaarts, zoowel als in de toekomst slechts van kracht blijven, zoolang deze toestand niet door bodemdaling, klimaatswijziging of waterstaatswerken ingrijpend werd of wordt veranderd.

IJsschuttingen met de Noordersluis te IJmuiden.

In *De Ingenieur* van 8 Juni 1934 berichtte ir. J. P. MAZURE over de uitwisseling van zout en zoet water bij de sluiskolk van de groote Noordersluis te IJmuiden, die wordt waargenomen, zoodra één der deuren is geopend. Het zoute water trekt dan, ten gevolge van de zwaarte van dit water en het daardoor heerschen nabij den bodem van de sluis op 15 m diepte van een hoogeren druk, dan voorkomt