

Beschouwingen en Berekeningen over de
benedenrivieren.

door Dr. Ir. J. v. Veen. 1943

VEEN 0945

1.

Geach.

Beschouwingen en berekeningen over de
benedenrivieren.

door Dr. Ir. J. v. Veen. 1943

R. v. V.

50 days
by day 18 unit
we will get
but 2-8-43.

sta III

Thijsse
hydrog. 18 min. 43
bh 62

John fold
melvoop waterstanden

I

J. van Weer
blyadenij 6 Oct 1943
" 13 Dec 1943
" 19 Jan 1943
" 18 Feb 1943

BESCHOUWINGEN EN BEREKENINGEN
OVER DE BENEDENRIVIEREN

3,68. Mmiden fort
peilschaal stuk

HOOFDSTUK I.

Algemeene gegevens.

§ 1. Veronderstellingen waarvan wordt uitgegaan.

Voor de berekening der toekomstige waterstanden zal verondersteld worden:

- a. dat het van belang is niet al te ver in de toekomst te willen zien, daar de ontwikkeling van het bodemdalingsvraagstuk, die van de techniek van den dijksbouw, zoomede ook de economische vooruitgang van het gebied der Benedenrivieren zelf, niet wel voor een verre toekomst te overzien is. Het jaar 2000 zal dus als grens worden aangehouden.
- b. dat de zeespiegelrijzing over het geheele te beschouwen gebied tot genoemd jaar regelmatig doorgaat in een tempo van 20 cm/eeuw of 2 cm per 10 jaren.
- c. dat de Biesboschlanden zoowel in Zuid-Holland als in Brabant, alsook de niet SV-vrije landen langs het Oude Maasje, de Donge en langs alle overige benedenrivieren vóór het jaar 2000 zijn binnengedijkt.

De terreinen langs de benedenrivieren welke buiten de bandijken vallen werden op bijlage 1 tot een gezamenlijk oppervlak van 33700 ha aangegeven. Een deel hiervan is door kaden omgeven, welke bij zelfs betrekkelijk hoge stormvloeden niet onderloopen, doch van het overig deel zal in de naaste toekomst veel worden ingepolderd.

Verondersteld wordt dat vóór het jaar 2000 alle geharceerde gebieden watervrij zullen zijn. Dit zal waarschijnlijk niet geheel het geval zijn, doch het is veilig ermee rekening te houden.

- d. dat de Brielsche Maas, de Hollandsche IJssel en de Afgedamde Maas zullen zijn afgedamd aan hun uiteinden.
- e. dat het Hollandsch Diep genormaliseerd is.
- f. dat de Rotterdamsche Waterweg ruimer profielen zal bezitten dan thans.

Voorts zal nog eens berekening (a) worden opgezet, waarbij niet alleen uitgegaan wordt van de onder a - f genoemde veronderstellingen, doch waarbij tevens de Oude Maas en Spui afgedamd en de Noord verruimd

1/14

gedacht zijn. Ten slotte zal nog een berekening (h) worden gegeven, waarbij tevens de Kil nog afgedamd en de Noord verruimd is.

Het probleem in zijn eenvoudigsten vorm is het berekenen van de waterstanden in de benedenrivieren, uitgaande van de zg. randvoorwaarden: d.z. de standen in zee, ongeveer 3 km uit de kust, en bepaalde opperwaterafvoeren van de bovenrivieren.

Voordat de wiskundige formules op dit probleem kunnen worden toegepast, dient men zich goed rekenschap te geven van deze grondslagen. M.a.w. de vragen: welke stand in zee zal men als uitgangspunt nemen? welke opperwaterafvoer zal men kiezen? moeten slechts na zoo diepgaand mogelijk onderzoek worden vastgesteld. Heeft men dit gedaan, dan hangt het van de juistheid der gebruikte formules en van de juiste hanteering daarvan af, welke mate van nauwkeurigheid men zal verkrijgen.

Deze getijberekening kan ~~getoetst~~ worden 1e. aan afvoermetingen, 2e. aan voorgekomen getijlijnen bij bekende stormvloeden, 3e. aan bepaalde wiskundige eischen, dat bv. bij een splitsingspunt de som der stroomen op elk oogenblik gelijk nul moet zijn en dat op elk splitsingspunt slechts één getijlijn mogelijk is. Een 4e toetsing is nog mogelijk door eene afzonderlijke berekening met eene andere berekeningsmethode. Vindt men daarbij verschillende uitkomsten, dan zullen deze verschillen door redeneering of langs wiskundigen weg verduidelijkt kunnen worden.

*geen
toetsing*

Hoewel niet bepaald noodig voor de oplossing van het gegeven natuurkundig probleem, waarvoor de randvoorwaarden en formules reeds voldoende zijn, werd een uitgebreide studie gemaakt van bestaande toestanden op de benedenrivieren. Zoowel voor normale als voor de bij storm voorkomende abnormale toestanden werden tal van gegevens statistisch en met behulp van grafieken onderzocht. Op deze wijze werd getracht een brug te slaan tusschen de niet voldoende in de wiskundige getijberekening geschoolde belangstellenden en belanghebbenden enerzijds en de met zoo exact mogelijke formules werkende wiskundigen anderzijds, zoodat eerstgenoemde categorie althans de hoofdzaken zal kunnen aanvaarden.

Er is aan het slot daartoe nog een toetsing gegeven, welke met bevattelijke cijfers de uitkomsten der tallooze verrichte becijferingen verduidelijkt en tot zekere hoogte aannemelijk maakt ook zonder dat

diep op de vaak ingewikkelde problemen behoeft te worden ingegaan.

De behandeling van de stof is in deze nota in het algemeen zóó, dat de tekst der nota veelal slechts een verduidelijking is der grafieken (bijlagen 1 t/m).

§ 2. Het begrip "stormvloedkuil" (bijlagen ^{2a} 2, 3 en 4).

In bijlage 18 wordt een tabel gegeven van de voorgekomen SV-hoogten langs onze kusten en benedenrivieren, beginnende bij 1825. De voor elk station gemeten hoogst bekende waterstand werd daarbij met rood onderstreept.

Deze hoogst bekende waterstanden werden op bijlage 2 op de kaart van Nederland aangegeven, terwijl daarbij gegroepeerd werd door het trekken van lijnen van gelijke standen. Aan deze lijnen moet men geen exacte waarde hechten; de lijn van 3.00 + NAP ¹⁾ loopt bv. in werkelijkheid niet door het vasteland van Zuidholland, noch loopt zij op de aangegeven plaats in zee; althans dit zou wel zeer toevallig zijn, daar in zee geen waarnemingen zijn verricht. Het blijkt dus dat de in de benedenrivieren hoogst voorgekomen standen) lager liggen (Biesbosch 3.14 + en 3.20 +) dan die bij Goeree (3.40 +). Langs de kust gaande ziet men ook een inzinking bij Hoek van Holland en daar ten zuiden van, immers de max. standen die te Scheveningen, Katwijk en IJmuiden en bij Vlissingen zijn voorgekomen zijn hoger.

Een zelfde soort "kuil" had men voor 1931 ook in de Zuiderzee, terwijl thans nog soortgelijke kuilen worden gevonden in de Schelde en diens zijrivieren bezuiden Antwerpen en nabij de beneden Eems bij Leer. Te Antwerpen liep de hoogst bekende stand op tot 5.07 +, terwijl verder stroomopwaarts slechts lagere cijfers werden genoteerd.

Het ontstaan van deze kuilen kan op eenvoudige wijze worden verklaard. De uitgestrekte vloedkommen van de Schelde, de Biesbosch, de Zuiderzee en de Jümme (bij Leer) konden bij storm niet tot die hoogte worden gevuld die verder zeewaarts voorkwam; de tijd van den stormvloed was daarvoor te kort, of de toegangen van het vloedwater waren daarvoor te nauw.

Vermindert men de komberging in een "kuilgebied", of verruimt men de toegangen uit zee, dan moeten de SV-standen in het kuilgebied t.o.v.

¹⁾ Voortaan zullen de letters NAP worden weggelaten.

die in zee stijgen. "Kuilgebieden" zijn dan ook steeds gevoelig voor elke inpoldering of rivierverbetering die men in dit gebied zou willen tot stand brengen.

Het kuilkarakter van de Zuiderzee-Waddenzee is sedert den aanleg van den Afsluitdijk volkomen veranderd; het is duidelijk dat eene inpoldering van voldoende grootte in den Biesbosch eveneens de daar aanwezige kuil zal doen vervlakken. Men dient daarbij te bedenken dat in het gebied der benedenrivieren een kuil tot in zee merkbaar is en dat de voorgenomen Biesboschinpolderingen dus mogelijk een invloed zullen hebben tot in zee.

Teekent men, zooals op bijlage 2 onderaan, is geschied, de lijn verbindende de hoogst voorgekomen SV-standen langs onze Noordzeekust, dan blijkt deze lijn twee kuilen te bezitten: de een bij Goeree - Hoek van Holland, de ander bij den Helder. Deze laatste is sedert de afsluiting van de Zuiderzee belangrijk vervlakt en is thans ongeveer zoo als de gestippelde lijn aangeeft. De eerste zal, voorloopig oppervlakkig beschouwd, eveneens iets vervlakken, doch zulks in mindere mate dan bij de Waddeneilanden omdat de Zuiderzee-afdamming dieper ingreep in de waterbeweging dan dit bij de Biesboschinpoldering c.s. het geval zal zijn. Het is niet te verwachten dat de kuil geheel en al zal verdwijnen. Eerst wanneer men alle zeegaten van onze Noordzeekust geheel gedicht zou hebben zou men ~~een rechte of~~ een zacht gebogen regelmatige SV-lijn '1) langs de kust tusschen Kadzand en Ameland mogon aannemen.

Ten overvloede zijn op bijlage 3 nog de gemiddelden van de drie hoogst voorgekomen SV-standen aangegeven. Het algemeene beeld verschilt daarbij niet van dat van bijlage 2. De lijnen van 3.25 + en 3.50 + buigen bij de benedenrivieren weder ver naar binnen en zullen dit na de veronderstelde inpoldering van de 33700 ha niet meer in die mate doen.

Een globaal overzicht van de hoogten die de voornaamste stormvloedden op plaatsen langs de Noordzeekust bereikten geeft bijlage 4. Als zwaarste stormvloedden moeten die van 1825 en 1894 gelden. Het is

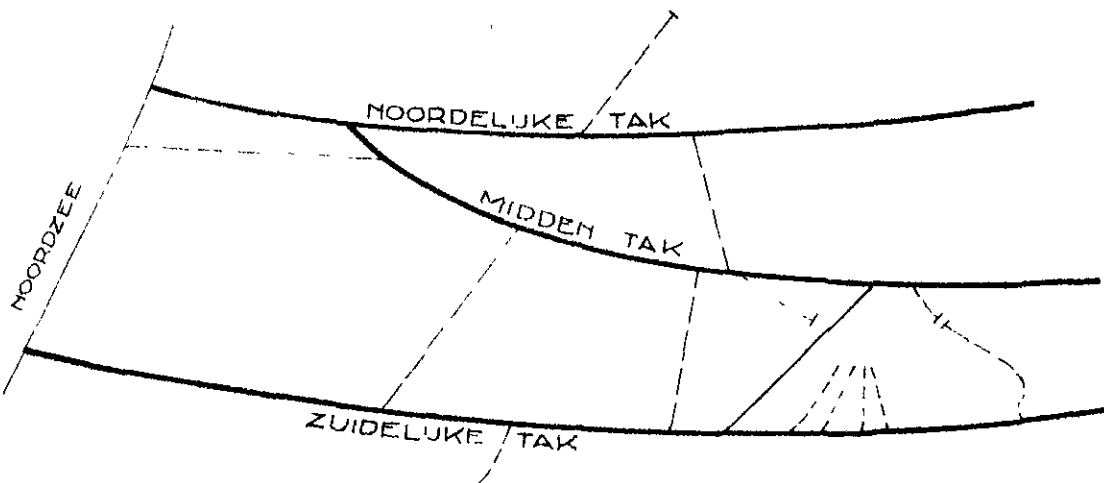
'1) Onder SV- of HW-lijn zal worden verstaan de lijn die de toppen van stormvloedden c.q. hoogwatergetijkrommen verbindt.

te betreuren dat van den zeer zwaren stormvloed van 1825 niet meer gegevens bekend zijn. Men zie voorts hetgeen hierover wordt medegedeeld in § 12.

§ 3. Functie en aard der verschillende benedenrivieren.

Men kan bij de benedenrivieren onderscheiden (zie schets 1):

- 1e. de noordelijke tak: Waterweg, Nieuwe Maas en Lek;
- 2e. de middentak: Oude Maas, Beneden- en Boven Merwede en Waal;
- 3e. de zuidelijke tak: Haringvliet, Hollandsch Diep en Maas



Schets 1.

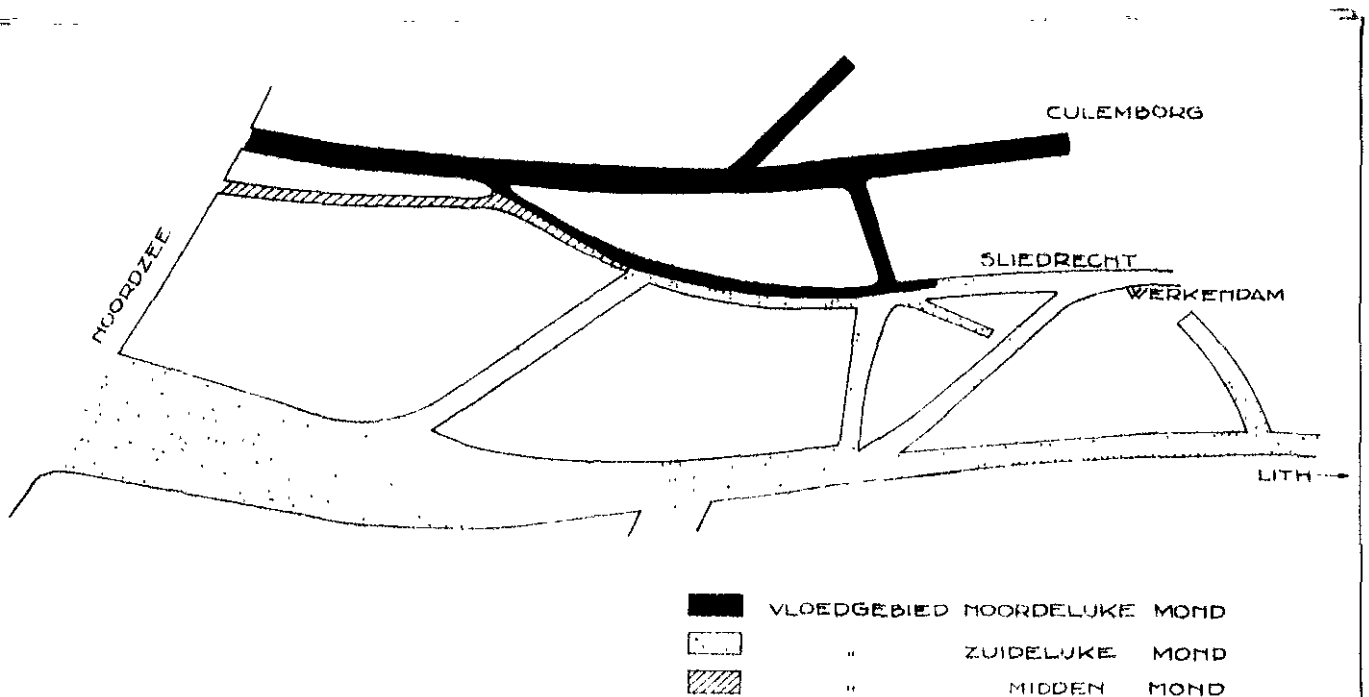
Deze drie takken zijn te beschouwen als de hoofdafvoerwegen van het rivierwater en tevens als de hoofdtoevoerwegen voor het stormvloedwater. Als gevolg van de groote profielen van den zuidelijken tak bezit ook de Nieuwe Merwede nog een primaire functie.

Tusschen bovenstaande met een getrokken lijn op schets 1 aangegeven primaire takken bestaan verbindingen van minder hydraulisch belang, die niet ver verwijderd zijn van het begrip "wantij". Het zijn de min of meer loodrecht op de hoofd-aders staande Noord, Kil en Spui. Onder "wantij" wordt in het onderhavige gebied verstaan een getijrivier, waarvan het horizontaal getij een abnormaal phaseverschil vertoont met het verticaal getij ¹⁾. De rivier "het Wantij" tusschen Dordrecht en Kop van 't

¹⁾ Dit wijkt dus af van het begrip "wantij", dat in het verslag van de Zuiderzee-Commissie (1926) wordt gebezigd. Daar is het de theoretische plaats van samenkomst van twee getijden achter een eiland. In het gebied der benedenrivieren is een wantij een rivier; op de Wadden is het een lijn, bv. die tusschen Nes en Holwerd.

De getijkrommen aan beide einden van een wantijrivier hebben nagenoeg gelijke fasen, doch de vorm is voor beiden niet geheel dezelfde. Vandaar, dat een dergelijke rivier een getijstroom bezit, waarvan de fase t.o.v. het verticaal getij anders is dan normaal. Hieruit volgt de naam "wantij", d.i. abnormale getijstroom.

Land zal vroeger dus, voordat het bij laatsgenoemde plaats werd afgesloten, een rivier geweest zijn met een abnormaal phaseverschil tusschen stroom- en verticaal getij. De Noord is in gewone omstandigheden nog juist geen wantij. Deze rivier wordt nog op regelmatige wijze, evenals bv. met den Hollandschen IJssel geschiedt, geheel gevuld en geledigd via den noordelijken tak. Het vloedwater uit het noorden dringt echter in normale omstandigheden nagenoeg niet meer de Beneden Merwede op. De Kil, het Spui en de Nieuwe Merwede worden bij gewone getijden geheel uit den zuidelijken tak gevoed (zie schets 2). De Kil en het Spui helpen zelfs nog mee aan het vullen van den middentak.



Schets 2.

Tenslotte heeft men nog de Brielsche Maas, waarvoor plannen tot afdamming bestaan. Weliswaar bezit deze rivier nog een zekere primaire functie, daar de as in de hoofdrichting van het rivierenstelsel ligt, doch wegens de steeds verder gaande aanzanding is het hydrografisch belang dezor afstervende riviertak niet groot meer.

De overige nog tot de benedenrivieren te rekenen wateren, Hollandsche IJssel, Afdamde Maas en Biesboschkillen zijn evenals het tegenwoordige Wantij, doodloopende armen, te vergelijken met open havens, als bv. de Waalhaven te Rotterdam.

De wateren ten Z van Overflakkee, welke via het Hellegat in open verbinding staan met den zuidelijken tak, kunnen niet meer tot de benedenrivieren worden gerekend. Het Rijn- en Maaswater stroomt hier niet door. Integendeel, er is een zoutwaterstroom, komende uit zee via het Zijpe, de Grevelingen, het Krammer en het Hellegat en wederom de zee bereikend via het Haringvliet. Bij zeer hooge opperwaterstanden kan deze zoutwaterstroom tijdelijk tot stilstand komen en kan zodoende het Krammer tot op de hoogte van St. Philipsland verzoeten, doch na deze periode van veel opperwaterafvoer wordt dit zoete water spoedig weder naar het noorden op het Haringvliet gedrongen. Zoover kan worden nagegaan bereikt nimmer eenig Rijn- of Maaswater de zee door de Grevelingen of Oosterschelde.

Hoewel deze "Zeeuwsche Stroomen" die door het Hellegat met de benedenrivieren in verbinding staan, dus geen functie als benedenrivier bezitten, oefenen zij toch bij storm een belangrijken invloed uit op de hoogte van de stormvloedstanden in de benedenrivieren, omdat de stormvloeden op de zuidelijke wateren hooger ^{worden} ~~oploopen~~. Vandaar ook, dat bij storm de zuidelijke tak gewoonlijk meer komvulling in het gebied der benedenrivieren voor zijn rekening neemt, dan in schets 2 is aangegeven. De Noord en het bovendeele van de Oude Maas ontvangen dan veel water uit het zuiden.

De reden, waarom de noordelijke rivieren en niet de Zeeuwsche stroomen voor den afvoer van Rijn- en Maaswater worden gebruikt, ligt gedeeltelijk in menschelijk ingrijpen, gedeeltelijk ook aan natuurlijke oorzaken. Uiteraard zoekt de rivier den weg van den minsten weerstand, dus de kortste verbinding. Evenwijdig met onze kust trekt voorts een NO-waarts gerichte "rest"stroom doordat de vloedstroom in m^3 en per jaar uitgedrukt, krachtiger is dan de ebstroom. Ook de Zeeuwsche wateren hebben een dergelijken reststroom, waardoor het Hellegat bv. gewoonlijk een vloedstroomoverschot heeft van 10 à 20 miljoen m^3 per normaal getij. Zoowel in zee als in de Zeeuwsche stroomen wordt deze reststroom of "extra vloedstroom" door twee factoren veroorzaakt, namelijk door de heerschende windrichting en door het feit dat de vloedstroom ruimere profielen vindt dan de ebstroom. Mede wegens de door deze oorzaken ontstane stroom uit zuidelijke richting wordt de afvoer van het zoete water tot de noordelijke zeegaten Waterweg, Brielsche Maas en Haringvliet beperkt.

Omstreeks 1400 moet het wijde zeevat tusschen Brielle en Monster (door de Romeinen als het Helinium beschreven) reeds in gevorderden staat van opslibbing hebben verkeerd en ^{beschikken} ~~zochten~~ de rivieren dienovereenkomstig ^{in 1421} ~~een anderen mond, welke verkregen werd in 1421~~ bij den St. Elisabethsvloed. Voortaan werd de mond bij Hellevoetsluis (vermoedelijk een jonge mond, Goeree heette vroeger Westvoorne) een der voornaamste, later de voornaamste afvoerweg voor het Rijn- en Maaswater, terwijl de oude noordelijke mond bij Brielle nog voorloopig beschikbaar bleef voor den afvoer van de Lek en de Beneden Merwede.

De baggerwerken, welke omstreeks 1870 een groote vlucht begonnen te verkrijgen, hebben het natuurlijk afstervingsproces van den ouden mond bij Hoek van Holland geheel gewijzigd. De noordelijke tak, die een algeheele verzanding nabij was, is sindsdien door middel van ongeveer 175 millioen m³ baggerwerk weder op groote diepte gebracht en ook de middentak, die eveneens in verzanden toestand verkeerde, is omstreeks 1930 zeer verdiept. De moeilijkheden, die men anders voor den waterafvoer van de Lek en de Beneden Merwede te vreezen zou hebben gehad, waren daarmee bezworen.

Hoewel ondernomen in het belang van de scheepvaart, dienden de verruimingen van de noordelijke benedenrivieren dus ook ^{het} de hydrografisch belang, nl. de verbetering van den afvoer van het Lekwater en het water van de Beneden Merwede naar zee. Nochtans hadden deze verruimingen uit een ander hydrografisch oogpunt ook hun bezwaren, inzoverre de zee gelegenheid werd geboden haar invloeden verder en intensiever landwaarts te doen strekken dan tevoren mogelijk was. Tot deze invloeden behooren:

1. het brakwaterbezwaar voor landbouw, veeteelt en drinkwatervoorziening,
2. de aanzandingen met zeezand,
3. de stormvloedshoogingen.

De functie van den Biesbosch. De vloed van 1421 was voor zoover kan worden nagegaan een der betrekkelijk zeer zeldzaam voorkomende gevallen, waarbij een periode van hoog opperwater samenviel met een storm. De voormalige "Hollandsche Waard" overstroomde daarbij door gaten in de dijken bij Werkendam (door hoog opperwater) en bij Moerdijk (door hoog stormvloedwater) en kon nadien niet meer worden drooggemaakt. De aldus ontstane kom had een drieledige functie:

1. als afvoerweg voor Waal- en Maaswater,

2. als depôt voor de sedimenten van Waal en Maas,
3. als vloedkom voor het Haringvliet - Hollandsch Diep.

In de ruim 5 eeuwen, die sinds deze catastrofhe verlopen zijn, werd het depôt nagenoeg geheel gevuld, zoodat wat betreft de eerste functie de Biesbosch in 1800 nog slechts in beperkte mate groote opperwaterhoeveelheden kon afvoeren. Omstreeks 1860 werd daarom begonnen de Nieuwe Merwede te graven, terwijl in 1904 de Maas een nieuwen mond werd verschaft.

Wat de tweede functie aangaat, bood de Biesbosch in den laatsten tijd nog slechts bergplaats voor slik en kon zij sinds de afdammingen van de bovenmonden van de killen omstreeks de jaren 1860 - 1870 in het geheel niet meer als bergplaats voor zand dienst doen.

Wat de derde functie van den Biesbosch aangaat, werd de komgrootte voor de dagelijksche ebden en vloeden weliswaar aanzienlijk kleiner door de natuurlijke opslibbingen, doch hooge stormvloeden vonden tot heden nog een ruime vloedkom. Hierdoor liepen de stormvloeden in den Biesbosch niet zoo hoog op als verder zeewaarts en was dit gebied een "kuilgebied".

Bij inpoldering van den Biesbosch ontmoet men dus, wat de eerste en tweede functie betreft, geen enkel bezwaar. De Nieuwe Merwede en de Bergsche Maas - Amer zijn ruim genoeg voor den afvoer van het opperwater en het zand dat ~~er~~ mocht neerslaan is niet alleen weinig, maar wordt ook gretig ^{aan} ~~aan~~ concessionarissen ~~af~~gekocht. Wat de derde functie aangaat, is het zonder meer duidelijk, dat bij deze inpoldering de "kuil" in de stormvloedslijn ~~geheel of tenminste grootendeels moet verdwijnen~~, en dat dus naburige dijken zullen moeten worden verhoogd.

§ 4. De peilschaal bij Hoek van Holland.

Daar de waarnemingen te Hoek van Holland veelal als basis zullen worden gebruikt is het noodig bijzonderen aandacht te wijden aan dit station.

Allereerst kan worden opgemerkt, dat de stand, zooals die bij de peilschaal nabij de semaphoor wordt afgelezen niet de hoogte van den zeestand aangeeft, doch dat het HW daar steeds belangrijk lager blijft als gevolg van het "wegzuigen" van het vloedwater in den Waterweg omstreeks HW.

Dit verschijnsel doet zich bij al onze zeegaten voor, meestal ten

in deze zin

de weg

bedrage van eenige decimeters. Om de grootte van dit effect te meten zou men in zee voor den mond van den Waterweg een registreerende manometer (peilschaal) op den bodem moeten leggen en de uitkomsten daarvan vergelijken met die van de peilschaal bij de semaphoor. Dit is ook inderdaad meer dan eens geschied, doch door herhaalde weigering van het instrument en later door het uitbreken van den oorlog konden geen registraties worden verkregen.

Evenwel staan meetcijfers ter beschikking van ir. C. in 't Veld, die in opdracht van het lid der Stormvloedcommissie ir J.F. Schönfeld, toenmaals hoofdingenieur in het Arrondissement Rotterdam, de peilschaalwaarnemingen verrichtte welke op bijlage 5a zijn afgebeeld. Voor de waarnemingen werd een dag met uitzonderlijk kalme zee uitgezocht, daar men anders de aan zee gelegen peilschalen niet nauwkeurig had kunnen aflezen. In het geheel werden aan 9 peilschalen, die tevoren zoo nauwkeurig mogelijk waren gewaterpast en gedeeltelijk aan zee, gedeeltelijk in den mond zelf geslagen waren, gelijktijdig waarnemingen verricht. Deze waarnemingen geschieden met de uiterste zorg. Peilschaal 9 was geplaatst aan den linkeroever, tegenover de registreerende peilschaal, teneinde den invloed van de middelpuntvliedende kracht in de aldaar aanwezige bocht te leeren kennen.

Uit deze waarnemingen bleek dat het HW bezuiden het Zuiderhoofd 12 à 16 cm hooger opliep dan bij de registreerende peilschaal te Hoek van Holland. Benoorden het Noorderhoofd was het HW ongeveer 10 cm hooger dan aan de registreerende peilschaal. Het is hieruit duidelijk, dat ook in zee hogere HW-standen moeten zijn voorgekomen.

Dit verschijnsel is te verklaren met behulp van de stroommetingen in en buiten den mond welke met het meetschip "Oceaan" gedurende de jaren 1934 en 1935 zijn opgenomen (bijlage 5b). Als oorzaken komen in aanmerking:

- 1e. de centrifugaalkracht,
- 2e. de wrijving + ~~versnelling~~ ^{geef in de richting} of vertraging,
- 3e. de kracht van Coriolis (aardrotatie),
- 4e. de kracht van Bernoulli. $\frac{v^2}{2g} - \frac{v^2}{2g}$

$$\frac{v^2}{R}$$

$$\frac{v/v}{c^2 R} = \frac{1}{957}$$

De centrifugaalkracht is hiervan blijkens bijlage 5b wel de voornaamste. De stroomlijnen ten tijde van HW zijn sterk gekromd en de dwars op deze stroomlijnen staande dwarsverhagen α konden worden bepaald met behulp van de formules:

$$\alpha = \frac{v^2}{R}$$

~~$$R = \frac{(1 + y''^2)^{3/2}}{y''}$$~~

wel gebruikt

waarin:

R de kromtestraal van de beschouwde stroomlijn

~~y' = 1e afgeleide van deze kromme~~

~~y'' = 2e afgeleide van deze kromme~~

v = stroomsnelheid waarvoor overal 0.90 m/sec aangenomen.

Vermenigvuldigt men de gevonden verhangen met de afstanden tusschen twee opeenvolgende stroomlijnen en telt men deze op voor bepaalde raaien staande loodrecht op de stroomrichting, dan ontstaan bedragen, welke de op 28 Aug. '30 waargenomen verschillen reeds min of meer plausibel maken. Neemt men bv. bij A onbeïnvloede zeestanden aan, dan zou bij B een stand van 8.64 ^{lager} cm te berekenen zijn uit de centrifugaalkracht, terwijl uit bijlage 5a volgt dat het HW bij peilschaal 4 ongeveer 9 cm lager moet liggen dan de "zee-HW-stand". Dit klopt dus.

De invloed van de ^{"deelfinanciering"} ~~wrijving en de vertraging~~ is te berekenen uit de getijformules. Er volgt daaruit dat de HW-verlaging in den mond van den Waterweg zoodanig is dat bij de reg. peilschaal te Hoek van Holland een stand wordt ^{berekend} ~~gevonden~~ die $1\frac{1}{2}$ cm lager ligt dan de zee-HW-stand.

De kracht van Coriolis is wegens de geringe breedte van den Waterweg te verwaarloozen.

De kracht van Bernoulli levert een verval van slechts ten hoogste 2 à 3 cm omdat de stroomsnelheden in de beschouwde stroomdraden slechts weinig toenemen.

Samengeteld leveren zij dus een kuildiepte van $9 + 1\frac{1}{2} + 2\frac{1}{2} = 13$ cm.

De lijnen van gelijk HW zullen dus ongeveer zijn zooals op bijlage 5c staan aangegeven.

De vloedrijzing bedroeg op 28 Aug. '30 1.36 m of 85 % van het normale bedrag (= 1.61 m).

Wanneer de normale vloedrijzing aanwezig geweest zou zijn, zouden de stroomen ongeveer $\frac{100}{85}$ malen grooter geweest zijn en de vervallen ongeveer $\sqrt{\frac{100}{85}} = 1,08$ malen. Daar de waargenomen kuil ongeveer 12 cm diep was, moet in een normaal geval $12 \times 1,08 = 13$ cm gevonden worden.

Voor normale gevallen mag men dus wel aannemen dat de reg. peilschaal te Hoek van Holland HW-standen aangeeft, welke ten naastebij 13 cm kuildiepte aangeven. Het gemiddeld HW bedraagt te Hoek van Holland

0.88 +, zoodat het gemiddeld HW in zee voor den mond op ongeveer 1.01 + is te stellen.

De "kuil" in de stormvloedsstanden aan zee, welke op de bijlagen 2 en 3 merkbaar is, is hiermede gedeeltelijk verklaard. Immers men moet aannemen, dat ook bij den hoogsten stand van een stormvloed veel vloedwater naar binnen trekt. Hierop wordt nader teruggekomen.

Eenige bijzonderheden, waarmede nog rekening moet worden gehouden bij de bestudeering der waterstanden te Hoek van Holland zijn de volgende:

Tengevolge van verschillen in soortelijk gewicht kunnen de HW-standen aan de peilschaal ongeveer 4 à 5 cm te hoog worden geregistreerd. De kolom water namelijk die zich bij LW in de vlotterbuis bevindt, wordt tijdens de vloedrijzing in deze buis opgetild, terwijl het water daarbuiten zout wordt. Ook de tijden van HW vertoonen dientengevolge op de registratie een vertraging en wel tot 30 à 45 minuten toe. Dit zijn dus aanzienlijke bedragen. Waargenomen verschillen in hoogte en tijd zijn bv. de volgende:

*tuschen de contourlijnen
en de referentie*

Datum	Vershil tijdens HW	Maximum verschil	Tijd na HW
11-6-1935	4 cm	5 cm	30 min.
12-6-1935	4 cm	5 cm	50 min.
13-6-1935	5 cm	6 cm	1u. 15 min.
14-6-1935	4 cm	4 cm	0 min.
15-6-1935	4 cm	5 cm	40 min.
26-6-1935	4 cm	5 cm	45 min.
27-6-1935	4 cm	4 cm	0 min.
28-6-1935	4 cm	4 cm	0 min.
29-6-1935	3 cm	4 cm	15 min.
1-7-1935	4 cm	4 cm	0 min.
2-7-1935	4 cm	4 cm	0 min.
17-9-1936	4 cm	5 cm	15 min.
30-3-1937	2 cm	4 cm	40 min.
17-9-1937	5 cm	5 cm	0 min.
14-3-1938	1 cm	2 cm	20 min.
14-3-1938	2 cm	3 cm	25 min.
27-9-1938	1 cm	2 cm	10 min.
Gemiddeld	$3\frac{1}{2}$ cm	4 cm	22 min.

*is alit
bevat?*

De dijstroom $3\frac{1}{2}$ cm 13
waarschijnlijk

Het gemiddelde van deze reeks verschillen met de werkelijkheid bedroeg $3\frac{1}{2}$ cm voor het HW en 22 minuten voor den tijd van het HW. Deze getallen worden in de praktijk niet van de aanwijzingen op de peilschaalbladen afgetrokken. De stormvloed van 1894 (de hoogst bekende in Hoek van Holland) zou dus bijvoorbeeld niet 3,28 m + geweest zijn, doch 3.24 m +; die van 1916 niet 3.00 m +, doch 2,96 m +; enz.

Evenwel kentmen de juiste omstandigheden tijdens deze vloed niet. Het is de vraag of er toen inderdaad een zoetwaterkolom in de vlotterbuis aanwezig was en of de registreering tot op $\frac{1}{2}$ cm nauwkeurig was.

Op de gegevens van bijlage 5 heeft een en ander geen invloed, daar deze gegevens aan gewone peilschalen werden afgelezen.

In 1935 zijn de peilschalen langs den Waterweg gewaterpast, waarbij fouten gecorrigeerd werden tot een maximum van $3\frac{1}{2}$ cm. Dit toont aan, dat men voor de beschikbare gegevens dus niet op een nauwkeurigheid van binnen ± 3 cm zal mogen rekenen. Soms zal de onnauwkeurigheid als nog iets grooter beschouwd moeten worden.

De houten constructie van de peilschaal te Hoek van Holland is voorts weinig stabiel. Wanneer in den Waterweg groote golven voorkomen geraakt deze constructie in trilling, zoodanig dat de slinger van het uurwerk een ellipsvormige beweging aanneemt en uiteindelijk stil blijft staan. Soms let men in zulke omstandigheden op en leest men den stand dan zoo goed mogelijk op de controleerende peilschaal af. Het wordt dus hoog tijd dat dit zeer belangrijke station beter wordt voorzien.

Zelfs wanneer bovenstaande correcties zouden zijn aangebracht, zouden de waterstanden zooals zij geregistreerd worden te Hoek van Holland, nog niet de eigenlijke rivierstand ter plaatse aangeven. De waarnemingen aan peilschaal 9 toonen namelijk aan, dat de waterstanden bij het getij van 28 Augustus 1930 aan den linkeroever 3 à 4 cm lager bleven dan aan den rechteroever, zulks als gevolg van de middelpuntvliedende kracht tijdens vloed- en ebstroom beide.

Voor de berekening van de stroomen (bij storm bv.) in het beneden-deel van den Waterweg uit peilschaalwaarnemingen werd er dus rekening mede gehouden, dat de fasen en de HW-standen, zooals geregistreerd aan de peilschaal te Hoek van Holland, eenige belangrijke correcties behoeven. Een verschuiving van de lijn der vloedrijzing over de vele minuten, welke uit de hierboven aangegeven staat zou volgen, beteekent een fout in het verhang tusschen Hoek van Holland en Maassluis van meer dan

9. honderd procent en dus ook een zeer aanmerkelijke fout in de stroomberekening, die men daarop zou willen baseeren. Zelfs de verschillen tusschen het werkelijk voorkomend HW bij de peilschaal en het HW in het midden der rivier zijn voor stroomberekeningen van hoofdstuk reeds niet meer te verwaarloozen.

De HW-standen te Hoek van Holland worden niet merkbaar beïnvloed door hoog opperwater.)

Voor den hoogst bekenden Rijnvloed (die van Januari 1926) werd het verschil in HW tusschen de stations IJmuiden en Hoek van Holland nagegaan. Daar IJmuiden in geen geval onder invloed van opperwaterafvoer staat, zouden de HW-standen te Hoek van Holland in Januari 1926 gemiddeld hooger moeten zijn geweest dan te IJmuiden. Dit bleek niet of nauwelijks het geval zooals uit de figuur van bijlage 44, onderaan rechts, valt af te leiden.

Vergelijkt men in deze bijlage echter Maassluis en Willemstad met Hoek van Holland, dan is een verhooging van het LW bij eerstgenoemde stations bemerkbaar. De maximale verhooging van het LW kan voor den zeer grooten afvoer van 1926 voor Maassluis gesteld worden op 60 cm. De maximale verhooging van het HW kan voor dezen afvoer te Maassluis gesteld worden op 19 cm. Rekent men een lineair verloop tusschen Hoek van Holland en Maassluis dan zou de invloed van dezen zeer hoogen opperwaterafvoer bij de peilschaal te Hoek van Holland zoodanig geweest zijn, dat bij LW de stand ^{aan de landzijde} ~~5~~ cm hooger was dan bij den mond en bij HW ~~1,7~~ cm. ^{volgens de kaart}

§ 5. Opmerkingen betreffende andere peilschalen.

Vele der in de vorige § besproken eigenaardigheden gelden niet of in mindere mate voor de overige peilschalen. Doorgaans zijn de peilschaalgebouwtjes van steen, dus solider dan dat te Hoek van Holland, en de verschillen in soortelijk gewicht van het water komen nergens in die mate voor als te Hoek van Holland.

De reg. peilschaal te Scheveningen staat tegen de buitenzijde van de waaiersluis in het ververschingskanaal ongeveer 600 m landwaarts van de uiteinden der havenhoofden. Bij storm uit het NW vindt in den ondiepen buitenmond van dit kanaal volgens onderstaande formule een opwaaiing plaats van ongeveer 2½ cm.

$$p = 0,09 \frac{1V^2}{q} = 0,09 \frac{0,6 \times 25^2}{6} = 2,8 \text{ cm}$$

waarin:

p = de opstuwing in cm

l = de lengte waarover deze plaats vindt in km (strijklengte)

V = de windsnelheid in m/sec

q = de waterdiepte in m.

De stroomlijnen worden bij HW, als de maximum vloedstroom doorstaat, ^{botst tegen de havenhoofden van de haven} rond de Scheveningsche havenhoofden geleid ^{daarvoor geleefd} waardoor in het (ververschings-)kanaal een opstuwing veroorzaakt wordt, welke voor normale getijden te stellen is op $\frac{V^2}{2g} = \frac{0,64}{20} = + 3$ cm. Het gemiddeld HW te Scheveningen zou dus 3 cm te hoog aanwijzen, als gevolg van de aanwezigheid van de havenhoofden van Scheveningen en inplaats van 0.93 + '1) slechts 0.90 + moeten aanwijzen.

Omtrent het verschil in HW aan de peilschaal te Hellevoetsluis en in zee is weinig zekers bekend. Het lag in de bedoeling den mond van het Haringvliet in 1940 grondig te bestudeeren en er tal van stroom- en getijmetingen te verrichten, doch door de tijdsomstandigheden kon dit niet plaats hebben.

Eenige onvolledige en niet geheel betrouwbare gegevens door den Hydrografischen Dienst met onderwater-getijmeters in den buitenmond van het Haringvliet verzameld, geven voor het verschil in HW bij Hellevoetsluis en in zee ruim 10 cm.

Uitgaande van een lineair verloop der HW's van zuid naar noord in zee en van een HW-zeestand bij Hoek van Holland van 1.01 +, kan men de HW-stand in zee midden voor het Haringvliet ongeveer stellen op $1.01 + 16 \times 0,85 = 1.01 + 14 = 1.15 +$. Hierin is 16 de afstand der ^{gevoende} beide punten in zee in km en 0,85 het verloop der HW's in zee in cm/km. Daar de HW-stand te Hellevoetsluis 1.02 + bedraagt is de kuildiepte in den mond van het Haringvliet dus op $1.15 - 1.02 = 0,13$ m te stellen.

Het spreekt vanzelf, dat de standen aan de peilschaal te Hellevoetsluis niet vereenzelvigd mogen worden met die op het Haringvliet vóór Hellevoetsluis. De op- of afwaaiing in dwarsrichting op den stroom kan hier bij storm merkbare bedragen bereiken. Bij Noordwesterstormen moet men hier op een afwaaiing van ongeveer 8 cm rekenen. ^{? te veel}

Het steenen peilschaalhuisje te Willemstad staat aan de haven op

'1) Geschat voor 1930/39. In 1920/27 was het HW te Scheveningen 0.92 +.

1.00 minder van de gund

ruim 100 m uit den oever van het Hollandsch Diep. Er komen wel verschillen in soortelijk gewicht voor, doch niet zoodanig, dat de waterstanden daardoor met betrekkelijk groote onnauwkeurigheden worden geregistreerd. Meestal is er bij storm meer zoutwater dan in normale omstandigheden, zoodat er kans op is, dat het stormtij een paar centimeters te hoog wordt geregistreerd. Zekerheid bestaat hieromtrent niet.

Voorts zijn de peilschaalaflezingen te Willemstad, evenals die van de peilschaal te Hellevoetsluis, afhankelijk van op- en afwaaiing. Bij Noordenwinden stuwt het water bijvoorbeeld tegen den wal bij Willemstad op.

Daar de vloedden uit het Volkerak hooger zijn, dan die uit het Haringvliet, zal in het algemeen de stand bij de peilschaal te Willemstad niet overeenkomen met den stand in het midden van de raai bij Willemstad.

Hoewel op betrekkelijk geringen afstand van elkander gelegen, geven de peilschalen van Moerdijk en Willemsdorp getijkrommen welke tamelijk veel verschillen wat amplitude en phase aangaat. Vooral bij stormen treden vrij groote verschillen op, bv.:

bij den storm van 1894: onbekend; Moerdijk weigerde.

<i>in 1894</i>	"	"	"	"	1906: stormvloed Moerdijk	9 cm	hooger dan te W'dorp.
	"	"	"	"	1912:	"	" " " "
<i>2 1/2 uur vóór tijden</i>	"	"	"	"	1916:	"	" " " "
	"	"	"	"	1928:	"	" " " "
	"	"	"	"	1943	"	" " " "

Bij de samenvloeiing van Nieuwe Merwede en Amer staat helaas geen registreerende peilschaal.

Het eveneens belangrijke knooppunt Werkendam geeft slechts registreeringen sinds 1932. Het valt te betreuren dat van de voorafgaande periode geen getijkrommen bekend zijn.

Een algemeene en dikwijls bij de berekening hinder veroorzakende fout van de registreerende peilschalen is die der tijdsaanwijzing. Soms loopen de klokken niet volgens den juisten tijd hetgeen echter tegenwoordig wegens de radio-tijdseinen wel vermeden zou kunnen worden. Een andere tijdfout wordt veroorzaakt door dichtgeslibde buizen. Vooral Goidschalxoord, Moerdijk en Spijkenisse hebben hiervan te lijden en vroeger (voor 1940) ook Rotterdam, en wel zoodanig, dat de hoogte-

registratie somtijds vele decimeters (tot + 50 cm) fout is. Dergelijke fouten zijn op de registratiebladen niet meer te achterhalen. Vooral bij stormvloeden zijn fouten voorgekomen. Deze fouten in de waarnemingen veroorzaken steeds veel hinder bij de nauwkeurige berekeningen, die van deze gegevens behooren uit te gaan ¹⁾.

De aan de niet-registreerende peilschalen dagelijks op vele plaatsen opgenomen HW- en LW-standen kunnen in het algemeen niet als betrouwbaar worden beschouwd. Daar een waarnemer meestal of te vroeg of te laat komt, zal het HW gemeenlijk te laag en het LW te hoog worden genoteerd. Vandaar, dat de hierna volgende beschouwingen nagenoeg uitsluitend op gegevens van de registreerende peilschalen berusten.

HOOFDSTUK II.

Gegevens betreffende de HW's op de Benedenrivieren.

§ 6. Verandering van de HW-standen sedert 1850.

Beschouwt men van de reeks op bijlage 6 eerst 6d, geldend voor de periode 1931 t/m 1938, dan blijkt daaruit dat:

- 1e. de HW's in de Zeeuwsche wateren belangrijk hooger zijn dan die in de benedenrivieren, zulks overeenkomstig het verloop van de HW's in zee, die van het zuiden naar het noorden afnemen.
- 2e. de HW's op de benedenrivieren stroomopwaarts gaande hooger worden. Bijzonder hoog zijn zij naar verhouding op de Beneden Merwede en op het bovendeele der Nieuwe Merwede.
- 3e. een "kuil" in de HW-standen van den Biesbosch bemerkbaar is; tenminste de lijnen van gelijke HW's dringen hier zeer ver naar binnen.
- 4e. ook een kuil in den noordelijken tak aanwezig is beneden Vlaardingen.

Deze laatste kuil kan gedeeltelijk worden verklaard door te wijzen op de HW-verlaging in den mond van den Waterweg, waarvan sprake is in § 4. Voorts is hierbij ook van invloed, dat de stroomsterkte op het Scheur zeer groot is.

De kuil bij Hoek van Holland - Maassluis heeft dus een andere ontstaansoorzaak dan de kuil in den Biesbosch. De eerste is voornamelijk een gevolg van een scherpe ombuiging der stroomlijnen bij vloed; de tweede is een gevolg van gebrek aan vloedwater, tengevolge van een overmatige vloedkoppervlakte. Van een kuil in de

¹⁾ Hoeveel er aan onze registreerende peilschalen mankeert bleek nog bij den storm van 7 April 1943. Die te Hoek van Holland weigerde, die te Moerdijk bleef volgens een waterpassing ongeveer 25 à 30 cm te laag.

Nieuwe Maas is tegenwoordig weinig te bemerken. Vroeger bestond die daar wel. De lijnen van gelijkse HW-hoogten buigen echter op de Lek nog steeds betrekkelijk ver landwaarts.

De gemiddelde HW-standen van Scheveningen en Katwijk konden voor het beschouwde tijdvak 1931 t/m 1938 niet worden gegeven, daar zij sinds 1927 helaas niet meer worden bepaald.

Wanneer in de toekomst de Biesbosch en de andere daar in de buurt liggende onbedijfde terreinen waterwrijf zullen zijn ingepolderd, zullen de HW-lijnen op den zuidelijken tak minder ver landwaarts buigen dan thans het geval is. Daar de Maas echter lang niet zooveel bovenwater afvoert als de Waal, en de proleten van Bergsche Maas en Amer naar verhouding ook bijzonder ruim zullen blijven (o.a. door concessiebedrijverwerk), zullen de HW-lijnen op deze rivieren verder landwaarts blijven buigen dan op de Beneden Merwede. Men mag echter in het algemeen aannemen, dat de HW-lijnen op bijlage 6d rustiger van vorm zullen worden naarmate de rivieren zelve meer en meer verbeterd worden en de abnormale kompressiën verdwijnen.

Utgangende van de fundamentele, niet te veranderen grondgegevens, dat de HW's in zee noordwaarts, en op de rivieren zeewaarts, lager worden, is het denkbaar, dat de HW-lijnen in de benedenrivieren uit-eindelijk tamelijk regelmatig bochtvormen zouden verkrijgen, open naar het noordwesten en liggende op min of meer regelmatige of regelmatig afnemende afstanden. Het station Hoek van Holland zal door zijn ligging aan de noordwestelijke punt van het stelsel der beneden-rivieren steeds het laagste HW blijven behouden.

De veranderingen, die in de laatste decennia in de HW-hoogten vallen op te merken duiden op sommige plaatsen op een vrij sterke stijging.

Het HW te Rotterdam steeg bijvoorbeeld (zie bijlage 6a-d) van gemiddeld 0,73 m + omstreeks 1860 tot 1,01 m + omstreeks 1935, dus een verhooging van 28 cm in ongeveer 75 jaren.

Nog sterker is de stijging van het HW te Krimpen aan de Lek, waar in dezelfde tijdsduur een stand van 0,65 m + veranderde in 1,16 m +, dus een verschil opleverend van 0,51 m. Men zie hiervoor ook de grafiek van bijlage 7. Het blijkt daaruit, dat vooral omstreeks 1880 het HW te Krimpen een grooten sprong naar boven heeft gemaakt, toen krachtige baggerwerken op den Waterweg hadden plaats gevonden.



De kuil in het HW, die zich omstreeks 1860 uitstreekte over den geheelen noordelijken tak tusschen Brielle en Streefkerk, is tegenwoordig (kaart 6d) ingekrompen tot veel geringere afmetingen tusschen Hoek van Holland en de Westgeul. D.w.z.: de kuil van Krimpen, die beschouwd moest worden als ontstaan door gebrek aan voldoende vloedwater is dus in den loop van ongeveer 75 jaren verdwenen; die op het Scheur, veroorzaakt door den vorm van den mond, niet.

Verder kan men opmerken, dat de lijn van 0,80 m +, die op kaart a van bijlage 6 nog een groote oppervlakte beslaat, op kaart c reeds verdwenen is. De lijn van 1,00 m +, die op kaart a over Puttershoek - Alblasterdam loopt, is op kaart d zeewaarts verschoven tot Rotterdam - Spijkenisse.

Op de Lek is volgens kaart a een sterk verhang bij Jaarsveld in de HW-lijn aanwezig, op kaart b is dit reeds veel flauwer, terwijl op kaart c de HW-lijnen beneden Schoonhoven ver uit elkaar liggen. Dit zal een gevolg zijn van het normaliseeren en verdiepen van deze rivier.

Op de Waal - Merwede is op kaart a een kleine zeewaarts uitbuikende bocht te zien in de 1,30 m + lijn, op kaart d is deze bocht in meerdere mate merkbaar, daar de betreffende lijn op de Lek landwaarts is verschoven. Op de Beneden Merwede veranderen de HW-standen weinig.

De Biesboschkuil veranderde eveneens weinig wat de diepte betreft. De verlegging van den Maasmond bracht in 1904 echter ook Heusden en de Afgedamde Maas bezuiden Op-Andel binnen het kuilgebied. De diepte is op kaart a bij Dussen 1,14 m +, op kaart b 1,20 m +, dus weinig verschil. Waarschijnlijk werd de verkleining van de komberging tengevolge van de verzandingen van de killen van den Biesbosch gecompenseerd door de vergrooiting tengevolge van de verlegging van den Maasmond.

Te Moerdijk steeg het gemiddeld HW met 21 cm in ongeveer 75 jaren. In verhouding tot deze verhooging werd de HW-kuil bij Dussen dus dieper.

Bijlage 8 geeft de veranderingen in het HW in eenigszins anderen vorm weer.

Resumeerende kan dus worden gezegd, dat feitelijk drie verschillende kuilen in het HW van het gebied der benedenrivieren aanwezig zijn of waren, t.w.:

1. de "Biesboschkuil", die zich in grootte en diepte tot nog toe vrijwel gehandhaafd heeft.
2. de "Nieuwe Maas-kuil", die langzamerhand verdwenen is of bezig is te verdwijnen doordat de Waterweg verruimd wordt.
3. de HW-kuil op het Scheur, die ontstaat door den vorm van den mond bij Hoek van Holland.

Deze kuilen liggen allen in de groote algemeene kuil van de benedenrivieren en Zeeuwsche stroomen.

§ 7. De invloed van Waterstaatswerken op de HW-standen.

Op bijlage 9 werden zes kaartjes geteekend, waarop de verschillen van de gemiddelde HW-hoogten voor een bepaalde periode ten opzichte van een voorgaande periode werden aangegeven. Het zijn verhoogingen, die met roode kleur, en verlagingen, die met blauwe kleur zijn aangegeven. Daarnaast is in bijlage 10 een overzicht gegeven van de hoeveelheden, die uit de verschillende rivieren zijn verwijderd, zoodat men door vergelijking van de bijlagen 9 en 10 tot een globaal inzicht kan geraken omtrent den invloed, die deze baggerwerken op de gemiddelde HW-standen hebben uitgeoefend.

Er moet daarbij nog in acht genomen worden, dat de op bijlage 9 gegeven cijfers voor de verhoogingen en verlagingen ontstaan zijn door tweërlei oorzaken, t.w. de zeespiegelrijzing, welke aangenomen is op 2 cm per 10 jaren en de bovengenoemde invloed van de rivierwerken. De zeespiegelrijzing, die als constant zal worden beschouwd, zal steeds bij de bestudeering van de genoemde kaartjes bij de verlagingen worden opgeteld en van de verhoogingen worden afgetrokken. Gemakshalve zal gesproken worden van "extra-verhoogingen", waarmede dus bedoeld wordt de door andere oorzaken dan de zeespiegelrijzing ontstane verhoogingen.

*iets meer over
waterwerken zelf*

In bijlage 9a werden de verschillen tusschen de gemiddelde HW's van de periode 1851 t/m 1870 en die van de periode 1871 t/m 1890 aangegeven. Deze verschillen hebben dus betrekking op 20 jaren tijdsverschil (genoemd 1860 - 1880), overeenkomende met een normale zeespiegelrijzing van 4 cm.

In het zuiden (Zeeland) werd dit bedrag ongeveer bereikt. Er blijken hier aanzienlijke verschillen met deze 4 cm, doch deze boezemen ons thans geen belang in. Zij zullen voornamelijk verklaard moeten worden door onzuiverheden bij de aflezing en door de afdammingen van Sloe en Kreekrak.

Het gebied van de groote rivieren vertoonde in de onderhavige periode over haast de volle uitgestrektheid tusschen de zee en Wageningen (en waarschijnlijk nog hooger) een opmerkelijke extra rijzing van de gemiddelde HW-, resp. gewone rivierstanden. Het HW te ~~Hoek van Holland~~^{Bellefleur} bleef met 1 cm rijzing beneden het gemiddelde van de zeespiegelrijzing, doch het HW te Krimpen steeg 14 cm meer dan de zeespiegel. (Volgens bijlage 7 zelfs 23 cm in de 20 jaren 1865 - 1885.) Voor Vreeswijk was deze extra rijzing 29 cm; voor Tiel 22 cm.

Daar de Bergsche Maas nog niet gegraven was en de Maas dus naar Loevestein stroomde, stond de Biesbosch nog niet onder invloed van het Maaswater. De HW-verhooging in den Biesbosch zou dus in dit tijdvak "1860 - 1880" ongeveer gelijk aan de zeespiegelrijzing moeten zijn. Het blijkt zelfs, dat het HW daar beneden gebleven is (Keizersveer -5 cm), zulks misschien als gevolg van aanzandingen, d.w.z. verhoogden weerstand voor de getijgolf op den Amer. Een andere verklaring is, dat waarnemingsfouten een rol hebben gespeeld.

In het algemeen geeft de periode "1860 - 1880" dus een vrij sterke stijging van de waterstanden te zien, voornamelijk op de Lek, de Waal en de Maas, doch ook nog in de benedenrivieren Nieuwe Maas, Noord en Kil.

In bijlage 9b werden de verschillen tusschen de gemiddelde HW's van de periode 1881 t/m 1890 en die van de periode 1891 t/m

1900 aangegeven. Deze verschillen hebben dus betrekking op 10 jaren tijdsverschil (omstreeks 1885 - 1895), waarin vooral de Rotterdamsche Waterweg en de Nieuwe Merwede belangrijk werden verruimd. Zoals uit de teekening blijkt heeft de sterke rijzing op de bovenrivieren plaats gemaakt voor een ongeveer even sterke daling. De normalisering van deze rivieren in de vorige decennia verwekten aanvankelijk een verhooging, daarna een terugkeer tot de tevoren voorgekomen gemiddelde standen.

Een eigenaardigheid, welke bij beschouwing van deze bijlage 9b valt op te merken is, dat de zeespiegelrijzing, die op grond van bijlage op 2 cm per 10 jaar is te stellen, niet tot uitdrukking is gekomen in de cijfers voor de HW-veranderingen aan zee en in Zeeland.

Bijlage 9c geeft de gemiddelde HW-verschillen voor de periode 1891 t/m 1900 — 1901 t/m 1910. De rijzing van de HW-standen in Zeeland is in dit tijdvak groot, gemiddeld wel 5 à 8 cm. De oorzaak hiervan wordt in het midden gelaten. Neemt men dit als zeespiegelrijzing over die periode aan, dan zijn ook op de benedenrivieren geen extra verhoogingen te constateeren. Wanneer men echter het normale bedrag van 2 cm aanhoudt, dan is de HW-stand in de benedenrivieren weder extra verhoogd, te Rotterdam met 2 cm, te Spijkenisse met 4 cm en te Dordrecht met 2 cm.

Als gevolg van de verlegging van den Maasmond in 1904 vertoonden de standen van Heusden tot Heerewaarden een sterke verlaging. Boven Heerewaarden stegen zij. Overigens gaven de bovenrivieren weinig verandering in de gemiddelde standen.

Bijlage 9d geeft de gemiddelde HW-verschillen voor de periode 1901 t/m 1910 — 1911 t/m 1920. De rijzing van de HW-standen aan zee is thans ongeveer normaal, dus 2 cm.

Ten opzichte daarvan is een extra-verhoging van het HW in het gebied van de benedenrivieren bemerkbaar van ongeveer 2 cm op den Waterweg tusschen Noordgeul en Hollandsche IJssel en van + 4 cm te

Dordrecht. De standen op de Waal werden vrij veel hooger. De Lek vertoonde tusschen Wijk bij Duurstede en Schoonhoven een verlaging. Voorts was nog een sterke verlaging op de Maas bemerkbaar.

Bijlage 9e geeft dezelfde verschillen, doch thans voor de periode 1911 t/m 1920 — 1921 t/m 1930. De HW's in Zeeland vertoonen de normale rijzing van gemiddeld ongeveer 2 cm. Ten opzichte daarvan vertoonden de Kil en het Spui een extra rijzing van het HW van ongeveer 1 à 2 cm. De HW-standen op den Waterweg werden een weinig lager. De standen der bovenrivieren namen weder vrij sterk af, vooral die op de Lek - Rijn.

Bijlage 9f geeft tenslotte de verschillen voor de meest recente periode, 1921 t/m 1930 — 1931 t/m 1938. Ook thans is een extra rijzing van het HW merkbaar in het gebied der benedenrivieren en wel in de streek bij Rotterdam (1 cm), Krimpen (3 cm), Goidschalxoord (3 cm) en Maassluis (1 cm). De standen op de bovenrivieren daalden opnieuw, vooral op den Rijn en op de Maas boven Empel.

Een vergelijking tusschen de cijfers voor ^{of het} 1860 en 1934 (zie bijlage 11) geeft, wanneer de gemiddelde zeespiegelrijzing in de tusschen beide jaren gelegen periode, aangenomen op 15 cm, wordt afgetrokken, de volgende extra-stijgingen (positief) of extra-dalingen (negatief):

Noordelijke tak	Hoek van Holland	- 2 cm	<i>met = 1860 begin</i>
	Maassluis	- 2 cm	
	Vlaardingen	+ 2 cm	
	Rotterdam	+13 cm	
	Krimpen a/d Lek	+36 cm	
	Streefkerk	- 4 cm	
	Schoonhoven	- 8 cm	

Middentak	Brielle	+ 1 cm
	Nieuwesluis	+ 2 cm
	Spijkenisse	+ 6 cm
	Oud Boyerland	+ 4 cm
	Puttershoek	+ 3 cm
	Dordrecht	+ 1 cm
	Sliedrecht	+ 8 cm
	Gorinchem	-20 cm
	Zaltbommel	-75 cm
	Tiel	-71 cm
Zuidelijke tak	Hellevoetsluis	- 6 cm
	Willemstad	- 4 cm
	Moerdijk	+ 6 cm
	Willemsdorp	- 5 cm
	Deeneplaat	+ 2 cm
	Keizersvoer	- 8 cm
	Heusden	-115 cm
Heerewaarden	-185 cm	

Deze verhoogingen of verlagingen zijn dus te wijten aan rivierwerken, althans indien de zeespiegelrijzing juist is aangenomen. ⁶

Het grootst is de verhooging geweest te Krimpen a/d Lek, alwaar men kan rekenen, dat er in de decennia verlopen sedert 1860 achtereenvolgens $6 + 16 + 4 + 7 + 1 - 1 + 3 = 36$ cm is bijgekomen (gerekend boven de zeespiegelrijzing).

Voor wat betreft Krimpen, kan men op grond van de gegevens van bijlagen 7, 8, 9 en 10 tot de conclusie komen, dat er verband bestaat tusschen het baggeren op den noordelijken tak en de rijzing van het HW. In de jaren 1880 - 1890 werd bijvoorbeeld veel gebaggerd en steeg de HW-stand niet minder dan ~~16~~¹⁸ cm t.o.v. den gemiddelden zeestand. Na 1910 schijnt het baggerwerk geen of slechts weinig invloed meer te hebben op den HW-stand te Krimpen.

Rotterdam met een extra stijging van 13 cm in 75 jaren is na Krimpen het station waar het HW het meest steeg.

Op de overige plaatsen langs de benedenrivieren blijven de extra-verhoogingen en ook eenige extra-verlagingen t.o.v. den zeespiegel binnen enge grenzen. Op het benedendeel van den Waterweg schommelen deze tusschen + 2 en - 2 cm. Op de Oude Maas is + 6 cm

Baggerwerk 1875 - 1885

de grootste extra-verhoging (Spijkenisse) en op den zuidelijken tak eveneens + 6 cm (Moerdijk). Tegenover dit laatste getal staat echter een bedrag van - 5 cm te Willemsdorp. Voor dit groote verschil is geen verklaring gevonden. Vermoedelijk zijn hier peilschaalfouten in het geding.

Wat de bovenrivieren betreft blijkt duidelijk een algemeene sterke verlaging van de HW-lijn boven Schoonhoven - Sliedrecht - Keizersveer, welke nog steeds door gaat. De oorzaak hiervan is de verlaging van den bodem door ~~de~~ omvangrijk concessiebaggerwerk.

Per 10 jaar is meer zand verdwenen dan er van boven af instroomt

nl. op Nederrijn Lek + 10.000.000 m³

op de Waal eveneens + 10.000.000 m³.

Welke 10 jaar?

*profiel 9
gemeten*

§ 8. De invloed van de $18\frac{2}{3}$ -jarige maansperiode op het HW.

Tengevolge van wisselingen in den stand van de maanbaan t.o.v. de aarde is elke $18\frac{2}{3}$ jaar een maximaal M₂-getij bemerkbaar, sinusoidaal afwisselend met een minimum. Een grafische voorstelling van dezen invloed op het M₂-getij vindt men in fig. a van bijlage 12. De maxima kwamen voor in 1866, 1885, 1903, 1922 en 1941.

De schommeling heeft geen groote amplitude, namelijk slechts 3,8 %.

Ten einde na te gaan hoe de invloed van deze $18\frac{2}{3}$ -jarige periode in de getijlijnen van Hoek van Holland en Willemstad tot uitdrukking komt, werden in fig. b en c eenige krommen geteekend, welke met behulp van de door den Algemeenen Dienst voorspelde jaarlijksche tabellen betreffende het HW en LW werden verkregen. Er werden drie perioden uitgezocht, één voor den maximum invloed (1921-1923), één voor den normalen invloed (1935-1937) en één voor den minimum invloed (1931-1933).

Alle HW's die voorspeld werden voor de winterhalfjaren van deze perioden (de zomerhalfjaren hebben voor een stormvloedstudie weinig beteekenis) werden gerangschikt naar hun maansouderdom. Men krijgt zodoende op sinusoiden gelijkende lijnen, waarvan de toppen de gemiddelde springtij-HW's en de dalen de gemiddelde doodtij-HW's weergeven.

Behalve deze gemiddelden, werden tevens in bijlage 12 nog de uiterste maxima weergegeven.

Men vindt de springtij-HW's voor de drie gevallen in den volgenden staat:

HW-standen te Hoek van Holland.

	Springvloed na Nieuwe Maan		Springvloed na Volle Maan	
	Gemiddeld	Maximum	Gemiddeld	Maximum
Geval I (max.)	1,05 m +	1,26 m +	<u>1,13 m +</u>	1,25 m +
Geval II (gem.)	1,08 m +	1,21 m +	1,05 m +	<u>1,28 m +</u>
Geval III (min.)	1,05 m +	1,25 m +	<u>1,00 m +</u>	<u>1,13 m +</u>
Max. verschillen	3 cm	5 cm	13 cm	15 cm

Voor Willemstad vindt men:

	Springvloed na Nieuwe Maan		Springvloed na Volle Maan	
	Gemiddeld	Maximum	Gemiddeld	Maximum
Geval I (max.)	1,41 m +	1,62 m +	<u>1,49 m +</u>	1,62 m +
Geval II (gem.)	1,40 m +	1,60 m +	1,43 m +	<u>1,64 m +</u>
Geval III (min.)	1,45 m +	1,60 m +	<u>1,33 m +</u>	<u>1,50 m +</u>
Max. verschillen	5 cm	2 cm	16 cm	14 cm

De grafieken van bijlage 12b en c zijn natuurlijk slechts voorbeelden. Indien andere jaren genomen waren, zouden ook iets andere grafieken verkregen zijn. Niettemin geven zij een voldoende indruk van de orde van grootte van den invloed, welke het 18 $\frac{2}{3}$ -jarig getij, afgebeeld in fig. a van bijlage 12, op het HW uitoefent.

In het algemeen kan men dus besluiten dat deze invloed, wat betreft het HW-springtij, beperkt blijft tot ruim een decimeter ~~te~~ ~~HW en tot ruim 15 cm te Willemstad.~~

Hetzelfde kan ook ongeveer worden gezegd, voor wat betreft het doodtij en het normaal tij.

Op bijlage 12b werden nog de voorspelde HW's aangegeven, welke betrekking hebben op de voorgekomen stormvloeden. De storm van 10 October 1926 kwam bijvoorbeeld voor bij een springtij van geval II, die van 13/14 Januari 1916 tijdens een doodtij van geval I, enz.

§ 9. Toetsing van voorspelde aan waargenomen HW-standen.

Deze toetsing werd alleen verricht voor Willemstad. Gemeend werd, dat de afwijkingen tusschen waargenomen en voorspelde HW's,

welke voor dit centraal gelegen punt gevonden zouden worden, ook een maat van de afwijkingen voor de overige langs de benedenrivieren gelegen peilschalen zouden vormen.

Op bijlage 13 werden voor Willemstad wat betreft de twee jaren 1921 en 1930 (*resp. maximum en minimum van de 18 $\frac{2}{3}$ -jarige maansperiode*) zoowel de werkelijk voorgekomen doottij- en springtij-standen als de voorspelde (astronomische) uitgezet. Hiervoor werden genomen die, welke 48 uren na VM- of NM-springtijden en 48 uren na EK en IK (doottijden) voorkwamen. Deze spring- en doottijhoogten werden gemakshalve onder elkaar uitgezet en de waargenomen hoogten iets rechts van de berekende.

Er blijkt uit de grafieken van bijlage 13, dat de voorspelde HW's voor wat betreft het jaar 1921 nagenoeg steeds 1 à 2 dm boven de werkelijk voorgekomen HW's lagen, doch dat zij voor het jaar 1930 er nu eens een à twee decimeters boven lagen, dan weer ongeveer evenveel daar beneden. De wind kan daarbij groote verschillen veroorzaken.

De lijnen van de vijfpuntsgemiddelden geven de verschillen het duidelijkst weer. De kennelijk door opwaaiing veroorzaakte groote afwijkingen zijn bij het construeeren dezer lijnen buiten beschouwing gelaten.

De conclusie luidt dus, dat in het algemeen de voorspellingen met vertrouwen kunnen worden aanvaard, doch dat de gemiddelden van vrij lange perioden wel eens een of twee decimeters van die van de waargenomen waarden kunnen afwijken.

Wanneer in het vervolg dus gesproken zal worden van "astronomische HW-standen", wordt bedoeld de voorspelde.

Voor enkele stormgevallen werden de astronomische HW-standen nog nauwkeuriger berekend dan de zg. voorspelde (zie § 17).

met behulp van de manuelle analyse berekend (zie § 17). Dit kan met nauwkeuriger zijn dan de cijfers van de gelybroeken.

(Gelybroeken worden hier met minuscule, deponat.)

§10. De wetmatige veranderingen in de hoogten van de springvloeden.

Het is bekend, dat de springvloeden niet steeds dezelfde hoogten bereiken. In verband met den zonnestand kan men omstreeks Februari - Maart en Augustus - September, dus omstreeks de nacht-eveningstijden, bijzonder hooge springvloeden verwachten.

Voor een 6-tal jaren werden op bijlage 14 voor het station Willemstad deze hoogten van de springvloeden nagegaan. Het betreft hier de voorspelde hoogten, niet de werkelijk voorgekomene. Het station Willemstad werd weer gekozen, omdat het min of meer centraal gelogen is en het Hollandsch Diep voor de komvulling van de benedenrivieren tijdens storm een belangrijken invloed heeft. Behalve de springtijden werden ook de doodtijden grafisch voorgesteld.

Voor het jaar 1921 kwam het hoogste gemiddelde van twee opeenvolgende springtijden voor na VM in de maanden Januari en Februari en na NM in Juli, Augustus, September, dus in de voorjaars- en najaarsperioden, waarin de maandschommelingen in het springtij (verschil tusschen springtijhoogte bij Volle en Nieuwe Maan) het grootst zijn.

Voor het jaar 1926 kwamen de hoogste gemiddelden van twee opeenvolgende springtijden voor na NM in de maanden Januari en Februari en na VM in September en October, dus eveneens in de twee perioden, waarin de verschillen in springtijhoogte bij Volle Maan en Nieuwe Maan groot zijn.

Voor het jaar 1930 kwamen de hoogste gemiddelden van twee opeenvolgende springtijden voor na VM in de maanden Januari en Februari en na NM in Augustus en September, dus ook weder in het voor- en in het najaar.

Hierbij kan nog worden vermeld, dat 1921 een "maximum" jaar is (volgens de 18 $\frac{2}{3}$ -jarige periode); 1926 een gemiddeld jaar en 1930 een vrij "laag" jaar. In 1921 kwam het voorspelde gemiddelde van twee opeenvolgende springtijden te Willemstad zes malen boven 1,50 m +, in 1926 eveneens 6 malen, doch in 1930 slechts drie malen.

Op de onderste helft van bijlage 14 werden de hoogste voorspelde springtijden en de laagste doode tijden uitgezet voor de jaren 1913 (minimum), 1916 (iets onder het gemiddelde) en 1922 (maximum jaar). In het jaar 1913 kwamen te Willemstad 7 hooge springtijden voor van

boven 1,50 m + NAP; in het jaar 1916 niet meer dan 3 en in het jaar 1922 zelfs 9. De springtijden van laatstgenoemd jaar waren zeer hoog, velen ervan boven 1,60 m +. Het gemiddeld verschil van de voorspelde springtij-HW's met de voorspelde doottij-HW's bedroeg voor Willemstad 48 cm in 1913; 49 cm in 1916 en 49 cm in 1922, dus praktisch geen verschil voor de drie jaren.

De maximum verschillen waren te Willemstad resp. 79, 71 en 80 cm, waaruit volgt dat de $18\frac{2}{3}$ -jarige periode betrekkelijk weinig invloed heeft op het gemiddeld verschil in doottij- en springtij-hoogte.

Het is nog van belang op te merken, dat als de periode van de hooge voorjaars-springtijden valt bij Nieuwe Maan, die van de najaars-springtijden valt bij Volle Maan, en andersom. Daartusschen ligt een schrikpunt in den zomer en in den winter met daaromtrent lage springtijhoogten zonder noemenswaardige verschillen na NM en VM.

De algemeene gevolgtrekking welke uit bovenstaande volgt is dus:

1. De hooge "astronomische" springtijden komen in het ~~vroege~~ voor- en najaar voor, doch nimmer met tusschenpoozen, kleiner dan 28 dagen.
2. Te Willemstad bereiken de "astronomische" springtijhoogten ten hoogste + 9 malen per jaar een stand van ongeveer 1,60 m + NAP of hooger.
3. De maximale springtijden komen in het voorjaar bij Nieuwe Maan en in het najaar bij Volle Maan voor, of andersom; in het voorjaar bij Volle Maan en in het najaar bij Nieuwe Maan.

Het gemiddelde HW bedraagt te Willemstad 1,25 m + en te Hoek van Holland 0,88 m + NAP. Dit is gerekend voor de periode 1921 t/m 1930.

De hoogste in de 42-jarige periode 1899 tot 1940 voorspelde astronomische stand was:

maximum HW te Willemstad 1,68 m +

maximum HW te Hoek van Holland 1,34 m +

dus resp. 0,43 m en 0,46 m boven het genoemde gemiddelde HW.

§ 11. Frekwentiekrommen van de HW's.

Op bijlage 15 werden de frekwentiekrommen uitgezet voor de stations HvH, Rotterdam, Hellevoetsluis en Willemstad. Daarbij werd weder uitgegaan van de gegevens uit de voorspelde getijtafels, dus

van de zg. "astronomische" standen. Met het oog op de 18 $\frac{2}{3}$ -jarige periode werden de frekwentiekrommen van drie jaren, t.w. 1913, 1917 en 1922 genomen. Zooals uit de desbetreffende krommen blijkt is deze periode thans inderdaad goed merkbaar.

De "astronomische" HW's, die volgens de Getijtafels voor hadden moeten komen bij de stormen van 1906, 1916, enz. werden met een kruisje op de teekeningen aangegeven. Daarnaast werden deze astronomische standen nog zoo zuiver mogelijk berekend met behulp van 15 partieele getijden. Voor den storm van 1894 ontbraken de Getijtafels; deze serie begint eerst kort daarna. De met een open cirkeltje aangegeven astronomische HW's tijdens storm zijn dus ~~nauwkeuriger~~ dan die, welke met een kruisje zijn aangegeven. De stormvloed van 1906, 1936 en 1928 kwamen dus voor bij hooge springtijden, die van 1894 en 1916 tijdens vrij normale doode tijden. Men zie hierover voorts hoofdstuk III en de daarbij behorende bijlagen.

Op bijlage 16 werden de frekwentiekrommen voor de jaren 1913, 1917 en 1922 van de HW's, zooals zij werkelijk te HvH zijn voorgekomen, vergeleken met die welke voor die jaren uit de Getijtafels volgen.

Zooals vanzelf spreekt, zijn de eerste hooger opgelopen (door stormen uit het westen) en lager afgelopen (door oostenwinden) dan in de Getijtafels ~~kon~~ ^{worden} ~~worden~~ voorspeld.

Deze figuur dient dus weder als illustratie van de mate van overeenstemming tusschen de voorspelde "astronomische HW's" en de in werkelijkheid voorgekomen HW's.

Voor de stations HvH, Hellevoetsluis, Willemstad, Spijkenisse, Puttershoek, Krimpen a/d Lek, Dordrecht en Rotterdam werd nagegaan, ^{ast?}hoevele malen een bepaalde ^{ast?}hooge HW-stand werd overschreden in de verschillende decennia, verlopen sinds 1890. De standen zelve werden daarbij niet meer als overschrijding gerekend. Die voor het laatste tijdvak konden slechts tot en met het jaar 1937 worden becijferd. Ter behoud van het overzicht werden de getallen voor de frekwentie van de hooge vloed van de jaren 1931 t/m 1937 allenigvuldigd met het getal $\frac{10}{7}$.

De overschrijdingsaantallen per 10 jaren zijn voor de genoemde stations aangegeven in onderstaanden staat voor wat betreft de periode 1891 t/m 1900.

	Hoek van Holland	Willemstad	Hellevoetsluis	Spijkenisse	Puttershoek	Krimpen a/d Lek	Rotterdam	Dordrecht
Boven 1,30 m +	304	1774	593	295	--	749	416	--
Boven 1,40 m +	194	1092	373	211	--	455	277	1154
Boven 1,60 m +	89	432	178	98	289	182	123	405
Boven 1,70 m +	58	283	119	65	191	126	85	251
Boven 1,80 m +	32	199	91	41	140	82	54	172
Boven 1,90 m +	23	146	65	32	92	52	38	123
Boven 2,10 m +	12	78	27	13	37	24	17	49
Boven 2,20 m +	8	50	17	10	25	16	12	28
Boven 2,30 m +	5	33	13	8	15	12	11	15
Boven 2,40 m +	4	19	11	8	9	9	8	10
Boven 2,60 m +	3	11	7	3	8	6	5	8
Boven + 3 m +	1	5	2	1	1	1	1	1

Voor de periode 1911 t/m 1920 vindt men:

	Hoek van Holland	Willemstad	Hellevoetsluis	Spijkenisse	Puttershoek	Krimpen a/d Lek	Rotterdam	Dordrecht
Boven 1,30 m +	457	2533	953	474	--	1227	765	--
Boven 1,40 m +	287	1666	653	306	--	776	478	1857
Boven 1,60 m +	113	706	293	132	541	304	192	711
Boven 1,70 m +	74	476	176	86	359	197	123	454
Boven 1,80 m +	52	304	115	64	240	129	84	295
Boven 1,90 m +	32	198	86	44	157	86	61	199
Boven 2,10 m +	13	96	37	19	70	42	26	80
Boven 2,20 m +	8	63	29	12	45	26	19	53
Boven 2,30 m +	8	39	19	9	28	15	11	33
Boven 2,40 m +	5	29	12	7	13	11	7	22
Boven 2,60 m +	2	14	6	4	7	5	4	7
Boven + 3 m +	1	5	2	1	2	1	1	1

Tenslotte vindt men voor den tegenwoordigen tijd, 1931 t/m 1937
(vermenigvuldigd met $\frac{10}{7}$):

	Hoek van Holland	Willemstad	Hellevoetsluis	Spijkenisse	Puttershoek	Krimpen a/d Lek	Rotterdam	Dordrecht
1 Boven 1,30 m +	384	2790	780	550	--	1800	516	--
150 Boven 1,40 m +	240	1815	497	350	--	1100	316	1290
Boven 1,60 m +	104	683	200	150	509	395	123	461
Boven 1,70 m +	71	445	130	110	333	256	88	287
Boven 1,80 m +	46	290	99	70	204	163	63	180
200 Boven 1,90 m +	20	180	73	50	147	117	38	129
Boven 2,10 m +	16	94	21	20	54	43	12	50
Boven 2,20 m +	11	63	16	10	27	18	10	24
Boven 2,30 m +	9	43	11	8	14	12	6	12
Boven 2,40 m +	4	20	9	5	10	9	5	9
250 Boven 2,60 m +	1	11	0	2	4	4	2	3
Boven + 3 m +	0	3	0	0	0	0	0	0

Vergelijkt men deze overschrijdingscijfers, dan volgt daaruit, dat de middelste staat (voor 1911 t/m 1920) soms hogere waarden geeft dan de eerste en de laatste. *Maar 18 is nog laag*

Beschouwt men bijvoorbeeld de vlooden, die hooger zijn geweest dan 1,50 m +, dan vindt men achtereenvolgens voor de drie genoemde perioden de volgende aantallen:

Plaats	1891-1900	1911-1920	(1931-1937) $\times \frac{10}{7}$
Hoek van Holland	130	188	154
Hellevoetsluis	250	424	307
Willemstad	700	1065	1117
Spijkenisse	134	204	220
Puttershoek	437	784	782
Krimpen a/d Lek	283	484	645
Rotterdam	182	290	187
Dordrecht	659	1110	792

2715
4500
4214
eerste is bijna niet laag

2715
4500
4214

Voor HvH, Hellevoetsluis, Rotterdam en Dordrecht zijn naar verhouding in de periode 1911/20 dus meer hoge vloedden (boven 1,50 m +) geweest dan in 1931/37.

Voor de plaatsen Willemstad, Spijkenisse en Krimpen a/d Lek is het aantal hoge vloedden toegenomen; zeer sterke toeneming heeft alleen Krimpen a/d Lek, nl. in de verhouding:

100 (in 1891/1900) : 227 (in 1931/37).

Beschouwt men de aantallen van de vloedden, die hooger zijn geweest dan 2,00 m + dan vindt men achtereenvolgens voor de drie

perioden:	voor Hoek van Holland	14	20	19
	voor Hellevoetsluis	44	54	40
	voor Willemstad	106	133	128
	voor Spijkenisse	20	26	20
	voor Puttershoek	59	106	91
	voor Krimpen a/d Lek	36	61	69
	voor Rotterdam	27	44	18
	voor Dordrecht	80	125	80

*Storing ten
aanzien van
deze conclusie*

Hieruit blijkt voor alle stations, uitgezonderd Krimpen a/d Lek een daling van de frekwenties sinds 1911/20.

Bijlage 17 geeft nog grafieken, waaruit de toeneming of afneming van de hoge vloedden voor de hierboven genoemde decennia en plaatsen valt af te leiden.

Hellevoetsluis bezat voor vloedden, hooger dan 1,20 m +, aanvankelijk (d.w.z. van 1892-1906) een frekwentie van 96 per jaar. Na 1906 trad een sterke toeneming op, zoodat in 1918 de frekwentie van deze vloedden 150 per jaar bedroeg. Daarna kwam een daling, zoodat in 1933 nog 132 vloedden per jaar hooger waren dan 1,20 m +. Naar het schijnt rijst de frekwentie thans weer.

Voor standen te Hellevoetsluis, hooger dan 1,40 m +, vindt men een soortgelijke kromme als hierboven beschreven.

Waterstaatswerken, die invloed gehad zouden kunnen hebben op deze toe- en afneming der frekwentie kunnen niet in aanmerking komen voor een station als Hellevoetsluis. Het meest waarschijnlijk is, dat veranderende ^{physische} ~~hydrografische~~ omstandigheden in den mond van het Haringvliet de waargenomen wisseling in de frekwentie van de hoge HW-standen hebben veroorzaakt. Voor het opsporen van een eventueele wetmatigheid ontbreken voorloopig voldoende gegevens. Het is alleen duid-

De storm van 1916 veroorzaakte de hoogst bekende standen te

Rotterdam	Spijkenisse	Kop van 't Land
Gouda	Oud Beijerland	Werkendam
Krimpen	Puttershoek	Herwijnen
Schoonhoven	Dordrecht	Geertruidenberg
Jaarsveld	Alblasserdam	Keizersveer
Brielle	Sliedrecht	

d.w.z. langs de zg. smalle benedenrivieren, Lek, Nieuwe Maas, Merweden, Oude Maas, Noord, Kil.

De storm van 1928 veroorzaakte de hoogst bekende standen op het Hollandsch Diep, t.w. bij

Tien Gemeten
Willemstad
Moerdijk
Willemsdorp.

~~9 April 1943~~

Een zeer belangrijke opmerking is hierbij dat de hoogst bekende standen van de benedenrivieren dus zeer recent zijn, nl. van 1916 en 1928. Voordien kwamen hier veel lagere standen voor niettegenstaande de zeestanden toen hooger waren. Men moet aannemen dat de "kuil" op de benedenrivieren in den loop van de laatste 100 jaren zeer aanmerkelijk vervlakt is. Voor deze verondieping komt enerzijds als oorzaak in aanmerking het beperken der komberging door dijksverhooging en inpolderingen, anderzijds het verruimen van eenige benedenrivieren.

Een belangrijke vraag is nu of deze vervlaking ^{an den SV-rij hoeracht} nog verder door zal gaan, dan wel of aangenomen mag worden dat een stilstand is ingetreden.

Een conclusie, welke uit deze feiten alvast getrokken kan worden is, dat de frekwentie der hoge standen op de benedenrivieren omstreeks 1894 anders was dan thans. Een stand van 3.01 + te Krimpen moet in 1894 zeer zeldzaam geweest zijn, doch is dit thans niet meer.

§ 13. Het vervlakken der SV-kuilen sedert 1825 (bijlage 19).

Op bijlage 19 komt het vervlakken der SV-kuilen in de laatste eeuw nog grafisch tot uiting. In 1825 was een diepe kuil in de SV-lijn op den noordelijken tak (bijlage 19a) aanwezig, met een minimum bij Krimpen - Schoonhoven. In 1894 was een minder diepe kuil aanwezig; de zeestand was wel hoog, doch de waterstanden daalden landwaarts tot

an den Stormvloedkuil

an den Stormvloedkuil

Krimpen. Hetzelfde kan nog worden gezegd van den vloed van 1904. Deze drie vloedlijnen van 1825, 1894 en 1904, die nog duidelijke kuilen vertoonden, werden met getrokken lijnen aangegeven.

De later voorgekomen vloedlijnen van 1906 en 1916, aangegeven met een zwaren streeplijn, vertoonen een ander karakter. Zij kwamen voor bij betrekkelijk hooge standen van den Rijn. De kuil in de SV-lijn op den noordelijken tak is daardoor in beide gevallen verdwenen, doch in 1916 in sterkere mate dan in 1906, niettegenstaande Keulen in laatstgenoemd jaar hooger stond.

De recente vloeden van 1928 en 1940 (dunne stippellijnen) kwamen voor bij vrijwel normale opperwaterafvoeren en geven weder een ander beeld. De SV's van 1928 en 1940 loopen vanaf Maassluis landwaarts vrij regelmatig naar boven. Bij Maassluis bleef in 1928 de vloed bijzonder laag. Reeds bij de dagelijksche vloeden was in 1928 het HW bij Maassluis abnormaal laag.

De verdwijning van de "kuil" op den noordelijken tak is dus duidelijk merkbaar. De onbeteekenende vloed van 1940 veroorzaakte te Krimpen zelfs een stand, die 22 cm hooger was dan de beruchte vloed van 1825. De stand te Krimpen van 1825 is zelfs de laagste van alle op bijlage 19 geteekende.

De middentak (bijlage 19b) geeft ongeveer hetzelfde beeld van een kuil als de noordelijke, doch in minder uitgesproken mate. Voor het gemak werden de vloedlijnen voor de Brielsche Maas weggelaten. Deze liggen hooger dan op den Waterweg tusschen Hoek van Holland en Westgeul.

De verdeeling in drie perioden werd weder aangehouden door het nemen van getrokken en zwaar en dun gestippelde lijnen.

De vloed van 1825 vertoonde een kuil bij Spijkenisse en Dordrecht. De vloed van 1894 vertoonde eveneens een inzinking bij Spijkenisse en Dordrecht-Sliedrecht, doch tevens een verheffing bij den bovenmond van het Spui (Goidschalxoord), vermoedelijk tengevolge van het vloedwater uit het zuiden. Van den vloed van 1904 is hetzelfde te zeggen.

*Weggele 5
1825 3.54 de hoog
1894 3.07
1904 2.96*

De vloed van 1906 en 1916 die beiden bij hoog opperwater voorkwamen verschillen onderling, doordat de eerste wel een kuil bij Spijkenisse vertoont, de laatste niet meer.

De SV-lijn van den vloed van 1928 loopt op de rivier boven Maassluis regelmatig naar boven en vertoont zelfs geen kuil meer bij Dordrecht. Die van 1940 echter weer wel.

De zuidelijke tak (bijlage 19c) geeft wat betreft de SV-lijnen een zeer duidelijke kuil te zien boven Moerdijk, de Biesboschkuil. Alle SV-lijnen zijn op dezen tak min of meer congruent: bij Tien Gemeten (oostpunt) of bij Willemstad is een top aanwezig tengevolge van den hoogen vloed uit het Volkerak. Boven Moerdijk begint de sterke daling. Veel verandering sedert 1894 valt niet te bespeuren, hoewel toch in 1904 de Bergsche Maas gegraven is en de komberging van den Biesbosch daardoor niet onaanzienlijk is uitgebreid. Daar staat evenwel tegenover dat na 1894 tal van inpolderingen in den Biesbosch hebben plaats gehad.

De op bijlage 19c aangegeven SV-hoogten voor *Dongemond* van omstreeks 2.70 à 2.95 m + zijn, hoe laag ook, toch hooger dan die langs het Oude Maasje. Deze werden evenwel niet op de bijlage 19c aangegeven, wel in bijlage 18. Op de Nieuwe Merwede valt eveneens een kuil te bemerken (zie bijlage 19d).

Resumeerende volgt dus:

1e. Op den noordelijken tak was vroeger tijdens storm een kuil merkbaar in de SV-lijnen, die echter langzamerhand grotendeels verdwenen is.

De "hoogst voorgekomen stand" steeg daardoor te Krimpen van 2.73 + in 1825 tot 3.01 + in 1894 en daarna tot 3.35 + in 1916, dus in ongeveer een eeuw tijds met 0,62 m.

Die te Dordrecht steeg van 3.29 + in 1825 tot 3.43 + in 1916, dus ongeveer 0,15 m.

- 2e. Opperwaterafvoeren overeenkomend met een stand van 4.10 à 4.70 + nulpunt (= ong. 2 m boven MR) hebben op den noordelijken tak een duidelijk verhoogenden invloed gehad op de SV-lijnen.
- 3e. Het Spui verhoogt de standen op den middentak.
- 4e. Het Volkerak verhoogt de standen op het Hollandsch Diep - Haringvliet.
- 5e. De kuildiepte bij den Biesbosch op den Amer en op de Nieuwe Merwede schijnt sinds 1894 weinig veranderd en is nog steeds zeer diep.

§ 14. Overzicht van de bereikte SV-hoogten (bijlage 20).

Op bijlage 20 werden voor de voornaamste bekende stormvloed¹⁸⁹³en, nl. die van 1894, 1906, 1916, 1928 en 1936, kaartjes geteekend, waarop de waargenomen SV-hoogten werden aangegeven, met daartusschen lijnen van gelijke SV-hoogte. Daarnevens werd het verloop van de kracht en richting van den storm, de maansouderdom, de bijbehorende stand te Keulen, enz. aangegeven.

De storm van 1894 veroorzaakte in het gebied der benedenrivieren twee "kuilen", de een bij den Biesbosch, de ander op de Lek-Nieuwe Maas. Te Krimpen kwam bv. slechts een stand van 3.01 m + voor (Hoek van Holland 3.28 m +, Scheveningen 3.53 m +). Te Keizersveer slechts 2.75 m + (Moerdijk 3.53 m +). Dordrecht registreerde een stand van 3.21 m +. In het algemeen bleven de standen op de benedenrivieren lager dan in zee.

De storm van 1906. De kuil van den Biesbosch bleef zeer diep, die van de Nieuwe Maas-Lek was, hoofdzakelijk doordat te Keulen een hooge stand aanwezig was, nagenoeg verdwenen (Krimpen 3.15 m +, Hoek van Holland 2.97 m +). Wel buigen de SV-lijnen bij HvH naar binnen, zoodanig dat Rotterdam, Spijkenisse en alle zeewaarts van deze plaatsen gelegen stations lagere hoogten dan 3.00 m + registreerden.

De storm van 1916. Daar de stand te Keulen wederom hoog was, was de kuil bij Krimpen niet aanwezig. Hoewel de stand te HvH nagenoeg even hoog was als bij den storm van 1906 en ook Keulen ongeveer even hoog stond, drong zelfs de SV-lijn van 3.25 m + niet zoover landwaarts als de 3.00 m + lijn in 1906. Vergelijkt men de SV-lijn

van 3.25 m + voor de stormvloed van 1906 en 1916 dan vindt men opmerkelijke verschillen. In 1906 valt vrijwel het geheele gebied der benedenrivieren binnen deze lijn, in 1916 valt dit gebied er bijna geheel buiten. Een verklaring hiervoor is misschien, dat in 1916 de vulling van de vloedkom in twee getijden geschiedde, waardoor weinig zeewater en veel rivierwater in de benedenrivieren werd geborgen.

De storm van 1928. Dit is de derde der behandelde stormen, die een stand van ongeveer 3.00 m + te HvH veroorzaakte. De SV-lijn van 3.25 m + lag thans bij Dordrecht. Duidelijke kuilen waren aanwezig bij den Biesbosch en op het Scheur. De stand te Keulen was ongeveer normaal.

De storm van 1936. Bij dezen storm bleef de stand te HvH laag, nl. 2.53 m + op 1 Dec. en 2.74 m op 2 Dec. Duidelijke kuilen waren weder aanwezig in en nabij den Biesbosch en op het Scheur. De stand te Keulen was vrijwel weder normaal.

Hieronder volgt nog een staat van de bereikte SV-hoogten voor de voornaamste stations:

Plaats	1894	1906	1916	1928	1936	1943
Scheveningen	<u>3.53 +</u>	3.15 +	3.20 +	3.15 +	2.86 +	
Hoek van Holland	<u>3.28 +</u>	2.97 +	3.00 +	2.96 +	2.74 +	
Hellevoetsluis	<u>3.46 +</u>	3.25 +	3.23 +	3.30 +	2.89 +	
Willemstad	3.62 +	3.57 +	3.62 +	<u>3.66 +</u>	3.25 +	
Rotterdam	3.17 +	2.98 +	<u>3.40 +</u>	2.99 +	2.76 +	
Krimpen a/d Lek	3.01 +	3.15 +	<u>3.35 +</u>	3.05 +	2.85 +	
Dordrecht	3.21 +	3.27 +	<u>3.43 +</u>	3.27 +	2.94 +	
Moerdijk	3.53 +	3.37 +	3.60 +	<u>3.71 +</u>	3.16 +	
Keizersveer	2.75 +	3.02 +	<u>3.14 +</u>	2.95 +	2.70 +	

De hoogsten der voorgekomen standen werden onderstreept.

§ 15. Voortplantingstijden van stormvloed (bijlage 21).

De lijnen van gelijktijdig SV loop en in het algemeen in de Zeeuwsche en Zuidhollandsche wateren ongeveer noord - zuid. Het tijdstip van SV te HvH geldt voor alle grafieken van bijlage 21 als nulpunt der tijdschaal.

a. Vloed van 1894.

Het was te HvH slechts 35 min later HW dan te Vlissingen. De vloedgolf kwam als het ware loodrecht op de kust aan. Over den afstand HvH - Vlaardingen deed het HW echter niet minder dan 3 uren, een bewijs, dat het op den Waterweg en ook op de Brielsche Maas tijdens HW zeer hard gestroomd moet hebben ¹⁾). Daarentegen was de voortplantingssnelheid op de Zeeuwsche stroomen en ook op het Haringvliet groot, hetgeen duidt op zwakke vloedstroomen tijdens den storm in deze wateren. Op het Hollandsch Diep was de stroomsnelheid echter weder groot. Uit een en ander kan men afleiden dat het water snel naar de kuilen boven Rotterdam en boven Moerdijk trachtte te stroomen.

b. Vloed van 1906 (hoog opperwater, Keulen 4,71 + nulpunt).

De vloedgolf kwam iets meer uit zuidelijke richting op de kust. De stroom in den Waterweg beneden Vlaardingen was weer krachtig. De lijnen van gelijktijdig SV buigen bij den Biesbosch sterk landwaarts in.

c. Vloed van 1916.

Deze vloedgolf kwam in nog sterkere mate uit het zuiden. Te HvH en Willemstad kwamen de hoogste standen nagenoeg gelijktijdig voor. De abnormaal snelle voortplanting van de vloedgolf tusschen HvH en Streefkerk is merkwaardig, doch verklaarbaar, daar veel opperwater naar dit riviervak werd aangevoerd en de Kil - Noord ook veel water naar het noorden moet hebben gebracht omdat het getij zoo vroeg bij Willemsdorp was.

d. Vloed van 1928.

De voortplanting van het getij was vrijwel normaal, de afstanden van de uurlijnen regelmatig. Dit duidt op betere en diepere rivieren dan voorheen.

e/f. Vloed van 1/2 Dec. 1936 en 1940.

Ook hieromtrent valt hetzelfde op te merken.

¹⁾ Dit is de "regel van Canter Cremers": Snelle voortplanting (be- teekent zwakke strooming, langzame voortplanting beteekent krachtige strooming.

1943

ofh vert. getij

Vergelijkt men de voortplantingstijden van den volgenden staat

1943

Afstanden	Storm van					
	1894	1906	1916	1928	1936	1940
HvH-Vlaardingen	3u.00m	2u.15m	1u.00m	1u.20m	1u.10m	1u.25m
HvH-Dordrecht	4u.30m	3u.20m	1u.45m	2u.55m	3u.05m	3u.10m
HvH-Krimpen/Lek	4u.00m	3u.40m	2u.05m	2u.30m?	2u.10m	3u.30m
HvH-Vreeswijk	6u.40m	5u.55m	4u.15m	5u.00m	4u.40m	5u.25m
Dordt-Krimpen	Ou.30m	-Ou.20m	-Ou.20m	?	Ou.55m	Ou.45m
Dordt-Willemsdorp	2u.00m	1u.10m	1u.30m	1u.40m	1u.10m	Ou.55m
Hellev.-Willemstad	-Ou.30m?	Ou.00m	-Ou.50m	Ou.25m	1u.05m	Ou.40m
Bruinisse-Willemstad	Ou.30m	Ou.30m	Ou.40m	1u.20m	Ou.35m	?
Willemstad-Moerdijk	1u.15m	1u.00m	Ou.50m	Ou.05m	1u.25m	Ou.25m

dan valt o.a. af te leiden dat in 1894 nog veel weerstand was op den Waterweg en dat deze weerstand verminderd is tot een voortplantingstijd van ongeveer 1u.20 bereikt is tusschen HvH en Vlaardingen.

Merkwaardig is de verbindingstak Willemsdorp - Krimpen in dit opzicht. Bij de vlooden met hoog opperwater (1906 en 1916) was het eerder HW te Krimpen dan te Dordrecht, hetgeen duidt op vrijwel stil water in de Noord. Bij de stormen van 1894 en 1928 was er veel verhang op de Kil van zuid naar noord. De voortplantingstijden zijn voor een korte rivier als de Kil is zeer groot, zoodat bij HW veel water uit den zuidertak via de verbindingstak naar het noorden stroomt.

Wat het Haringvliet aangaat was het HW bij de drie eerste der genoemde stormvlooden eerder te Willemstad dan te Hellevoetsluis, hetgeen er op wijst dat op de rivier bijna geen stroom ging en het vloedwater voor het Hollandsch Diep, Kil en Biesbosch dus grotendeels via het Volkerak (zout) werd aangevoerd. Bij de laatste drie vlooden voerde het Haringvliet mede vloedwater aan.

Verhangen

§ 16. Motorische oppervlakken van de voornaamste stormvlooden.
(bijlagen 22, 23 en 24).

Hetzelfde als in de vorige § werd afgeleid uit de voortplanting van den golftop, kan nauwkeuriger geschieden met behulp van de getijlijnen. Alleen de voornaamste drie vlooden worden genomen:

a. De vloed van 1894 (bijlage 22).

De waargenomen getijlijnen werden voor den noordelijken tak, den zuidelijken tak, den middentak en den verbindingstak (Moerdijk-Dordrecht-Krimpen) uitgezet op eenzelfde tijd-as. De verschillen in verticale richting gedeeld door de afstanden tusschen de stations zijn de verhangen en deze geven een maat voor de grootte der stroomen volgens een kwadratisch verband.

Op den noordelijken tak was tusschen omstreeks 18^h (22 Dec.) tot 3^h (23 Dec.) een krachtige vloedstroom aanwezig, zelfs bij HW. Dit laatste hoofdzakelijk tengevolge van het laag blijven der HW's te Rotterdam en Krimpen. Na den vloed volgde een bijzonder grooten ebstroom.

Op den zuidelijken tak kwamen omstreeks SV groote vloedverhangen op het Hollandsch Diep - Amer voor en wel tusschen 18^h (22 Dec.) tot omstreeks 4^h (23 Dec.). Dit is hoofdzakelijk een gevolg van de "kuil" van den Biesbosch.

Op den middentak was het vloedverhang gering en alleen merkbaar tusschen 21^h (22 Dec.) en 2^h30 (23 Dec.). Op de Oude Maas gingen dus zwakke stroomen en de wateren rond Dordrecht moeten voornamelijk uit den zuidertak gevuld zijn.

Dit blijkt nog uit de verhangen op den verbindingstak. De vloedverhangen tusschen Willemsdorp en Dordrecht zijn gezien den korten afstand groot. Ook de Noord heeft meegeholpen de Beneden Merwede te vullen, doch niet in sterke mate. De vloedkop te Dordrecht was hoofdzakelijk aan den vloed uit de Kil te danken. De vloed op de Kil werd vóór HW eb op de Noord. Tijdens eb was doorlopend eenig verhang op de Noord in noordelijke richting. In verhouding tot het ebverhang op de Kil echter onbeteekenend.

b. De vloed van 1916 (bijlage 23).

Wegens den invloed van het vrij hoog opperwater loopen de getijlijnen t.o.v. elkaar anders dan normaal.

Op den noordelijken tak is nagenoeg geen vloedverhang en dus ook slechts weinig vloedstroom bemerkbaar geweest.

Op den zuidelijken tak is voor wat betreft het Haringvliet weinig, doch op het Hollandsch Diep iets meer vloedverhang geweest. Tusschen Willemsdorp en den mond der Donge moet voornamelijk ten tijde van HW de vloedstroom groot geweest zijn.

De middentak vertoonde weder weinig vloedverhang. De verbindingstak vertoonde op de Kil een vrij groot vloedverhang, op de Noord ^{soogvoet uit gear} ~~een klein~~ vloedverhang in zuidelijke richting. Op de Noord begon de ebstroom weder reeds ver vóór HW naar het noorden te trekken. Vandaar dat weder vloedwater uit den zuidelijken tak als ebwater op den noordelijken tak tot afvloeiing moet zijn gekomen.

Hoewel dus alle takken wel vloedwater leverden vóór de vulling van de kom der benedenrivieren, moet een groot deel dezer vulling worden toegeschreven aan den afvoer van opperwater. Wegens de langdurige stijging, die zich over twee vloedgetijden uitstreckte, hadden de bovenrivieren gelegenheid veel water op de benedenrivieren te brengen.

c. De vloed van 1928 (bijlage 24).

Deze stormvloed is vrij normaal.

Op den noordelijken tak kwamen beneden Rotterdam krachtige vloedverhangen voor. Zelfs tusschen Krimpen en Vreeswijk was nog vloedverhang. De vloed stroomde dus ver de Lek op.

De zuidelijke tak vertoonde hetzelfde beeld als bij de beide vorige stormen, nl. groote vloedverhangen omstreeks HW op het Hollandsch Diep tengevolge van de "kuil" van den Biesbosch.

De middentak had ook behoorlijke vloedverhangen.

De verbindingstak vertoonde niet geheel hetzelfde beeld als tevoren. Op de Kil was wel veel vloed, doch op de Noord was nimmer vloed. De doorlopende ebstroom op de Noord moet weder veel vloedwater uit den zuidelijken tak naar den noordelijken tak gevoerd hebben. Dit is in overeenstemming met de uitzonderlijk hooge standen, die bij den storm van 1928 op den zuidelijken tak zijn voorgekomen.

§ 17. ^{Widdeffeda} Bepaling van de omwentelingen tijdens eenige der hoogste vloeden (bijlagen 25 t/m 39).

Met behulp van de volgende partieele getijden werden voor de vloeden van 1894, 1906, 1916, 1928 en 1936 de zg. astronomische standen berekend gedurende een voldoende aantal etmalen. Deze partieele getijden zijn:

ook de lamp?

Getij	Spood	Naam
A		middenstand
O	$\gamma - 2s$	maansdeclinatie enkelgetij <i>daags</i>
K_1	γ	zons-, maansdeclinatie enkelgetij <i>daags</i>
Q	$\gamma - 3s + \omega$	maanselliptisch (getij) <i>declinatie</i>
P	$\gamma - 2\eta$	zonsdeclinatie enkelgetij <i>daags</i>
M_2	$2(\gamma - s)$	maansdubbelgetij <i>daags</i>
S_2	$2(\gamma - \eta)$	zonsdubbelgetij <i>daags</i>
N	$2\gamma - 3s + \omega$	groot maanselliptisch getij
2MS	$2\gamma - 4s + 2\eta$	samengesteld getij ($M_4 - S_2$)
L	$2\gamma - s - \omega$	klein maanselliptisch getij
K_2	2γ	zons-, maansdeclinatie dubbelgetij <i>daags</i>
V	$2\gamma - 3s - \omega + 2\eta$	groot maans evectie getij
λ	$2\gamma - s + \omega - 2\eta$	klein maans evectie getij
M_4	$4(\gamma - s)$	maans viervoudig getij <i>maanddaags</i>
MS	$4\gamma - 2s - 2\eta$	samengesteld getij ($M_2 + S_2$) <i>maanddaags</i>
M_6	$6(\gamma - s)$	maans zesvoudig getij <i>maanddaags</i>

Opmerking: $\gamma = 15^\circ 0410686 =$ hoeksnelheid der aardrotatie
 $\eta = 0^\circ 5490165 =$ gemiddelde maansbeweging
 $s = 0^\circ 0410686 =$ " zonsbeweging
 $\omega = 0^\circ 0046418 =$ " beweging maansperigeum

Het verschil in hoogte tusschen deze astronomische getijkromme en de werkelijk voorgekomen standen werd "opwaaiing" of "meteorologische stuwing" genoemd. De opwaaiingskrommen werden tevens geteekend.

Er moet de aandacht op worden gevestigd, dat het begrip "opwaaiing" volgens de voorafgaande definitie niet alleen het directe windeffect vertegenwoordigt, doch ook de eventueele fouten, die de berekening der astron. standen aankleven, hetzij in hoogte, hetzij in tijd (kappagetallen). De naam meteorologische stuwing is misschien iets beter dan opwaaiing. Bij zeer hooge middenstanden kan het astronomisch getij iets vervroegd worden wegens den minderen weerstand bij de voortplanting in zee. Dit komt dan tot uitdrukking in een eenigszins golvende opwaaiingskromme.

De definitie van het begrip opwaaiing houdt dus in, dat aangenomen wordt een verhooging van den middenstand (door wind, lage barometerstand zonder wind, ver verwijderde depressie-invloeden of welken oorzaak ook) met daarop gesuperponeerd de gewone getijkromme.

a. Stormvloed van 1894 (bijlagen 25, 26, 27).

De maximum opwaaiing bedroeg bij den vloed van 1894 2,81 m en deze kwam voor ongeveer 3 uur na astr. HW te HvH bij een astronomischen stand van ong. 0,20 m -.

De maximum stand zelf trad op ongeveer $\frac{1}{2}$ uur vóór het astr. HW zoodanig dat deze stand is samen te stellen uit:

astronomische stand	0,68 m +
opwaaiing	2,60 m
voorgekomen stand	<u>3,28 m +</u>

Was het tijdstip van maximum opwaaiing eenige uren eerder voorgekomen, dan had een coincidentie van max. HW en max. opwaaiing te HvH plaats gevonden en zou de SV-stand aldaar niet 3,28 m +, doch $2,81 + 0,72 = 3,53$ m + hebben bedragen.

Nagenoeg ~~steeds is ergens aan onze kust bij storm een plaats te vinden waar ^{de tijd van} het astronomisch HW samenvalt met het tijdstip der max. opwaaiing. Immers plant het getij zich langs onze kust in bijna één periode van $12^h 25'$ voort. Nu eens valt de plaats van het samenvallen der tijdstippen van max. opwaaiing en astr. HW in het zuiden, dan weder aan de "schoone kust", of in het noorden.~~

Bijlage 26 geeft de analyse voor de stormvloedshoogten voor IJmuiden. Het astronomisch HW viel hier ongeveer samen met den tijd van maximum opwaaiing; deze bedroeg 2,97 m. Hierbij moet echter worden bedacht, dat het uurwerk te IJmuiden kort vóór HW weigerde. De max. stand werd niet geregistreerd, doch afgelezen.

Deze max. stand bedroeg 3,68 m + en is als volgt samengesteld:

astronomische stand	0,71 m +
maximum opwaaiing	2,97 m
maximum stand	<u>3,68 m +</u>

*Thijssse dal
Napua*

Bijlage 27 geeft de analyse der stormvloedshoogten voor Willemstad. De stormvloed bereikte te Willemstad een stand van 3,62 m + en is als volgt samen te stellen:

astronomische stand	1,05 m +
opwaaiing	2,57 m +
maximum stand	<u>3,62 m +</u>

De maximum opwaaiingshoogte van 2,57 m is ten opzichte van die in zee bij HvH gering. Men zou te Willemstad juist een hogere opwaaiing dan in zee verwachten, daar de stroomen beneden Willemstad

ondiep en wijd zijn en een storm daarop gemakkelijk hoge opwaaiingen kan veroorzaken, die op de opwaaiing in zee moeten worden gesuperponeerd. De reden waarom de "opwaaiing" te Willemstad niet hooger was, moet waarschijnlijk gezocht worden in het overlopen der dijken en in den invloed van den Biesbosch.

b. Stormvloed van 1906 (bijlagen 28, 29, 30).

Deze vloed is beschreven in een afzonderlijk gedrukt verslag (Van Langenhuijsen).

Het verloop der depressie, die dezen vloed veroorzaakte is geteekend op de bijlagen, terwijl daarop tevens de astronomische getijden, de opwaaiingen en de windrichting en -kracht grafisch zijn aangegeven.

De max. opwaaiing bedroeg te HvH 2,06 m (bijlage 28) en zij kwam voor bij den lagen astron. stand van 0,25 m +.

De hoogste stand van 2,97 + te HvH is als volgt samen te stellen:

astronomische stand	1,15 m + (HW)
opwaaiing	1,82 m
maximum stand	<u>2,97 m +</u>

Het astron. getij was een goed ontwikkeld springtij. Dat de standen bij dezen vloed niet hooger zijn geweest ligt aan de betrekkelijk geringe opwaaiingshoogten.

Bijlage 29 geeft de analyse voor Urniden.

De max. opwaaiing bedroeg hier 2,47 m en zij kwam voor bij een astron. stand van 0,70 m +.

De hoogste stand van 3,18 + is samen te stellen als volgt

astronomische stand	0,70 m +
opwaaiing	2,50 m
	<u>3,20 m +</u>

Bijlage 30 geeft de analyse voor Willemstad.

De max. opwaaiing bedroeg voor deze plaats 2,43 m en zij kwam voor bij een astron. stand van 0,96 m - (LW).

De max. stand is als volgt samen te stellen:

astronomische stand	1,47 m + (HW)
opwaaiing	2,10 m
	<u>3,57 m +</u>

c. Stormvloed van 1916, (bijlagen 31, 32, 33).

Deze storm is uitvoerig beschreven in het desbetreffend "Ver-
slag" (~~uitg. van Langenhuijsen 1916~~), terwijl voorts een zeer uit-
voerige studie er over is verschenen van de hand der Staatscommissie
ingesteld met de opdracht om een onderzoek in te stellen omtrent de
oorzaken van de buitengewoon hoge waterstanden op de benedenrivieren
tijdens dezen stormvloed (~~Van Langenhuijsen 1920~~). ^{Het Jaarboek Dept. v. Waterstaat}

De maximum opwaaiing bedroeg te HvH nagenoeg hetzelfde als bij
den storm van 1894, namelijk 2,82 m. Deze opwaaiing kwam voor bij
zeer lage astronomische standen, nl. + 0,75 m -.

De hoogste bereikte stand was te HvH 3,00 m + en deze kwam iets
na astron. HW voor. Deze stand is als volgt samen te stellen:

astronomische stand	0,70 m +
opwaaiing	2,30 m
maximum stand	3,00 m +

Het astron. getij was een zwak doottij. Het is hier vooral de
omstandigheid geweest, dat de maximum opwaaiing met zulke lage
astron. standen samenviel, dat er in 1916 te HvH geen hogere stan-
den zijn voorgekomen. Bij een verschuiving van de max. opwaaiing
over ongeveer 4 uren zou een stand van 2,82 m + 0,75 m = 3,57 m +
bereikt zijn.

Bijlage 32 geeft de analyse van dezen storm voor het station
IJmuiden. Hier viel de tijd van de max. opwaaiing met LW samen,
zodat geen bijzonder hoge standen bereikt werden. De max. voorge-
komen stand bedroeg 2,91 m + en deze kwam voor ongeveer op het tijd-
stip van astron. HW. Deze stand is samen te stellen als volgt:

astronomische stand	0,70 m + (LW HW)
opwaaiing	2,21 m
maximum stand	2,91 m +

De maximum opwaaiing bedroeg te IJmuiden 2,85 m. Indien de max.
opwaaiing samengevallen was met het HW (doottij) dan zou een stand
van 2,85 m + 0,70 m = 3,55 m + bereikt zijn geworden.

Bijlage 33 geeft hetzelfde voor het station Willemstad. De max.
opwaaiing bedroeg 3,30 m, dus ongeveer 48 cm meer dan te HvH.

De max. voorgekomen waterstand te Willemstad was 3,62 m +,
samengesteld als volgt:

astronomische stand	0,75 m +
opwaaiing	2,87 m
maximum stand	<u>3,62 m +</u>

Indien de max. opwaaiing ten tijde van HW (doodtij) voorgekomen was, zou de stand hebben moeten bedragen $3,30 + 1,08 = 4,38$ m +.

Vooraf in de buurt van Krimpen-Dordrecht kwamen standen voor zooals nog niet te voren bereikt waren. Te Krimpen werd een stand van 3,35 m + geregistreerd, terwijl de hoogste daarvoor bekende stand 3,15 m + (in 1906) was. Te Dordrecht bereikte het water de hoogte van 3,43 m + (in 1906: 3,27 m +). De bijzonder hoge standen op de benedenrivieren moeten gedeeltelijk op rekening worden gebracht van den betrekkelijk hoogen stand van den Rijn. Ongeveer 4 dagen vóór den storm was de stand te Keulen + 1,70 m boven ~~normaal~~ ^{MR} en te Maastricht + 2,00 m boven ~~normaal~~. ^{MR}

d. Stormvloed van 1928 (bijlagen 34, 35, 36).

De tweede helft van November 1928 heeft zich onderscheiden door een reeks van zware stormen uit het ZW van 16 op 17 Nov. en van 23 op 24 Nov., uit het NW van 25 op 26 Nov. De eerstgenoemde wordt een der zwaarste stormen genoemd, welke ooit in ons land voorkwam. Evenwel veroorzaakte deze slechts geringe opwaaiingen, omdat de storm uit het ZW kwam (zie § 8 van bijlage B). Niettegenstaande den zeer krachtigen storm bedroeg de max. opwaaiing te HvH op 16 November slechts 1,75 m. Deze max. opwaaiing kwam toen juist voor bij laagwater.

Op 26 November (bijlage 34) bedroeg de max. opwaaiing tijdens den NW-storm te HvH ongeveer 2,20 m en deze kwam voor bij ongeveer HW, zoodat te HvH een stand van 2,96 m + bereikt werd.

Het astronomisch getij was een zeer hoog springtij. Indien de max. opwaaiing ongeveer $1\frac{1}{2}$ uur later was voorgekomen, zou een stand van $1,03 + 2,20 = 3,23$ m + voorgekomen zijn.

De stormvloed bereikte op den zuidelijken tak hoogten die een weinig hooger waren dan de vroegere. Te Willemstad (bijlage 35) kwam de stand van 3,66 m + voor ongeveer ten tijde van het astron. HW. Deze stand kan als volgt worden gesplitst:

astronomische stand	1,30 m + (=HW)
opwaaiing	2,36 m
maximum stand	<u>3,66 m +</u>

De maximum opwaaiing, groot 2,57 m, kwam voor om 0^h45' bij een astron. stand van ongeveer 0,50 m +. Indien de max. opwaaiing ongeveer 2 uur later was voorgekomen zou te Willemstad de stand van $1,30 + 2,57 = 3,87$ m bereikt zijn.

Te IJmuiden (bijlage 36) kwam de max. opwaaiing eveneens omstreeks 0^h45' voor en bereikte daar de hoogte van 2,42 m. De max. stand bedroeg 2,74 m + en is te splitsen als volgt:

astronomische stand	0,32 m +
opwaaiing	2,42 m
	<hr/>
maximum stand	2,74 m +

Hoewel de astron. springtijhoogwaters dus hoog waren, hebben de waterstanden tengevolge van betrekkelijk geringe opwaaiingen en doordat de max. opwaaiing niet gelijktijdig met het astron. HW optrad geen buitensporige hoogten bereikt. Alleen op het Hollandsch Diep-Haringvliet kwamen standen voor zooals tevoren nog niet bereikt waren.

De schade, die de storm veroorzaakte, is beschreven in het Verslag van den Hoofdingenieur in de provincie Zuid-Holland aan de Gedeputeerde Staten dd. 9 April 1929. Er wordt daarbij o.a. medege-deeld, dat de vloed de dijken van de Hoeksche Waard langs het Hollandsch Diep plaatselijk hier en daar heeft overstroomd.

e. Stormvloed van 1936 (bijlagen 37, 38, 39).

Dit is een weinig zware storm, die echter voorkwam bij een zeer hoog springtij.

De maximum opwaaiing kwam voor bij ongeveer LW, zoodat deze gunstige omstandigheid er toe heeft meegewerkt, dat geen bijzonder hoge waterstanden in de benedenrivieren zijn voorgekomen.

§ 18 Vergelijking van de opwaaiingskrommen (bijlage 40).

De maximale opwaaiingshoogten vindt men voor de stations HvH, IJmuiden en Willemstad voor de verschillende stormvloeden in onderstaanden staat. Voor den storm van 1825, die waarschijnlijk groo-tere opwaaiingshoogten veroorzaakte dan de latere stormen konden geen waarden worden gegeven.

Plaats	1894	1906	1916	1928	1936
Hoek van Holland	2,81 m	2,06 m	<u>2,82 m</u>	2,20 m	1,82 m
IJmuiden	2,77 m	2,47 m	<u>2,85 m</u>	2,42 m	1,94 m
Willemstad	2,58 m	2,43 m	<u>3,30 m</u>	2,57 m	2,25 m

De hoogste opwaaiingscijfers werden onderstreept. Zij zijn:

voor Hoek van Holland	2,82 m
voor IJmuiden	2,97 m 2,85 m
voor Willemstad	3,30 m.

Hoewel ook voor andere gevallen

de opwaaiingshoogten werden bepaald, is het niet mogen gelukken hogere waarden te vinden. Dit wil geenszins zeggen, dat in de toekomst geen hogere getallen zullen voorkomen, doch wel, dat voor zoover kon worden nagegaan, dit de hoogste "opwaaiingen" zijn, die zijn voorgekomen sedert + 1890. Dat IJmuiden een hoger maximum heeft dan HvH is misschien te verklaren, daar IJmuiden aan een gladde kust is gelegen, waar de opwaaiing grotere waarden kan bereiken dan aan een doorbroken kust als bij HvH het geval is. Bijzonder hoog is de max. opwaaiingshoogte te Willemstad. Dit zal waarschijnlijk een gevolg zijn van de betrekkelijk ondiepe en breede stroomen tusschen Willemstad en de zee.

Overigens moet worden opgemerkt, dat de max. opwaaiingsverschillen tusschen bv. HvH en Willemstad in den laatsten tijd vrij constant is gebleven. Voor de vijf beschouwde stormen zijn deze verschillen achtereenvolgens - 0,23 m, + 0,37 m, + 0,48 m, + 0,37 m en + 0,43 m. De stormvloed van 1894 buiten beschouwing latend, toen langs de benedenrivieren veel overstromingen plaats vonden, is in het algemeen de max. opwaaiing te Willemstad dus 37 à 48 cm hoger geweest dan te HvH. Gemiddeld is dit verschil 0,41 cm.

Voor het verschil IJmuiden-HvH vindt men achtereenvolgens: + 0,16 m, + 0,41 m, + 0,03 m, + 0,22 m en + 0,12 m. De max. opwaaiing te IJmuiden is dus gemiddeld ongeveer 20 cm hoger dan die te HvH.

Bijlage 40 geeft nog een vergelijkend overzicht van de verkregen opwaaiingskrommen. De windkracht en -richting werd daarbij tevens aangegeven.

Bij den stormvloed van 1894 was de opwaaiing kort, maar groot. De "basis" van de opwaaiingskromme bedroeg slechts 24 uren, nl. van 13^h op 22 Dec. tot 13^h op 23 Dec.

De astron. HW's vielen ongeveer samen met de tijden der max. opwaaiing. De wind bereikte reeds te 10^h van 22 Dec. zijn max. snelheid, maar was toen nog ZW, zoodat nog geen verhooging van den middenstand optrad. Omstreeks 15^h veranderde de windrichting in WNW en steeg de opwaaiing in eenige uren van 0 tot bijna 2 meter.

Bij den stormvloed van 1906 was de opwaaiingstijd langer, nl. ongeveer 36 uren, de max. opwaaiingshoogten bleven betrekkelijk laag. De tijden der astron. HW's vielen een weinig vóór de tijden der max. opwaaiing.

Bij den stormvloed van 1916 was de tijdsduur van de opwaaiing ongeveer 30 uren; de max. opwaaiingshoogte was aanzienlijk. De tijden der astron. HW's vielen na de tijden der max. opwaaiing. De wind ging te HvH omstreeks 3^h van 13 Jan. door het W heen en bereikte zijn max. kracht om ongeveer 20^h. De richting was toen NW.

Bij den stormvloed van 1928 was de duur der opwaaiing ongeveer 42 uren. De tijden der astron. HW's vielen na de tijden der max. opstuwing. De wind bleef gedurende eenige dagen stormachtig.

Bij den stormvloed van 1936 was de verhooging van den middenstand bijzonder langdurig, doch niet zeer hoog. De tijden van de astron. HW's vielen weder na die der max. opwaaiing.

Uitgezonderd die van 1936 kwamen alle max. opwaaiingen der hier behandelde stormvloeden des nachts voor.

De op bijlage 40 aangegeven hoogten en tijden van de astron. HW's werden berekend met behulp van de in § 17 genoemde partieele getijden.

§ 19. Verband windrichting en opwaaiing (bijlage 41). *iets wijzigen*

Het is een algemeen bekend ervaringsfeit dat de opwaaiing afhankelijk is van de windrichting. Oostelijke winden geven een negatieve opwaaiing (afwaaiing), terwijl de stormvloeden hoofdzakelijk door winden veroorzaakt worden welke noordelijker liggen dan ZW.

Om dit grafisch voor te stellen werden de HW-standen te HvH, welke in het tijdvak 1920 t/m 1940 zijn voorgekomen, op bijlage 41 in verband met de windrichtingen uitgezet.

Hierbij is dus niet uitgegaan van de opwaaiingshoogten zelf, daar dit een onuitvoerbare hoeveelheid werk zou beteekenen, doch van de HW's. De op bijlage 41 gegeven grootheden zijn gemiddelden, zoodat het gemiddeld HW (= 0.88 +) in de grafiek een rol speelt. Wil men het verband tusschen de gemiddelde opwaaiingen en de windrichting weten, dan moet dus de horizontale schaal met 0.88 m verminderd worden.

De windrichting en -kracht te HvH is in de jaarboeken opgegeven per tijdvak van 4 uren. De gemiddelde wind in het vier-urig tijdvak waarin het HW voorkwam werd als oorzaak voor de HW-hoogten genomen.

Er konden zoodoende een aantal frekwentiekrommen worden geteekend voor de HW's die bij verschillende windrichtingen waren voorgekomen. Het aantal windrichtingen dat werd beschouwd bedroeg zestien.

De grafieken werden geteekend op half-logaritmisch papier omdat uit ervaring bekend was, dat daarmede de meest overzichtelijke frekwentiekrommen worden verkregen.

Daar bijlage 41 een voorstelling geeft van overschrijdingskrommen komen de onderschrijdingswaarden daarin niet tot uitdrukking. Bij oostenwind kunnen, bv. wanneer deze zwak is, toch nog HW-standen voorkomen van 1.20 + en hoger, doch dit is reeds zeer zeldzaam. Wanneer men belang stelde in de afwaaiing, zou een soortgelijke grafiek zijn te maken.

Beschouwt men de volgorde van de windrichtingen, die de hoogste standen veroorzaken, dan is voor stormen die standen van 2.50 + en hoger veroorzaken de NW-richting de ongunstigste en de Oost-richting de gunstigste. In volgorde van ongunstigsten invloed: NW; WNW; ~~W~~ WZW; ~~NNW~~; ZW; N.

Men zie hiervoor bijlage 41a, waarop voor verschillende frekwanties de gemiddelde te verwachten HW-standen te HvH grafisch zijn voorgesteld. Door de punten werden vloeiende lijnen geteekend.

Er blijkt uit dat deze punten weinig spreiding vertoonen.

De grafieken van bijlage 41 kan men gebruiken voor de bepaling der golfoploopen en waakhoogten. Hierbij is echter te bedenken dat deze grafieken gelden voor een plaats aan zee; voor een plaats als bv. Dongemond kan de hoogste SV-stand samenvallen met een N-wind. De hoogste zeestanden worden weliswaar gewoonlijk door NW-winden veroorzaakt, doch in de paar uren die de ^{getij} golf nodig heeft om uit zee bv. ^{Springen} Gorinchem te bereiken kan de wind ^{2 maal bij storm maximaal altijd bij voor} geruimd zijn. ~~Daar de golfoploopen zelfs daar nog aanzienlijke bedragen kunnen bereiken is deze overweging van beteekenis.~~

§ 20. SV-verschillen t.o.v. Hoek van Holland (bijlage 42).

De SV-standen bij de verschillende stations variëren naar gelang van wind, getij en plaatselijke omstandigheden. Gemiddeld zijn de SV-standen te HvH en in het benedendeel van den Waterweg echter de laagste van een wijden omtrek; alleen de standen op den Amer c.s. en bij den Helder zijn nog lager.

Door de verschillen in de SV-standen t.o.v. die te HvH te nemen en

deze verschillen te middelen verkrijgt men een inzicht omtrent de verhoudingen der SV-hoogten wanneer men deze verschillen als functie van de waterhoogte zelf beschouwt.

Op bijlage 42a werden de SV-verschillen tusschen Scheveningen en HvH grafisch voorgesteld als functie van den gemiddelden SV-stand voor deze plaatsen, hier genoemd de $\frac{a+b}{2}$ stand. Bij den vloed van 1905 kwam bv. tusschen beide plaatsen een SV-verschil voor van 29 cm bij een gemiddelden $\frac{a+b}{2}$ stand te Scheveningen - HvH van 2.65 m +; bij den vloed van 1904 kwam een SV-verschil voor van 7 cm bij een gemiddelden zeestand van 2.95 m +, enz. Aldus zou een "wolk" punten geteekend kunnen worden voor alle HW's of SV's tusschen 0.90 + en 3.30 + en deze punten zouden uiteraard een groote spreiding vertoonen, daar de eene stormvloed nimmer gelijk is aan den ander. Slechts voor de hoogste vloedten werden de individueele SV-verschillen op bijlage 42 geteekend.

De "wolk" punten werd ingedeeld in klassen van 10 cm, dus bv. van 2.30 + tot 2.40 +, van 2.40 + tot 2.50 +, enz. en hiervan werden telkens de gemiddelden bepaald. Voor de klasse bij HW vindt men per 30 jaren (1896 - 1927) dus een gemiddelde van $30 \times 706 = 21180$ verschillen; voor de klasse van 2.30 + tot 2.40 + een gemiddelde van nog 34 verschillen en voor de hoogste klassen vindt men gemiddelden van slechts zeer weinig punten omdat de hoge vloedten schaarsch zijn.

De punten, aangevende de gemiddelde SV-verschillen, hebben dus voor de lage vloedten een zeer groot gewicht, voor de hoge vloedten een gering gewicht. Neemt men voorts, ter strekking van de verbindingslijn dezer gemiddelden telkens het gemiddelde van drie opeenvolgende waarden (methode van de loopende gemiddelden) dan ontstaat de lijn welke op bijlage 42a is geteekend en die slechts weinig van een rechte lijn afwijkt.

Er blijkt uit dat de HW- en SV-standen te Scheveningen gemiddeld steeds hoger zijn dan die te HvH. Bij gemiddeld HW is dit verschil ongeveer 4 cm, bij hoge vloedten gemiddeld 20 cm. Extrapolerende zou men bij vloedten van ongeveer 4 m + een SV-verschil tusschen beide stations kunnen verwachten van ongeveer 32 cm. Dit wil zeggen dat, indien aangenomen mag worden dat de peilschaal te Scheveningen bij zeer hoge vloedten de zeestand met dezelfde graad van juistheid aangeeft als bij minder hoge stormvloedten, de "kuil" die bij HW te HvH merkbaar is bij storm in diepte toeneemt als gevolg van een toenemende afzuigende werking van den Waterweg bij hogere standen.

Daar Scheveningen een station is, dat in elk geval onafhankelijk geacht kan worden van de rivieren, volgt daaruit dat rivierwerken en inpolderingen den SV-stand te HvH in sterke mate kunnen beïnvloeden. Bij algeheele verdwijning van de monden bij HvH en Brielle zou de SV-stand te HvH bij zeer hoge vloedden zelfs meer dan 32 cm rijzen, omdat wegens de meer zuidelijke ligging in dat geval de standen te HvH hooger zouden worden dan te Scheveningen. Dit wil echter nog geenszins zeggen dat de voorgenomen werken ook grooten invloed zullen hebben op de standen te HvH.

De HW-stand te Hellevoetsluis (bijlage 42b) ligt gemiddeld 14 cm hooger dan te HvH, terwijl voor hogere standen dan de normale dit verschil weder toeneemt. Bij $\frac{a+b}{2}$ standen van ongeveer 3.15 + is dit verschil zelfs gemiddeld 35 cm.

Onderzoekt men op bovenstaande wijze de SV-verschillen tusschen Hellevoetsluis en Willemstad, dan blijkt ook weder een toeneming naar mate de vloedden hooger worden. Voor de hoogst voorgekomene is het verschil ongeveer 32 cm (bijlage 42c).

Op dezelfde wijze kan men de grafiek voor de SV-verschillen van Willemstad en HvH vinden (bijlage 42d), doch deze heeft voor de hoogste punten een onrustig verloop. Aan het hoogste punt (gewicht 4) kan men geen groote beteekenis hechten, noch aan het voorlaatste (gewicht 7).

De SV-verschillen voor Dordrecht en Krimpen aan de eene en HvH aan de andere zijde, geven geen stijgend doch een dalend verloop bij hooger wordende vloedden (bijlagen 42e en f). Het verschil dat bij normale HW's tusschen Dordrecht en HvH 40 cm bedraagt, wordt bij de hoogst voorgekomen standen + 25 cm; het verschil dat bij normale HW's tusschen Krimpen en HvH 23 cm bedraagt, wordt bij de hoogste voorgekomen standen + 9 cm.

Hier is dus duidelijk een kuil te bemerken, welke dieper wordt naarmate de vloedden hooger zijn. Intusschen dient te worden bedacht dat de grafiek geldt voor het tijdvak 1880 - 1940 en dat voor de tegenwoordige toestanden iets hooger liggende grafieken gevonden hadden moeten worden.

In de toekomst zal de kuil door de voorgenomen inpolderingen en veranderingen verder verdwijnen, zoodat het mogelijk is ook voor

Dordrecht en Krimpen een horizontale of zelfs een stijgende lijn te zullen verkrijgen t.o.v. HvH.

De spreiding van de individueele verschillen is, zooals uit bijlage 42 blijkt, zoo groot, dat de gemiddelde verschillen slechts betrekkelijke waarde hebben. Rekent men met een gemiddeld SV-verschil tusschen Willemstad en HvH van bv. 75 cm bij een $\frac{a+b}{2}$ stand van $+ 3.85$ m +, dan kan men zeker verschillen van meer dan 1 m verwachten en eveneens verschillen van minder dan 0.50 m.

9. Echter zal men bij de bepaling der maatgevende SV-standen uit een aangenomen basis-SV voor HvH toch ten minste de gemiddelde SV-verschillen t.o.v. die te HvH moeten aanhouden.

Standaard van de water v.d. plaats

Deze methode geeft nog de mogelijkheid tot een onderzoek omtrent de verandering der SV-standen te den Helder als gevolg van de ^{schutting}afdamming van de Zuiderzee. Het is voor het onderhavige onderzoek van belang te weten of de schatting van deze verhooging, welke de Zuiderzee-Commissie aannam op 25 cm, juist is geweest, omdat thans eveneens een schatting moet worden vereischt voor de verondieping der kuilen bij HvH en Hellevoetsluis. De SV-standen vóór en na den aanleg van dezen afsluitdijk werden daartoe vergeleken met het gemiddelde der bijbehorende standen te Scheveningen, Katwijk en IJmuiden. Er blijkt uit de grafieken van bijlage 43 dat de schatting van de Zuiderzee-Commissie voor de hooge standen iets te laag geweest is. Voor de vloed van omstreeks 2.00 m + is de verhooging ongeveer 25 cm, voor de zeer hooge vermoedelijk toenemend tot ongeveer 40 cm.

HOOFDSTUK IV.

Invloed van hoog opperwater op de standen in de benedenrivieren.

§ 21. De opperwatervloedgolf van Januari 1926.

De grootste bekende afvoeren van den Rijn kwamen voor in 1926. Zij werden voordien in het jaar 1920 bijna bereikt. In 1926 was de stand te Keulen nl. 9.69 m + nulpunt, in 1920 was dit 9.56 m + nulpunt.

Dit nulpunt komt nagenoeg overeen met den laagst voorgekomen stand. Te Keulen is dus een waterstandsschommeling tusschen de grenzen 0 en 9,69 m voorgekomen.

Het verloop van dezen opperwatervloedgolf in de benedenrivieren kan worden nagegaan, door de verschillen in LW's en HW's tusschen een bepaalde

plaats als bv. Dordrecht en een plaats aan zee, waarvoor IJmuiden of Hoek van Holland genomen kan worden, grafisch uit te zetten. Dit is geschied in bijlage 44.

Uit de beide grafieken van bijlage ⁴⁴~~43~~ onderaan blijkt noch voor HW, noch voor LW een verhooging van den stand bij HvH t.o.v. die bij IJmuiden. In § 4 wordt ^{in een groot} ~~bevestigd~~ dat het LW bij de peilschaal te HvH als gevolg van een zeer hoogen opperwaterafvoer $5\frac{1}{2}$ cm kan rijzen en dat het HW dan 1,7 cm hooger kan zijn. Dit laatste bedrag zal worden verwaarloosd.

Te Hellevoetsluis is de invloed van de rivierfloedgolf iets grooter. Op 7 Januari, d.w.z. 5 dagen nadat de stand in Keulen zijn hoogsten stand bereikte, was het LW-verschil voor de stations Hellevoetsluis en HvH ongeveer + 0,01 m, terwijl het normaal - 0,10 m is (LW te Hellevoetsluis is 0.83 -, te HvH 0.73 -). Voor HW was de opperwaterinvloed te Hellevoetsluis weder niet te bemerken, doch zal mogelijk ook eenige centimeters bedragen. *by elev. hooft waterstand*

Uit bijlage 44 valt nog af te lezen dat ~~er~~ ^{er} tusschen Keulen en het gebied der benedenrivieren een voortplantingstijd van ongeveer 4 dagen is geweest.

Van een "uitrekking" van de vloedgolf over dit traject, waardoor de golf in de benedenrivieren langer van duur geweest zou zijn dan te Keulen, blijkt uit de bijlage weinig of niets.

De grootste LW- en HW-verhoogingen, welke in het gebied van de benedenrivieren tot nog toe geregistreerd werden, kunnen uit bijlage 44 gemakkelijk worden afgeleid en zijn hieronder nog in staatvorm vermeld.

Maximaal voorgekomen verschillen

	LW-verschillen		HW-verschillen	
	t.o.v. LW te Hoek van Holland	t.o.v. normale plaatselijke LWS	t.o.v. HW te Hoek van Holland	t.o.v. normale plaatselijke HWS
Hellevoetsluis	+ 0,01 m	+ 0,11 m	--	+ 0,03 m
Willemsstad	+ 0,29 m	+ 0,41 m	+ 0,51 m	+ 0,09 m
Maassluis	+ 0,60 m	+ 0,48 m	+ 0,20 m	+ 0,21 m
Rotterdam	+ 1,05 m	+ 0,87 m	+ 0,40 m	+ 0,30 m
Krimpen a/d Lek	--	--	+ 0,74 m	+ 0,46 m
Dordrecht	+ 1,81 m	+ 1,51 m	+ 0,91 m	+ 0,45 m
Moerdijk	--	--	+ 0,72 m	+ 0,19 m

heden, tijken chels & Sonnewest

2. 45 7 (-2)

Van bovenstaande cijfers interesseeren ons die van de HW-verschillen het meeste, daar deze voor stormvloed van belang zijn. Het is opmerkelijk, dat Krimpen a/d Lek en Dordrecht vrijwel dezelfde verhooging van de HW's hebben gehad, nl. 0,45 m, terwijl het op denzelfden afstand uit zee liggende Moerdijk slechts een verhooging van 0,19 m heeft vertoond. Dit komt van het ruime profiel van het Haringvliet - Hollandsch Diep.

Op bijlage 45 werden de maximale verhoogingen van het HW t.o.v. de normale plaatselijke HW's met behulp van lijnen van gelijke getallen op de kaart der benedenrivieren voorgesteld.

Teneinde nog een inzicht te verkrijgen in de mate van verdwijning bij hoog opperwater van de kuilen van het HW in de benedenrivieren werd nog bijlage 46 geteekend.

Voor alle drie hoofdtakken, de noordelijke, de middelste en de zuidelijke, werden de HW-verschillen t.o.v. HvH uitgezet voor zoowel het gemiddelde geval (1921-1930) als voor het maximaal geval (5 Jan. 1926).

Voor den noordelijken en ook voor den middentak loopt het HW van Maassluis af in normale gevallen (dunne lijnen) vrij regelmatig op, hoewel bij Dordrecht, Sliedrecht, Krimpen en Streefkerk toch een inzinking valt te bespeuren. Het HW op den noordelijken tak blijft daarbij beneden het HW op den middentak - althans in de periode 1921-1930. De zuidelijke tak vertoont een duidelijke kuil tusschen Moerdijk en Hedikhuizen.

Voor den hoogsten vloed (4 - 5 Jan. 1926) - men zie hiervoor de dikke lijnen - had de noordelijke tak boven Krimpen en Puttershoek hogere HW's dan de middentak op gelijken afstand van HvH. Die van den zuidelijken tak bleven weliswaar betrekkelijk laag, doch de "kuil" in het HW van dezen tak verdween en maakte plaats voor een horizontaal gedeelte tusschen Moerdijk en Mond der Donge. De HW-standen te Krimpen, Puttershoek en Moerdijk bereikten nagenoeg dezelfde hoogte t.o.v. het ~~HW te Hoek van Holland.~~

De "kuil" in het HW van den Waterweg was bij den grooten opperwaterafvoer geheel verdwenen.

Op bijlage 46 werden nog de gemiddelde HW-standen voor de periode 1931 t/m 1938 geteekend. Zij wijken als volgt af van die van 1921 t/m 1930.

dero uitbrecht

Landwaarts van de lijn Krimpen a/d Lek - Dordrecht - Moerdijk liggen de gem. HW-lijnen in 1931 t/m 19~~30~~⁴⁰ alle lager dan in 1921 t/m 1930. Voor den zuidelijken tak vindt men voor beide perioden zelfs zeer opmerkelijke verschillen, hoewel de gemiddelde standen der bovenrivieren toch betrekkelijk weinig verschilden.

Zeewaarts van genoemde lijn Krimpen - Dordrecht - Moerdijk zijn de gemiddelde HW's in 1931 t/m 19~~30~~⁴⁰ hooger dan die van 1921 t/m 1930.

Dit is min of meer overeenkomstig hetgeen uit bijlage 11 valt af te leiden. Beter dan op deze komt in bijlage 46 de relatief zeer groote recente daling van het HW op de rivieren boven Moerdijk, Dordrecht en Krimpen tot uitdrukking in een periode van amper 10 jaren.

§ 22. De invloed van het opperwater op HW-verschillen.

Zooals voor den hoogst voorgekomen riviervloed in de vorige § is afgeleid, dat een stand van 9,69 m + nulpunt te Keulen heeft gecorrespondeerd met een HW-verhooging (t.o.v. het HW te HvH) te Dordrecht van 0,91 m, te Moerdijk van 0,72 m, te Rotterdam van 0,40 m, enz., kan men ook voor lagere vloedn nagaan, welke invloed zij hebben op de HW's in deze plaatsen. Dit kan niet alleen geschieden voor de dagelijksche zeestanden, maar ook voor de abnormaal hooge.

Bij deze abnormaal hooge zeestanden zijn de rivieren tot groote hoogte gevuld, en de profielen dus groot, zoodat de HW-verhooging ten gevolge van veel opperwaterafvoer daardoor minder groot zal zijn. Daar de combinatie hooge zeevloed - hooge bovenrivierstand weinig voorkomt, is de gemiddelde HW-verhooging door grooten opperwaterafvoer bv. te Dordrecht bij stormen niet nauwkeurig langs empirischen weg te bepalen. Toch is het nuttig een indruk te verkrijgen omtrent deze HW-verhoogingen bij hooge zeestanden en bij hooge rivierstanden.

Met dit doel werden grafieken ontworpen, geldende voor de periode 1925 t/m 1935, waarbij voor verschillende zeestandklassen de HW-verhoogingen t.o.v. het HW te HvH grafisch werden voorgesteld. Bijlage 47 geeft hiervan een voorbeeld; zij geldt voor Rotterdam, Krimpen a/d Lek en Dordrecht.

Voor de normale HW-standen van 0,51 - 1,50 m + te HvH zijn de lijnen aangevende de HW-verhoogingen te Dordrecht bv. voor standen van 0 tot 9,69 m te Keulen uitstekend te trekken. Daarboven en daarbeneden konden de lijnen niet meer tot groote hoogten verlengd worden, omdat de

hooge standen van Keulen niet bij die hooge zeestanden zijn voorgekomen.

De benedenste rij grafieken van de bijlage geeft de uiterste max. HW-verschillen t.o.v. het HW te HvH weer.

Uit de aldus verkregen grafieken werd de staat van blz. 60 afgeleid. De onderstreepte cijfers zijn geschat.

Beschouwt men de kolommen van Dordrecht, dan blijkt dat bij hooger wordende zeestand het HW iets daalt. Voor Keulen op 2 m + nulpunt daalt voor hooge zeestanden het HW-verschil Dordrecht - HvH met ongeveer 5 cm, gerekend van de normale zeestanden af. Voor Keulen op 6 m + nulpunt is de daling eveneens ongeveer 5 cm.

Zoo is er in het algemeen een neiging te bespeuren, dat de HW-verschillen t.o.v. het HW te HvH verlagen bij hooge zeestanden.

Ter verduidelijking werden de bij gewone zeestanden (het HW te HvH tusschen 0.51 m + en 1.50 m +) voorkomende gemiddelde HW-verschillen nog grafisch voorgesteld op bijlage 48.

Te Dordrecht is bij een stand te Keulen (van 4 dagen tevoren) van 2 m + nulpunt dus gemiddeld een 0,37 m hooger HW-stand dan te HvH en bij een stand van 10 m + nulpunt te Keulen een 0,88 m hooger HW-stand (extrapolatie).

De waarden, welke uit bijlage 48 kunnen worden afgeleid, zijn getrokken uit bovenstaanden staat en geven gemiddelde waarden aan. Die welke voorkomen op bijlage 44 geven niet deze gemiddelden, doch de werkelijk voorgekomen waarden. Vandaar, dat geringe verschillen voorkomen. De gemiddelden der HW-verschillen t.o.v. HW-Hoek van Holland zullen voor een stand te Keulen van 5 m + resp. 10 m + nulpunt ongeveer op de volgende bedragen te stellen zijn.

	HW-verschil t.o.v. HW Hoek van Holland	
	Keulen 5 m + nulpunt	Keulen 10 m + nulpunt
voor Dordrecht	0,57 m	0,88 m
voor Krimpen a/d Lek	0,41 m	0,71 m
voor Willemstad	0,41 m	0,52 m
voor Rotterdam	0,21 m	0,38 m
voor Spijkenisse	0,14 m	0,31 m
voor Puffershoek	0,44 m	0,68 m

Staat van de gemiddelde HW-verschillen in cm ten opzichte van Hoek van Holland (1925 - 1935)

Stand te Hoek v Holland	Rotterdam	Krimpen a/d Lek	Dordrecht	Spijkenisse	Puttershoek	Willemstad
	Stand te Keulen	Stand te Keulen	Stand te Keulen	Stand te Keulen	Stand te Keulen	Stand te Keulen
	2 4 6 8 10 m m m m m	2 4 6 8 10 m m m m m	2 4 6 8 10 m m m m m	2 4 6 8 10 m m m m m	2 4 6 8 10 m m m m m	2 4 6 8 10 m m m m m
0.11-0.30 +	14 23 30 <u>38</u> <u>46</u>	28 40 50 <u>60</u> <u>69</u>	40 52 62 <u>70</u> <u>79</u>	10 16 22 30 <u>38</u>	29 39 48 57 67	29 31 36 43 <u>51</u>
0.31-0.50 +	18 24 <u>30</u> <u>37</u> <u>44</u>	30 40 49 <u>58</u> <u>67</u>	42 53 64 <u>73</u> <u>82</u>	10 14 19 24 <u>28</u>	31 39 46 54 61	33 36 38 40 <u>44</u>
0.51-0.70 +	14 21 28 34 41	27 39 51 63 73	40 53 65 78 88	10 15 21 28 36	38 45 52 60 70	36 40 43 47 52
0.71-0.90 +	9 17 24 29 34	22 36 47 58 70	38 53 65 78 88	5 10 18 26 32	30 39 49 58 66	36 39 43 47 51
0.91-1.10 +	8 18 26 34 41	22 35 47 58 70	35 50 62 75 89	4 9 15 22 29	28 38 46 54 64	37 39 41 44 46
1.11-1.30 +	9 16 24 32 40	23 35 47 59 71	34 48 62 75 89	4 9 15 21 27	25 37 48 62 72	38 42 46 51 55
1.31-1.50 +	9 15 22 26 32	20 33 44 58 69	38 50 63 74 88	5 11 18 26 33	30 40 50 60 68	40 42 44 46 47
1.51-1.70 +	8 18 27 <u>35</u> <u>41</u>	21 36 47 <u>57</u> <u>64</u>	36 49 59 <u>69</u> <u>76</u>	5 6 8 <u>11</u> <u>14</u>	32 38 44 <u>50</u> <u>56</u>	40 45 51 <u>58</u> <u>66</u>
1.71-1.90 +	11 23 <u>34</u> <u>46</u> <u>56</u>	20 38 52 <u>63</u> <u>74</u>	36 52 60 <u>76</u> <u>86</u>	6 12 18 <u>24</u> <u>30</u>	28 37 46 <u>54</u> <u>63</u>	42 48 54 <u>61</u> <u>68</u>
1.91-2.10 +	7 15 <u>25</u> <u>35</u> <u>45</u>	19 31 42 <u>54</u> <u>63</u>	30 43 55 <u>65</u> <u>75</u>	4 9 16 <u>21</u> <u>27</u>	27 35 42 <u>50</u> <u>56</u>	43 48 <u>52</u> <u>56</u> <u>61</u>

Handwritten mark

8

Onderstreept = geschat.

Handwritten signature

§ 23
Achter 1111

HOOFDSTUK V.

Frekwentiekrommen voor den toestand omstreeks 1940.

Par. 23. De frekventies der Rijn- en Maasafvoeren (bijlagen 49 en 50).

De Rijn en diens armen werden in de laatste helft der vorige eeuw genormaliseerd, terwijl er nadien nog meer zand door concessiebaggerwerk aan werd onttrokken dan van boven werd aangevoerd. De Maas ^{van den Grave} werd in de jaren 1930 - 1940 girectificeerd en gekanaliseerd. De waterstanden kan men dus voor een langdurige periode moeilijk onderling vergelijken; beter kan men dit doen met de afvoeren. Trouwens zijn het deze laatste, die ^{maakt veel rijk} ons interesseeren bij de beantwoording van de vraag op welk een combinatie van stormvloed en opperwaterafvoer in de benedenrivieren moet worden gerekend.

X

Met behulp van herhaaldelijk bepaalde afvoerkrommen, die voor vrij korte perioden het verband aangeven tusschen afvoer en waterstand bij een station, bv. Lobith, kunnen per jaar 365 afvoercijfers worden gevonden, overeenkomende met de 8-uur standen aldaar. Voor het tijdvak 1890 t/m 1939 werden zoodoende de frekventies der Rijnafvoeren bepaald (bijlage 49), die, zooals blijkt op half-logarithmisch papier uitgezet tamelijk goed door een rechte lijn kunnen worden benaderd; een overigens zuiver empirische eigenschap, waarop nader zal worden teruggesproken. Zet men de gegevens uit op waarschijnlijkheidspapier, dan krijgt men een gebogen lijn met de holte aan de bovenzijde. Dit wijst erop, dat de Rijnafvoeren meer de logarithmische wet van den vorm

$$W(x) = 10^{-ax}$$

volgen dan de zg. waarschijnlijkheidswet.

is dit 9
200?

Voor de Maas ^{kan} men iets dergelijks ⁱⁿ zijn rapport over de Maasverbetering geeft Dr. C.W. Lely de frekventiekromme van de waterstanden te Mook en tevens de bijbehoorende afvoerkrommen, zoodat voor de periode 1893 t/m 1938 de afvoerfrekventiekromme voor de Maas bij Mook bepaald kon worden. Deze bleek op het half-log. papier weder genoeg recht te zijn (zie bijlage 49).

Door Lely wordt voor de toekomst een vermeerdering van den maatgevenden afvoer verwacht van 3000 tot 3200 m³/sec., zulks als gevolg van het verdwijnen ^{van de Beaulieu overlaat} ~~der overlaten~~. Dit als uitgangspunt nemende en tevens aannemend dat de minimum afvoer door de verbetering niet

Kan bijlage 49 tevens worden
tot 1880 of eerder?
nem de achterste
papieren.

veranderde en de nieuwe afvoerfrequentiekromme (1940) voor Mook op bijlage 49 wederom recht zal zijn, kon deze worden geteekend. Het is natuurlijk nog niet mogelijk deze krommen langs direkt empirischen weg te bepalen; het aantal waarnemingen sedert de groote Maasverbetering is daarvoor te gering.

Vergelijkt men de lijnen van de Rijn- en Maasafvoeren dan blijkt in de eerste plaats dat de laatste steiler verloopt dan de eerste. Dit is een gevolg van het feit dat de hooge Rijnafvoeren veel grooter zijn dan de Maasafvoeren van gelijke frequentie terwijl de kleinste Maasafvoeren nagenoeg nihil zijn en de kleinste Rijnafvoeren ongeveer $700 \text{ m}^3/\text{sec}$.

De formules van de rechte lijnen, welke op bijlage 49 door de empirisch gevonden punten werden getrokken zijn:

$$\text{Rijnafvoer: } W(x) = 10^{\frac{1}{2700} (7800 - x)} \quad (1)$$

$$\text{Maasafvoer: } W(x) = 10^{\frac{1}{625} (1750 - x)} \quad (2)$$

Hierin zijn: $W(x)$ de frequentie, of waarschijnlijkheid, van de overschrijding ^{in dagen} (per jaar),
de getallen 7800 en 1750 de afvoeren in m^3/sec bij de frequentie 1 per jaar,
de getallen $\frac{1}{2700}$ en $\frac{1}{625}$ de tangenten van de lijnen t.o.v. de horizontaal.

Voorbeeld. De afvoer van 3200 m^3 ^{$x = 3200$} gedurende één etmaal voor de Maas heeft een frequentie van gemiddeld $10^{\frac{1450}{625}} = 10^{-2,32} = \frac{1}{209}$ per jaar. D.w.z.: De afvoer, die voor de Maasverbetering als maatgevend is genomen, zou gemiddeld ^{een dag} ~~eens~~ in de 209 jaren verwacht kunnen worden.

De vraag is gewettigd of de perioden welke hierboven beschouwd werden, nl. 1890 - 1939 voor den Rijn en 1893 - 1938 voor de Maas niet te kort zijn om als algemeen gemiddelde te gelden voor de toekomst. Zonder twijfel zijn zij wél veel te kort, doch wegens het ontbreken van vroege betrouwbare afvoercurven kan men moeilijk langere perioden nemen. Beschouwt men de op bijlage 50 aangegeven grafieken van de max. jaarstanden te Venlo en Keulen, dan blijken in de langere perioden 1770 - 1940 (Keulen) en 1840 - 1940 (Venlo) groote ~~schommelingen~~ ^{verschillen} voor

al was echter
Cyprius 2. d. w. z.
dus hooger. d. stand 63

is zij al bestaat

te komen met eenige scherpe maxima bv. in 1926. Deze vermoedelijk tot het klimaat terug te voeren groote ~~schommelingen~~ ^{afwijkingen} zijn merkwaardig. Men kan er/nog geen regelmaat in ontdekken. Oppervlakkig beschouwd zou uit de bijlage 50 blijken, dat de op bijlage 49 geteekende afvoer-frekwentiekrommen ongeveer een gemiddelde zullen voorstellen.

De hoogst bekende Rijnafvoer, welke op 5 Jan. 1926 is voorgekomen bedroeg ongeveer ~~12.000~~ ^{19.000} m³/sec. en zou volgens de geteekende rechte lijn een frekwentie hebben van $\frac{1}{75}$ ^{dag per jaar} d.w.z. gemiddeld eens ^{dag} in de 75 jaren voorkomen. Het is echter zeer wel mogelijk dat, gezien het feit dat de max. Rijnafvoeren aan groote variaties onderhevig zijn, dit cijfer te klein of te groot is. Niet onmogelijk is voorts dat de afvoerfrekwentiekromme door de normalisatie der zijrivieren en door recente ontginning, bebossching of ontbossching definitief veranderd is, of bezig is te veranderen. Hoewel beide afvoerfrekwentiekrommen dus veranderlijke grootheden zijn en men omtrent het afvoerregiem van Rijn en Maas nog betrekkelijk weinig weet, dient men ^{de} op bijlage 49 geteekende empirisch verkregen puntenrij als de meest waarschijnlijke voor de naaste toekomst te aanvaarden, omdat het niet mogelijk schijnt daarvoor betere aan te nemen.

rechter lijn
afwijking
als 1/75
opmerking
het is
aan de
die
met
de
de

De zomer- en winterfrekwentiekrommen verschillen onderling aanzienlijk; des zomers worden lang niet die hoge standen bereikt, die des winters bij gelijke frekwentie voorkomen. De winterkromme nadert dus voor de kleine frekwenties de jaarkromme, de zomerkromme wijkt daar sterk van af (bijlage 49).

Par. 24. De frekwentiekrommen der HW's te Hoek van Holland. (bijlage 51, 52)

Wanneer men voor een station als Hoek van Holland van de HW's frekwentiewaarden samenstelt en deze uitzet op half-logarithmisch papier, dan ontstaat een reeks punten, die ten naastebij weder op een rechte lijn liggen (bijlage 51). Nog beter wordt de rechte lijn benaderd, indien men uitsluitend de gegevens van de wintermaanden neemt. Het maakt ~~daarbij geen verschil~~ ^{de wintermaanden zijn wel in drie maanden benaderd} of men de drie wintermaanden Dec., Jan., Febr. neemt, dan wel de vijf wintermaanden Oct. t/m Febr. De lijn, behoorende bij deze laatste, ligt uiteraard iets hoger dan die, behoorende bij de drie wintermaanden (omdat in drie maanden minder stormen voorkomen dan in vijf), doch beiden zijn even goed

Koninkrijk C. d. W. 1937/32
Koulen pebes - koninkrijk

door een rechte lijn te benaderen.

Bijlage 52 geeft de onderlinge verhouding weer van de maand-frekwentiekrommen, zooals die uit de waarnemingen van HvH en Willemstad voor het tijdvak 1888 - 1937 konden worden geconstueerd. De gevaarlijkste maand is dus Nov. of Dec., de minst gevaarlijke is Mei. De krommen die voor gelijke frekwentie de verhouding der maanden aangeven, verschillen voor HvH en Willemstad niet veel (bijlage 52^a).

Voor de allerhoogste standen zullen de lijnen van de winter-HW's samenvallen met die van de jaar-HW's, omdat de hoogste vloed des winters voorkomen. Vandaar dat de op bijlage 51 geteekende drie lijnen voor de kleine frekwenties convergeeren.

Zooals bij alle frekwentiekrommen het geval is, is het uiteinde moeilijk op min of meer exacte wijze door de waarnemingspunten te trekken. In een periode van 50 jaren (1890 - 1940), in welke wij over betrekkelijk goede waarnemingen beschikken, is bv. één stormvloed voorgekomen die boven de anderen uitsteekt, nl. die van 1894. Wat is nu de frekwentie van dezen vloed, is die $\frac{1}{50}$? Het is bekend, dat sinds 1825 geen dergelijken vloed is voorgekomen, is de frekwentie daarom $\frac{1}{115}$? Het is denkbaar dat de vloed van 1894 zich niet voor het jaar 2000 zal herhalen; is de frekwentie dan $\frac{2}{175}$? Op deze vragen is geen exact antwoord te geven. De op de bijlage 51 aangegeven hoogste punten ~~zijn dus niet zuiver te teekenen en hebben ook weinig gewicht, omdat~~ het slechts enkelvoudige waarnemingen zijn. De frekwentie van $\frac{1}{50}$ zal eerst over $1\frac{1}{2}$ à 2 eeuwen behoorlijk zuiver bepaald kunnen worden.

Er diende bij het samenstellen van bijlage 51 in acht te worden genomen, dat de bodemdaling of zeespiegelrijzing een complicatie vormt. De vloed van 1894 zou in 1940 met inachtneming van een bodemdalings-coëfficiënt van 2 cm per 10 jaren niet 3.28 +, doch 3.38 + geweest zijn. Alle HW's van de periode 1900 - 1940 werden op deze wijze herleid tot 1940.

De formule voor de frekwentielijn van de in de vijf wintermaanden Oct. t/m Febr. voorgekomen, tot 1940 herleide HW's van HvH is:

$$W(x) = 10^{1,685} \left\{ (2,17 + 0,002\alpha \frac{1}{2} x) \right\}$$

waarin α het aantal jaren verlopen sinds 1940 (dus negatief indien vóór 1940) en x het HW. De stand 2.17 + heeft de frekwentie van 1 per jaar, d.w.z. gemiddeld eens per jaar wordt te HvH de stand van 2.17 + bereikt of overschreden.

Voorbeeld. Welke frekwentie heeft een SV-stand van 3.70 m + te HvH in het jaar 2000?

$$\begin{aligned} W(x) &= 10^{1,685} \left\{ (2.17 + 0,12x - 3.70) \right\} \\ &= 10^{-1,685} \times 1,41 \\ &= 10^{-2,38} = \frac{1}{240} \end{aligned}$$

d.w.z. gemiddeld eens in 240 jaren wordt de stand van 3.70 + bereikt of overschreden indien de bodemdaling doorgaat en de toestand der rivier zoo blijft als die thans is. Omtrent de grootte van de gemiddelde overschrijdingswaarde vertelt de formule uiteraard niets.

Stilzwijgend wordt hierbij verondersteld dat de rechte lijn volgens haar verlengde geëxtrapoleerd mag worden. In hoeverre dit juist is zal hierna en in nota worden onderzocht.

later Er zij de aandacht op gevestigd dat de gevonden frekwentiële lijn niet onmiddellijk vergelijkbaar is met die van bijlage 49. De een geldt voor HW's, d.w.z. voor kort durende waterstanden, die twee malen per etmaal voorkomen, de ander voor langzaam veranderende rivierwaterstanden, die eens per etmaal worden genoteerd. De overschrijdingsduur van de waterstanden van bijlage 51 is dus geheel anders dan die van bijlage 49.

§ 25. Bepaling der stormmaanden (bijlagen 52, 53 en 54).

Reeds werd in de vorige § aangetoond (bijlage 52) dat in het tijdvak 1888 - 1937 de maanden Nov., Dec. en Jan. de gevaarlijkste stormmaanden geweest zijn. Het woord gevaarlijk was daarbij in dien zin op te vatten dat er in deze maanden naar verhouding tot de andere maanden meer en hoogere waterstanden zijn geweest. Men kan thans nog nagaan in hoeverre de duur van de vloed en het aantal vloed met de maanden varieert.

Bijlage 53 geeft voor hetzelfde tijdvak, dus voor dezelfde stormen, het aantal uren, gedurende welke de waterstand te HvH hoger dan bepaalde peilen is geweest. Men vindt daarbij weder een duidelijk maximum in December en wel voor alle vloedshoogten. Dat in dit 50-jarig tijdvak geen hoge vloed in Febr. en Mei zijn voorgekomen moet gedeeltelijk aan toeval worden toegeschreven. *helften het wel zeggen dat er niet kunnen voorkomen*

Wanneer men een soortgelijke grafiek maakt van het aantal stormvloed die in de verschillende maanden van het zeer langdurige tijdvak

+ 800 t/m 1937 volgens het verslag der Staatscommissie 1916 in Nederland zijn voorgekomen, dan vindt men twee toppen, de een in Nov., de ander in Januari. Het is echter de vraag of deze opgave voldoende betrouwbaar is (bijlage 54) en wat men precies onder een stormvloed moet verstaan.

Nog een andere grafiek is samen te stellen uit het aantal stormvloeden, die te Rotterdam zijn voorgekomen sedert 1775. De lijn die dan ontstaat vertoont vrij veel overeenkomst met die van bijlage 53, nl. een top in de maand December.

Ten slotte kon nog een grafiek worden geteekend voor het aantal te HvH sinds 1888 voorgekomen vloeden, die een stand van 2.42 + of hoger hebben bereikt (bijlage 54). Men vindt dan een top in November. Er moet daarbij echter naar voren worden gebracht, dat in de 50-jarige periode 1888 - 1937 slechts betrekkelijk weinig vloeden per maand zijn voorgekomen en dat aan deze grafiek dus ^(lees...) groote beteekenis kan worden gehecht. Die van de bijlagen 52 en 53 geven zonder twijfel een beteren indruk.

Vermoedelijk is de maand December dus de gevaarlijkste stormmaand, terwijl de maanden Januari en November daarop in belangrijkheid volgen.

Wat de Rijnafvoer betreft blijkt uit de eenvoudige grafiek van bijlage 54, onderaan, dat in het tijdvak 1854 - 1937 Januari gemiddeld de hoogste standen te Keulen heeft gegeven. De gemiddelde Januaristand is ongeveer 4.80 + nul. De maand September gaf gemiddeld de laagste ^{te wijk} (2.90 + nul).

De gestippelde lijnen van bijlage 54, bovenaan, geven eveneens een duidelijke top in de maand Januari voor alle standen van Keulen hoger dan 5.00 +, 5.50 +, 6.00 +, enz.

Voor de benedenrivieren is dus gemiddeld December de gevaarlijkste maand. Voor de bovenrivieren Januari en voor het tusschenliggend gebied, waar een combinatie van hoge zee- en rivierstanden noodlottig kan zijn, zal omstreeks 1 Januari de gevaarlijkste tijd zijn.

Het verschil van één maand van de gevaarlijkste tijden voor bovenrivier en benedenrivier is te kort om van veel gewicht te zijn. Men zal kunnen aannemen dat voor de benedenrivieren de 5 maanden October, November, December, Januari en Februari de kwaadste zijn.

§ 26. Frekwentiekrommen van plaatsen aan de benedenrivieren
(bijlage 55).

Men kan weder onderscheiden jaarfrekwentiekrommen en winterfrekwentiekrommen. Bijlage 55 geeft van deze laatste een aantal voorbeelden. Zij zijn allen voor wat betreft de bodemdaling en den invloed van rivierwerken met behulp van de desbetreffende gegevens, voorkomende in de 10-jaarlijksche overzichten der waterstanden, herleid tot het jaar 1940. De voornaamste bekende stormvloedshoogten werden met hun geschatte frekwentie afzonderlijk aangegeven. Daar hun frekwentie niet vaststaat kan men aan de juiste ligging dezer hoogste punten geen groote waarde hechten.

Behalve de grafiek voor den Dongemond die naar beneden afbuigt, zijn alle overige grafieken nagenoeg recht. Voor het afbuigen van de lijn voor het station Dongemond bestaat een goede reden, daar de terreinen hier over zeer groote oppervlakken onderloopen (kuilgebied). Ook de steile helling van de lijn voor het station Kop van 't Land doet zien dat hier den invloed van de Biesboschkuil merkbaar is. Eenigszins hooge standen worden slechts zeer zelden bereikt in een kuilgebied.

De helling van de verschillende frekwentielijnen is niet constant, zooals uit de formules der lijnen blijkt. De algemeene formule is:

$$\bar{W}(x) = 10^{\lambda(A + 0,002\alpha - x)}$$

waarin: λ de helling t.o.v. de horizontaal

A de HW-stand met frekw. 1 per jaar

α het aantal jaren na 1940

x de HW-stand met frekw. $W(x)$.

De factoren λ en A zijn karakteristieke grootheden van een bepaald station.

De voor 1940 geldende, uit de peilschaalgegevens van de 5 wintermaanden Oct. t/m Febr. van het tijdvak 1901 t/m 1940 getrokken formules volgen hieronder.

<u>Scheveningen</u>	$\bar{W}(x) = 10^{1,58} (2,42 + 0,002\alpha - x)$
<u>Hoek van Holland</u>	" = $10^{1,685} (2,17 + 0,002\alpha - x)$
<u>Maassluis</u>	" = $10^{1,64} (2,20 + 0,002\alpha - x)$
<u>Vlaardingen</u>	" = $10^{1,63} (2,30 + 0,002\alpha - x)$

Rotterdam	$\bar{W}(x) = 10^{1,67} (2,35 + 0,002\alpha - x)$
Krimpen a/d Lek	" = $10^{1,77} (2,46 + 0,002\alpha - x)$
Streefkerk	" = $10^{1,79} (2,50 + 0,002\alpha - x)$
<u>Spijkenisse</u>	" = $10^{1,65} (2,30 + 0,002\alpha - x)$
Puttershoek	" = $10^{1,75} (2,52 + 0,002\alpha - x)$
Alblasserdam	" = $10^{1,79} (2,42 + 0,002\alpha - x)$
Dordrecht	" = $10^{1,805} (2,54 + 0,002\alpha - x)$
<u>Hellevoetsluis</u>	" = $10^{1,52} (2,46 + 0,002\alpha - x)$
<u>Willemstad</u>	" = $10^{1,49} (2,73 + 0,002\alpha - x)$
Moerdijk	" = $10^{1,54} (2,74 + 0,002\alpha - x)$
Willemsdorp	" = $10^{1,56} (2,66 + 0,002\alpha - x)$
Kop van 't Land	" = $10^{2,11} (2,60 + 0,002\alpha - x)$
<u>Bruinisse</u>	" = $10^{1,56} (2,88 + 0,002\alpha - x)$
Steenbergsche Vliet	" = $10^{1,46} (2,89 + 0,002\alpha - x)$
Dintelsas	" = $10^{1,46} (2,85 + 0,002\alpha - x)$

Er blijkt uit dat de helling λ van 1,685 te HvH aanvankelijk afneemt tot Vlaardingen ($\lambda = 1,63$) en daarna toeneemt tot bij Dordrecht 1,805 is bereikt. Van de lage waarden voor Scheveningen ($\lambda = 1,58$), Hellevoetsluis ($\lambda = 1,52$), Bruinisse ($\lambda = 1,56$), Willemstad ($\lambda = 1,49$) en Moerdijk ($\lambda = 1,54$) stijgt de waarde op de Nieuwe Merwede zeer snel tot 2,11 te Kop van 't Land (invloed Biesboschkuil). HvH heeft naar verhouding tot andere aan zee of groote zeearmen gelegen stations reeds een hooge λ .

De stand met frekwentie 1, genoemd A, klimt uiteraard van HvH en Hellevoetsluis eveneens rivierwaarts op, behalve daar waar een kuil aanwezig is.

Bovenstaande formules hebben slechts betrekking op den bestaanden toestand (1940). Bij verandering van het rivierenstelsel, veranderen ook de factoren λ en A.

De factor λ zou men de gevaarenkansfactor kunnen noemen. Een kleine λ beteekent groote kans op hooge vloed.

De factor A kan men als stormvloedsgrens aanhouden: de definitie van "stormvloed" is dan die hoogte welke op een station gemiddeld eens per jaar wordt bereikt of overschreden.

Bij gewone rivieren zou men ^{van A} voor wat de afvoeren betreft kunnen spreken van de "afvoerregiemfactor" en speciaal voor Indische rivieren van de "bandjirgrens".

Langs een regelmatige kust gaande moeten λ en A regelmatig veranderen. Onregelmatigheden in deze veranderingen, ook langs de benedenrivieren, duiden op SV-kuilen of abnormaal sterke stroomingen of opwaalingen.

§ 27. De frekwentiekrommen van wind en opwaaiing te Hoek van Holland (bijlagen 56 en 57).

Het trekt de aandacht dat de empirisch gevonden overschrijdingswaarden van de HW-standen te HvH en elders zoo goed door rechte lijnen benaderd worden op logaritmisch papier en de vraag of dit een extrapolatie wettigt is van groot gewicht.

Een der middelen om tot eene beantwoording van deze vraag te komen is het HW-verschijnsel te gaan ontleden en de componenten afzonderlijk nader te onderzoeken. De oorzaak van stormvloed is de harde wind uit westelijke of NW-richtingen. Deze werkt de zg. opwaaiing, welke tezamen met de dagelijksche getijbeweging het stormtij veroorzaakt. Nagegaan kan nu worden of de frekwentie van de windkracht zelf eveneens een logaritmische wet volgt. Er is daarbij uitgegaan van een kwadratisch verband tusschen windsnelheid v en opstuwing (zie formule 23 van het verslag der Zuiderzeecommissie).

Beschouwd zijn de windwaarnemingen te HvH in het tijdvak 1920 - 1940. Zet men de kwadraten der overschrijdingswaarden (v^2) voor de W, WNW en NW-richtingen (dit zijn de richtingen die volgens bijlage 41 voornamelijk de stormvloed veroorzaken) uit, dan blijkt uit bijlage 56 dat de punten op logaritmisch papier weder goed door een rechte lijn worden benaderd. De frekwentie van het laatste punt is onbepaald en deze legt dus vrijwel geen gewicht in de schaal.

Voor het lichtschip Maas kon een soortgelijke grafiek worden geteekend. De desbetreffende waarnemingen zijn voor het tijdvak 1891 -

1910 door het Met. Inst. bewerkt en gepubliceerd (Med. en Verh. no. 13). Zij berusten op schattingen van de windkracht in Beauforteenheden en zijn daardoor minder betrouwbaar dan de waarnemingen van HvH. De frekwentiekromme der waarnemingen ligt iets lager dan die van HvH, doch is overigens weder vrijwel recht en van dezelfde helling. De geringe windsnelheden met groote frekwentie werden blijkbaar op het lichtschip iets te laag geschat (of de hoge snelheden te hoog).

Behalve de hierboven beschreven jaarkromme werden op bijlage 56 tevens die voor de 3 wintermaanden Dec., Jan., Febr. geteekend voor de W, NW en WNW-richtingen.

Onder "opwaaiing" of "stuwing" verstaat men in het algemeen het verschil in hoogte tusschen den werkelijken zeestand en de voorspelde. Deze "opwaaiing" wisselt van uur tot uur en is lang niet altijd het grootst ten tijde van het astronomisch HW (zie bijlagen 25 t/m 40).

Voor de stormvloedscommissie is het vooral van belang te weten, welke hoogten de opwaaiingen ten tijde van het astr. HW bereiken. Deze kunnen dan eventueel bij de te berekenen astr. HW's worden opgeteld.

Bijlage 57 geeft de frekwentiekromme voor deze "HW-opwaaiingen" (d.i. de opwaaiing ten tijde van het astronomisch HW) te HvH voor de periode 1922 t/m 1940 (negentien jaren opdat de invloed van de 18 $\frac{2}{3}$ -jarige maansperiode niet mee zal tellen). Ook deze lijn is weder nage-
noeg recht.

Het recht blijven van de frekwentiekrommen van de windsnelheden zoowel als die van de "HW-opwaaiingen" geven steun aan de opvatting dat men de extrapolatie van de HW-frekwentielijn nog over eenigen afstand rechtlijnig zal mogen doen plaatshebben.

Gemiddeld wordt te HvH een "HW-stuwing" van 1,2 $\frac{3}{4}$ m eenmaal per jaar bereikt of overschreden. Bij rechtlijnige extrapolatie zou een "HW-stuwing" van 2,22 + eens per eeuw kunnen worden verwacht of overschreden.

De "HW-opwaaiingen" mogen niet worden verward met de "opwaaiingen", die op de bijlagen 25 t/m 40 geteekend werden. Deze "opwaaiingen" kunnen belangrijk hogere bedragen bereiken dan uit de grafiek van bijlage 57 zou volgen. Blijkens § 18 is een opwaaiing van ongeveer 2,82 m zelfs twee malen in 50 jaren te HvH voorgekomen. Neemt men dit als uitgangspunt en veronderstelt men weder een rechtlijnig verloop van de frekwentie-

kromme op half-logarithmisch papier, dan zal de op bijlage 57 met een stippellijn aangegeven rechte lijn de frekwentiekromme van de opwaaiingsmaxima voorstellen. Een nauwkeuriger benadering van deze lijn is moeilijk op andere wijze te verkrijgen. Wegens de groote onzekerheid omtrent de juistheid dezer lijn zal zij niet verder worden gebruikt. Zij dient slechts om aan te geven dat de "HW-opwaaiing" en de "opwaaiing" twee verschillende begrippen zijn.

De frekwentiekromme van de voorspelde astronomische standen van dezelfde periode is eveneens op bijlage 57 aangegeven. Zij komt niet boven het peil van $+ 1,35$ uit en is op half-logarithmisch papier geenszins recht. De kromme zou gevoegelijk de "mooi weer HW-frekwentiekromme" kunnen heeten. De kromme voor Mei (bijlage 52) ligt slechts weinig hooger.

De kromme der "HW-opwaaiing" levert, indien samengesteld met de kromme van den astronomischen HW-stand, de bekende jaarkromme der HW-standen, die in de buurt van het gemiddeld HW een opwelling naar boven (schoudervorm) vertoont.

Voor verdere beschouwingen omtrent deze kwesties wordt verwezen naar § 32 : "rechtvaardiging van de rechtlijnige extrapolatie".

HOOFDSTUK VI.

Bepaling der randvoorwaarden aan zee.

§ 28. De factoren, die de hoogte van een stormvloed bepalen.

Blijkens het voorgaande kunnen 5 verschillende factoren worden onderscheiden, die de hoogte van een stormvloed bepalen. Het zijn:

- a. de "astronomische" stand.
- b. de opwaaiing of meteorologische stuwning.
- c. de invloed van het opperwater.
- d. de zeespiegelrijzing of bodemdaling.
- e. de invloed van waterstaatswerken.

De laatste twee factoren hebben niet het tijdelijk en incidenteel karakter der eerste drie.

Het gelijktijdig optreden van de eerste drie factoren, dus van een hoogen astronomischen stand, een hooge meteorologische stuwning en een grooten opperwaterafvoer, veroorzaakt op de benedenrivieren de hoogste standen. Daarnaast moet in acht worden genomen dat de laatste twee factoren deze hoogste standen voortdurend, en wel meestal ten nadeele, beïnvloeden.

Samenvattend hetgeen daaromtrent in de voorgaande hoofdstukken is bijeengebracht blijkt daarbij het volgende:

a. De astronomische HW-standen.

Onder "astronomische" stand zal worden verstaan de voorspelling van de waterstandshoogte op een bepaalde tijd en plaats. De Algemeene Dienst van den Rijkswaterstaat berekent deze voorspellingen voor wat betreft de HW- en LW-standen met een benaderingsmethode en geeft deze voorspellingen bij de Landsdrukkerij uit.

Tengevolge van eene verandering in de ligging van het baanvlak van de maan is elke $18\frac{2}{3}$ jaar een maximaal M_2 getij bemerkbaar, sinusoidaal afwisselend met een minimum. De maxima kwamen voor in 1866, 1885, 1903, 1922 en 1940 en zullen dus ook voorkomen in 1960, 1979 en 1997. De schommeling heeft geen groote amplitude,

slechts 3,8 % van de totale getijamplitude. Uit het ingesteld onderzoek bleek dat deze invloed voor wat betreft de HW-springtijden te Hoek van Holland beperkt blijft tot ruim een decimeter en tot ruim 15 cm te Willemstad (verschil tusschen minimum en maximum).

Nagegaan werden voorts de frekwenties van de astronomische HW-standen te Hoek van Holland en Willemstad zocals zij met de benaderingsmethode werden berekend en sinds 1900 zijn voorgekomen. Het astronomisch HW dat in 10 %, dus in 30 gevallen per winter van 5 maanden werd overschreden, bedroeg:

voor Hoek van Holland	1,12 m +
voor Willemstad	1,48 m +.

Het astronomisch HW dat in 5 % der gevallen, dus 15 malen per winter van 5 maanden werd overschreden, bedroeg:

voor Hoek van Holland	1,18 m +
voor Willemstad	1,53 m +.

De uiterste standen van het astronomisch HW zijn voor beide stations resp. 1,34 m + en 1,68 m +.

b. De maximale opwaaiingen.

Onder opwaaiing of meteorologische stuwung wordt verstaan het verschil in hoogte tusschen de op een bepaalde plaats werkelijk voorgekomen waterstand en de voor die plaats uit empirische gegevens te berekenen "astronomische" stand. Het kan volgens deze definitie dus voorkomen, dat de stuwung bij windstil weer voorkomt, bv. ten gevolge van lage barometerstanden of ergens in den Atlantischen Oceaan verwekte en naar hier voortgeplante hooge middenstanden ¹⁾).

In het begrip stuwung zijn ook begrepen de fouten die de "astronomische standen" aankleven, hetzij ten gevolge van minder juist aangenomen partieele getijden, hetzij ten gevolge van minder

¹⁾ Onder middenstand wordt verstaan de hoogte van de zwaartelij n van de geregistreeerde getijkromme t.o.v. NAP.

juiste kappagetallen (tijden, voortplantingstijden).

De definitie houdt voorts in, dat gerekend wordt met een "stuwingsgolf" en met de daarop gesuperponeerde gewone "astronomische" getijbeweging. Voor de bepaling der meteorologische stuwings is de benaderingsmethode niet nauwkeurig genoeg. Daarvoor wordt thans uitgegaan van de volgende door den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat uit de waarnemingen becijferde partieele getijden¹⁾: O, K, Q, P, M₂, S₂, N, 2MS, L, K₂, V, λ, M₄, MS en M₆.

Vergelijking van de geregistreerde getijkrommen te Hoek van Holland, IJmuiden en Willemstad met de zoo exact mogelijk berekende "astronomische" krommen toonden voor de drie zwaarste, tamelijk goed bekende stormen welke na 1880 zijn voorgekomen, nl. die van 1894, 1916 en 1928, de volgende maximale stuwingshoogten aan.

Plaats	in 1894	in 1916	in 1928
te Hoek van Holland	2,81 m	<u>2,82 m</u>	2,20 m
te IJmuiden	<u>2,97 m</u>	2,85 m	2,42 m
te Willemstad	2,85 m	<u>3,30 m</u>	2,57 m

Bij de bepaling van deze cijfers werd rekening gehouden met de bovengenoemde vijftien partieele getijsinusoiden, met de voorgekomen veranderingen in den middenstand en met de jaarlijksche middenstandsschommeling.

Uit bovenstaand staatje volgt, dat de hoogste stuwings voor de drie genoemde stations en de drie stormen zijn:

voor Hoek van Holland 2,82 m
 voor IJmuiden 2,97 m
 voor Willemstad 3,30 m²⁾.

Bij het beschouwen van bovenstaande maximum-cijfers moet worden bedacht dat een betrekkelijk kort tijdsverloop als van 1880 tot heden, dus ongeveer 60 jaren, feitelijk te kort is om de uiterst mogelijke maximale stuwings te leeren kennen. Het zijn slechts incidenteele waarden.

¹⁾ Zie v. Beresteyn: Getijkrommen van plaatsen aan de Ned. Kust en Benedenrivieren. 's Grav., 1911. De in dit werk genoemde constanten zijn sindsdien door hem verbeterd en aangepast aan nieuwe toestanden. Deze nieuwe gegevens werden gebruikt.

²⁾ Ook de stormvloed van 1906 en 1936 werden nog voor deze drie stations geanalyseerd, doch daarbij bleek dat de stuwingshoogten beneden die van 1894, 1916 en 1928 bleven.

De grootste stuwingen waren slechts betrekkelijk kort van duur, meestal niet langer dan een uur. Gedurende een tijdsbestek van 3 uren werden tenminste de volgende stuwingen bereikt:

Plaats	1894	1916	1928
Hoek van Holland	<u>267</u>	250	209
IJmuiden	<u>243</u>	235	170
Willemstad	243	<u>297</u>	230

De vorm der stuwingskrommen wijst er niet op dat deze cijfers als uitersten zijn te beschouwen. Men moet aannemen dat het mogelijk is dat in de toekomst hogere kunnen voorkomen.

Met behulp van theoretische formules is het niet mogelijk de grootst mogelijke stuwing te berekenen. Er bestaat een empirische formule, afgeleid uit waarnemingen in de Zuiderzee, doch deze is niet geschikt om de juiste hoogst mogelijke stuwing aan onze Noordzeekust te berekenen. Men zou de duur en de kracht van den wind over het geheele Noordzeebekken moeten aannemen, daarbij nog de mogelijkheid van de opzetting der middenstanden door voorafgaande winden of door lage barometerstanden in rekening brengen en bovendien de zg. strijklengte en nog de gemiddelde diepte van de zee moeten bepalen, om deze maximale stuwing langs theoretischen weg te kunnen berekenen. Eindelijk zou men nog met den hoek van den wind met de kust rekening moeten houden en met de mogelijkheid of het opgestuwde water in landwaartsche richting in riviermonden en zeegaten kan ontwijken. Het is dus duidelijk, dat men langs zuiver theoretischen weg de maximale stuwing niet kan bepalen.

c. De invloed van het opperwater.

Deze is blijkens ingesteld onderzoek te Hoek van Holland niet, doch voor plaatsen als Dordrecht en Rotterdam ^{reeds} duidelijk merkbaar. Te Hellevoetsluis is deze invloed zeer gering. Het kan voorkomen, dat de invloed van het hooge opperwater gedurende meer dan 14 dagen op de benedenrivieren merkbaar is, zoodat dus twee springtijden ermede kunnen samenvallen. Daar voorts zoowel het hooge opperwater als de stormen het veelvuldigst in de wintermaanden voorkomen is de kans op het samenvallen van storm, hoog opperwater

en springtij niet zoo gering. Wel is de kans van het samenvallen van een zeer hoogen stormvloed met zeer hoog opperwater uiterst gering.

De hoogst bekende opperwatervloed, nl. die van Januari 1926, stond te Keulen 9.69 m + nulpunt, veroorzaakte HW-standen op de benedenrivieren, die maximaal als volgt met die van de zee bij Hoek van Holland verschilden:

Plaats	max. HW- verschillen	normale HW- verschillen t.o.v. H ₀ H (1921-1930)	invloed opperwater
Hoek van Holland	0,02 m	0	0,02 m
Maassluis	0,20 m	- 0,05	0,25 m
Rotterdam	0,40 m	+ 0,09	0,31 m
Krimpen a/d Lek	0,74 m	+ 0,22	0,52 m
Dordrecht	0,92 m	+ 0,39	0,53 m
Willenstad	0,51 m	+ 0,37	0,14 m
Moerdijk	0,72 m	+ 0,46	0,26 m

d. De gemiddelde zeespiegelrijzing.

De Commissie van 1916 inzake bestudeering van hooge stormvloed en op den Waterweg nam omtrent de kwestie van de zeespiegelrijzing (of bodemdaling) het standpunt in dat de beschikbare gegevens niet toelieten met voldoende zekerheid de grootte van deze rijzing (of daling) in cijfers uit te drukken. De Commissie van 1918 inzake de drooglegging van de Zuiderzee nam een meer positief standpunt in, doch hield slechts indirekt rekening met de door haar als een feit aangenomen zeespiegelrijzing, door bij de som van het astronomisch HW en de te verwachten meteorologische stuwung nog 20 % extra te rekenen (zie blz. 12 Verslag Zuiderzee Commissie).

Op grond van door den Algemeenen Dienst verzamelde grafieken is door de huidige Commissie besloten een algemeene dalingscoëfficiënt van 2 cm per 10 jaren aan te nemen.

e. De invloed van waterstaatswerken.

Hierbij bestaat onderscheid tusschen den invloed van rivierverbeteringen en die van inpolderingen. Indien in de gewone HW-hoogten en in de SV-hoogten "kuilen" aanwezig zijn, in den zin als

in § werd besproken, hebben rivierverruimingën zeewaarts van het kuilgebied meestal het gevolg dat de HW-standen en de SV-standen in deze kuilgebieden hooger worden, nl. doordat de vloed gemakkelijker kan toetreden dan voorheen. Indien geen kuilen aanwezig zijn, hebben rivierverbeteringen daarentegen weinig of geen en soms ook een verlagenden invloed op de hoogten der HW- en SV-standen.

Inpolderingen in kuilgebieden hebben in het algemeen een verhooging van SV-standen ten gevolge. Inpolderingen, op plaatsen waar geen "kuil" voorkomt, behoeven niet steeds stormvloedverhoogingen, doch zouden zelfs verlagingen ten gevolge kunnen hebben.

Ter bepaling van den invloed van de in de rivieren uitgevoerde verbeterings- en baggerwerken op de HW- en SV-standen werden in § 6 in de eerste plaats vergeleken de gemiddelde HW-standen voor de decennia tusschen 1870 en thans. Deze HW-standen bleken in het algemeen een stijging te vertoonen die in de benedenrivieren iets hooger was dan het bedrag, dat hiervoor bepaald is voor de zeespiegelrijzing. Hieruit blijkt dus dat met uitzondering van de stations Krimpen en Rotterdam geen verruimingën zijn uitgevoerd die een belangrijken invloed hebben gehad. Veelal was in de benedenrivieren het verschil tusschen de aangenomen zeespiegelrijzing en de waargenomen verhooging der HW-standen tusschen 1870 en 1930 niet grooter dan de marge, welke men voor onnauwkeurigheid van de peilschaalgegevens moet aannemen, nl. ongeveer 5 cm.

In het gebied der bovenrivieren en eveneens in het overgangsg gebied tusschen de boven- en benedenrivieren is echter een duidelijke invloed van de rivierwerken merkbaar. De waterstanden op de bovenrivieren daalden in sterke mate, terwijl op plaatsen als Krimpen a/d Lek, Sliedrecht en Keizersveer de HW-standen stegen. Bij Krimpen zelfs 51 cm in 75 jaren, bij Rotterdam 13 cm. Deze stijgingen moeten worden beschouwd als het langzamerhand verdwijnen van "kuilen" in de HW-lijnen als gevolg van rivierwerken e.d. De zeespiegelrijzing is hierbij ten bedrage van 2 cm in 10 jaar in rekening gebracht.

Hoewel de vroeger vrij diepe "kuil" bij Krimpen door de verruiming van den Waterweg nagenoeg is verdwenen, moet men nog steeds aannemen, dat nog eenige verdere verhooging van het HW te Krimpen, hetzij door verdere verruiming van den Waterweg, hetzij door vloedkombeperking bv. door afdamming van den Hollandschen IJssel, mogelijk is.

Ook bij Maassluis - Hoek van Holland is een kleine "kuil" te bemerken, in zooverre het HW te Maassluis 5 cm lager is dan te Hoek van Holland, terwijl het HW te Hoek van Holland nog ongeveer 13 cm lager is dan het HW in zee voor den mond van den Waterweg. Dit laatste is een gevolg van den voor de waterbeweging betrekkelijk ongunstigen vorm van dezen mond.

Men moet dus nog steeds de volgende drie verschillende "kuilen" in het gebied der benedenrivieren aannemen:

- 1e. bij Hoek van Holland,
 - 2e. bij Krimpen,
 - 3e. in den Biesbosch; deze laatste is verreweg de grootste en diepste.
- Vooral bij stormen zijn deze kuilen merkbaar.

§ 29. Mogelijke invloeden op de vervlakkings van de kuilen bij Hoek van Holland en Hellevoetsluis.

Het dagelijksch HW te Scheveningen (peilschaal) ligt 4 cm boven het dagelijksch HW te HvH (peilschaal). Dit verschil neemt gemiddeld blijkens de grafieken van bijlagen 42 en 55 toe naarmate de wind de zee hoger opstuwt. Bij het toegepast rechtlijnig verloop van de frekwenties op log. papier wijst de peilschaal te Scheveningen bij de hoogst bekende vloed gemiddeld 25 à 30 cm hogere standen aan dan die te HvH. Daar de peilschaal te Scheveningen ongeveer den zee-stand aangeeft neemt de kuildiepte bij HvH bij heftige stormen gemeenlijk dus toe.

Voor een bepaalde frekwentie, bv. 0,01 per jaar, kan men op globale wijze tot de volgende gemiddelde kuildiepte te HvH komen. De stand te HvH is dan gemiddeld volgens bijlage 55) 3.35 +, die te Scheveningen 3.68 +. De stand in zee 4 km vóór Scheveningen is lager, ten eerste vanwege het verschil in opwaaiing, waarvoor 5 centimeter (§ 5) is berekend, ten tweede wegens de kracht van Coriolis die bij een vloedstroomsterkte van 1 m/sec een tegen de kust opstuwend effect heeft van 1,18 cm/km en bij een stroom van 0,5 m/sec nog 0,59 cm/km. Over een afstand van 4 km dus resp. $4 \times 1,18 = 4,7$ cm en $4 \times 0,59 = 2,4$ cm.

Vermoedelijk is de vloedstroomsterkte ten tijde van den hoogsten waterstand, als de wind gewoonlijk reeds NW of noordelijker is, niet zeer groot. Aangenomen zal dus worden dat het effect van Coriolis

3 cm is en de stand in zee vóór Scheveningen dus in het aangenomen geval $3.68 - 0.05 - 0.03 = 3.60 +$ bedraagt. In par. 4 werd becijferd dat het astr.HW. in zee een verval heeft van ongeveer 0.85 cm/km. , tusschen HvH en Scheveningen dus 1.1 cm. ^{Bij feldwente 0.01} ~~Bij gelijke opwaaiing voor beide plaatsen~~ zou de stand in zee vóór HvH dus $3.60 + 0.11 = 3.71 +$ moeten zijn en dit zou een kuildiepte te HvH van $3.71 - 3.35 = 36 \text{ cm}$ geven.

Op geheel analoge wijze vindt men bij een vloed met de frekwantie 0.003 een kuildiepte te HvH van 39 cm.

Deze kuil is in de toekomst voor verkleining vatbaar, bv. indien de komberging binnengaats, dus de stroomhoeveelheid uit zee vermindert. Ook zal, indien de mond van den Waterweg verbeterd wordt, bv. door verruiming en zandwinning op de Maasvlakte, of door wijziging van richting, tracé of lengte der hoofden, de stroomsnelheid worden beperkt en het toetreden van het water uit zee worden vergemakkelijkt. Dit zou eveneens een merkbaar effect hebben.

Het is van groot belang de vervlakkings dezer kuil bij HvH op de juiste grootte te schatten, daar alle berekeningen van de noordelijke benedenrivieren van dit station moeten uitgaan. De Zuiderzee-Commissie heeft voor het Marsdiep bij den Helder een SV-verhooging als gevolg van de afdamming van de Zuiderzee aangenomen van 42 cm. , althans bij een SV-hoogte van $2.48 +$. Ook daar was een kuil aanwezig tengevolge van de stroombelemmeringen buitengaats en er mocht worden verwacht dat deze sterk (dwz. met $+75\%$) zou vervlakken. De ervaring die sinds de afdamming der Zuiderzee is verkregen heeft deze schatting als vrij juist leeren kennen. ^{zooals} Zoals uit bijlage 43 voldoende duidelijk blijkt is bij den genoemden stand van $2.48 +$ de vervlakkings op 38 cm te rekenen. Voor hogere vloed is zij grooter.

De grootte der vervlakkings van de SV-kuil te HvH kan behalve van den vorm van den mond en van de komberging van het binnengaats gelegen riviercomplex nog afhankelijk zijn van het sluiten van den buitenmond van de Brielsche Maas. De kuil, welke hier thans aanwezig is, zal daardoor verdwijnen en de tijdens stormen voorkomende opwaaiingen op de Maasvlakte zullen er door worden beïnvloed.

De HW kuil te Hellevoetsluis kan blijkens par. 5 voor normale getijden gesteld worden op ongeveer 13 cm. Wanneer in de toekomst de

stroomen in het Haringvliet beneden Hellevoetsluis meer zouden afnemen dan de profielen aldaar, zou de kuil kunnen vervlakken. Het is denkbaar dat men door landwinning langs het Haringvliet - Holl. Diep de komberging demate verkleint dat de hoeveelheid water die bij storm langs Hellevoetsluis trekt sterk wordt beperkt. In het algemeen zal men echter mogen aannemen dat de profielen in den mond van het Haringvliet zich zullen aanpassen, zoodat de stroomsterkten en de daarvan afhankelijke kuildiepte weinig zullen veranderen. Uiteindelijk zal men weliswaar, indien het Haringvliet geheel zou verlanden, de kuil geheel kunnen zien verdwijnen, doch voorloopig, d.i. vóór het jaar 2000, behoeft men daar niet op te rekenen. Het geval van den bijna geheel verzanden mond van de Brielsche Maas toont aan, dat de kuil tot het laatste toe wel aanwezig zal blijven.

Het kan thans overigens niet om groote bedragen gaan, daar de kuil van Hellevoetsluis t.o.v. de zeespiegel niet diep is, zelfs niet bij krachtige vloed. Bij gelijke opwaaiing in zee bij Hellevoetsluis en Scheveningen kan men voor een vloed van bv. de frekwentie 0.003 de volgende becijfering opzetten:

De stand te Scheveningen is daarbij volgens bijlage 55 $4.00 +$ (rechtlijnige extrapolatie), die in zee aldaar dus $4.00 - 0.05 - 0.03 = 3.92 +$; die bij Hellevoetsluis in zee ongeveer $0.85 \times 33 \text{ km} = 28$ om hooger (§ 5) of $4.20 +$; die bij de peilschaal te Hellevoetsluis volgens bijlage 55 is $4.12 +$. De gezochte kuildiepte is dus op $4.20 - 4.12 = 0.08 \text{ m}$ te stellen of daarentrent.

§ 30. Toekomstige frekwentieformule voor HvH.

Voor de bepaling van de toekomstige frekwentieformule te HvH zal ~~de gebruikelijk~~ ⁱⁿ ~~weg worden bewandeld.~~ In de eerste plaats zal ~~dit~~ bij een krachtigen NW-storm een kuildiepte van ongeveer 39 om t.o.v. den zeestand met behulp van de daarop betrekking hebbende formules worden verklaard; in de tweede plaats zal voor het jaar 2000 onder dezelfde meteorologische omstandigheden en zeestroomen, doch met de nieuwe stroomhoeveelheden en een door baggeren verruimden mond de berekening worden herhaald. Het verschil geeft dan de zg. kuilvervlakking weer.

Voorts zal voor gemiddeld getij een soortgelijke berekening worden opgezet. Van de toekomstige frekwentiekromme zijn dan twee punten bekend en aannemend dat deze op log. papier wederom recht zal zijn, kan men haar dus trekken.

A. Bestaanden toestand.

Voor een stormvloed met frekwentie van 0.003 werd een zg. exacte getijberekening opgezet welke alle benedenrivieren omvatte. Het bleek daarbij dat in het diepe deel van den mond van den Waterweg dan stroomen van ongeveer 1.30 á 1.50 m/sec. verwacht kunnen worden. Dit zijn zg. verticaal-gemiddelden, welke in vergelijking tot die, welke thans bij normale omstandigheden wel voorkomen, niet bijzonder groot zijn.

Blijkens § 29 ~~moot~~ in dit geval een gemiddelde kuildiepte (verschil zeestand bij ~~HW~~ en stand bij de peilschaal) van ongeveer 39 cm verklaard worden (~~Zie § 29~~).

Neemt men aan dat er ten tijde van het hoogste water in zee een vloedstroom heerscht van 0.50 m/sec. bij (NW.storm wordt de vloedstroom gerend) dan vindt men voor een drietal gevallen waarbij de snelheid in den mond varieert van 1.30 tot 1.50 m/sec. de volgende becijfering van de kuildiepte.

	$V_1 = 1.30 \text{ m/sec}$	$V_2 = 1.40 \text{ m/sec}$	$V_3 = 1.50 \text{ m/sec}$
formule centr.kracht	16,8 cm	19,4 cm	22,0 cm
" weerst.en wens.	5,0 "	5,5 "	6,0 "
" v. Coriolis	0, "	0, "	0, "
" v. opwaaiingsverschil	2,5 "	2,5 "	2,5 "
" v. Bernoulli	8,0 "	9,0 "	10,0 "
	<u>32,3 cm</u>	<u>36,4 cm</u>	<u>40,5 cm</u>

Voor al de invloed van de centr.kracht is dus van belang.

Voor een aantal der hoogst bekende vloedten werd getracht op bovenstaande wijze de kuildiepte te verklaren. In 1894 was deze te Hylt 28 cm, in 1912 : 46, in 1916 : 23, in 1928 : 21 en in 1943 : 38 cm. Uiteraard zijn deze cijfers niet volkomen exact, daar zij afgeleid werden uit den stand te Scheveningen. Er blijkt in elk geval uit dat de kuildiepten sterk varieeren. Deze variaties kunnen worden verklaard door den vorm van de gelijkromme te laten varieeren (spitse of stompe

f. gemiddelde (log. pap. etc.) met water pomp

toppen, steil of minder steil oplopende krommen, laag of hoog voorafgaand (laagwater) en door de stroomsterkten in zee te wijzigen.

B. Toestand in het jaar 2000.

In het jaar 2000 zal het profiel in den mond van den Waterweg vermoedelijk verruimd zijn, doordat de belangen der scheepvaart en zandwinning hier samengaan. Het profiel, dat thans bij een vloed met frekw. 0.003 per jaar ongeveer 7900 m² groot is, zal dan op 10000 m² mogen worden gesteld.

Voorts zal bij den toekomstigen riviertoestand volgens de exacte berekening van denzelfden vloed als hierboven onder A werd genoemd, de vloedstroomhoeveelheid ten tijde van het hoogste water bij den nieuwen toestand ongeveer 300 m³/sec. kleiner zijn dan bij den thans bestaanden (8000 m³, in plaats van 8300 m³/sec.). Dit geringe verschil voor zulke ingrijpende wijzigingen in het rivierenstelsel, als het Vijf-eilandenplan beoogt, is te verklaren door erop te wijzen, dat de vermeerdering van den stroom in den Waterweg door de afdamming van de Brielsche Maas grootendeels gneutraliseerd wordt door de kombergings-vermindering tengevolge van de afdamming van de Oude Maas.

De stroomsnelheden in den mond van den Waterweg zullen dus in de toekomst afnemen in de verhouding van

$$\frac{8300}{7900} : \frac{8000}{10000} = 1.05 : 0.80 \text{ m/sec. (gemiddelde stroomsnelheden in heele profiel)}$$

De becijfering van de nieuwe kuildiepte, welke voor een goede onderlinge vergelijking op geheel analoge wijze dient te geschieden als onder A., geeft dan de volgende vervallen, geldende voor de "analoge" gemiddelde snelheden in de verticalen van het diepe gedeelte van den Waterweg $V_1 = 1.30 \times \frac{0.80}{1.05} = 0.95 \text{ m/sec.};$
 $V_2 = 1.40 \times \text{idem} = 1.07 \text{ m/sec.}$ $V_3 = 1.50 \times \text{idem} = 1.14 \text{ m/sec.}$

$$\underline{V_1 = 0.95 \text{ m/sec.} \quad V_2 = 1.07 \quad V_3 = 1.14}$$

form. centr. kracht	8.9 cm	11.3 cm	12.8 cm
" weerst. en versn.	1.5	1.8	2.1
" opwaaling	2.5	2.5	2.5
" v. Bernouilli	3.-	3.-	3.-
kuildiepten	15.9 cm	18.6 cm	20.4 cm

Deze kuil diepten zijn ongeveer 16 à 20 cm kleiner dan de overeenkomstige van de becijfering A. Het is vooral de verandering in centrifugaalkracht, die dit heeft te weeggebracht. Men zou, zoals vanzelf spreekt, den vorm en het profiel van den mond zoodanig kunnen kiezen dat de kuil diep blijft, en men zou zoodoende op de noordelijke benedenrivieren de dijken ongeveer 1 dm lager kunnen laten, doch een voor de strooming slecht profiel en slechte vorm is dit ook voor de scheepvaart. Een "kuil" is op te vatten als een bewijs van "slechte" stroomingstoestanden tengevolge van stroomknikken of ondiepten en het is dus logisch dat een kuil verdwijnt naarmate men "verbeteringen" aanbrengt.

De invloed van het verdwijnen van de kuil in den mond van de Brielsche Maas op de vervlakkings van de kuil te HvH is zeer moeilijk in cijfers uit te drukken. Men heeft hier een uit 2 kuilen samengestelde kuil, waarvan de zuidelijkste gaat verdwijnen. De diepste punten dezer 2 kuilen liggen 5 km van elkaar: zal een kuil van ongeveer 40 cm diepte nog op dezen afstand langs de kust gemeten merkbaar zijn? Misschien is dit nog met een klein bedrag het geval.

Een andere redeneering is de volgende: Bij den huidige toestand trekt bij den SV-top zoowel door den mond van de Brielsche Maas als door die van den Waterweg veel water naar binnen, waardoor de stroomlijnen in zee onder een zekeren hoek naar de kust zullen loopen. Na de afsluiting van de Brielsche Maas ontstaat een ongebroken kust langs Voorne-Beer met stroomlijnen die daar vrijwel evenwijdig mee zullen loopen. In het laatste geval is bij den mond van den Waterweg dus een scherpere "knik" dan in het eerste, zoodat uit dien hoofde een geringe verlaging van de waterstanden te HvH als gevolg van de afdemming van de Brielsche Maas verwacht zou mogen worden. Vermoedelijk is dit verschil echter ook zeer klein.

Daar voor beide redeneeringen iets te zeggen is en de een een geringen uitslag naar boven en de ander een geringen uitslag naar beneden geeft, schijnt het het meest aanvaardbaar geen bedrag te nemen voor den invloed van den dam in de Brielsche Maas.

De kuilvervlakking wordt dus voor een storm van de frekw. 0.003 per jaar aangenomen op 20 cm of ongeveer de helft van de bestaande kuil diepte, die bij die frekwentie op 39 cm werd aangenomen.

C. Voor de ^{handig}normale HW's werd in § 4 een kuil diepte van 13 cm gevonden, die als volgt werd verklaard:

form. centr. kracht	9 cm
" kr. v. Bernoulli	2,5 cm
" weerst. en versn.	$\frac{1,5}{13}$ "
	cm.

Daar het gemiddeld profiel beneden dagelijksch HW zal toenemen en wel van 6320 tot 7960 m² (voor berekening B van 7900 tot 10000 m²) en de gemiddelde stroomhoeveelheden volgens de exacte berekening niet of weinig zullen veranderen, zal in het jaar 2000 de kuil diepte bij normaal HW ongeveer zijn:

form. centr. kracht	5,8 cm
" kr. v. Bernoulli	2,5 "
" weerst. en versn.	$\frac{1,0}{13}$ "
samen	9,3 cm,

zoodat het peil van dagelijksch HW met $13 - 9,3 = \underline{3,7}$ cm zal verhoogden.

D. Thans zijn van de nieuwe frekwentiekromme voor HvH, geldend voor het jaar 2000 twee punten bekend. Aannemende dat de nieuwe lijn op log. papier weder recht zal zijn, is zij dus door deze twee punten bepaald en in de formule ervan te berekenen. De genoemde twee punten liggen zoodanig dat het dagelijksch HW met $3,7 + 60 \times 0,2 = 15,7$ cm naar rechts is verschoven en de stand bij frekw. 0.003 met $20 + 60 \times 0,2 = 32$ cm naar rechts. (0,2 cm is de bodemdaling per jaar).

De formule voor de frekwenties van de in de 5 wintermaanden voorkomende HW- en SV-standen gedurende de jaren na de algemeene wijziging in het rivierennet luidt dan:

$$\bar{w}(x) = 10^{1,58(2,42 + 0,002 \alpha^{-x})} \text{ (HvH. 2000)}$$

waarin α positief voor het aantal jaren verlopend na 2000 en negatief voor het aantal jaren te rekenen vóór 2000.

De factor λ is dus verlaagd van 1.685 tot 1.58, hetgeen meer met de zee λ 's (Scheveningen, Hellevoetsluis overeenkomt, de factor λ is vermeerderd van 2.17 tot 2.42 + ($\lambda =$ SV-stand bij frekw. 1 per jaar in resp. 1940 en 2000).

Vraag. Hoe hoog is vermoedelijk de gemiddelde SV-stand te HvH, welke er eens in de 333 jaren verwacht kan worden in het jaar 1980?

Antw. Aannemende dat de groote wijzigingen in het net der benedenrivieren dan hebben plaatsgevonden : 3.98 +

Vraag. Hoe hoog zijn te HvH de vlooden van varieerende frekwentie in het jaar 2000?

Antw.	frekw.	1 x per jaar	2.42 +
		1 x " 10 jaren	3.05 +
		" " 50 "	3.50 +
		" "100 "	3.69 +
		" "200 "	3.88 +
		" "300 "	3.99 +
		" "333 "	4.02 +
		" "500 "	4.13 +
		" "1000 "	4.32 +

Dit is alles in de veronderstelling dat de formule ook geldt voor kleine frekwenties (extrapolatie)

§ 31. Bepaling toekomstige frekwentie formule voor Willemstad.

Het levert voor de getijberekening moeilijkheden op het station Hellevoetsluis als randvoorwaarde te nemen. Ook de getijgegevens van Bruinisse zullen dan als randvoorwaarde moeten worden beschouwd en men dient daarbij dus een tweetal zeearmen met zeer onregelmatige en veranderlijke geulen te betrekken. Het station Willemstad kan dus beter als uitgangspunt worden genomen en de gegevens van dit station tezamen met die van HvH kunnen dan de basis van de exacte berekeningen leveren.

De formule van de voor 1940 geldende HW-frekwenties luidt voor Willemstad

$$\bar{w}(x) = 10^{1.49(2.73 + 0.002 \alpha - x)}$$

en de vraag welke beantwoord moet worden is of in de naaste toekomst zoodanige werken zullen worden uitgevoerd dat deze formule zal veranderen. Tot deze werken moeten worden gerekend de inpoldering van den Biesbosch, de normaliseering van het Holl. Diep en de landwinning op de vlakte van Ooltgensplaat.

Het eerste werk zal de kuil, die vermoedelijk te Willemstad

bij vloeiden van een frekw. 0.02 nog tot een bedrag van + 9 cm merkbaar is (Mazure), doen verdwijnen; het tweede werk zal vermoedelijk weinig invloed hebben op de HW-standen te Willemstad, daar de profielen zich aan den nieuwen toestand zullen aanpassen, wanneer de stroomhoeveelheden op het Haringvliet-Volkerak door verlanding van de ~~kanalen~~ vakken iets mochten veranderen. Het derde werk zal de opwaaiing bij Willemstad iets doen verminderen, doch door de vernauwing zal de HW-hoogte weer iets toenemen. De algemeene ontwikkeling is hier zoodanig dat het Haringvliet hoe langer hoe meer zijn functie zal afstaan aan het Volkerak en dat, daar de vloeiden op deze laatste rivier hooger zijn dan op de laatste de HW-standen te Willemstad hooger zullen worden. Blijkens nauwkeurige loodingen op het Volkerak zou een verdieping in de jaren 1931 - 1941 een bedrag van $5\frac{1}{2}\%$ zijn voorgekomen en op het Haringvliet een verondieping van 7% .

Uiteindelijk zal, wanneer de Biesbosch is ingepolderd en het Haringvliet geheel verdwenen is, een λ van ongeveer 1.51 en een A van ongeveer 2.90 + kunnen worden verwacht (zie in § 26 de overeenkomstige waarden van Bruinisse, Steenberg-sche Vliet en Dintelsas). Dwz. In dit uiterste geval zal de verhooging van A tengevolge van waterstaatswerken $2.90 - 2.73 = 17$ cm kunnen bedragen.

Rekent men een toeneming van A met 10 cm, dan zou deze in de verre toekomst nog 7 cm kunnen rijzen. Dit schijnt een redelijke verhouding.

A wordt dan $2.73 + 0.10 + 0.002 \times 60 = 2.95 +$

λ zou misschien 1.51 kunnen worden, doch blijft voorloopig vermoedelijk nog 1.49. Overigens geeft dit zooals hieronder blijkt weinig verschil.

empirische formule
De frekwentiefomule wordt dus

$$\bar{w}(x) = 10 \cdot 1.49(2.95 + 0.002\alpha - x) \quad (\text{Willemstad 2000})$$

$$\text{of } \bar{w} = 10 \cdot 1.51(2.95 + 0.002\alpha - x)$$

Vraag. Hoe hoog zijn te Willemstad de vloeiden van varieerende frekwentie in het jaar 2000?

Ant.	frekw.	1 x p. jaar	$\lambda = 1.51$	$\lambda = 1.49$
		1 x " 10 jaren	2,95 +	2,95 +
		" " 50 "	3,61	3,62 +
		" " 100 "	4,08	4,09 +
		" " 200 "	4,27	4,29

kanalen

van het jaar 2000

*een klein
gewestelijk*

X

Antw.	frekw.	1 x p.200 jaren	$\lambda = 1.51$ 4,48	$\lambda = 1.49$ 4,50
"	300	"	4.59	4.61
"	333	"	4.63	4.65
"	500	"	4.74	4.76
"	1000	"	4.94	4.96

§ 32. Rechtvaardiging van een rechtlijnige extrapolatie der frekwentielijnen.

Men zou de meening kunnen verdedigen dat aan de kracht en duur van een storm een grens moet zijn en dus ook aan de opwaaiing. De vraag rijst dan: hoe hoog ligt die grens? Kunnen er bij een storm nog niet iets grootere windsnelheden voorkomen, of kan een zeer groote windsnelheid worden gehandhaafd gedurende een iets langeren tijd? In warmere luchtstreken komen soms enorme windsnelheden voor: kunnen deze hier niet, zij het uiterst zelden, ook verwacht worden?

Het is nutteloos hier een exact antwoord op te willen geven. Uiteindelijk is er misschien wel een grens, dus het uiteinde van de op log. papier geteekende rechte lijn loopt misschien bij een zeer geringe frekwentie met een knik of met een eenigszins groote of kleinere boog naar een verticale lijn. Waar het op aan komt is niet of dit "wegzakken" bij een frekwentie van eens in de 10000 of 1000-000 jaren voorkomt (het klimaat kan dan al lang veranderd zijn, evenals de geheele topografie) doch of het toelaatbaar is dat de frekwentielijn tot een frekw. van bv eens op de 3 eeuwen rechtlijnig geëxtrapoléerd mag worden. Een aantal overwegingen staan ons bij het beantwoorden van die vraag ten dienste.

1° Verschillende onderzoekers hebben getracht de onder hun aandacht gekomen empirische statistisch gegevens met formules te benaderen. In de nota van Dr. J. J. Dronkers worden deze genoemd en op onze gegevens toegepast; zie ook de formules op bijlage 58.

De formule van Gauss levert voor de gegevens van HvfI (niet herleid tot een bepaald jaar) een kromme die naar beneden afbuigt. Naarmate men de twee punten welke men als uitgangspunten kiest, lager t.o.v. N.A.P., liggen is de afbuiging naar beneden grooter (bijlage 58).

Voorts is er nog de formule van ^{Pearson}~~Gauss~~ en Gumbel, welke een rechte lijn geeft die voor het beschouwde geval bij kleine frekwenties hogere standen levert dan Gauss.

De zg. logarithmische verdeeling, berustend op een formule welke gelijk op die van Gauss geeft uitkomsten welke tusschen beiden in liggen.

Een inzicht in de verschillen verkrijgt men wanneer men voor een bepaalde kleine frekwentie (genomen 0.003) de uitkomsten voor HvH vergelijkt.

Gauss 1	3.40	gem.	3.49 +
Gauss 2	3.57		
stormvloedcommissie (lineair)			3.70 +
Logarithm. verdeeling			3.75 +
Pearson en Gumbel (lineair)			<u>3.88</u>
		gem.	3.70 ⁵ .

Toevallig is de op het oog geheel onafhankelijk van de bovengenoemde formules door de punten getrokken rechte lijn van de SV-Commissie juist het gemiddelde van de overige formules. Met dit op het oog trekken van de lijn kan men zich niet veel vergissen. Verschillende personen zouden uitkomsten verkrijgen die vermoedelijk bij een frekw. van 0.003 niet meer dan + 5 cm zouden uiteenloopen. De eenvoudigste methode lag hier dus juist in het midden.

2^o. Indien de oorzaak van de stormvloeden een gebogen verloop zou vertoonen op log. papier, zou men mogen verwachten dat dit ook met de gevolgen het geval zou zijn.

Uit bijlage 56 valt echter af te leiden dat de kwadraten van de windsnelheden, op log. papier uitgezet, geen neiging vertoonen tot een afbuiging naar beneden. Evenmin is dit het geval met de op bijlage 57 geteekende "HW-opwaaiings"lijn.

3^o. Uit bijlage 52 blijkt dat wanneer men de rechtlijnige extrapolatie als juist aanneemt, het voorkomen of overschrijden in April van een stormvloedshoogte te Willemstad als in 1943 is afgelezen, een kans heeft van slechts $\frac{1}{10000}$ per jaar.

Die van 1897 zou gemiddeld zelfs een frekwentie hebben van $\frac{1}{100000}$ (in de maand Juni). Wanneer men de formule van Gauss voor deze maanden had berekend zouden deze frekwenties nog zeer veel kleiner geworden zijn, omdat de lijn van Gauss op log. papier naar beneden afbuigt. Wij zouden dan de vloed en de eb van 1893 en 1897 moeten kenmerken als die welke gemiddeld eens in de $\pm 100,000$ of $100,000,000$ jaren voorkomen resp. in de maanden April en Juni. Het is niet goed aanneembaar dat wij in een tijdvak van 46 jaren twee zulke uitzonderlijke vloed en eb zouden meemaken. Eerder zou men er uit kunnen besluiten dat de hooger gelegen lijn van Pearson en Gumbel groter waarschijnlijkheid zou bezitten. Immers zouden dan de genoemde frekwenties resp. ongeveer $\frac{1}{5000}$ en $\frac{1}{50000}$ worden, hetgeen beter aanvaardbaar is dan de buitensporige bedragen die uit de formule van Gauss zouden volgen.

4°. De rechtlijnige extrapolatie, indien niet te ver doorgevoerd, schijnt redelijk. De hoogst bekende vloed te HvH is die van 1894 nl. $3.28 +$ en kan blijkens § 1.7 worden samengesteld uit een astr. stand van $0.68 +$ en een opwaaiing van 2.60 m. Dat de mogelijkheden voor hogere standen te HvH geenszins zijn uitgeput met een stand van $3.28 +$ blijkt wanneer men een tamelijk hoge astr. HW-stand van bv. $1.20 +$ (zie bijlage 57) en de maximale te HvH gevonden opwaaiing van 2.82 m samentelt. Men vindt dan $4.02 +$ of voor het jaar 1940: $4.02 + 46 \times 0.002 = 4.11 +$. Dit cijfer is niet het uiterste maximum, daar de opwaaiing van 2.82 voor zoover bekend slechts een frekwentie heeft van $\frac{1}{25}$ en niets er op wijst dat de uiterste opwaaiingshoogte thans reeds is voorgekomen.

Voor iemand onkundig van frekwentieproblemen zou het niet onredelijk zijn indien hij ^{van de opwaaiing van de} ~~van de opwaaiing van de~~ ^{opwaaiing, bv. van 3.00 m combineerde met een HW-hoogte} ~~van de opwaaiing van de~~ ^{van 1.20 +} ~~van de opwaaiing van de~~ ^{zou dan voor 1894 gevonden hebben} ~~van de opwaaiing van de~~ ^{4.20 + en voor} ~~van de opwaaiing van de~~ ^{1940 : 4.29 +}. De rechtlijnige extrapolatie toont echter aan dat de frekwentie van dezen stand $\frac{1}{5000}$ zou zijn en dit ziende zou hij allicht besluiten tot het kiezen van een lagere stand.

Deze rechtlijnige extrapolatie tot $\frac{1}{5000}$ geeft geen voor het

gevoel onbevredigende uitkomsten, des te minder zal dit nog zijn voor de rechtlijnige extrapolatie tot $\frac{1}{333}$. Evenmin als het onredelijk is dat de vloed van 1894 (in 1940 zou de SV-stand te HvH 3.37 + zijn) een frekwentie heeft van $\frac{1}{100}$, is het onredelijk dat de stand van 3.67 + een frekwentie heeft van $\frac{1}{333}$.

5°. De onzekerheid welke bij elke extrapolatie wel steeds zal blijven bestaan is in om uitgedrukt niet zeer groot. Te HvH zou in 1940 een vloed met frekwentie 0.01 volgens Gauss (gemiddeld) 3.28 +, volgens de SV-Commissie 3.37 + en volgens Pearson en Gumbel 3.53 + bereiken.

6°. De eenvoud van de gebruikte formule met de twee karakteristieke factoren λ en A is aantrekkelijk. Zij kan niet alleen voor de HW en SV-standen, maar ook voor de windkrachten, opwaaiingen en afvoeren gebruikt worden. De variaties in de waarden van λ en A voor aan de kust of aan een benedenrivier gelegen stations geven een middel aan de hand deze waarden onderling te vergelijken, hen te toetsen aan de topografische omstandigheden en vermoedelijk ook om, wanneer deze laatste worden gewijzigd, hen eenigermate te voorspellen.

De formule verschilt in wezen niet van die van Pearson en Gumbel, echter worden bij deze laatste door middel van ingewikkelde becijferingen de hoogste punten te sterk in rekening gebracht. Juist van deze is de frekwentie niet bekend. De methode, waarbij deze hoogste punten niet of nauwelijks worden meegerekend, is dus vermoedelijk juist, ook al lijkt zij op het eerste gezicht minder exact.

J. van der Meer

R. 246

's-Gravenhage, 2 Augustus 1943.

Bijgaande gelieve U het begin van de nota : "Beschouwingen en berekeningen over de benedenrivieren" aan te treffen. Bijlage 18 wordt daarbij niet overlegd, daar deze uit het laatste "voorlopig verslag" kan worden gelicht. Een fout in deze bijlage 18 dient gecorrigeerd te worden : op de eerste lijst staat voor den Helder onder 1908 de hoogte 3.76 + ; dit moet zijn 1.68 +.

De voornaamste veranderingen ten opzichte van het vorige verslag betreffen :

- a. een betere berekening van de kuil bij Hoek van Holland;
- b. een betere motiveering van het recht zijn van de frequentiekromme op log. papier;
- c. een aantoning van het geringe verschil of men drie dan wel vijf wintermaanden neemt;
- d. langdurige perioden voor de frequentiebepaling van de Rijn- en Maasafvoeren;
- e. formules voor de frequenties, die een goede onderlinge vergelijking mogelijk maken.

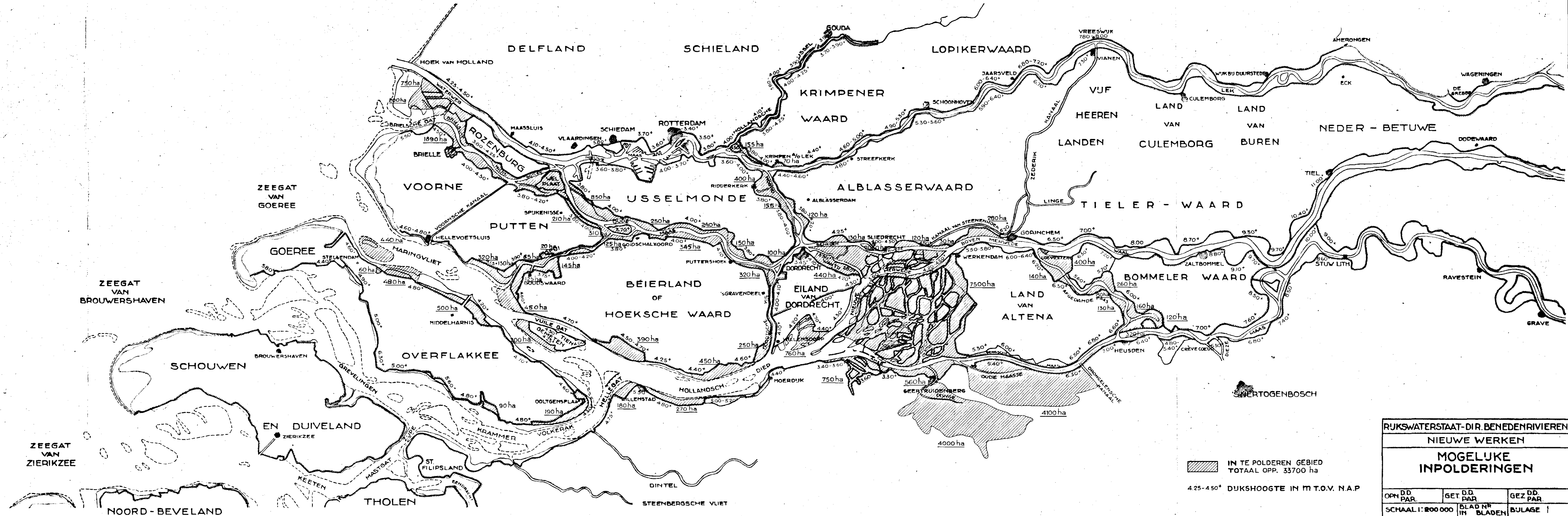
De nota zal vervolgd worden. O.a. zal getracht worden nieuwe, voor het jaar 2000 geldende, H.W.-frequentiekrommen te geven. Vermoedelijk zullen de maatgevende SV-hoogten voor Krimpen - Dordrecht en daarboven daardoor lager uitvallen, daar bij den eisch, dat de frequentie 0,003 maatgevend is, lagere cijfers behooren dan bij den eisch, dat met een Januarië-afvoer gerekend moet worden.


Namens de Voorzitter,
de Secretaris,

(get. J. van Veen.)

AAN
de Leden der SV.Commissie.

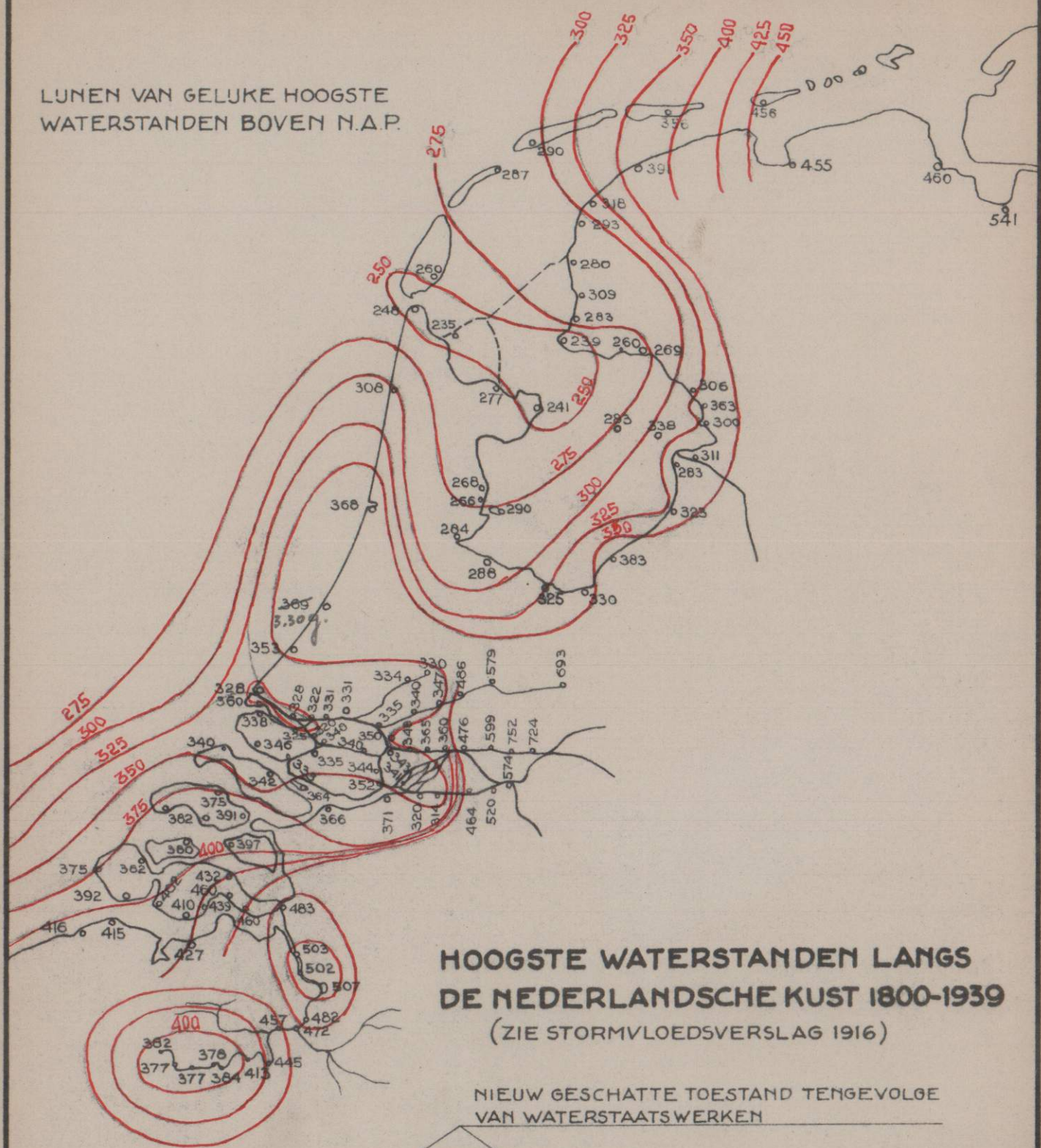
Bijlage: 18



 IN TE POLDEREN GEBIED
 TOTAAL OPP. 33700 ha
 4.25-4.50* DIJKSHOOGTE IN M T.O.V. N.A.P.

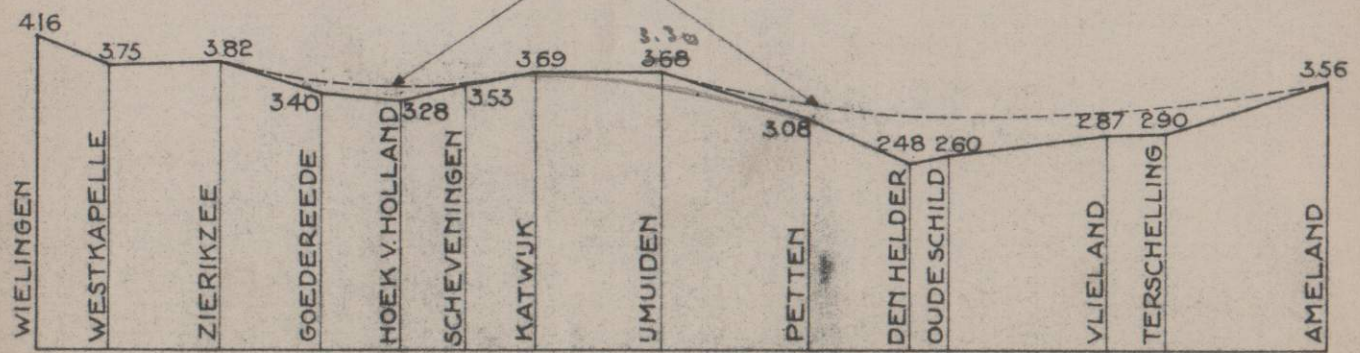
RIJKSWATERSTAAT-DIR. BENEDENRIVIEREN		
NIEUWE WERKEN		
MOGELIJKE INPOLDERINGEN		
OPN. D.D. PAR.	GET. D.D. PAR.	GEZ. D.D. PAR.
SCHAAL 1: 200 000	BLAD N° IN BLADEN	BULAGE 1
K.N. 32 0 0 2	FORM. A 4	REG. N° 1284

LUNEN VAN GELIJKE HOOGSTE
WATERSTANDEN BOVEN N.A.P.



**HOOGSTE WATERSTANDEN LANGS
DE NEDERLANDSCHE KUST 1800-1939**
(ZIE STORMVLOEDSVERSLAG 1916)

NIEUW GESCHATTE TOESTAND TENGEVOLGE
VAN WATERSTAATSWERKEN

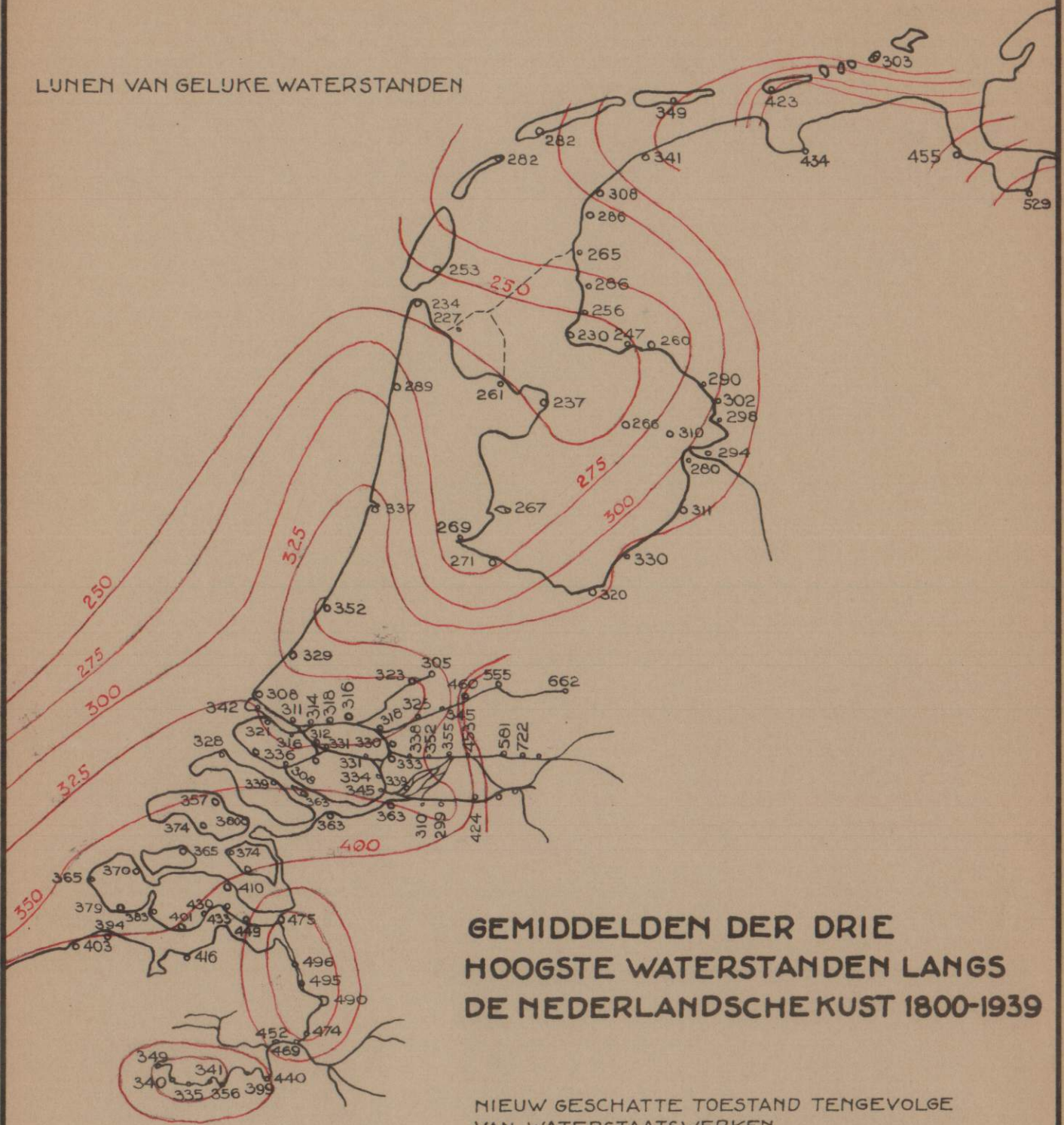


REG. N° 1065

R246

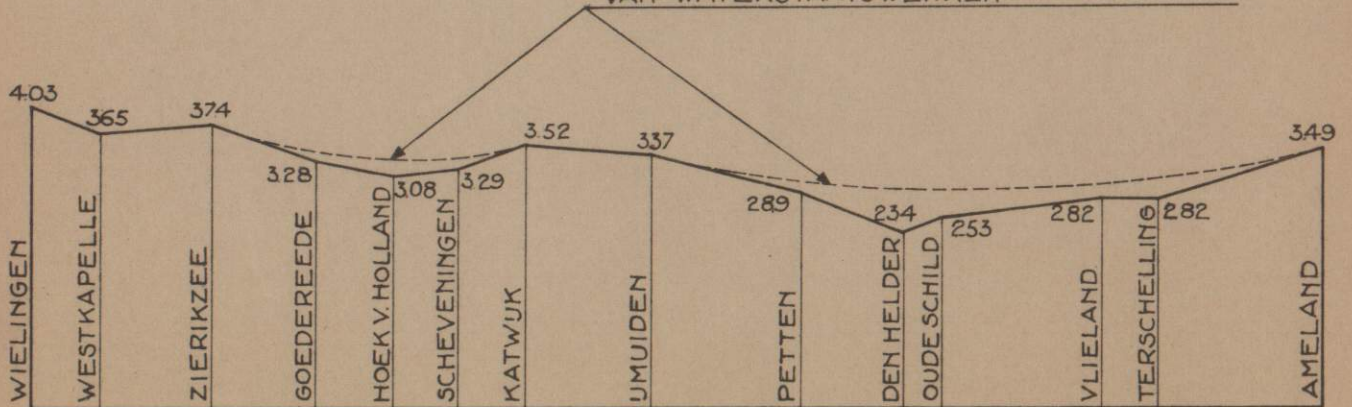
BIJLAGE 2

LIJNEN VAN GELIJKE WATERSTANDEN

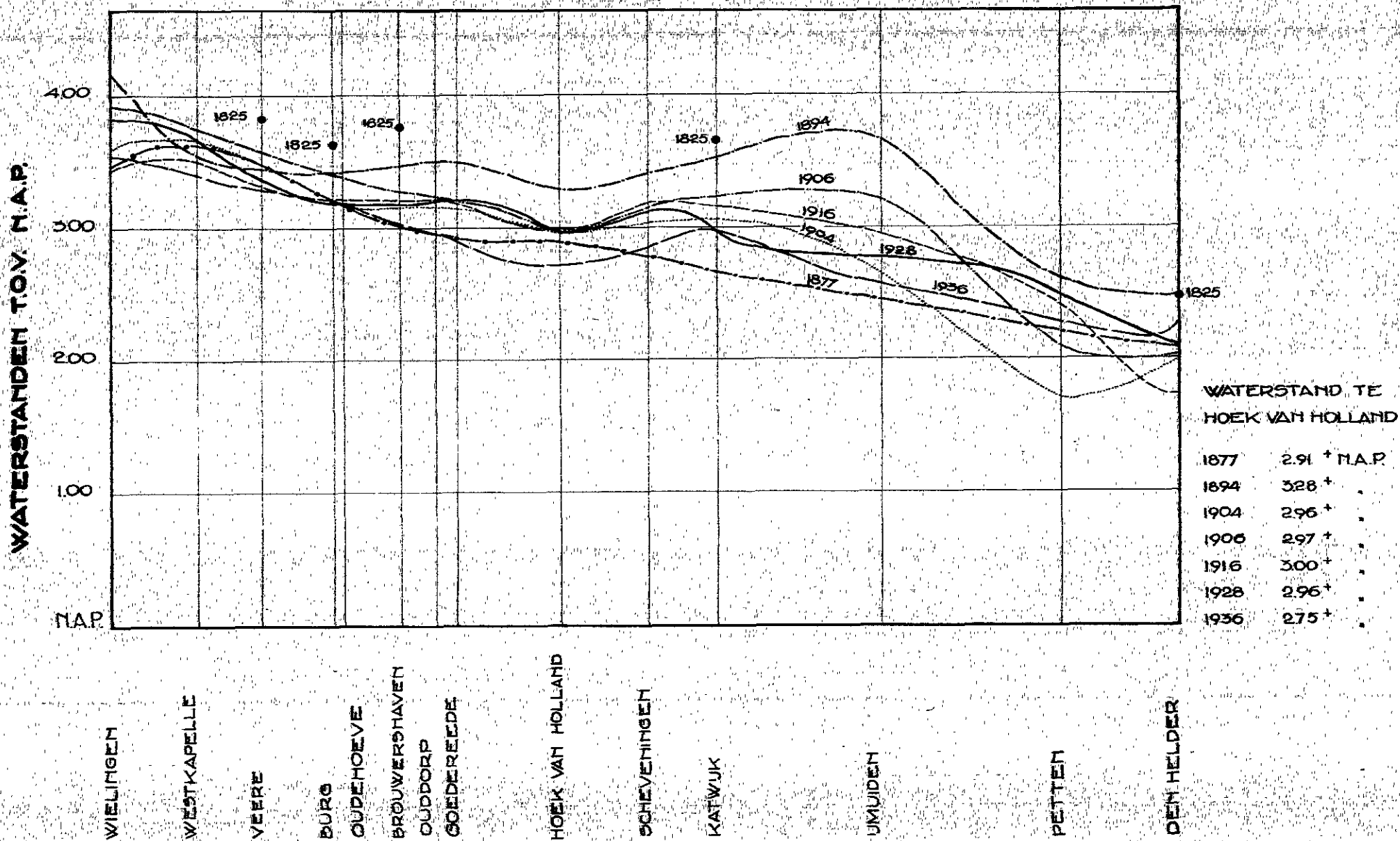


GEMIDDELDEN DER DRIE HOOGSTE WATERSTANDEN LANGS DE NEDERLANDSCHE KUST 1800-1939

NIEUW GESCHATTE TOESTAND TENGEVOLGE VAN WATERSTAATSWERKEN



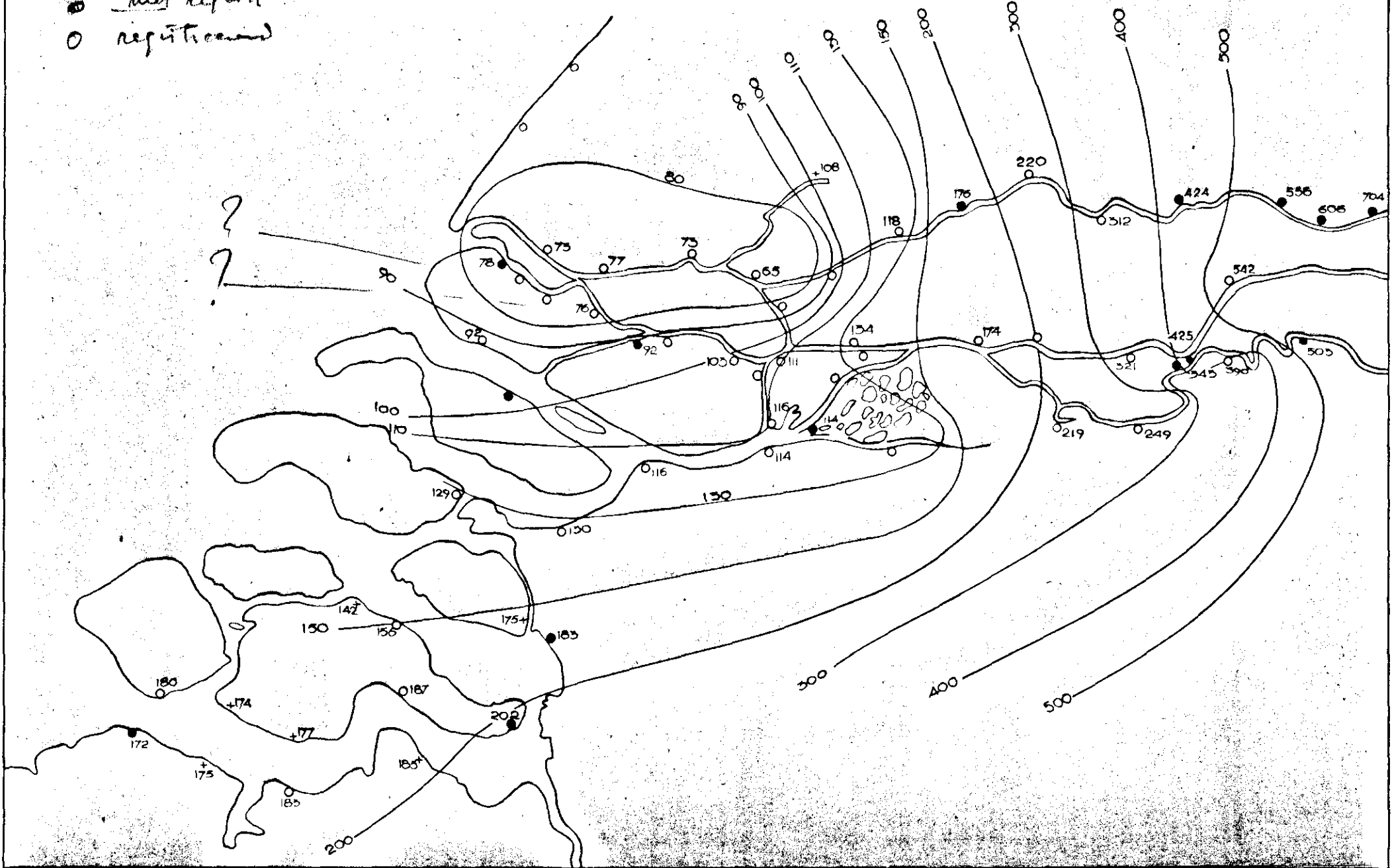
VERLOOP VAN HET H.W. LANGS DE KUST VOOR VERSCHILLENDE STORMVLOEDEN



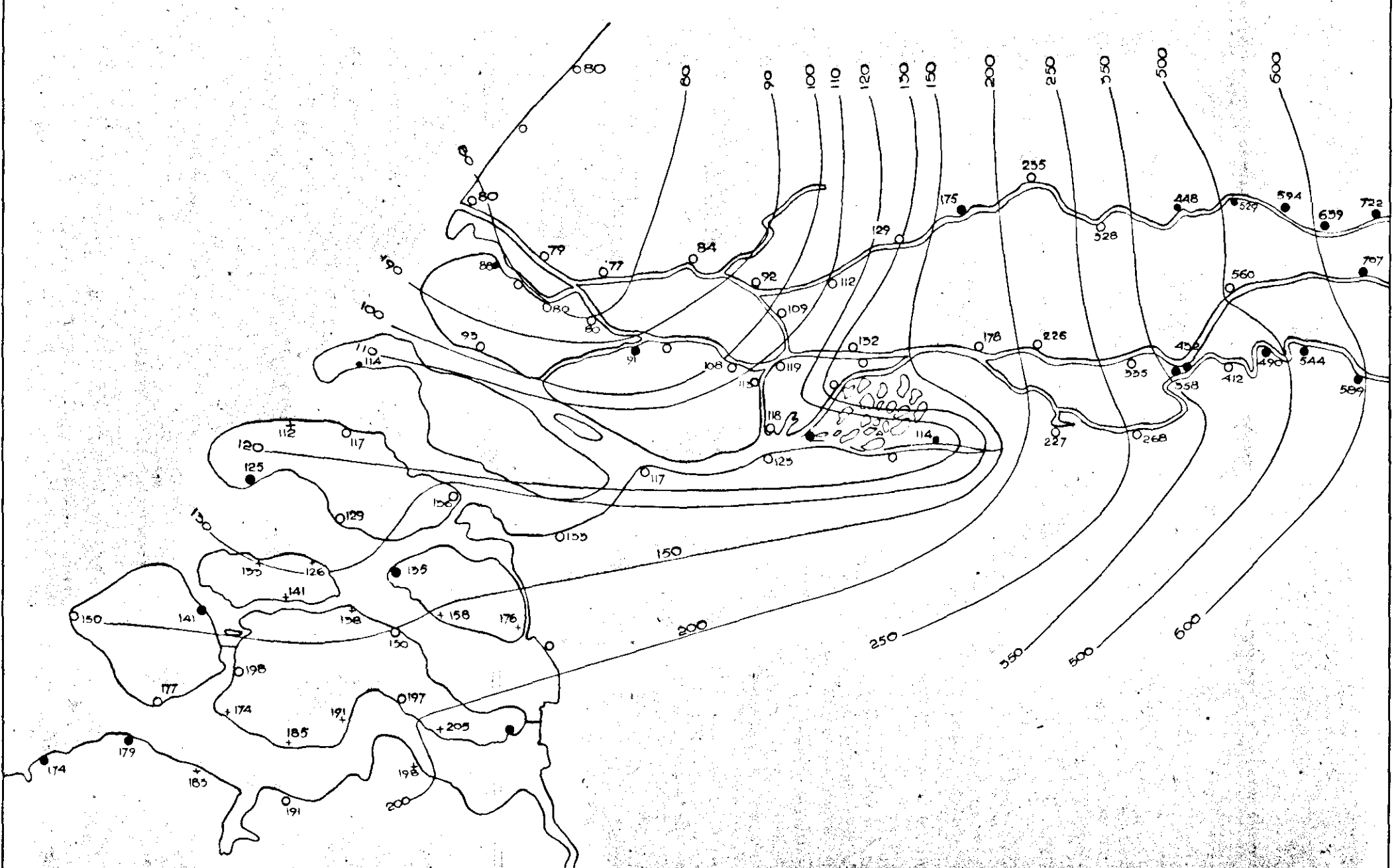
Rijk BUREAU 4

● met report
 ○ report from

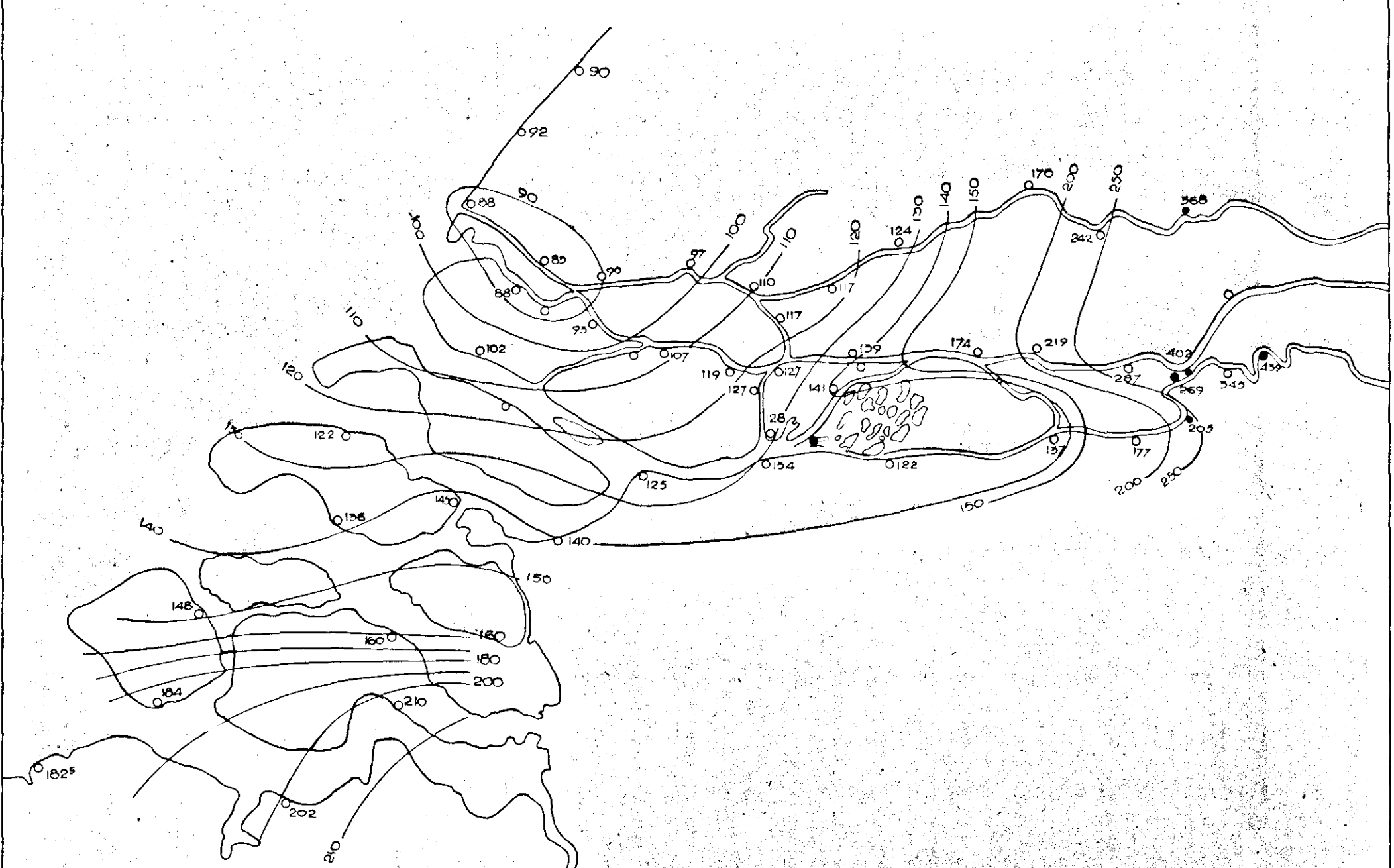
GEM. H.W. STANDEN IN CM T.O.V. N.A.P. 1851 $\frac{1}{4}$ M 1870



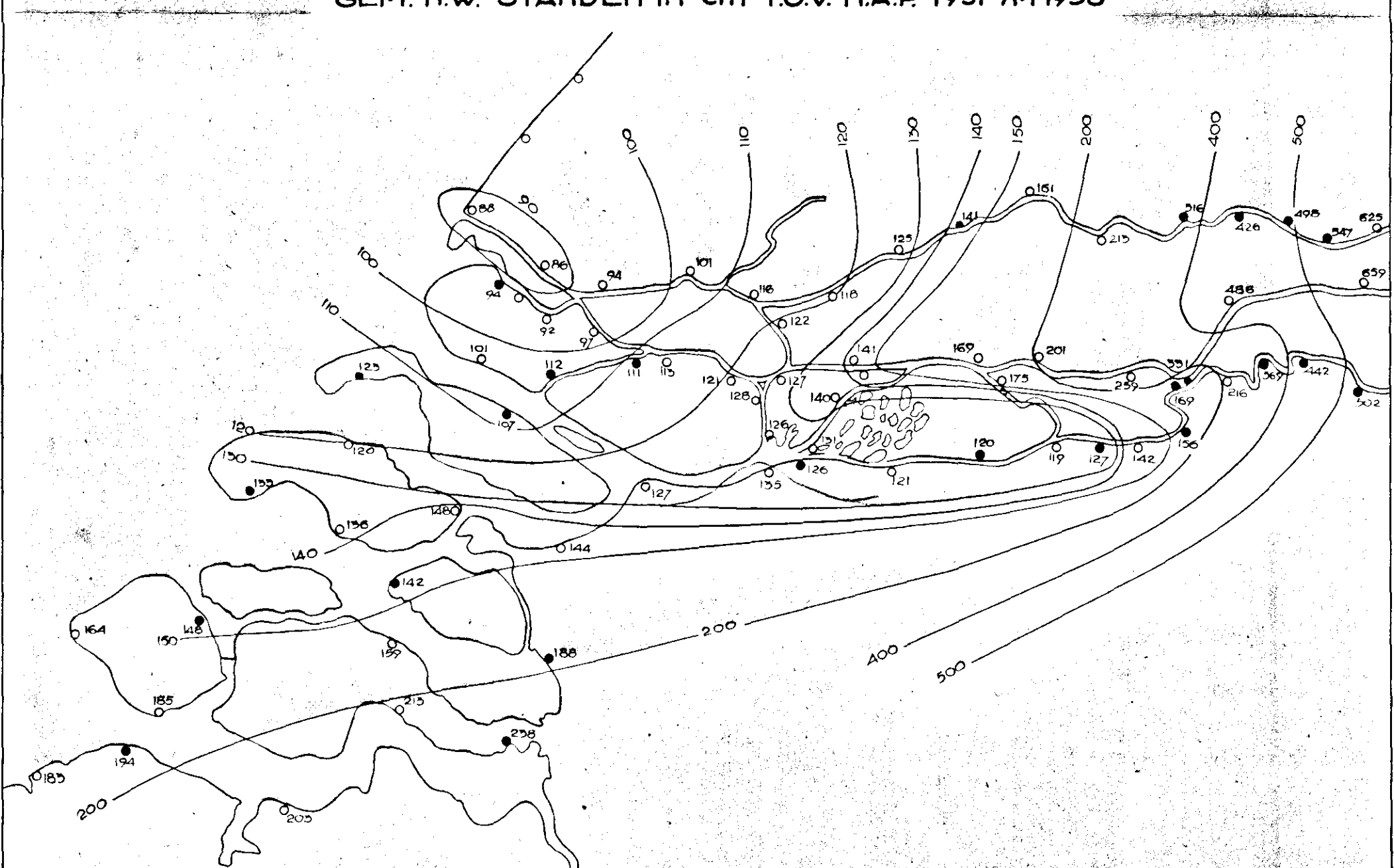
GEM. H.W. STANDEN IN CM T.O.V. N.A.P. 1851 $\frac{1}{4}$ M 1890



GEM. H.W. STANDEN IN CM T.O.V. N.A.P. 1921 $\frac{1}{4}$ M 1930

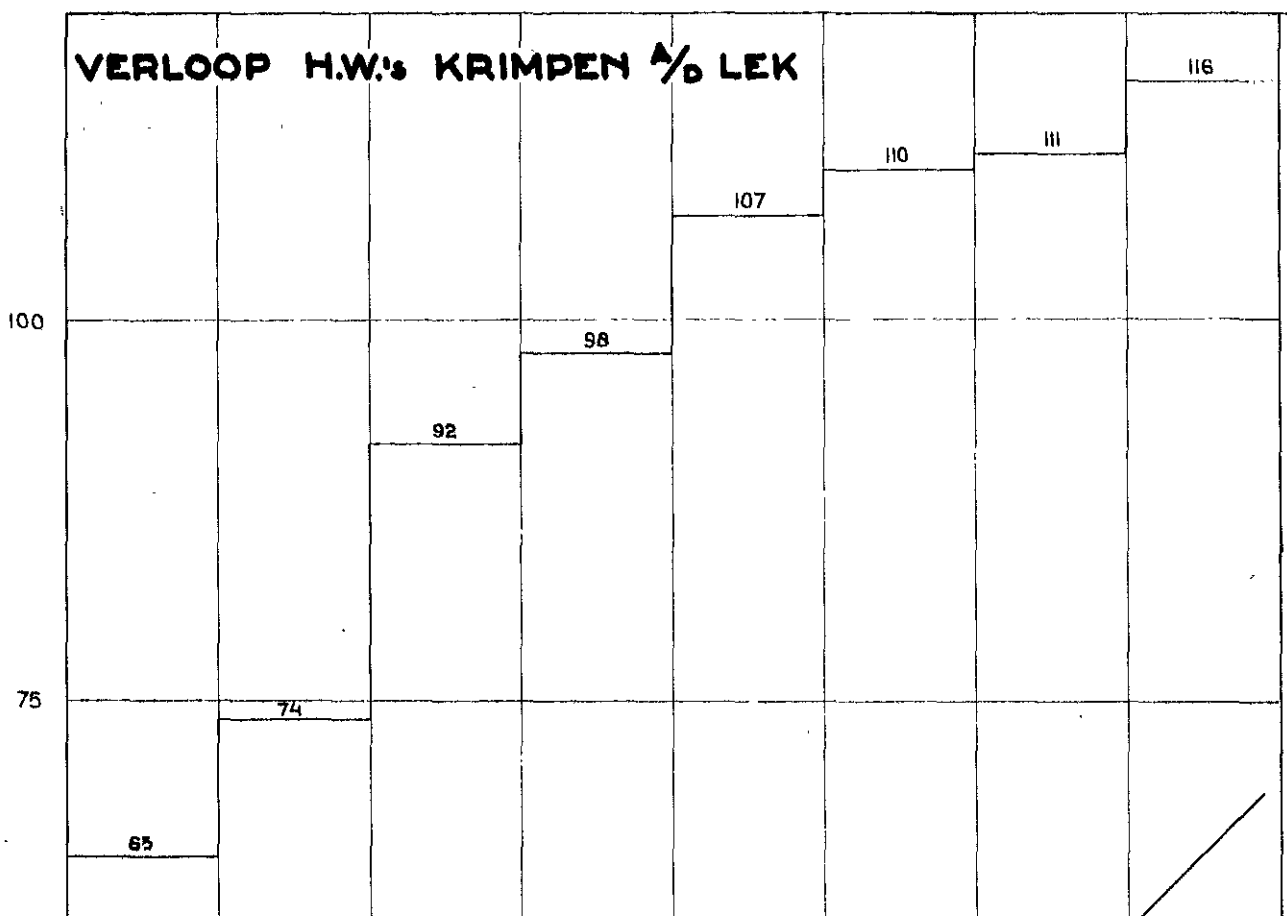


GEM. H.W. STANDEN IN CM T.O.V. N.A.P. 1931 $\frac{1}{4}$ M 1938

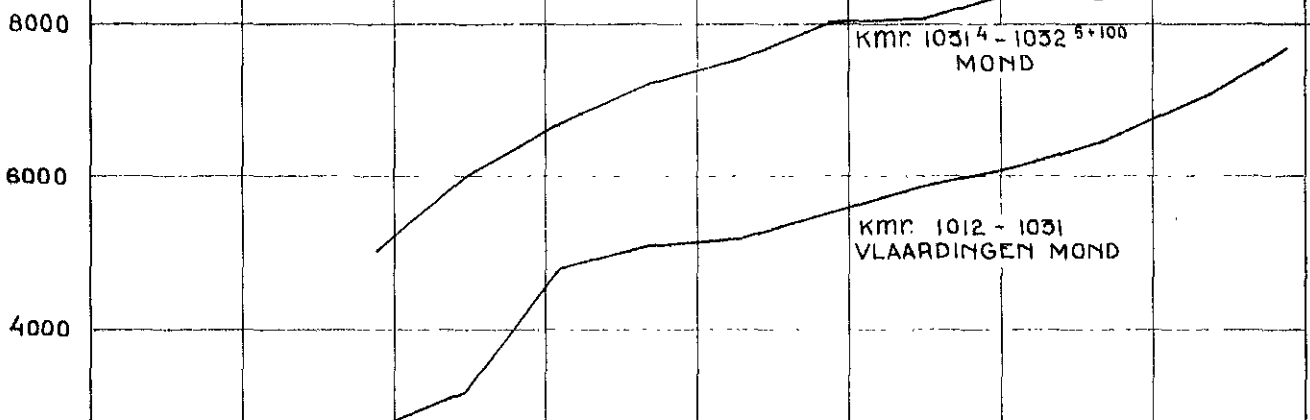


BULAGE 6

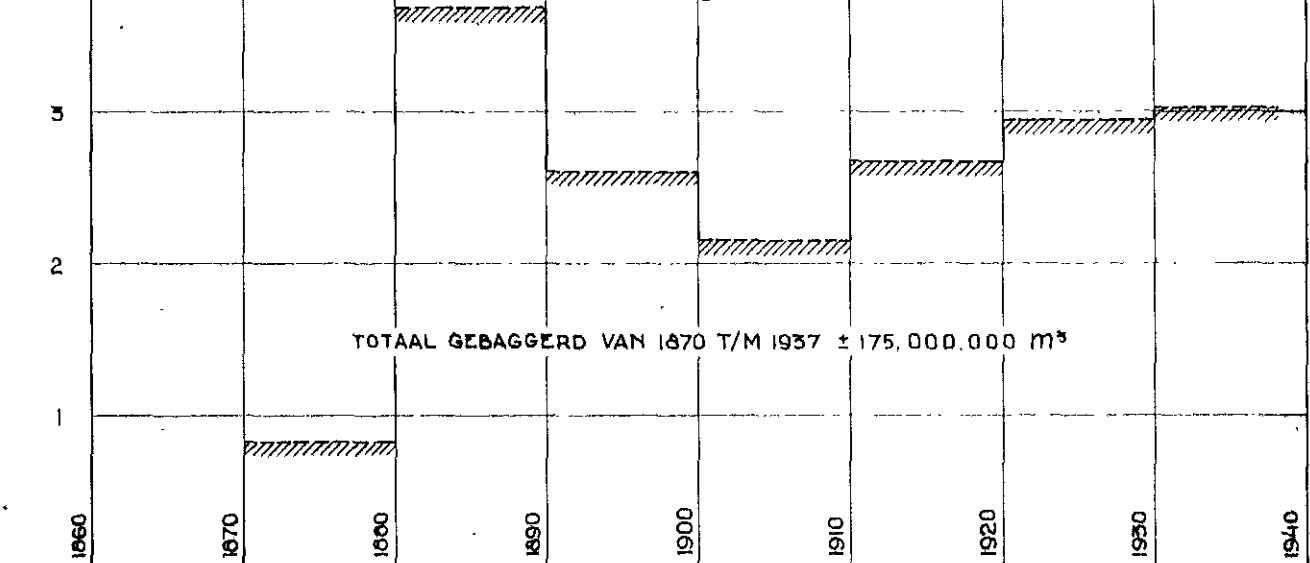
VERLOOP H.W.'s KRIMPEN 1/10 LEK



GEM. OPPERVLAK DWARSPROFIELEN



GEBAGGERDE HOEVEELHEDEN SEDERT 1870 H.V. HOLLAND TOT KRIMPEN 1/10 LEK

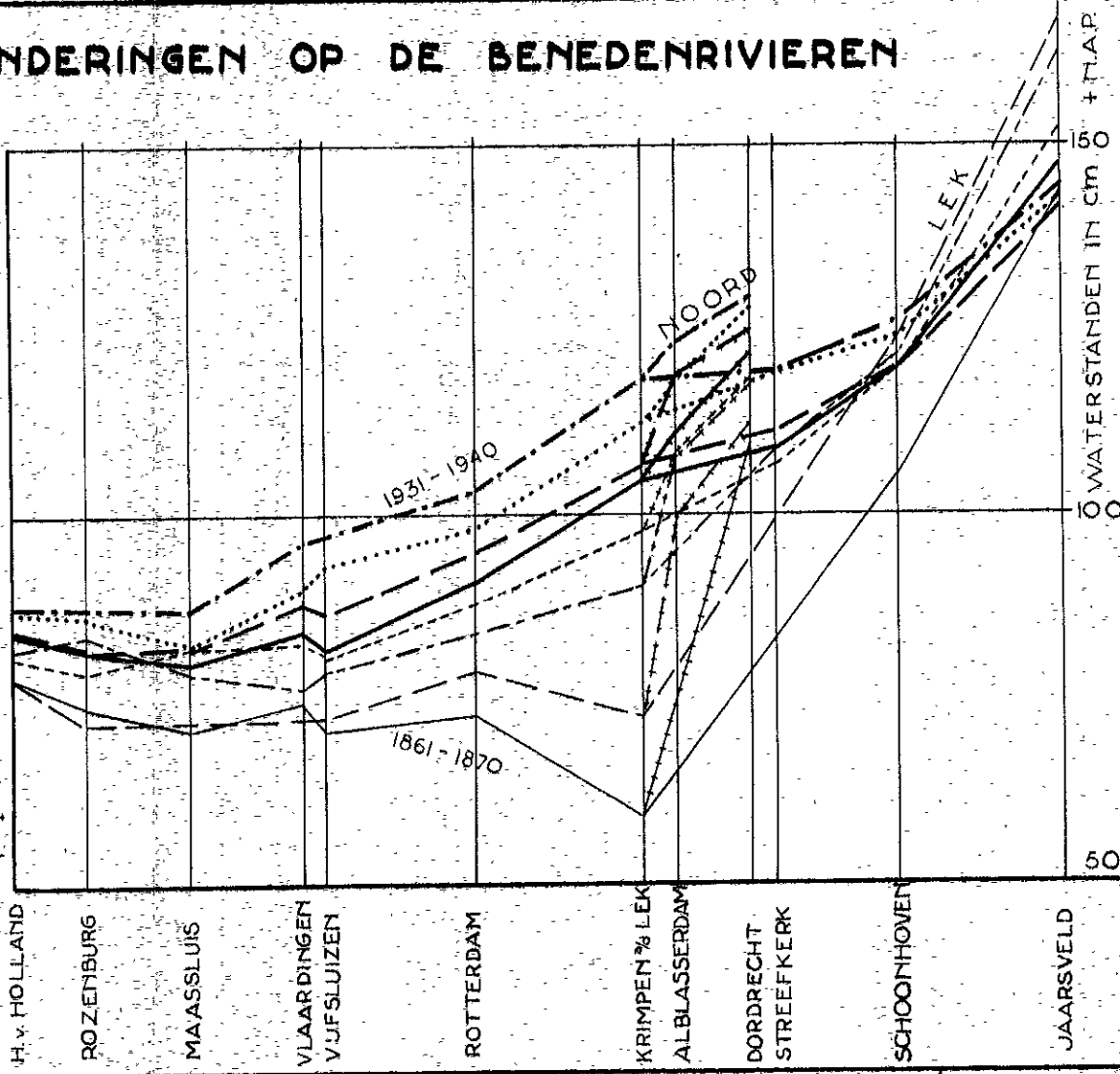
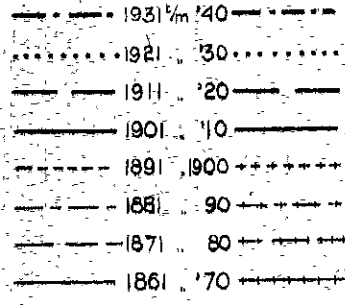


H.W. STANDEN IN CM. T.O.V. N.A.P.
 GEM. OPP. DWARSPROFIELEN IN m² T.O.V. N.A.P.
 GEBAGGERDE HOEVEELHEDEN IN MILLIOENEN m³ PER JAAR

A 246

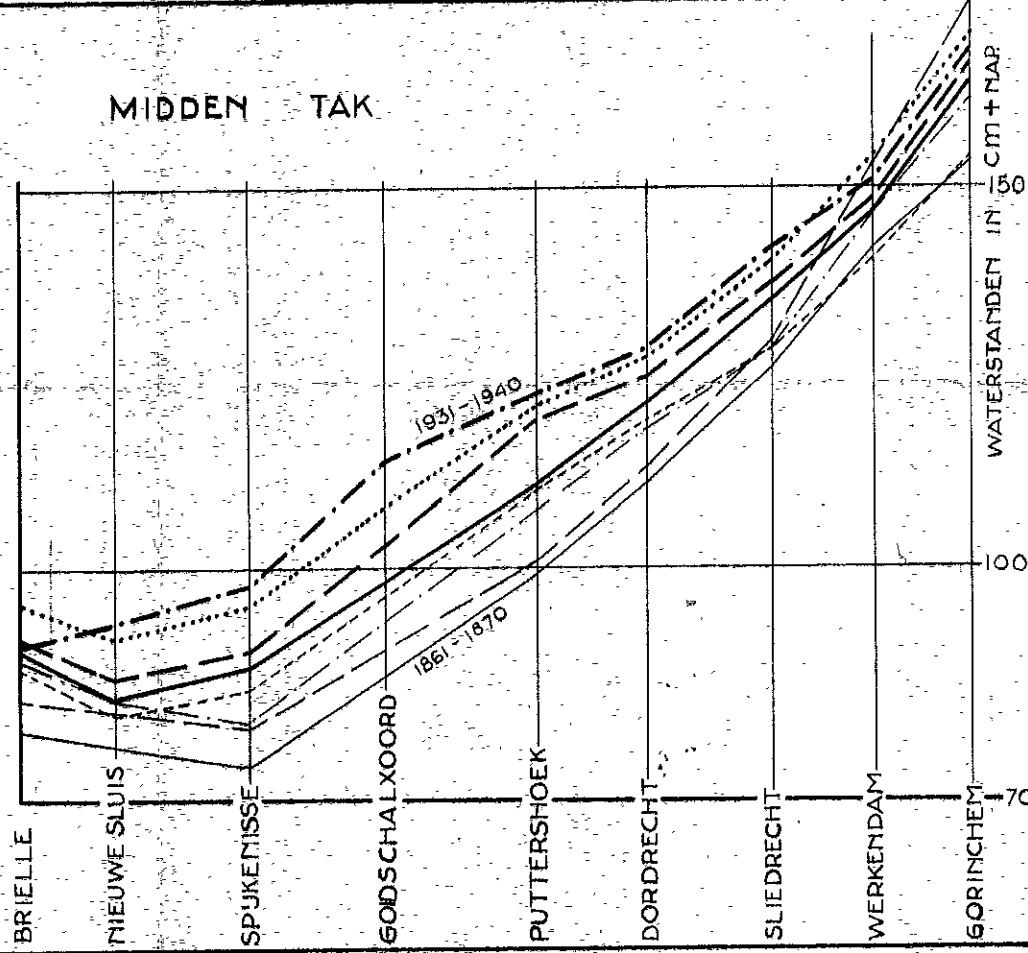
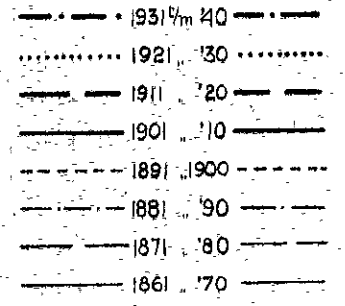
HW-VERANDERINGEN OP DE BENEDENRIVIEREN

TOELICHTING



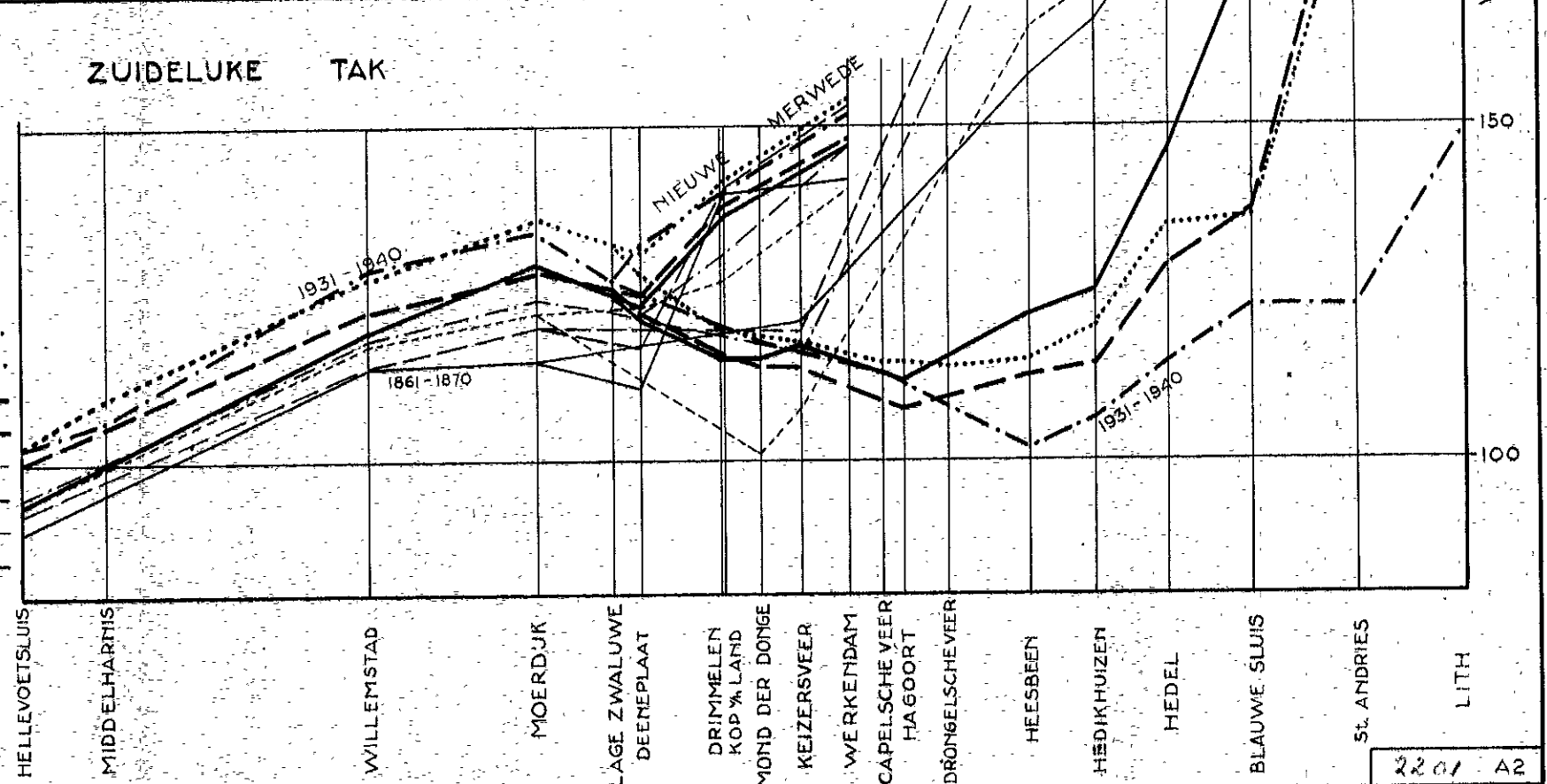
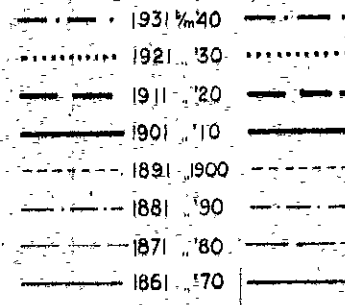
NOORDELUKE TAK

TOELICHTING



MIDDEN TAK

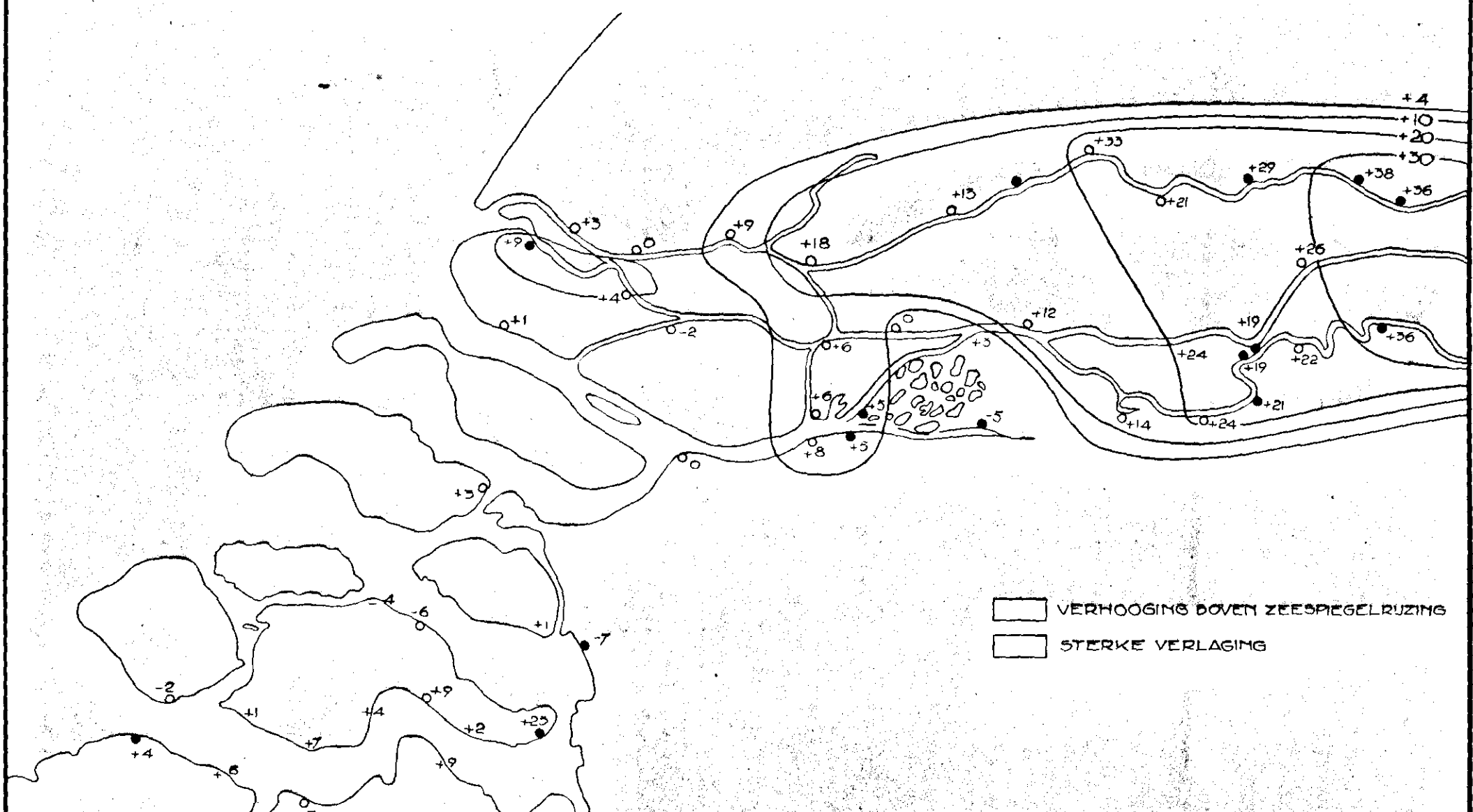
TOELICHTING



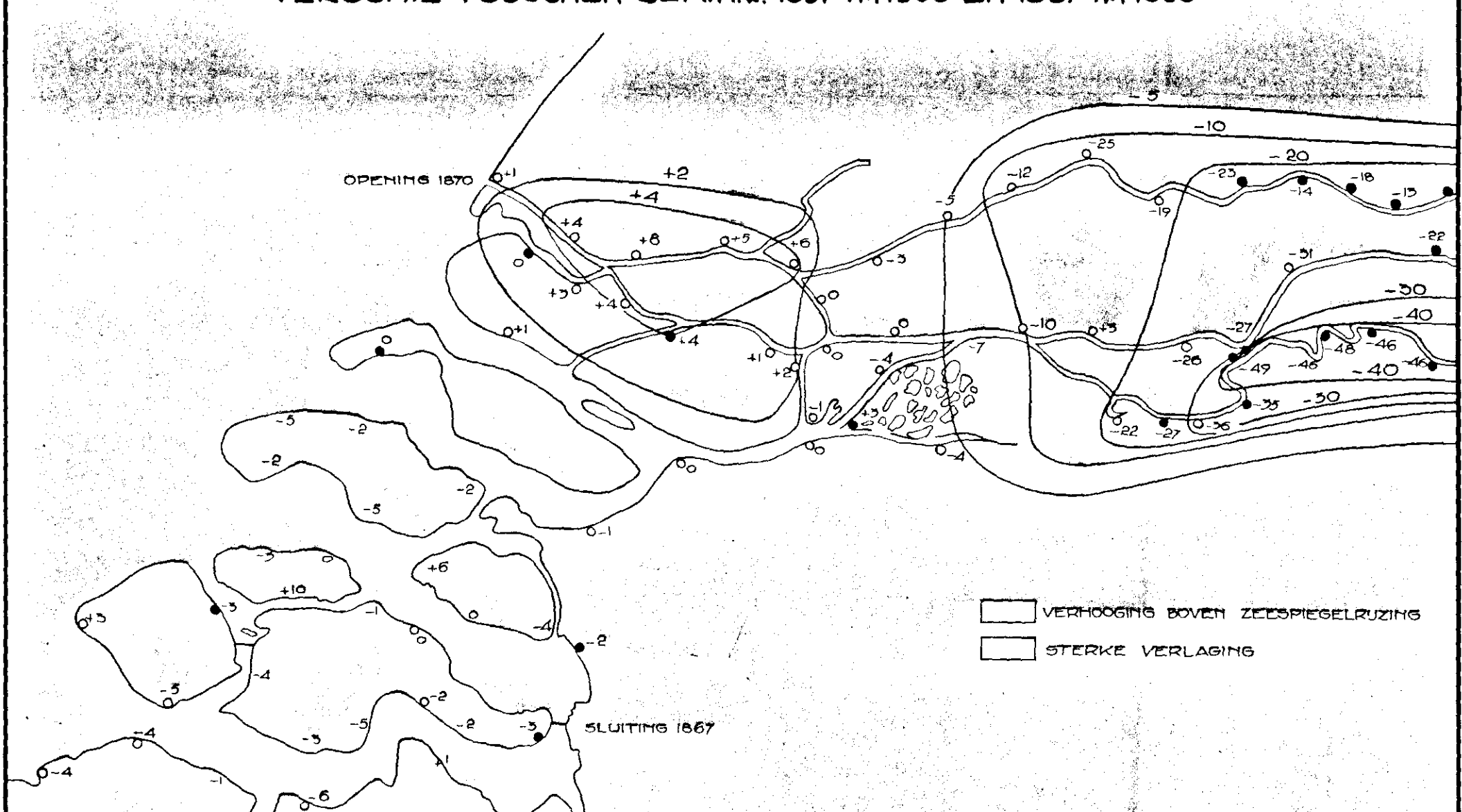
ZUIDELUKE TAK

BULAGE 8

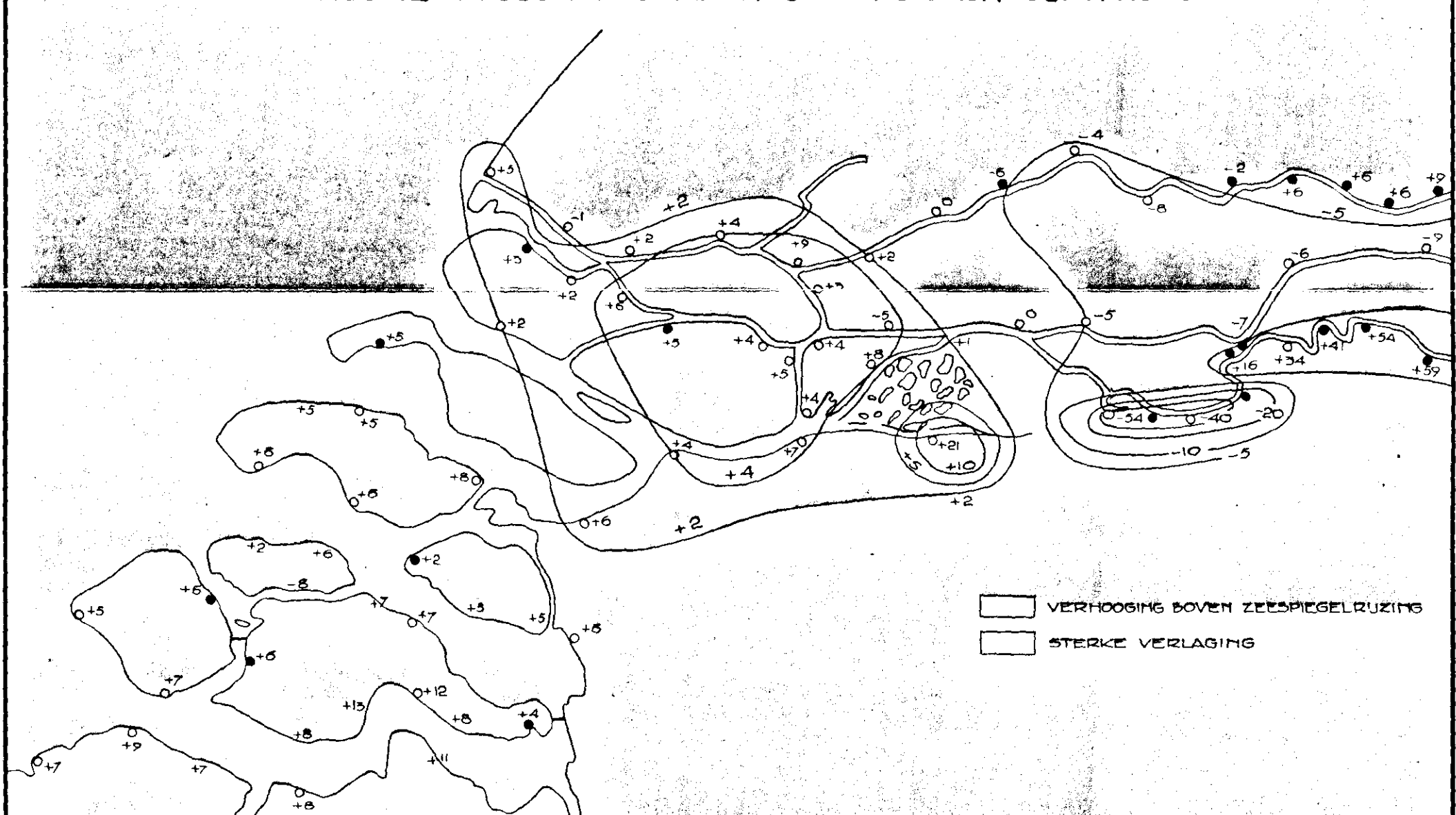
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1871 T/M 1890 EN 1851 T/M 1870



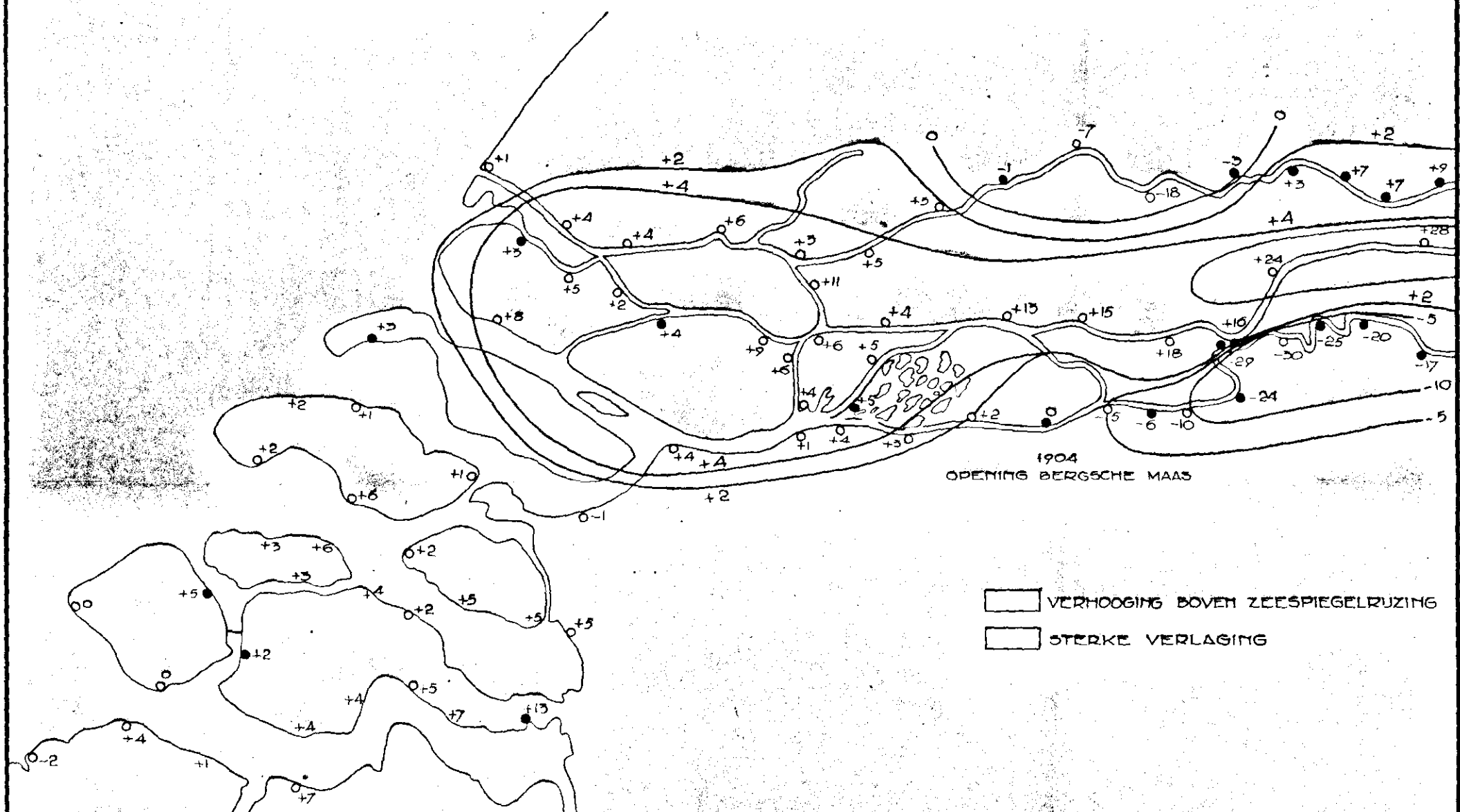
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1891 T/M 1900 EN 1881 T/M 1890



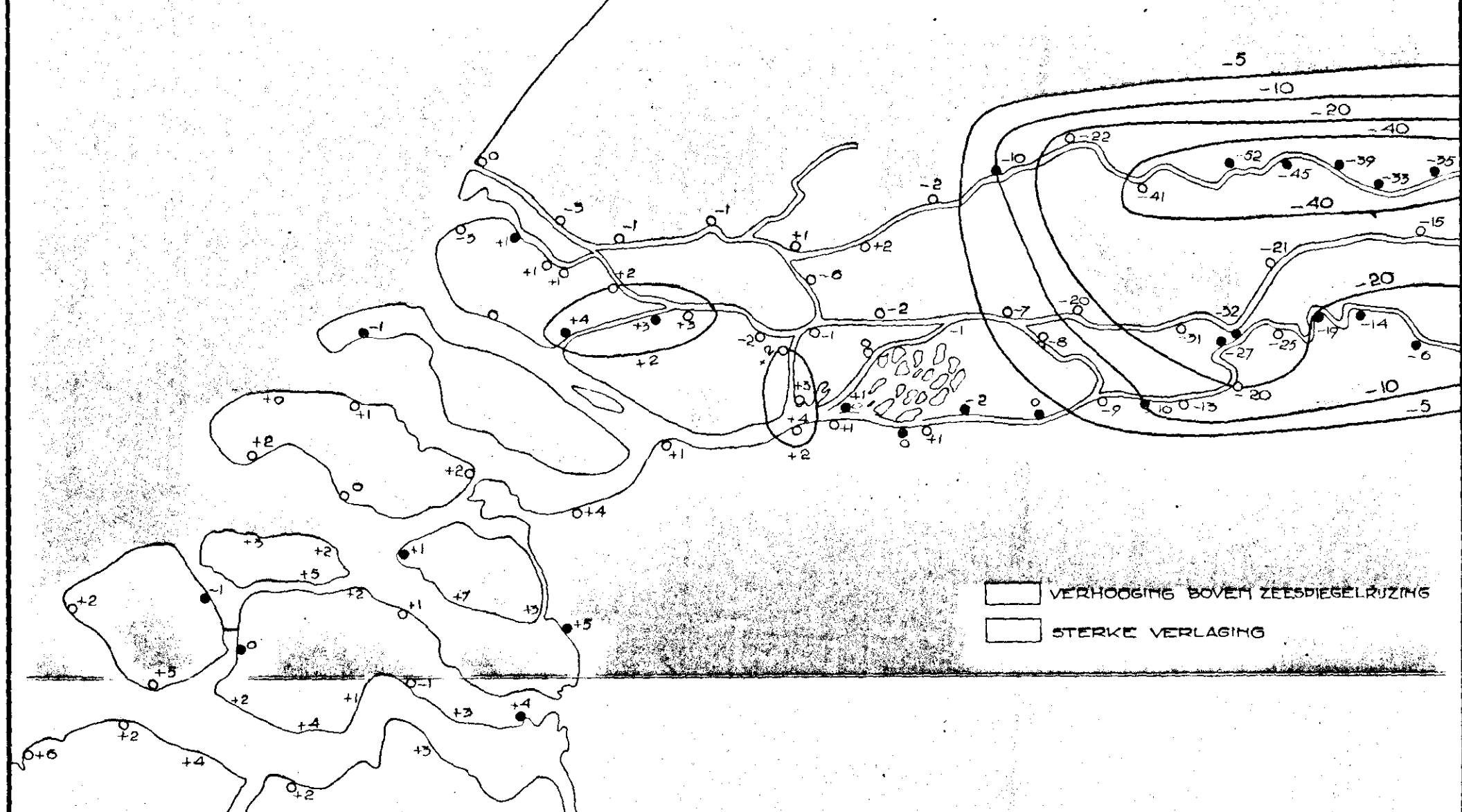
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1901 T/M 1910 EN 1891 T/M 1900



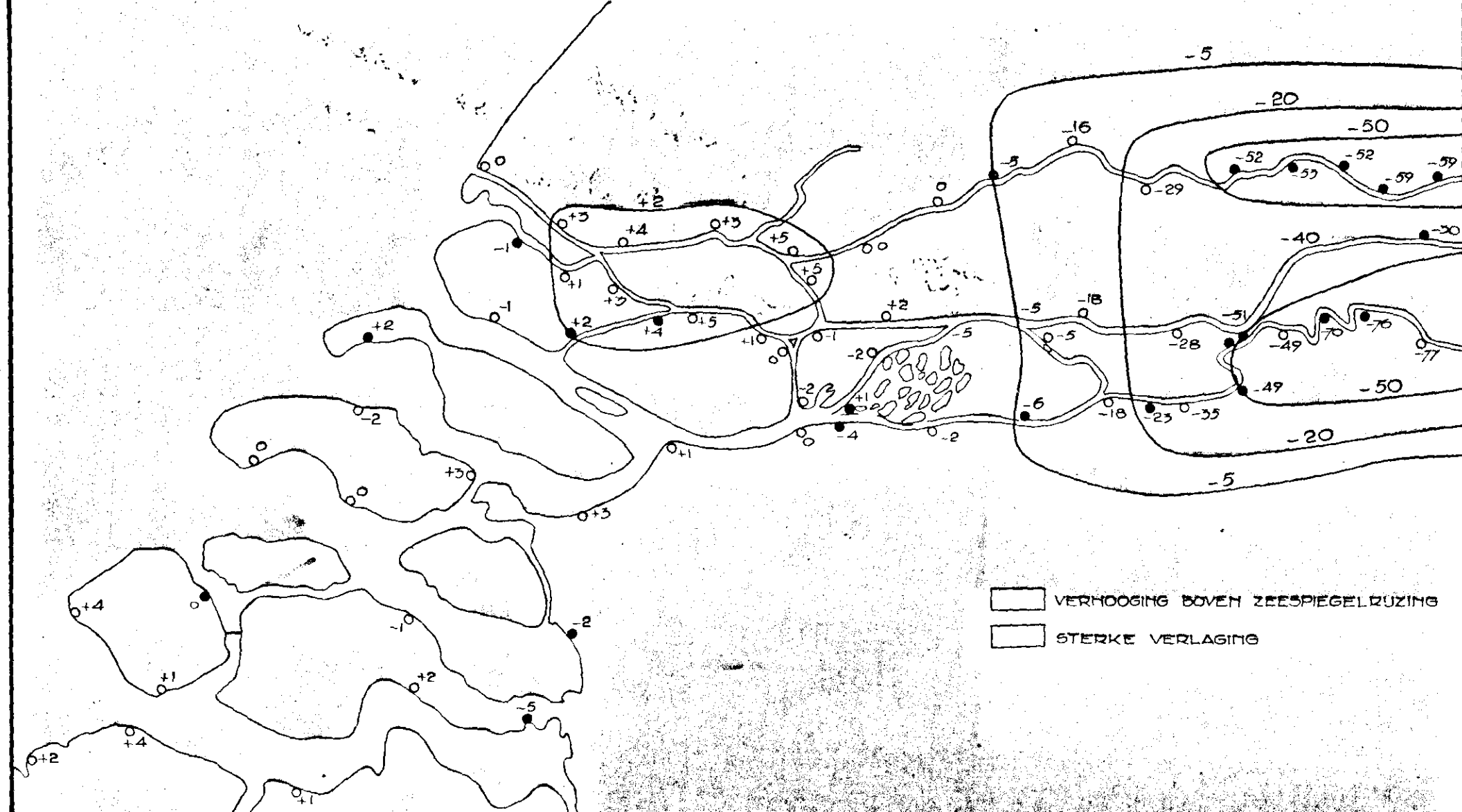
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1911 T/M 1920 EN 1901 T/M 1910



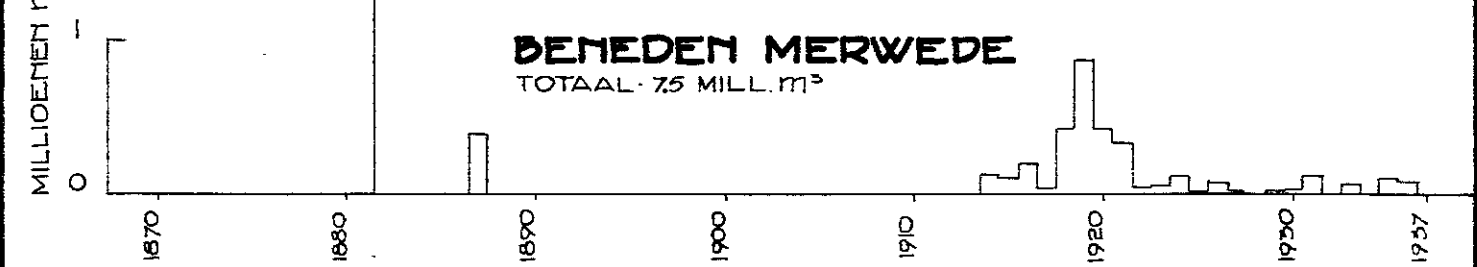
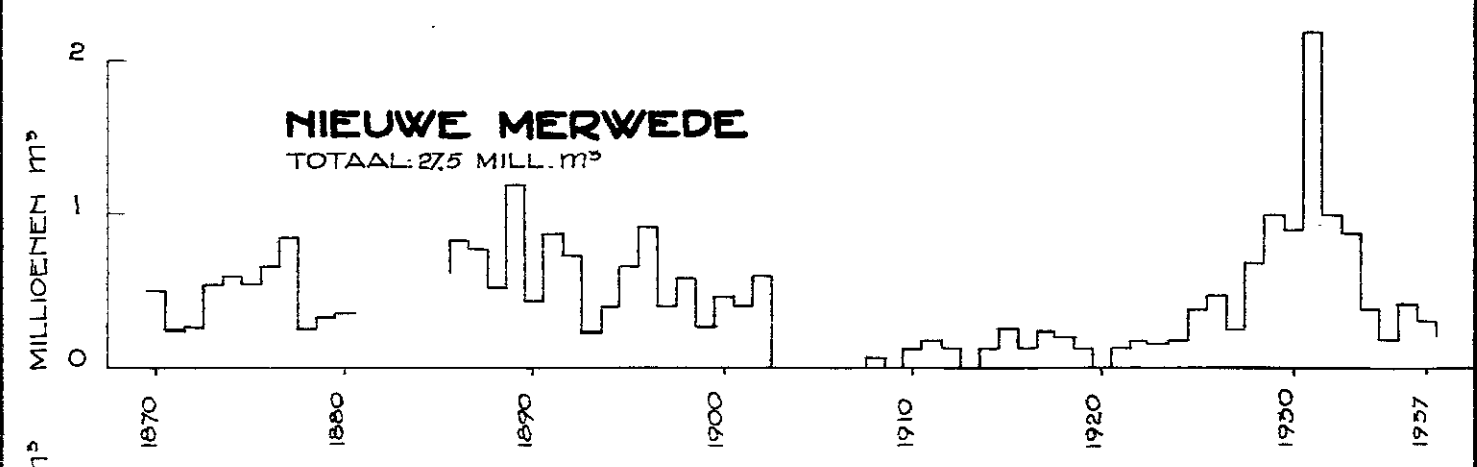
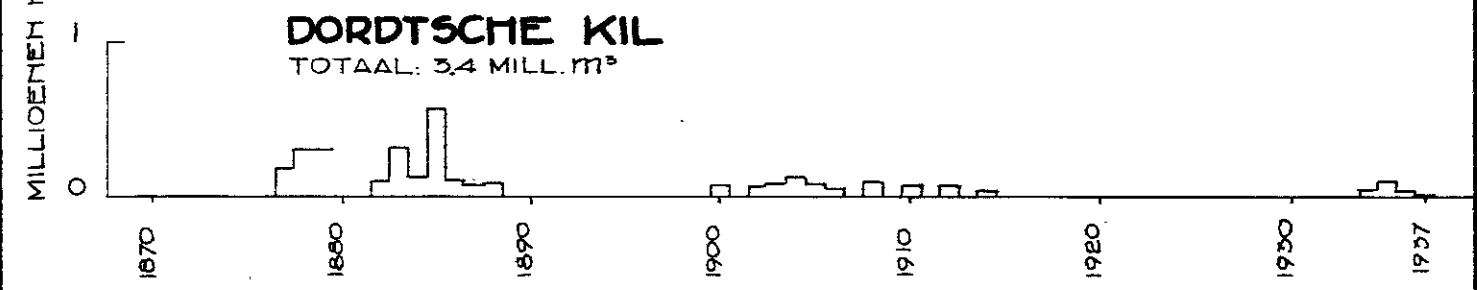
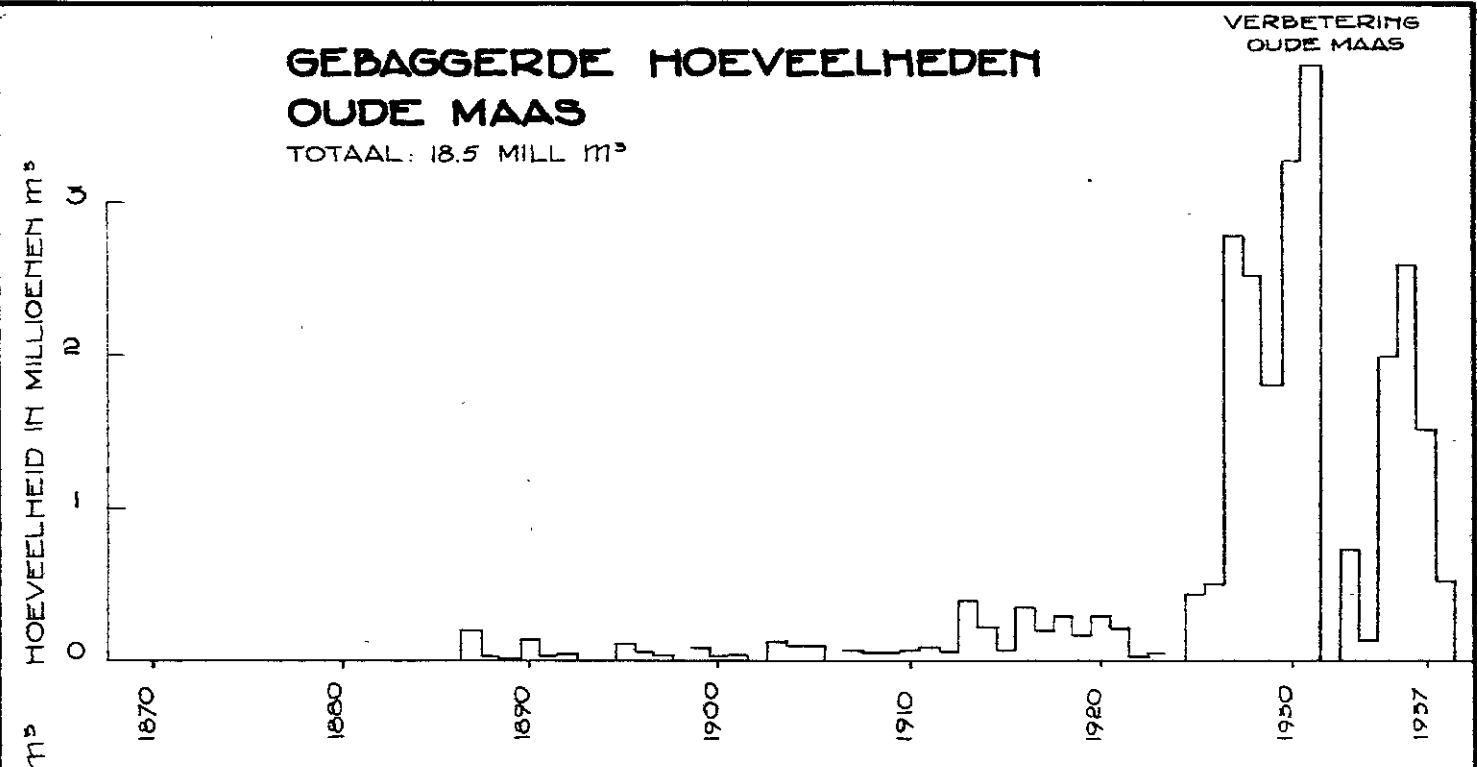
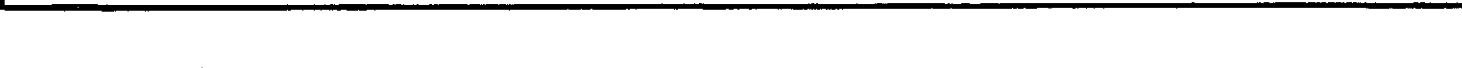
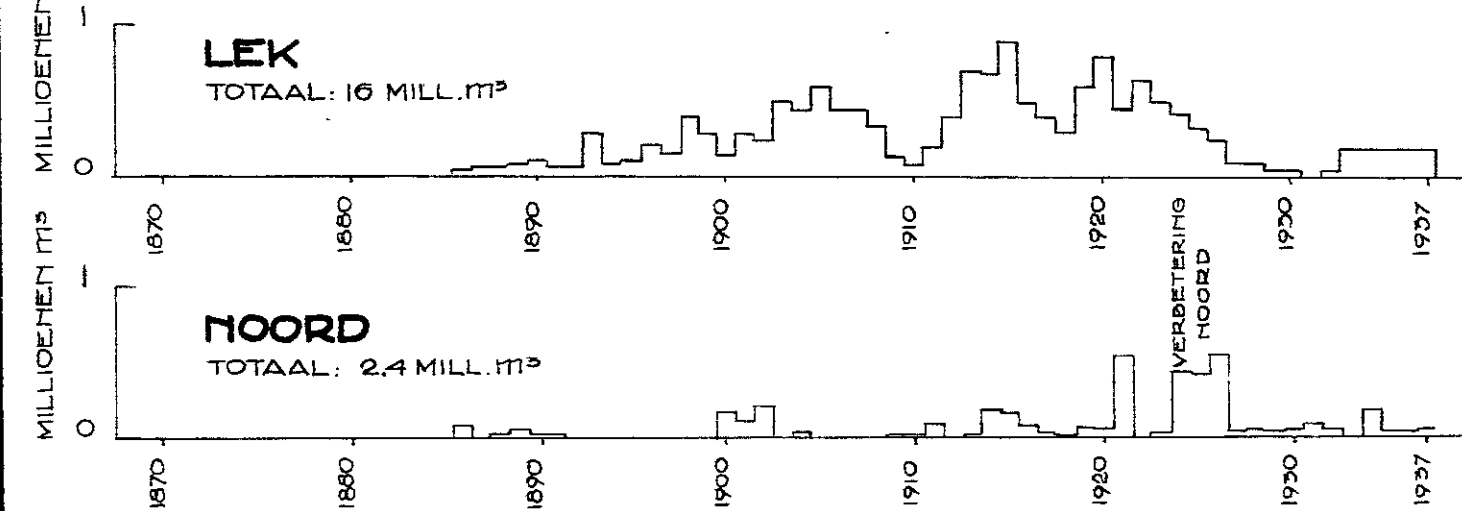
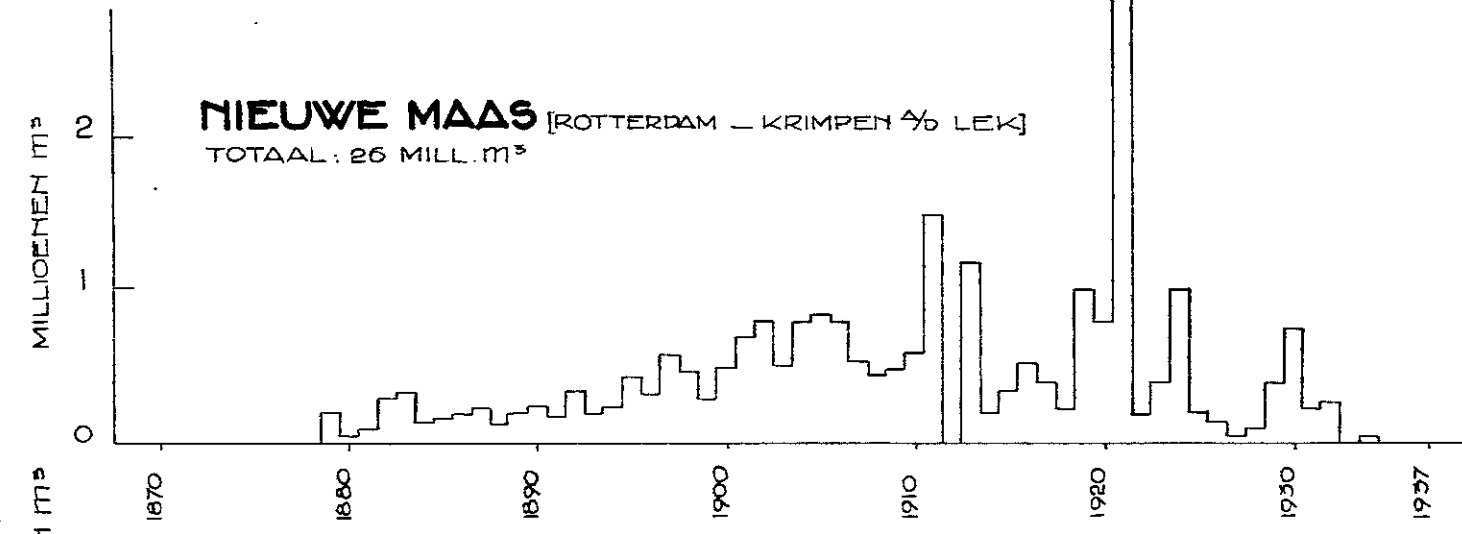
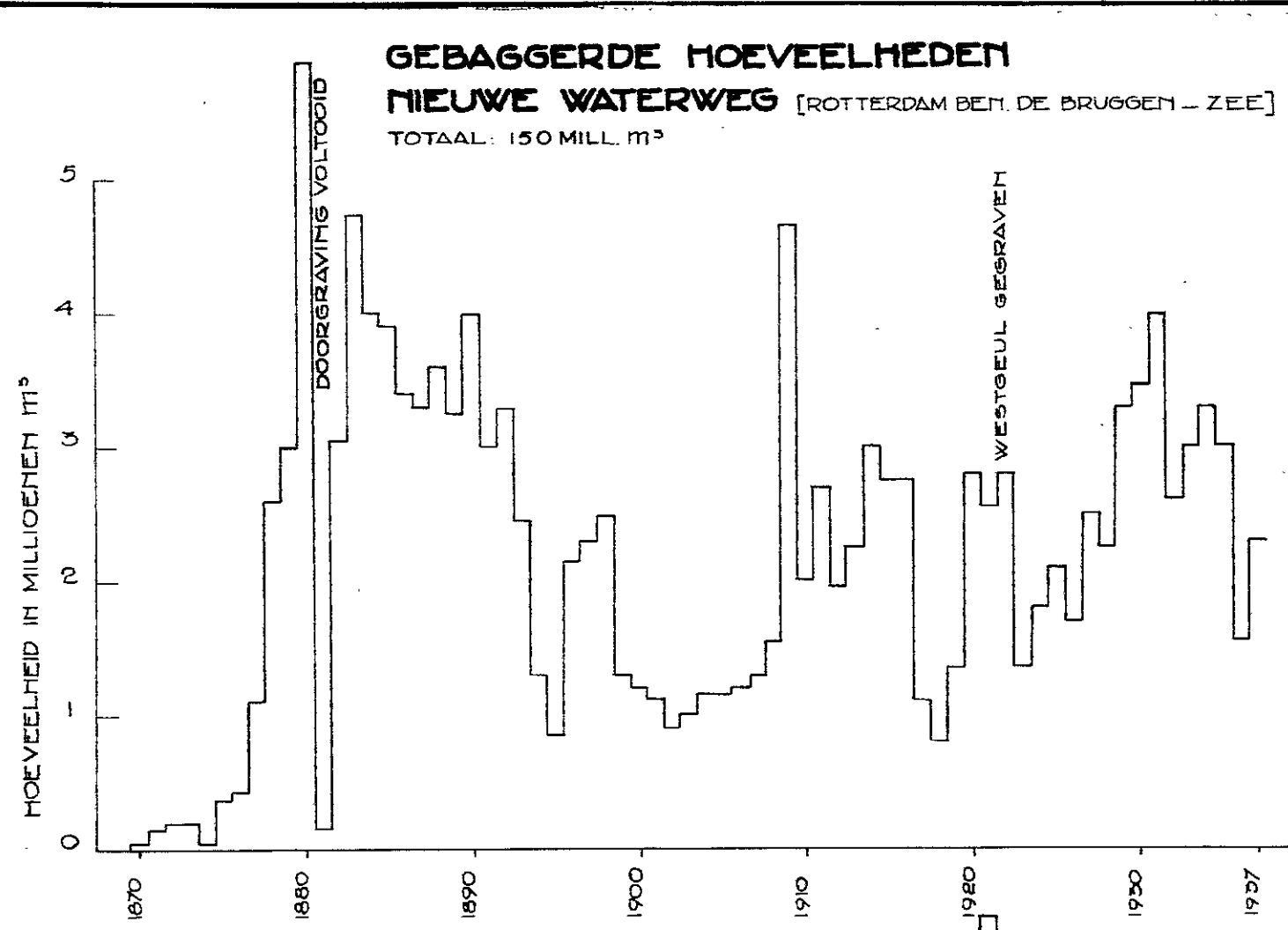
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1921 T/M 1930 EN 1911 T/M 1920



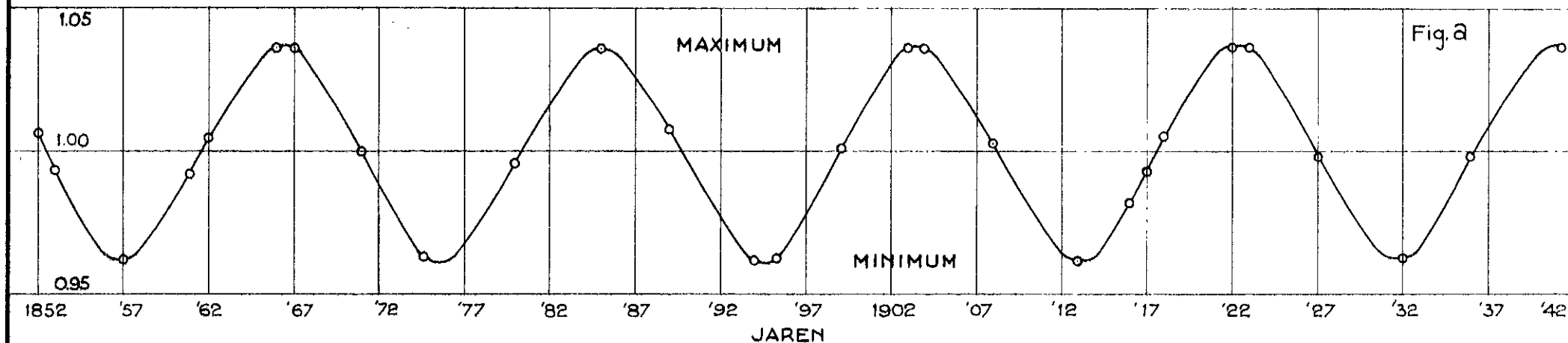
VERSCHIL TUSSCHEN GEM. H.W. 1931 T/M 1938 EN 1921 T/M 1930



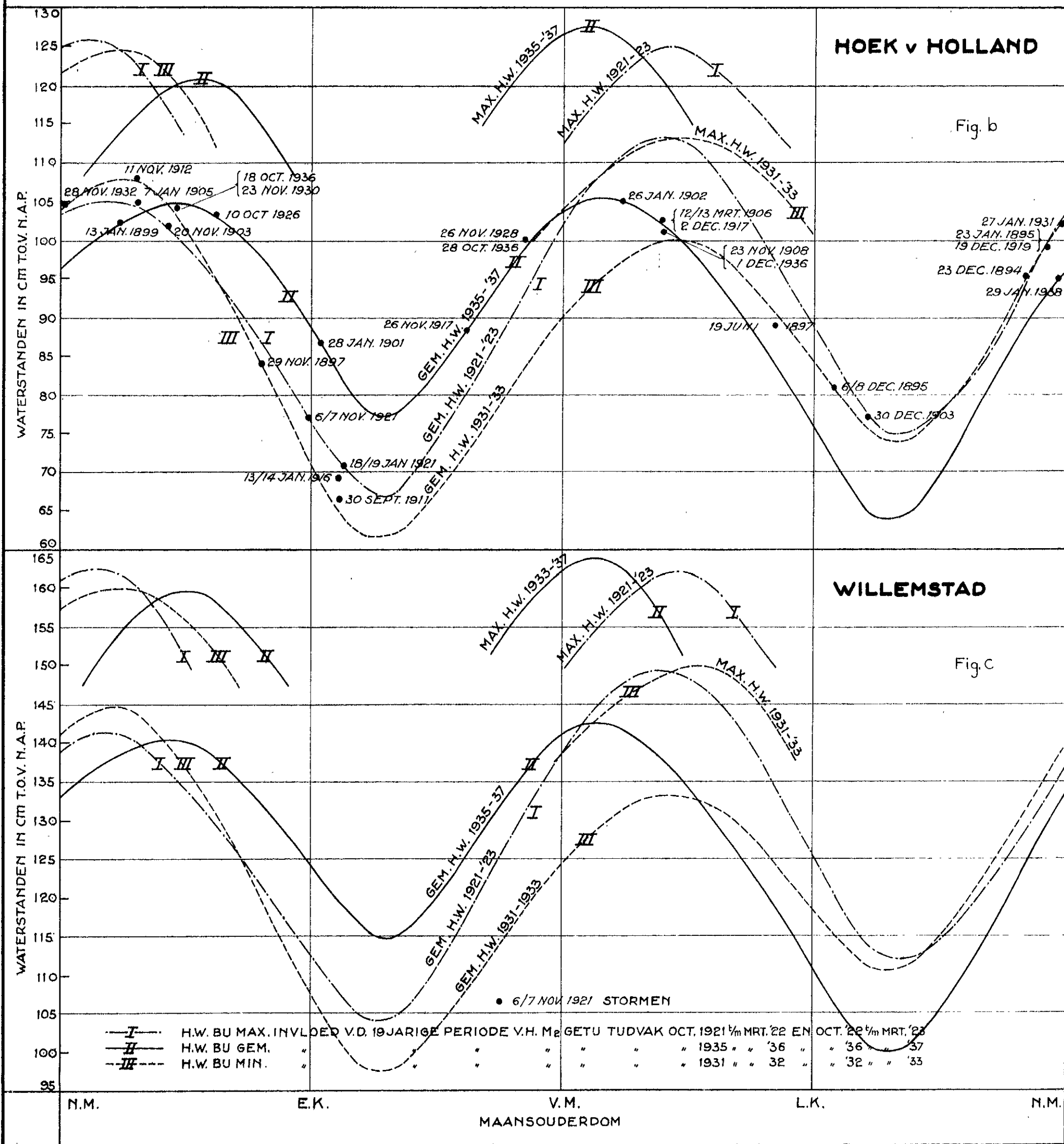
R 126 1 BULAGE N. 9.



INVLOED VAN DE 19 JARIGE PERIODE OP DE AMPLITUDEN VAN HET MEGETU



ASTRONOMISCHE H.W. STANDEN TE HOEK V. HOLLAND EN WILLEMSTAD IN VERBAND MET DEN MAANSOUDERDOM EN DEN INVLOED VAN DE 19 JARIGE PERIODE



VOORSPELDE EN WAARGENOMEN HOOGWATERSTANDEN TE WILLEMSTAD

1921

WATERSTANDEN TOV. NAR

250

200

150

100

50

VIJFPUNTSGEMIDDELDEN [VOORSPELD]

SPRINGTJ H.W.

DOODTJ H.W.

VIJFPUNTSGEMIDDELDEN [WAARGENOMEN]

1930

WATERSTANDEN TOV. NAR

250

200

150

100

50

- SPRINGTJ H.W. VOORSPELD
- WAARGENOMEN
- DOODTJ H.W.

VIJFPUNTSGEMIDDELDEN [VOORSPELD]

SPRINGTJ H.W.

DOODTJ H.W.

VIJFPUNTSGEMIDDELDEN [WAARGENOMEN]

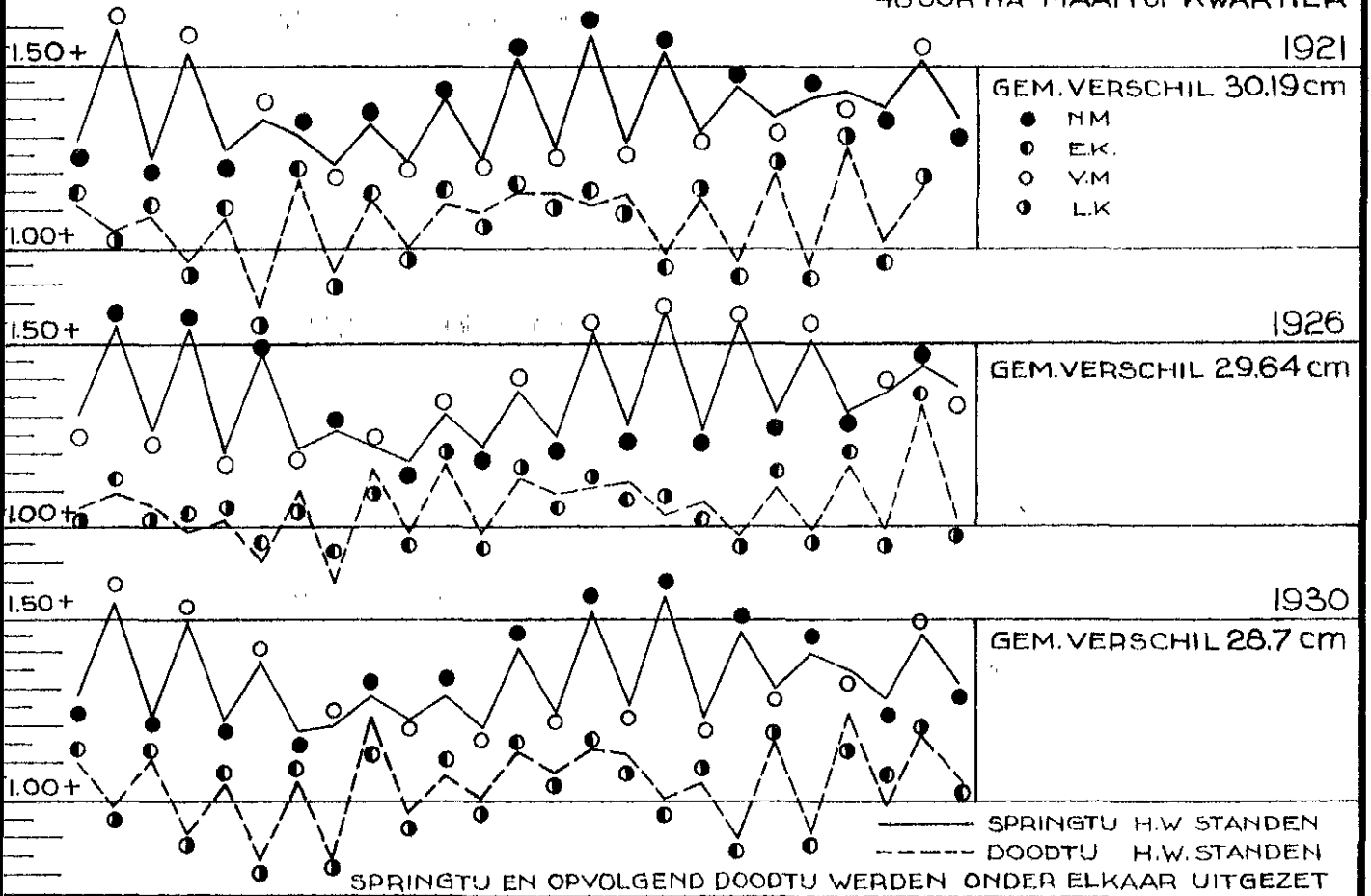
JAN. FEBR. MAART APRIL MEI JUNI JULI AUG. SEPT. OCT. NOV. DEC.

OPM: DE GROOTE AFWIJINGEN ZIJN EEN GEVOLG VAN OP- EN AFWAALINGEN. ZU WERDEN VOOR DE VIJFPUNTSGEMIDDELDEN NIET MEEGETELD.

BULAGE 13

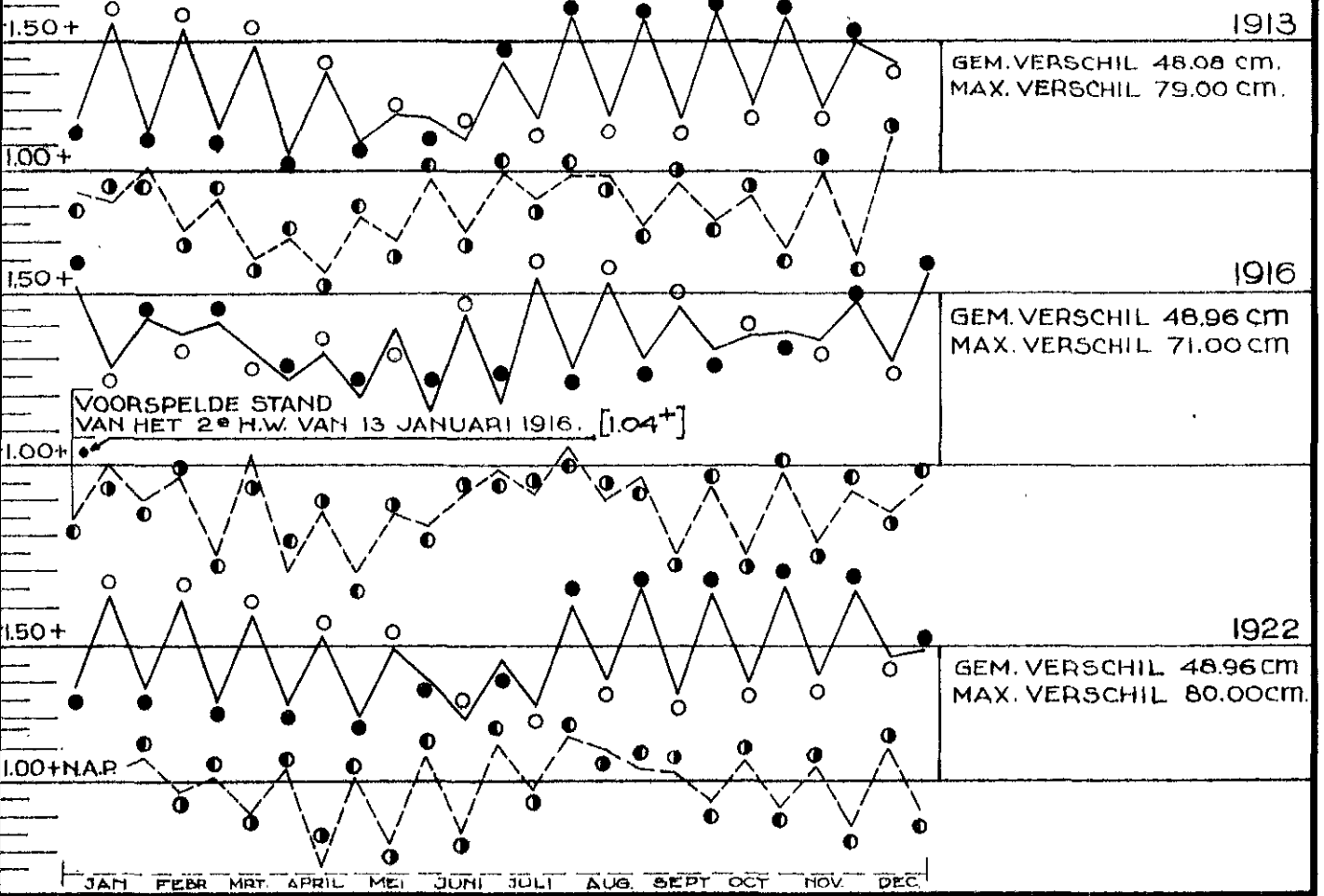
Arwaal

VOORSPELLING VAN HET GEMIDDELDE VAN 2 OPVOLGENDE H-W STANDEN WILLEMSTAD 48 UUR NA MAAN OF KWARTIER



SPRINGTU EN OPVOLGEND DOODTU WERDEN ONDER ELKAAR UITGEZET

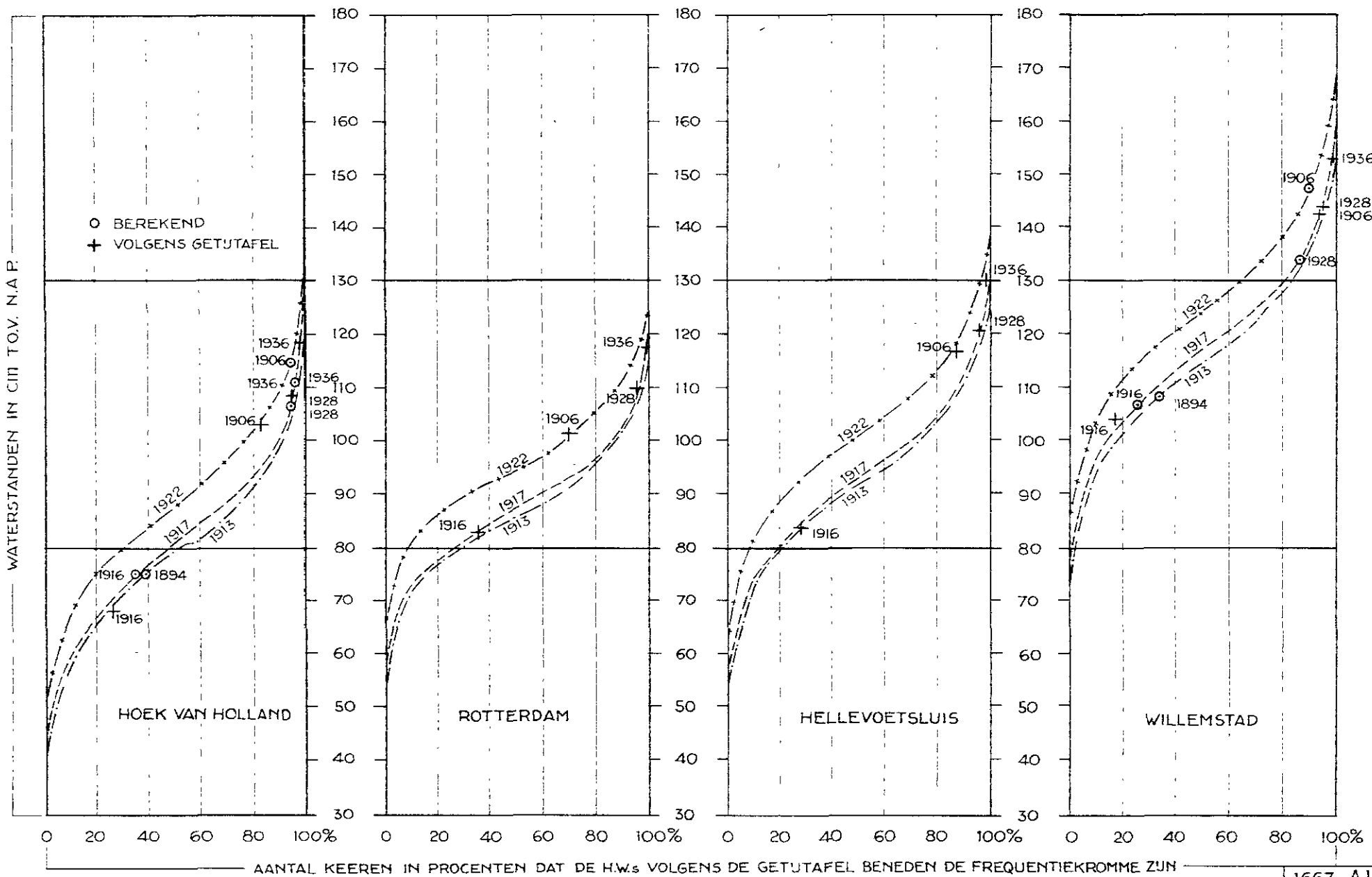
— VOORSPELDE HOOGSTE H.W. STANDEN TUSSEN MAANEN EERSTVOLGENDE KWARTIER.
 - - - VOORSPELDE LAAGSTE H.W. STANDEN TUSSEN KWARTIER EN EERSTVOLGENDE MAAN.
 ONDER DE HOOGSTE H.W. STAND VAN EEN SPRINGTUPERIODE WERD DE LAAGSTE H.W. STAND
 VAN DE OPVOLGENDE DOODTUPERIODE UITGEZET.



VOORSPELDE STAND
 VAN HET 2^e H.W. VAN 13 JANUARI 1916. [1.04+]

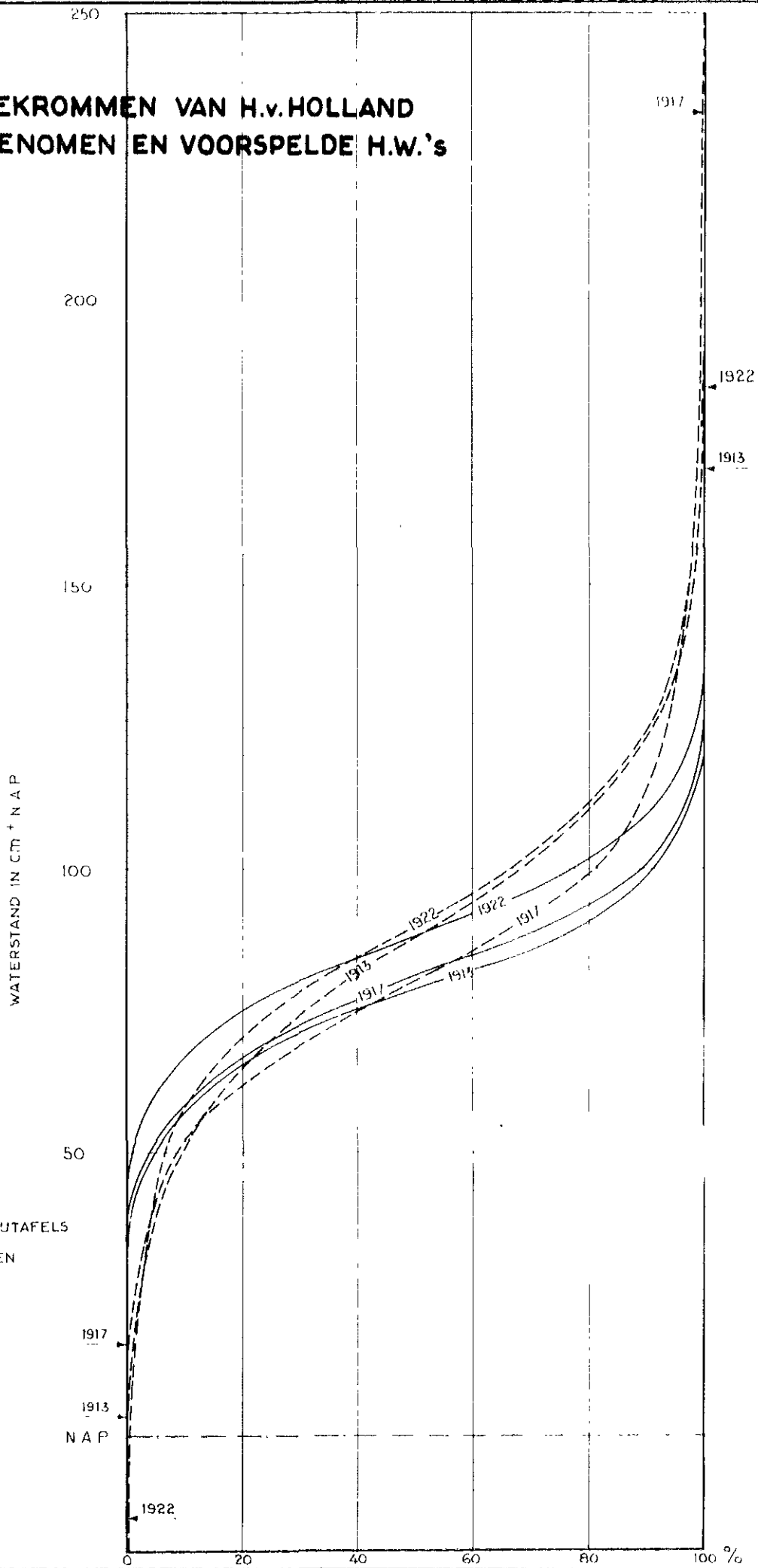
berende ast

FREKVENTIEKROMMEN VAN DE H W-STANDEN DER JAREN 1913-'17-'22 MET VOORGEKOMEN ASTR. HW'S TIJDENS STORMEN



R146
BULAGE
15

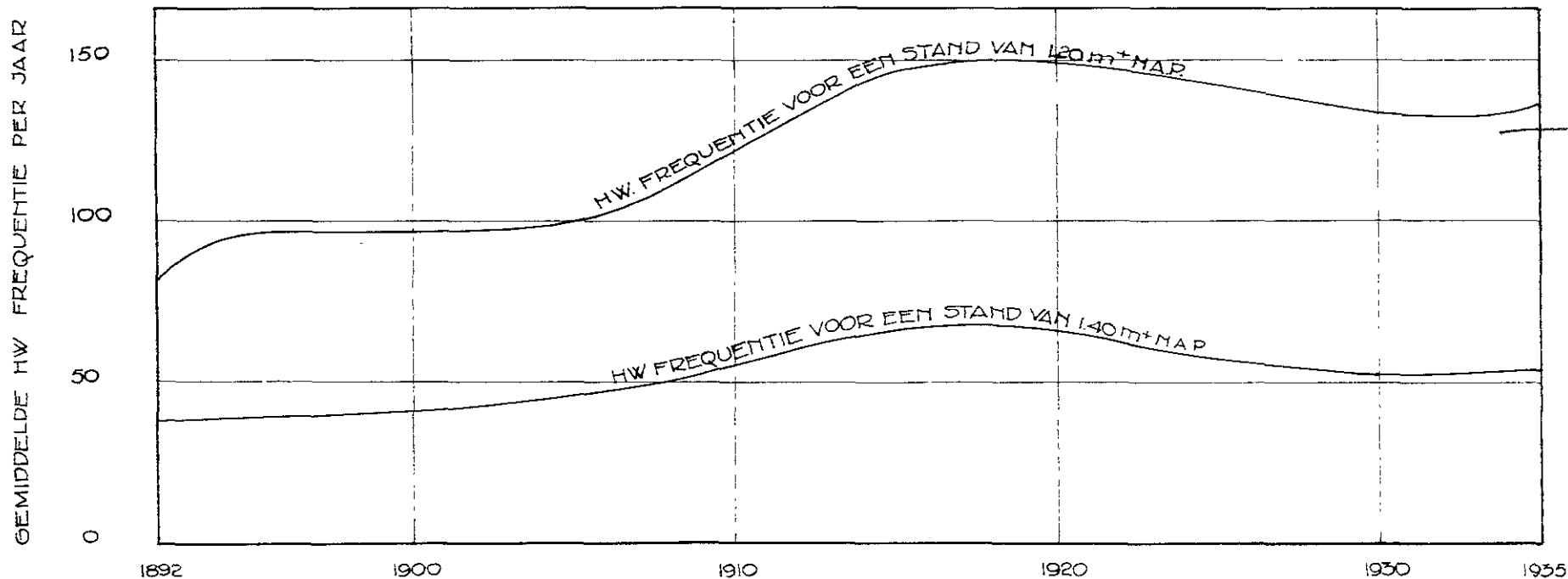
FREKWENTIEKROMMEN VAN H.v. HOLLAND VOOR WAARGENOMEN EN VOORSPELDE H.W.'s



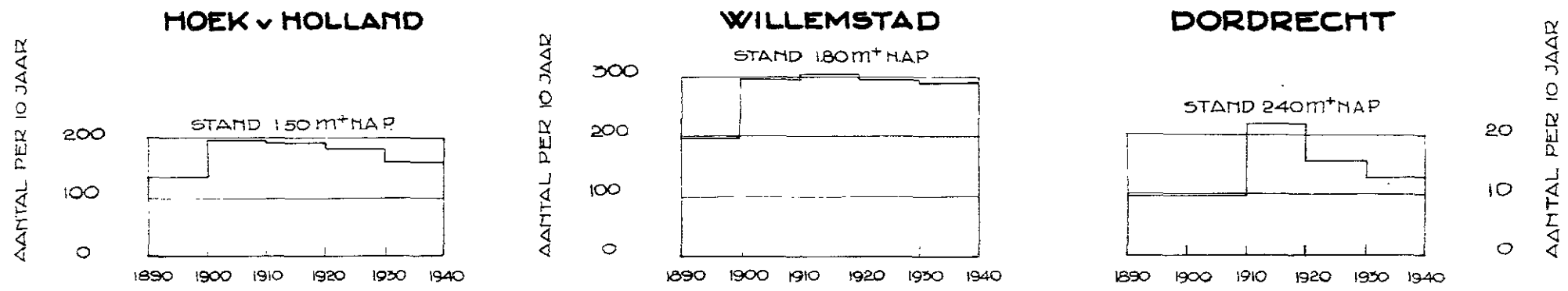
R 246

HELLEVOETSLUIS

TIENPUNTS-**GEMIDDELDE DER JAAR-HW. FREQUENTIES**
VOOR STANDEN VAN 1.20m⁺ EN 1.40m⁺ N.A.P.

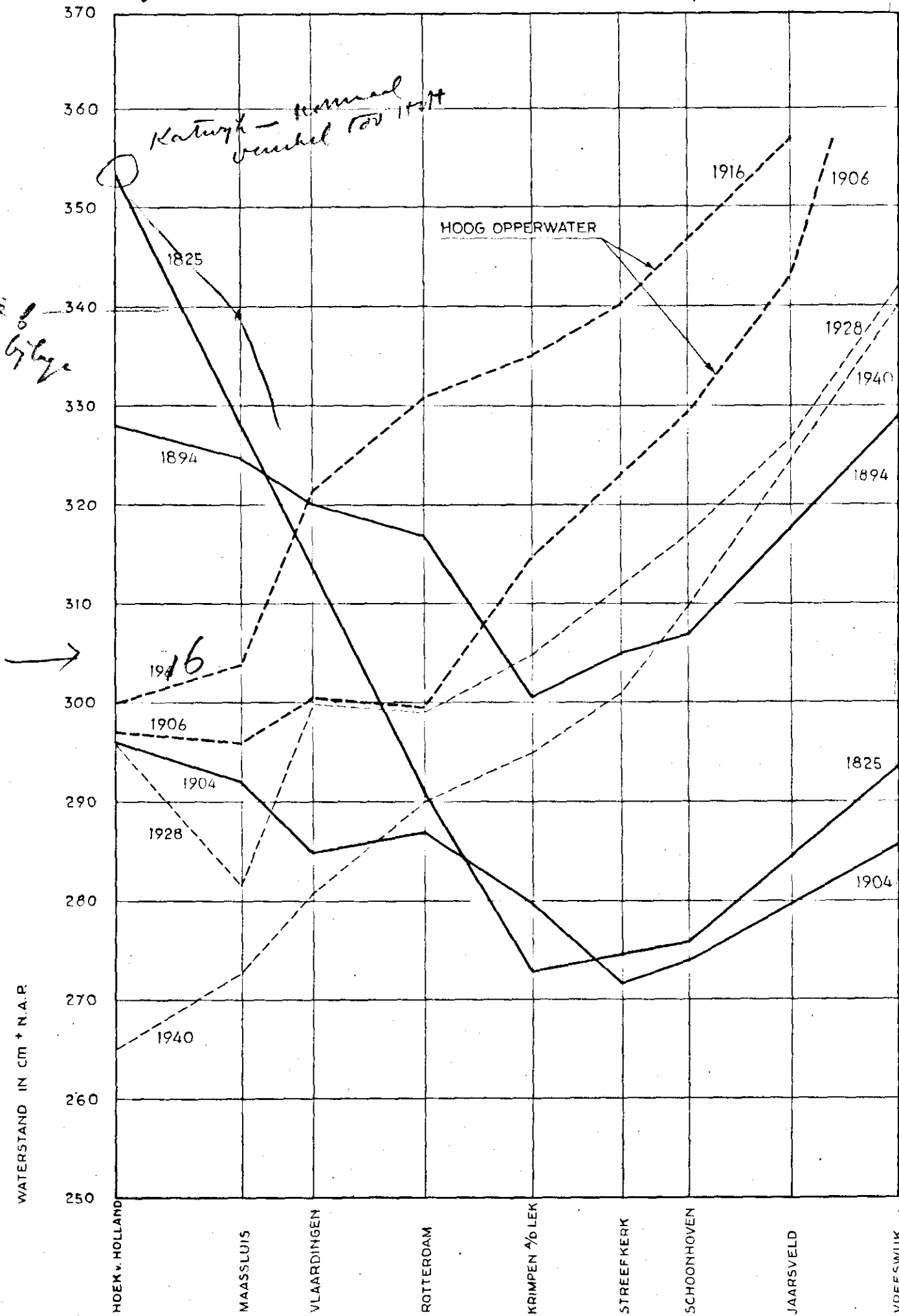


OVERSCHRIJDINGSWAARDEN PER 10 JAAR

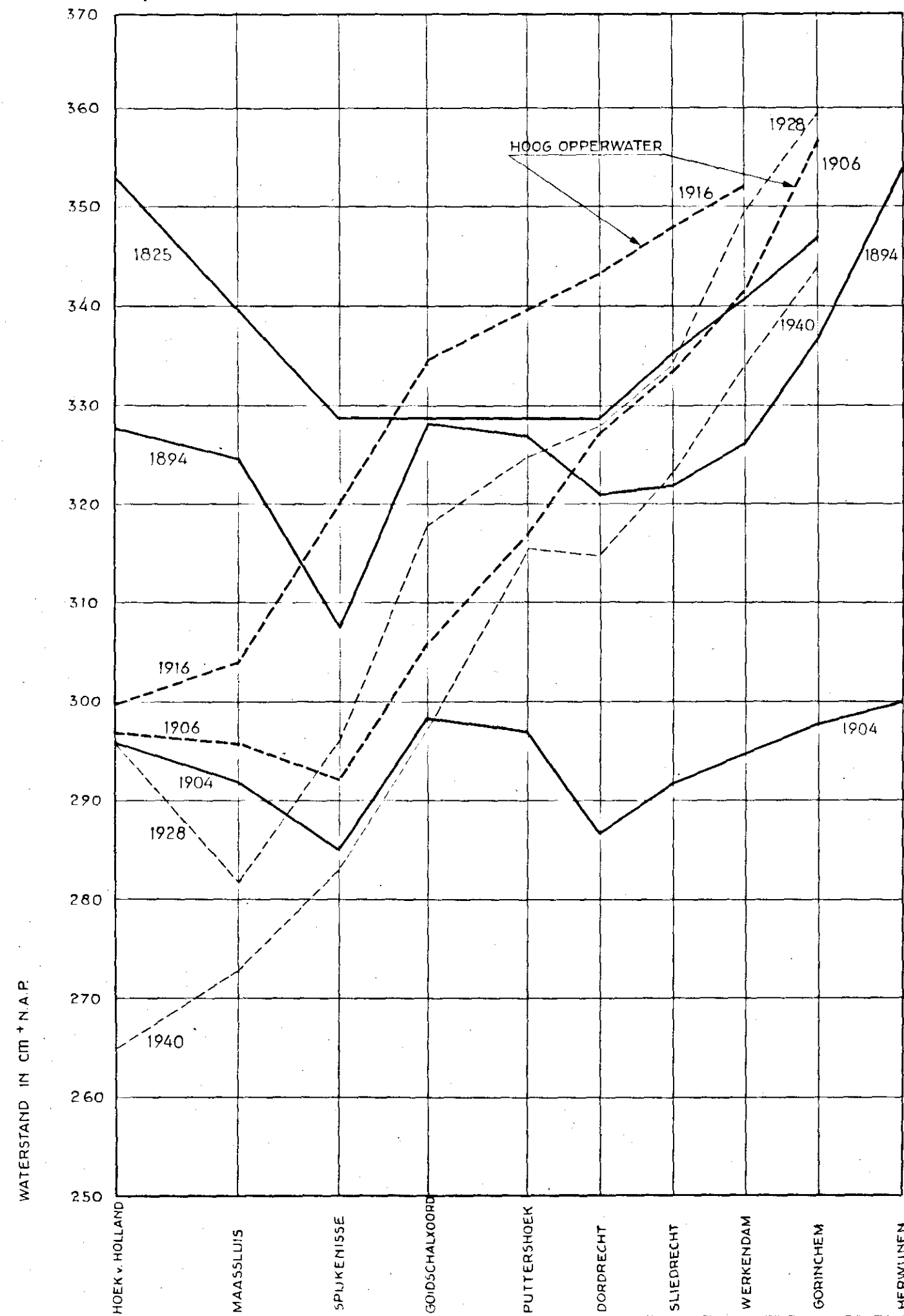


Bijlage 17

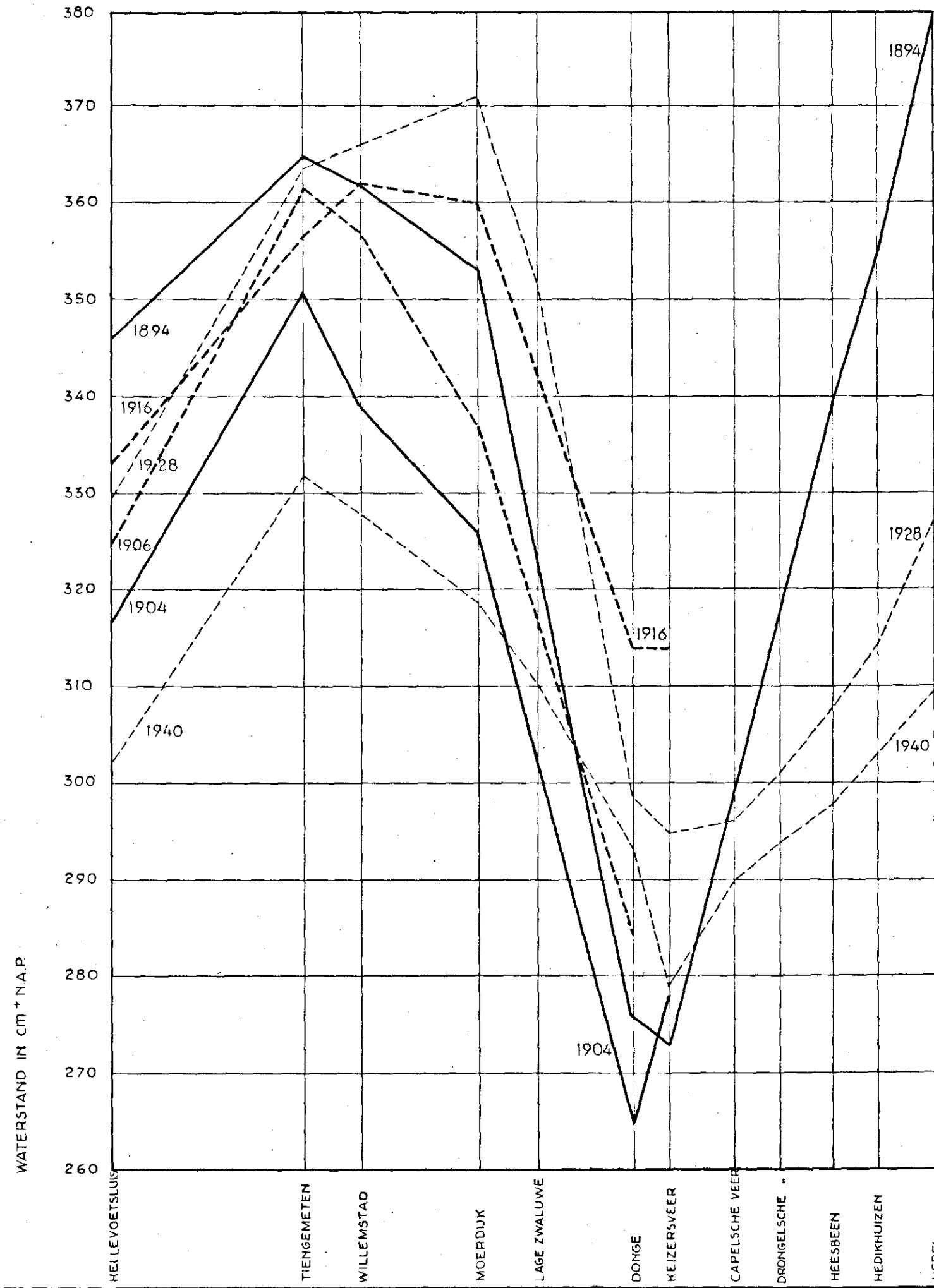
a) S.V.-LIJNEN OP DEN NOORDELIJEN TAK



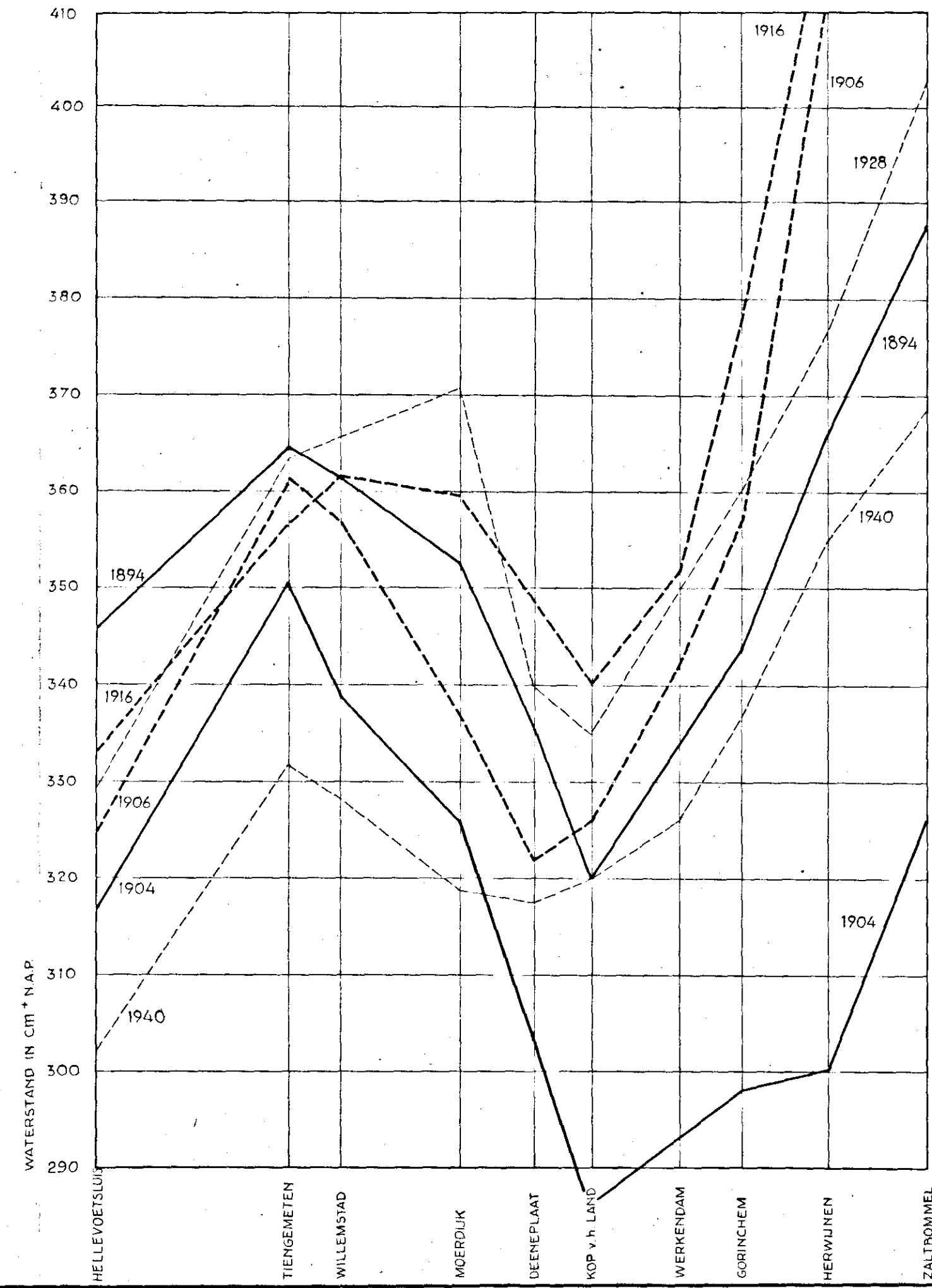
b) S.V.-LIJNEN OP DEN MIDDENTAK

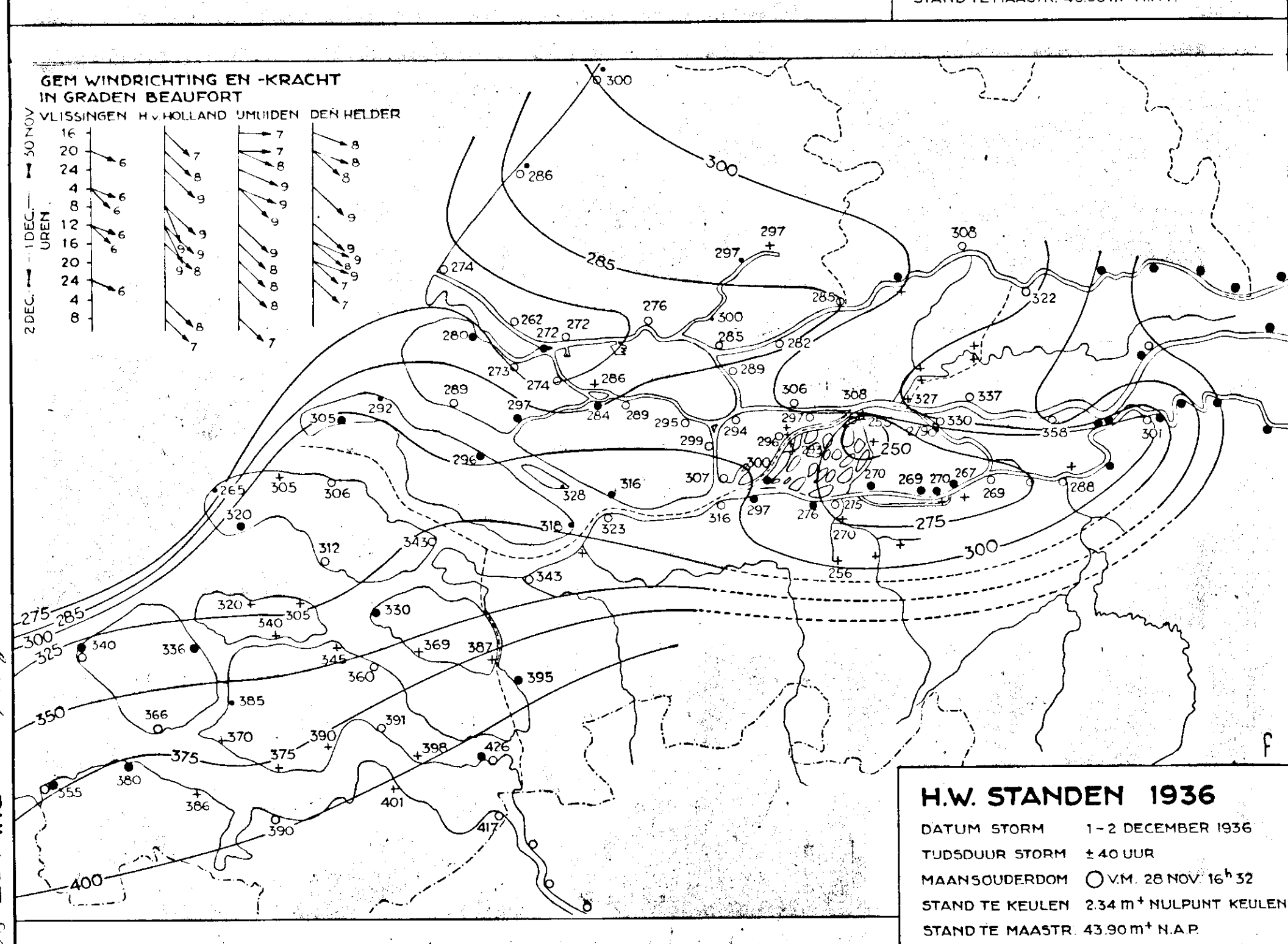
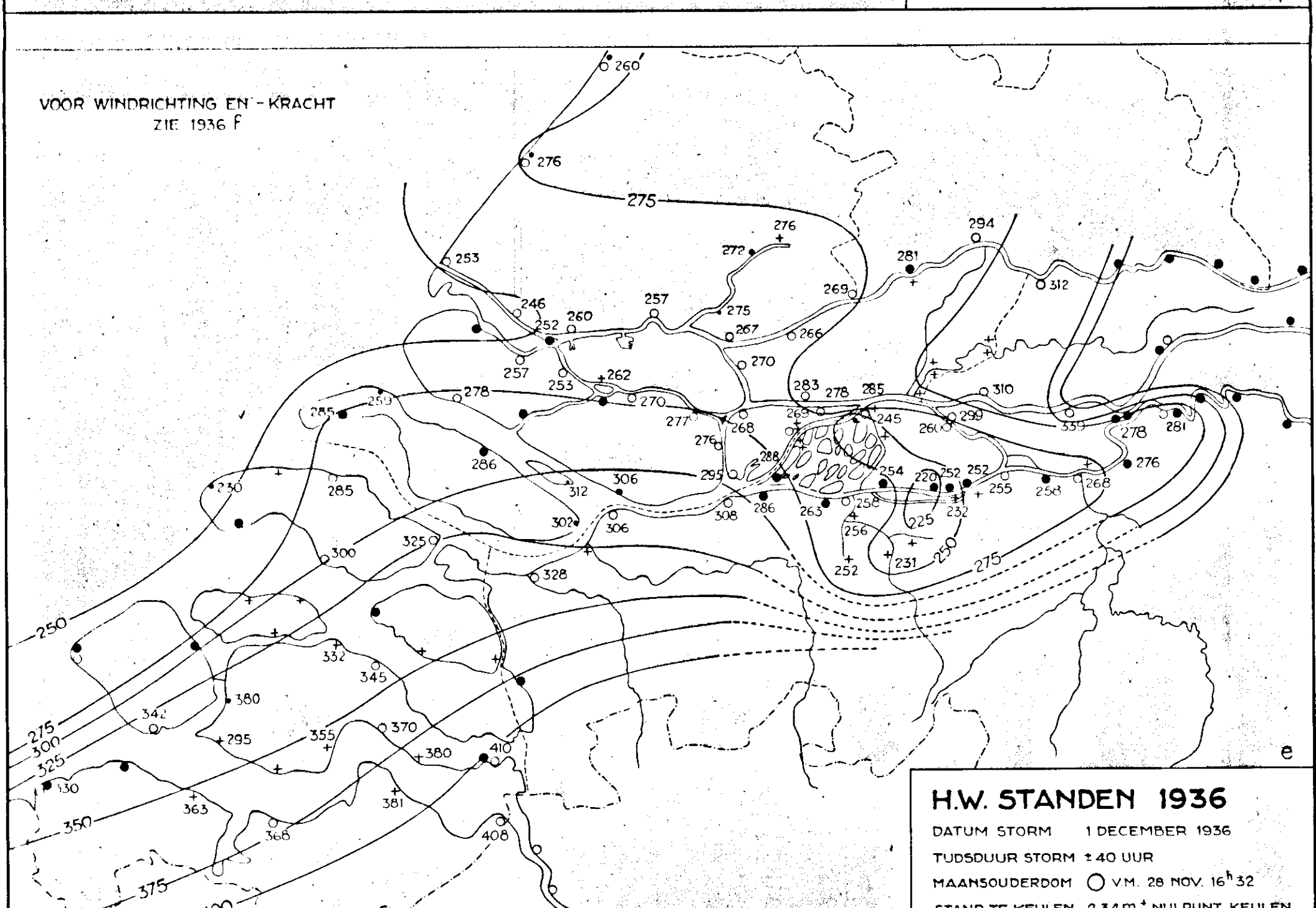
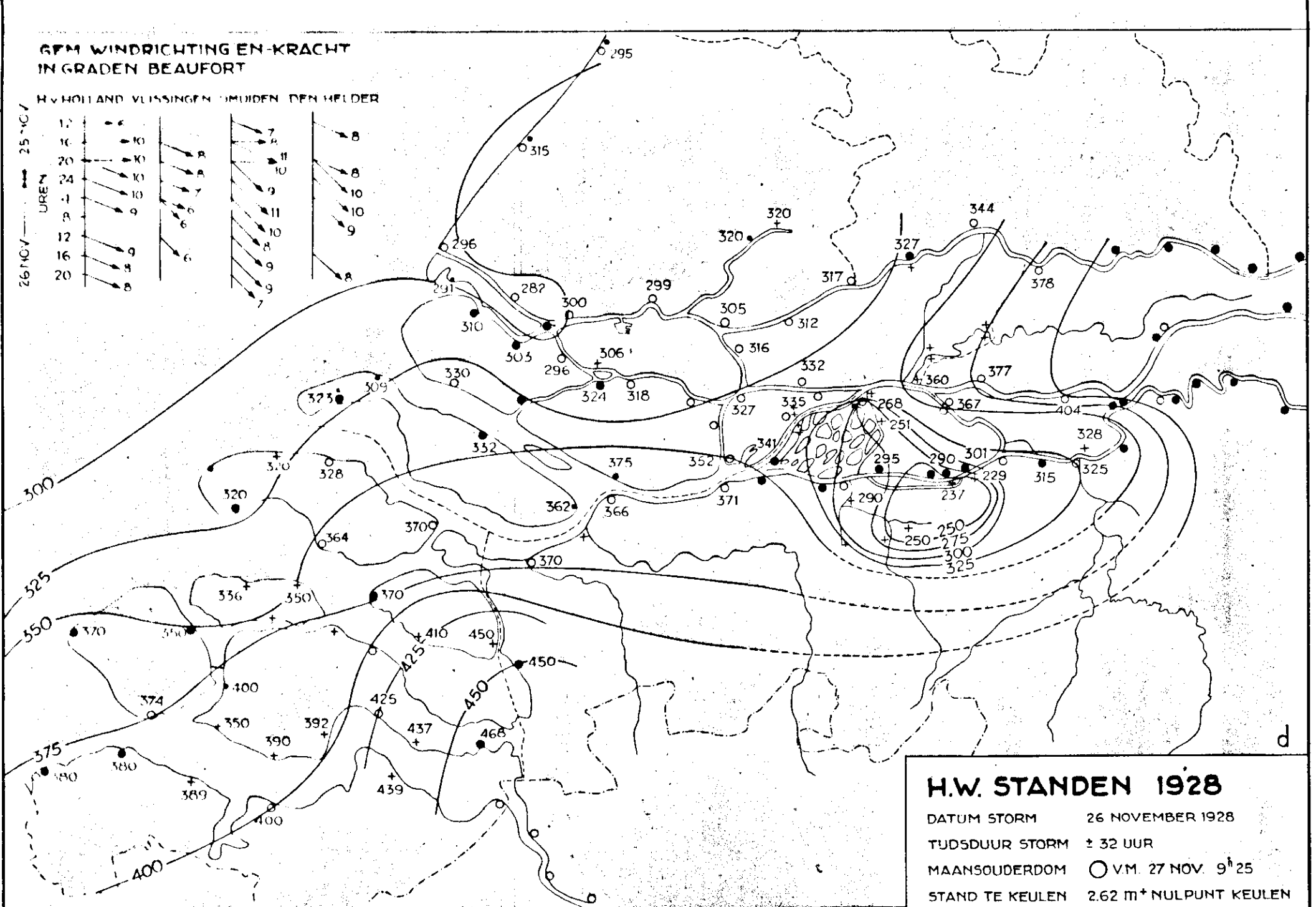
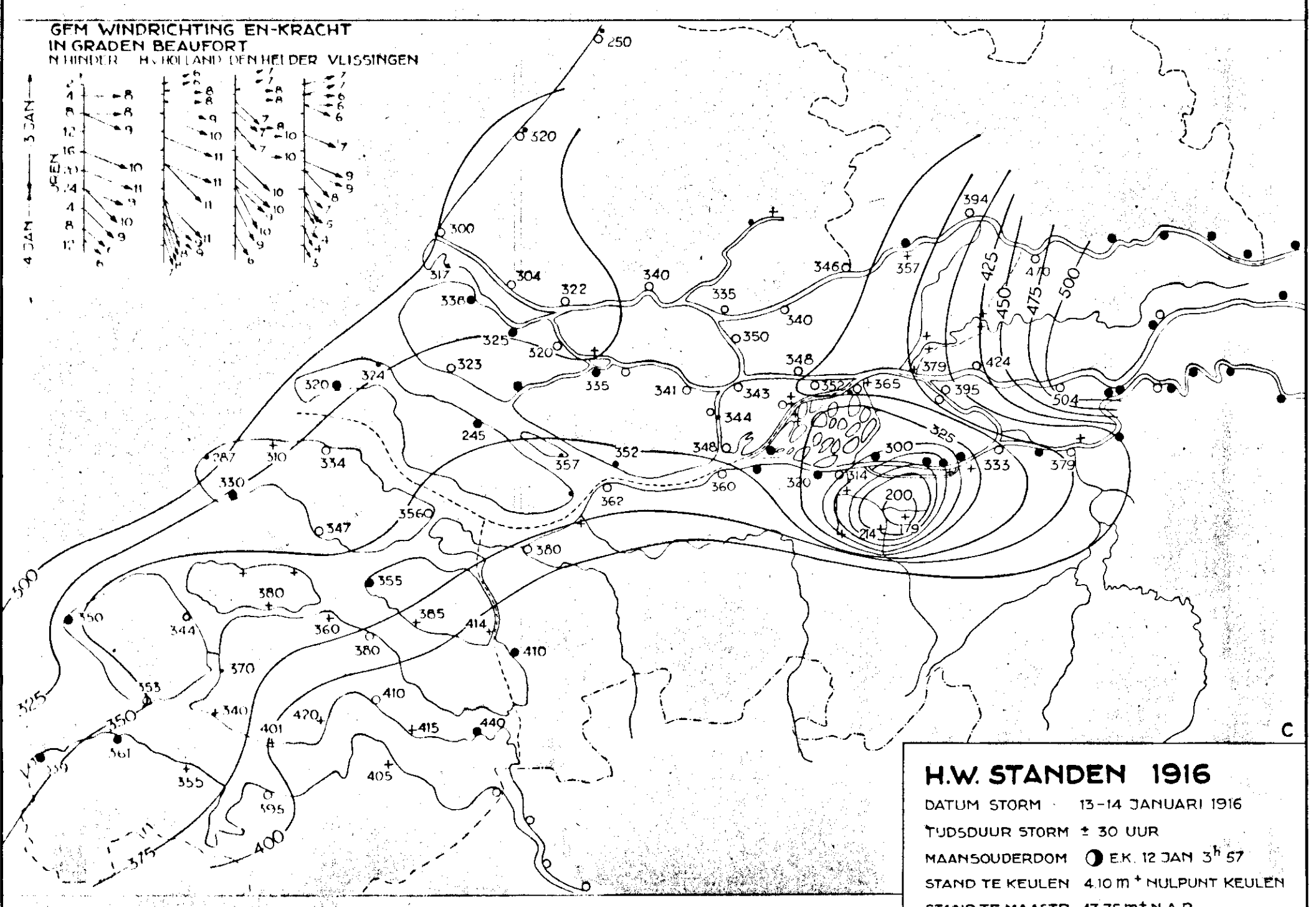
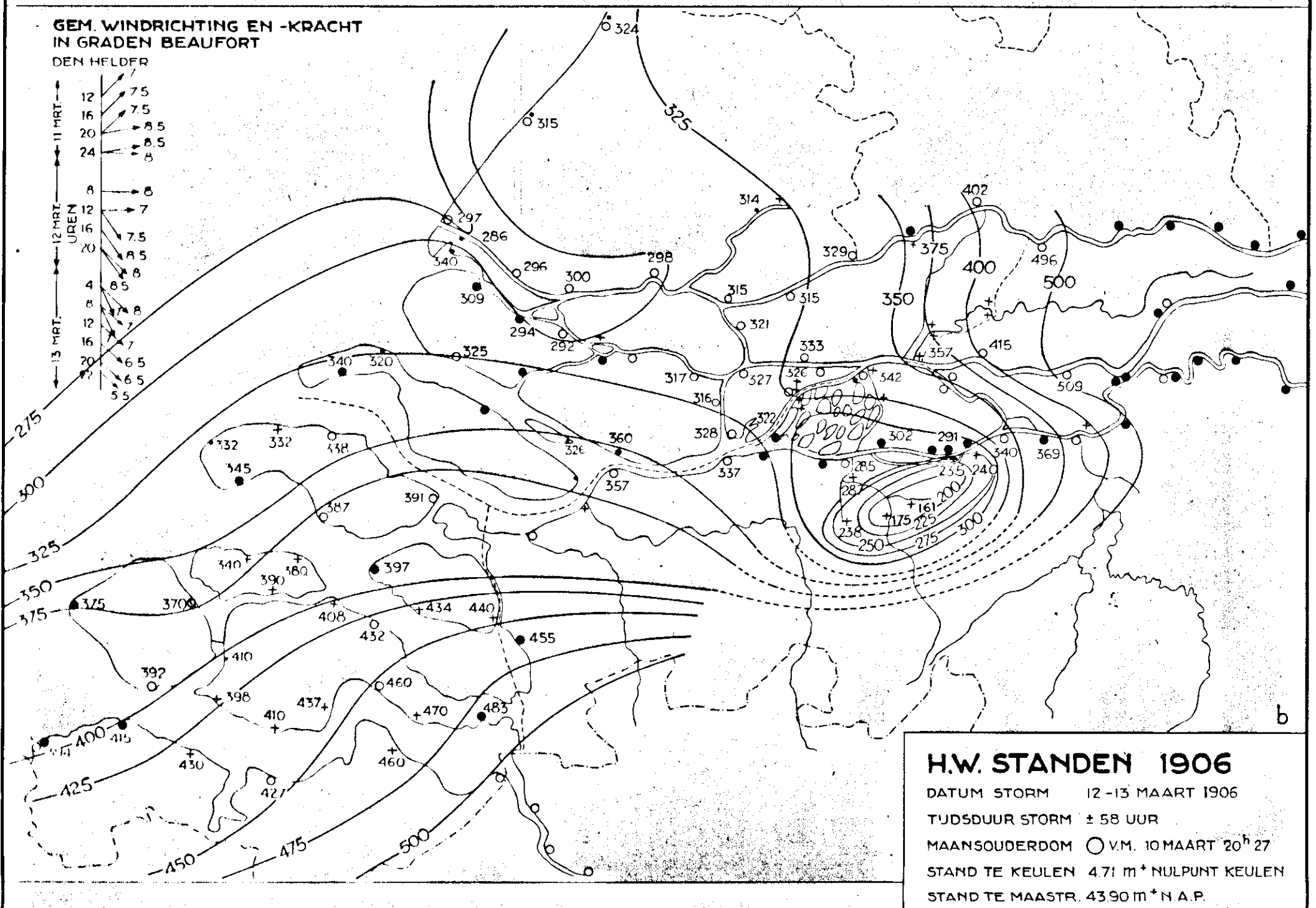
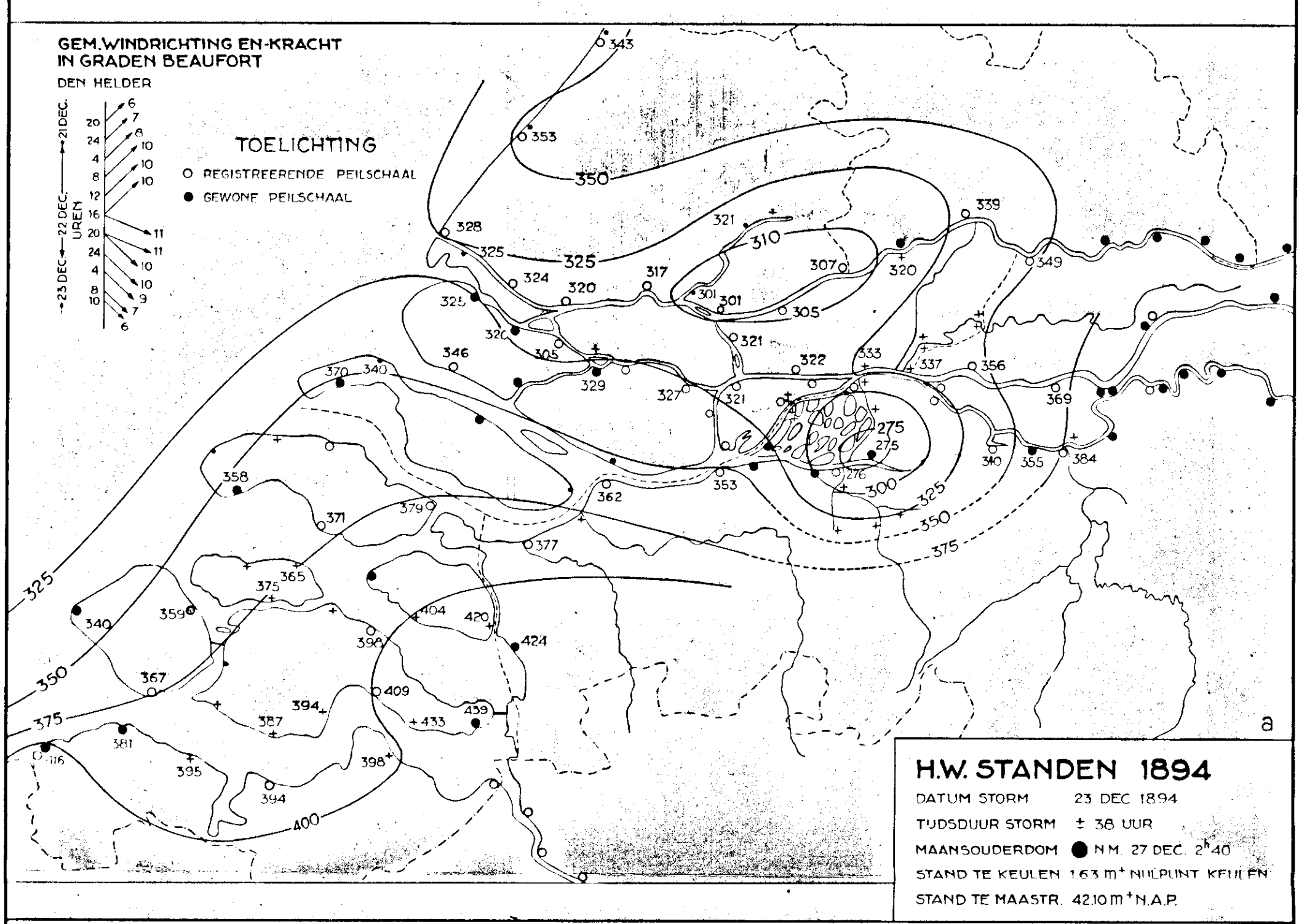


c) S.V.-LIJNEN OP DEN ZUIDELIJEN TAK



d) S.V.-LIJNEN OP DEN ZUIDELIJEN TAK - NIEUWE MERWEDE



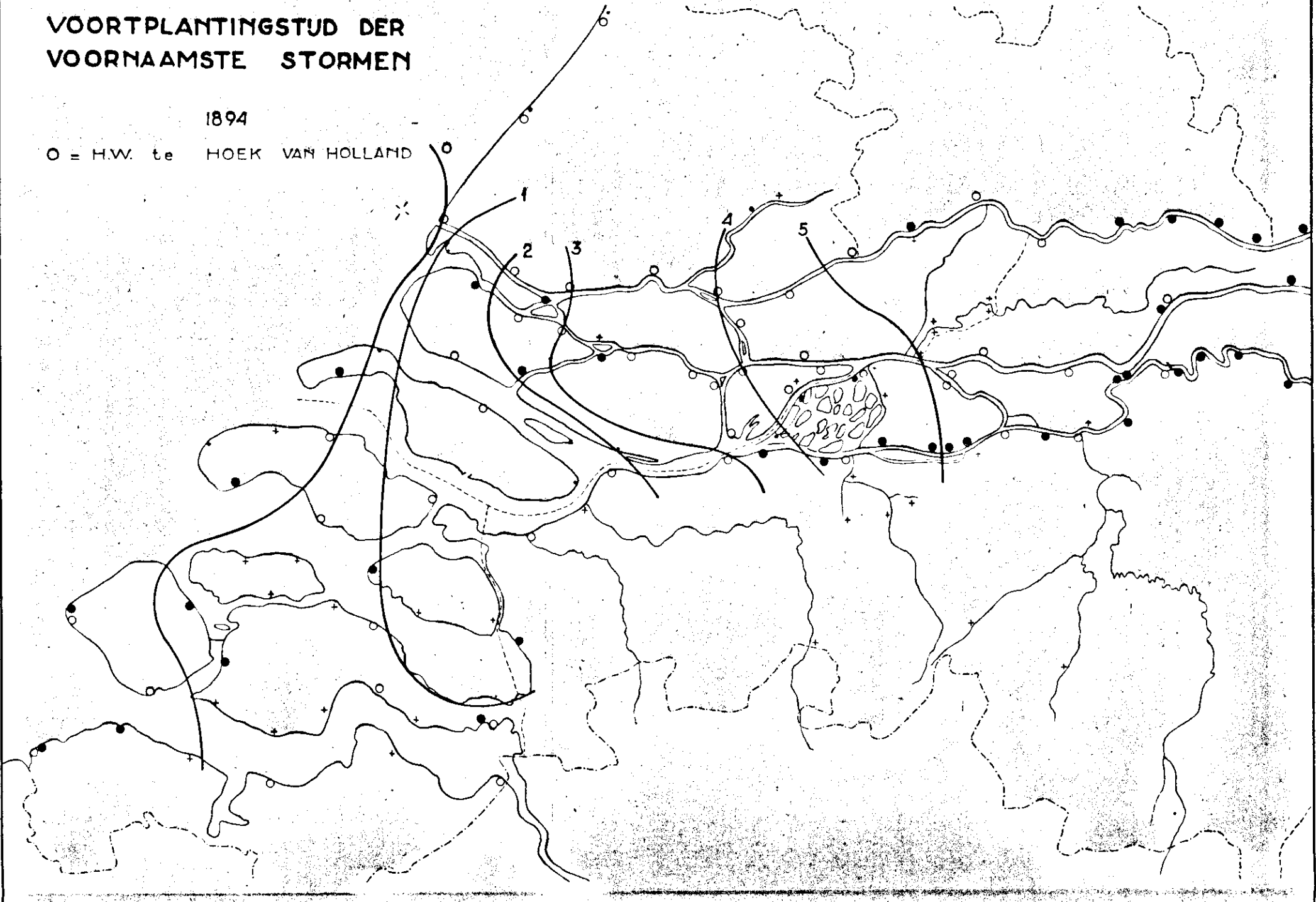


BULAGE 20

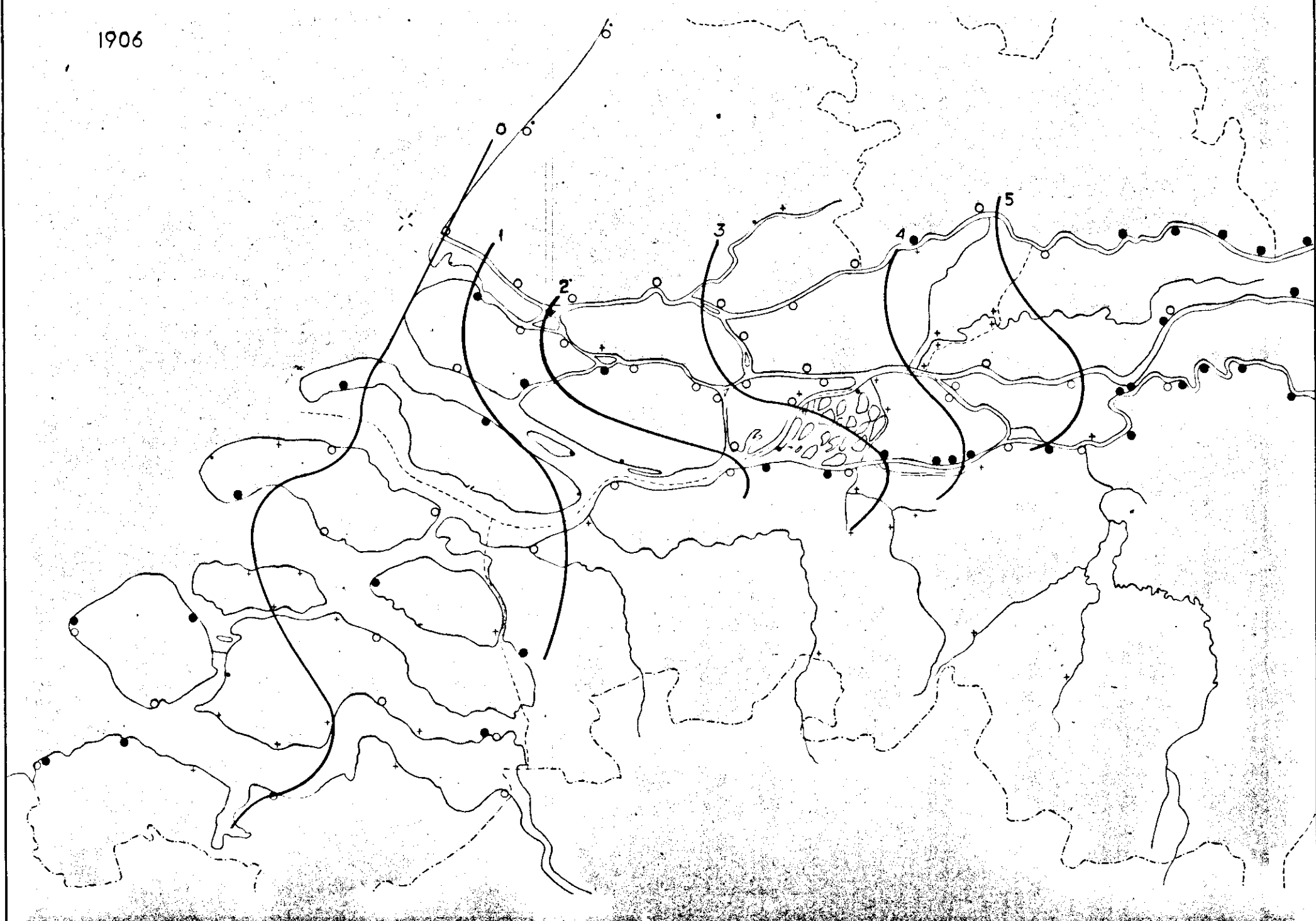
VOORTPLANTINGSTUD DER
VOORNAAMSTE STORMEN

1894

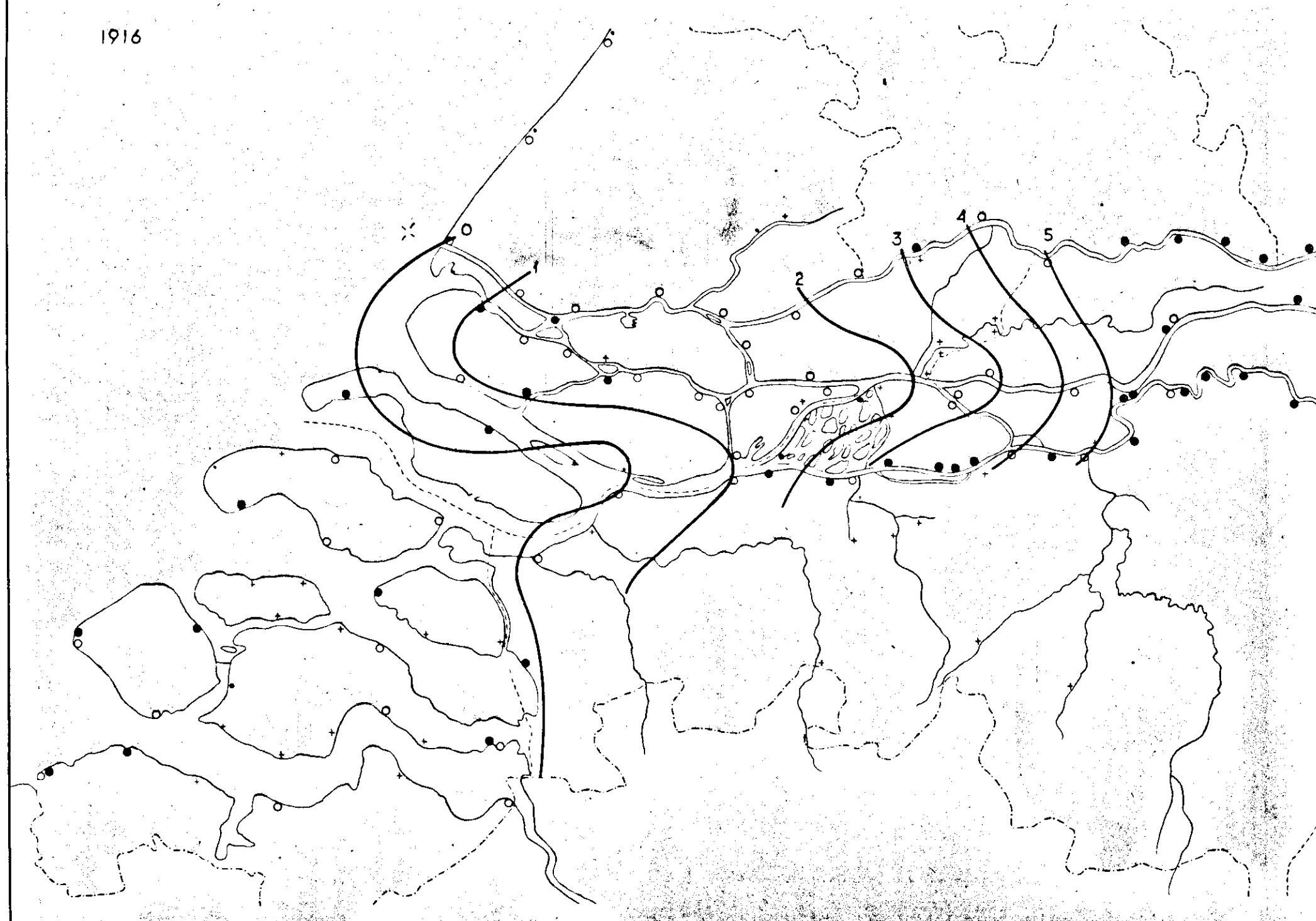
O = H.W. te HOEK VAN HOLLAND



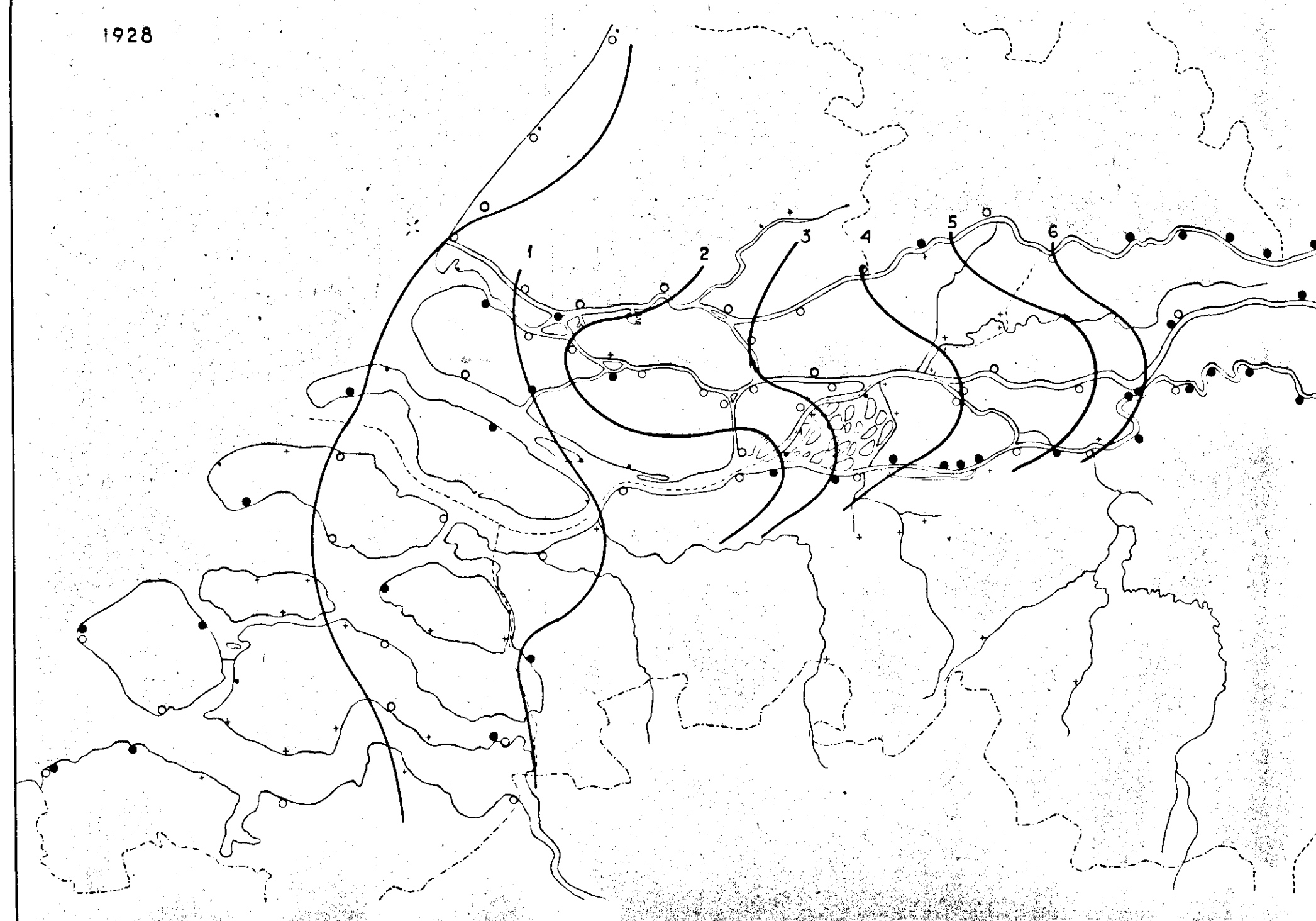
1906



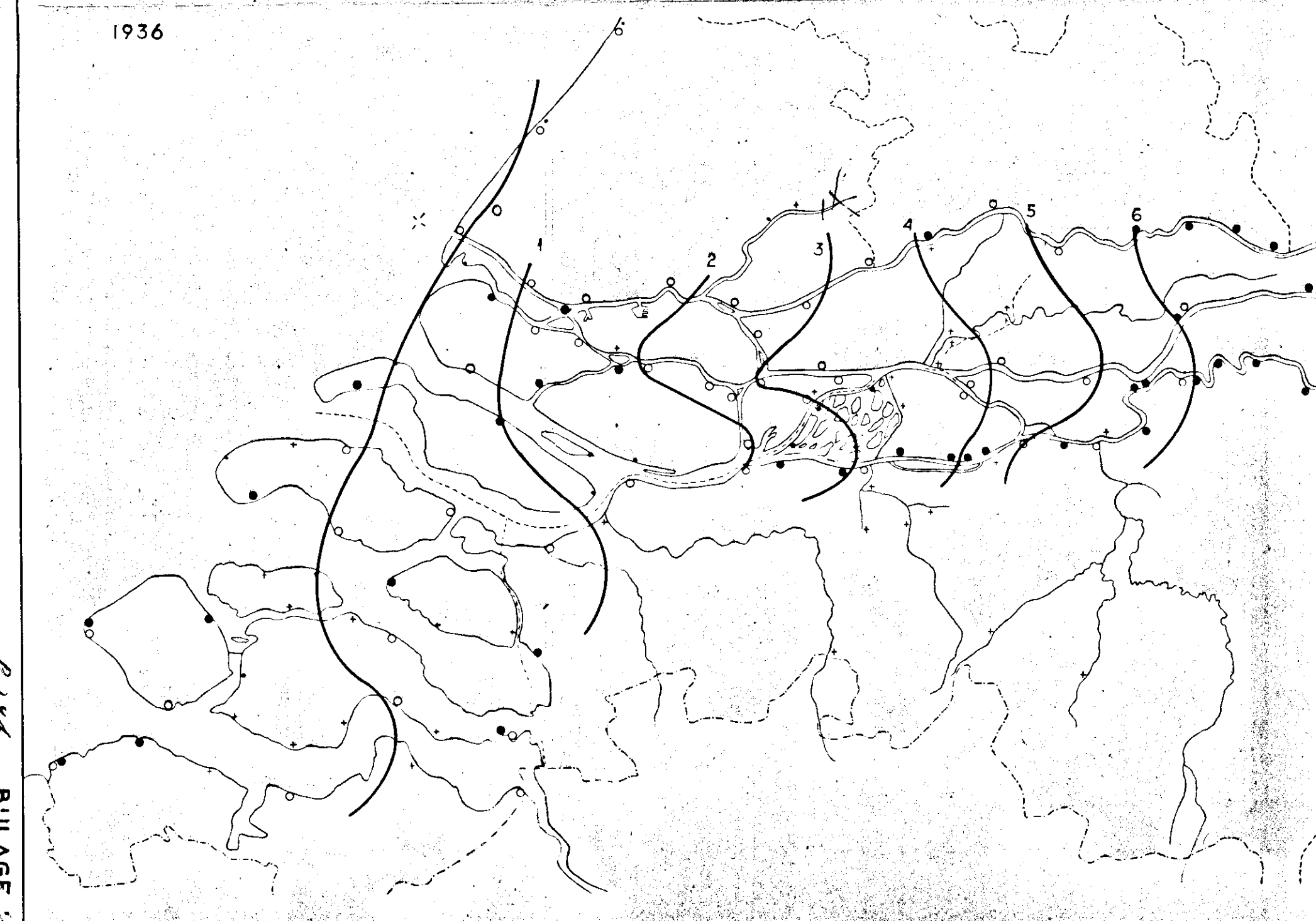
1916



1928



1936



GETIJLIJNEN VAN DEN STORMVLOED 1894

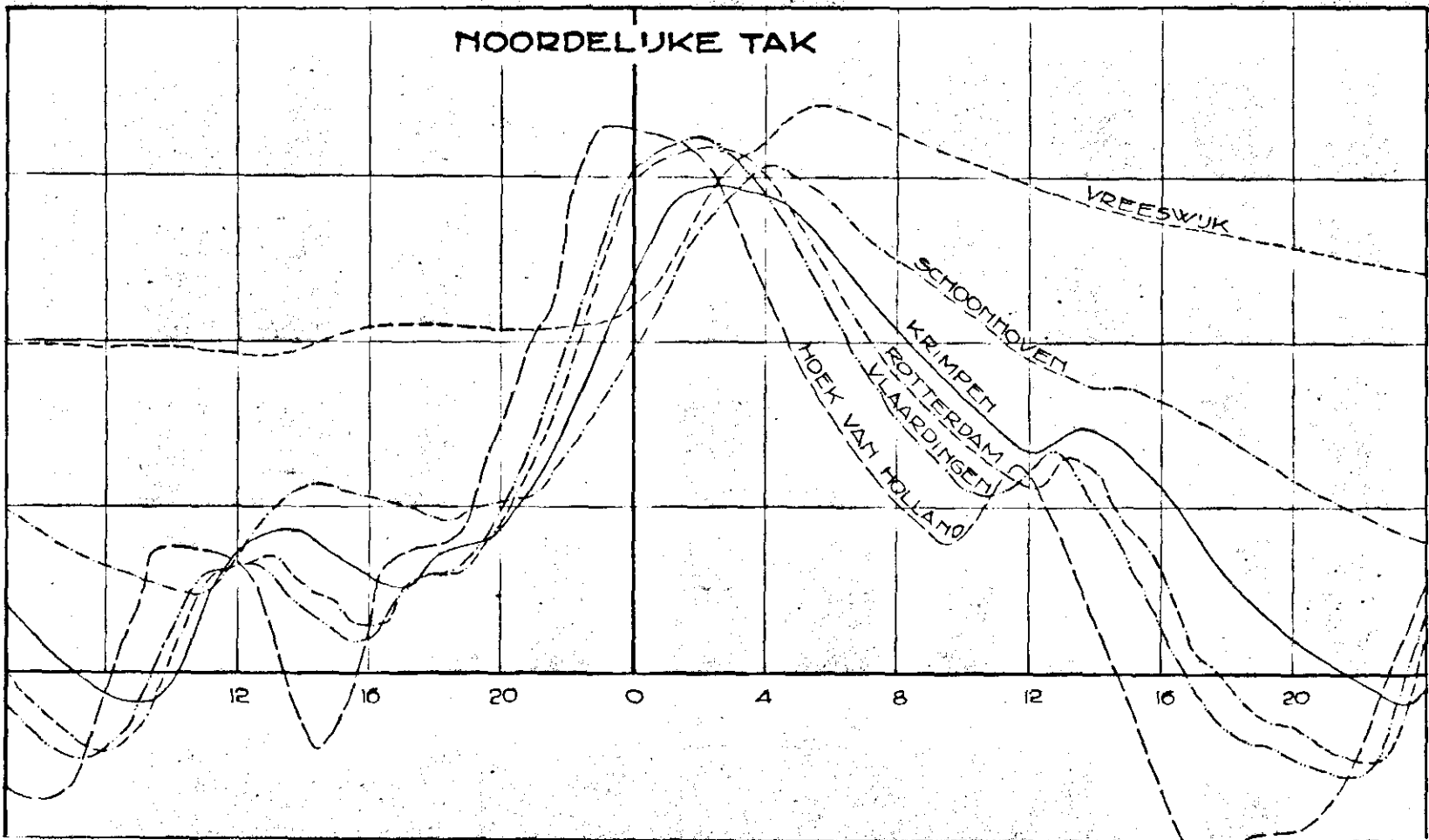
22 DECEMBER

23 DECEMBER

WATERSTANDEN IN CM TOV. NAP.

500
200
100
NAP
0

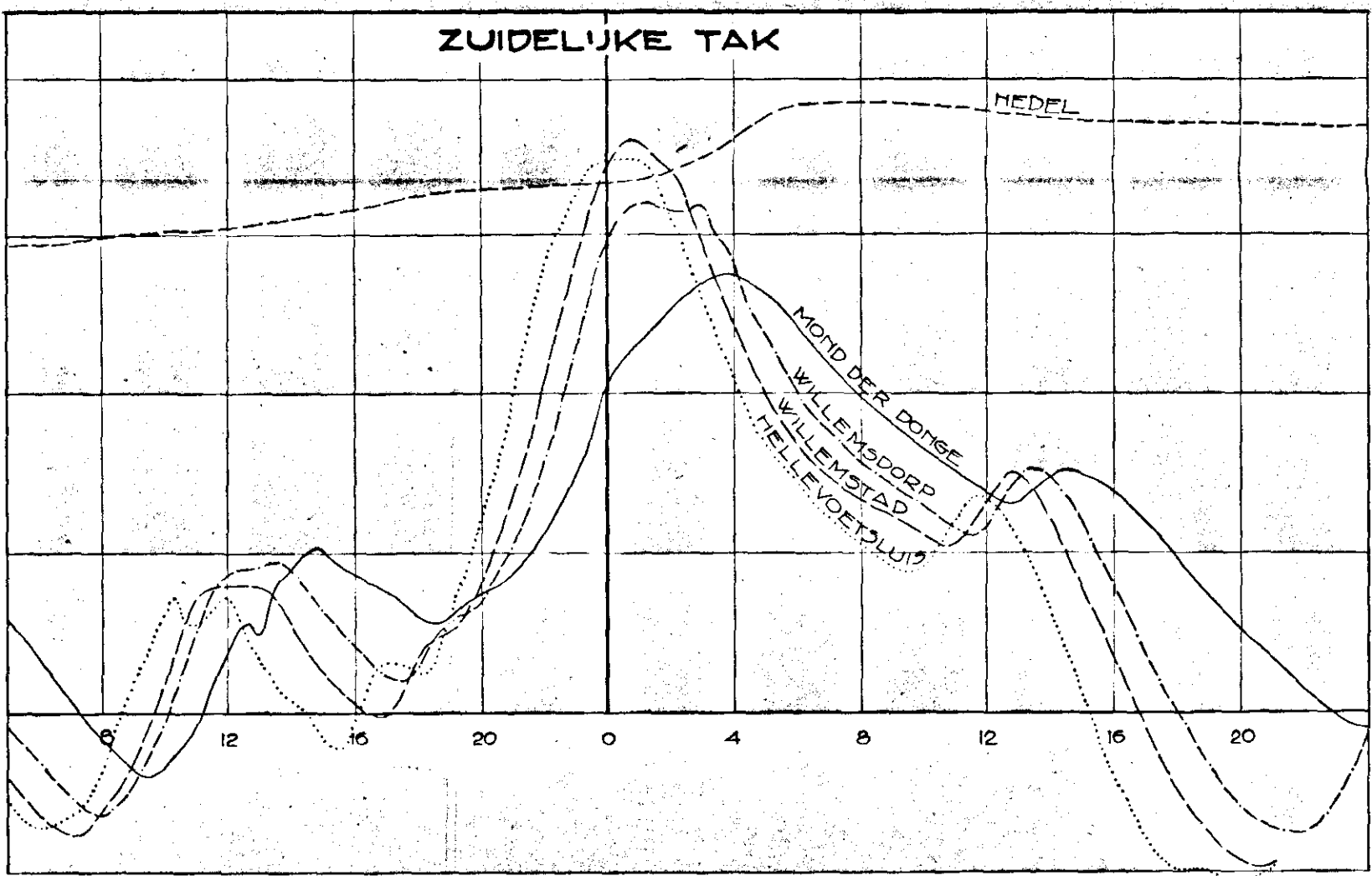
NOORDELIJKE TAK



WATERSTANDEN IN CM TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP
0

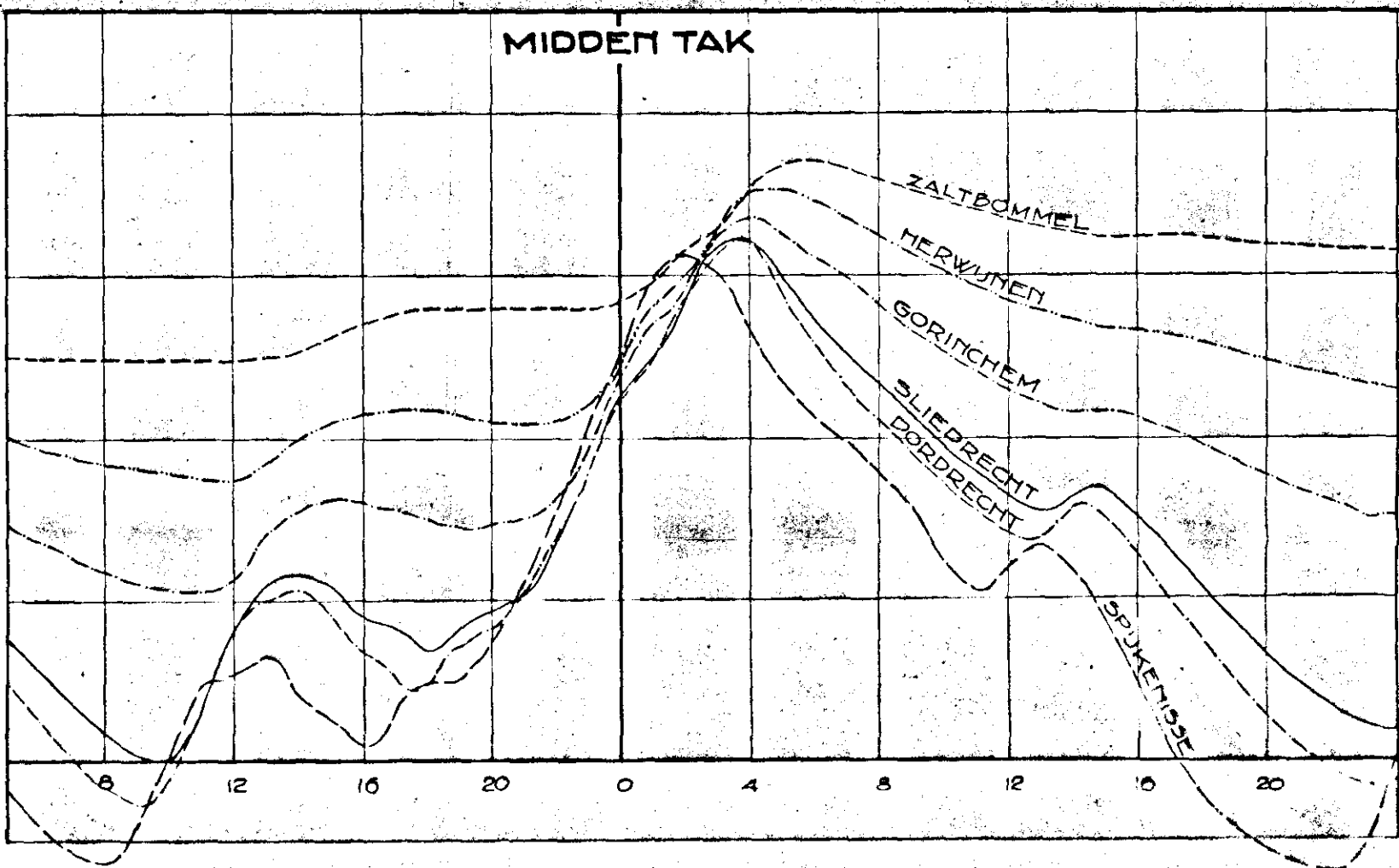
ZUIDELIJKE TAK



WATERSTANDEN IN CM TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP
0

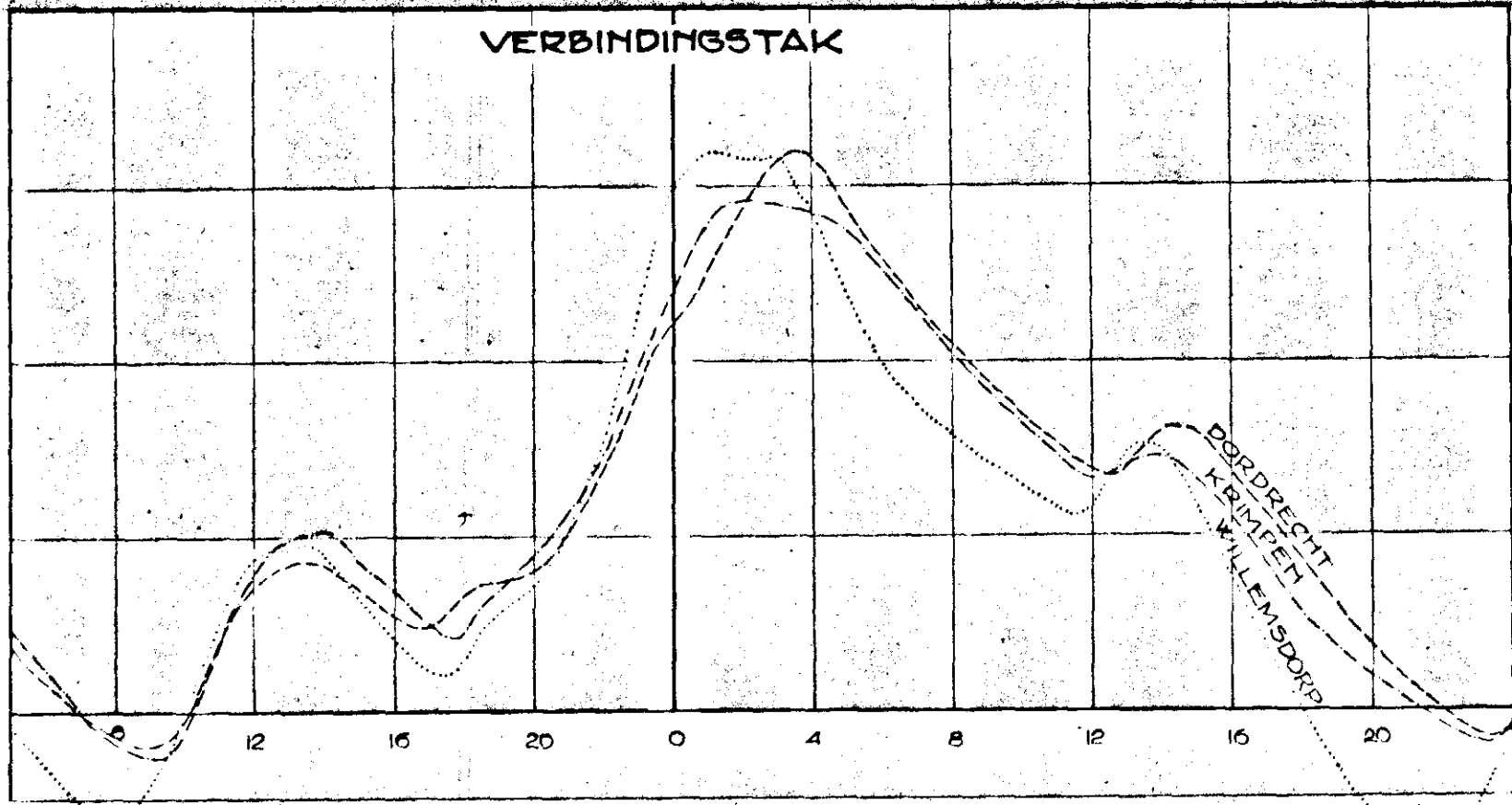
MIDDEN TAK



WATERSTANDEN IN CM TOV. NAP.

500
200
100
NAP
0

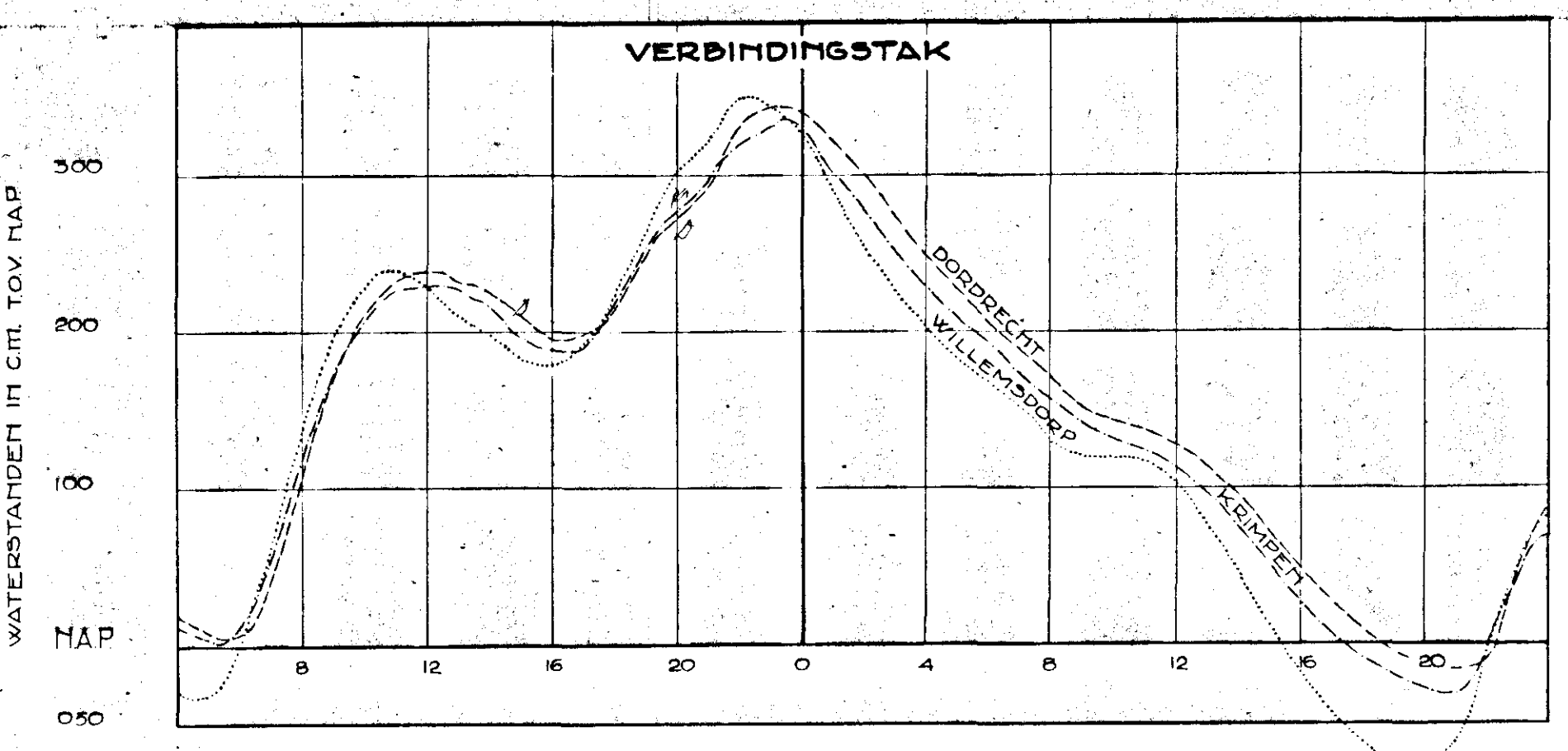
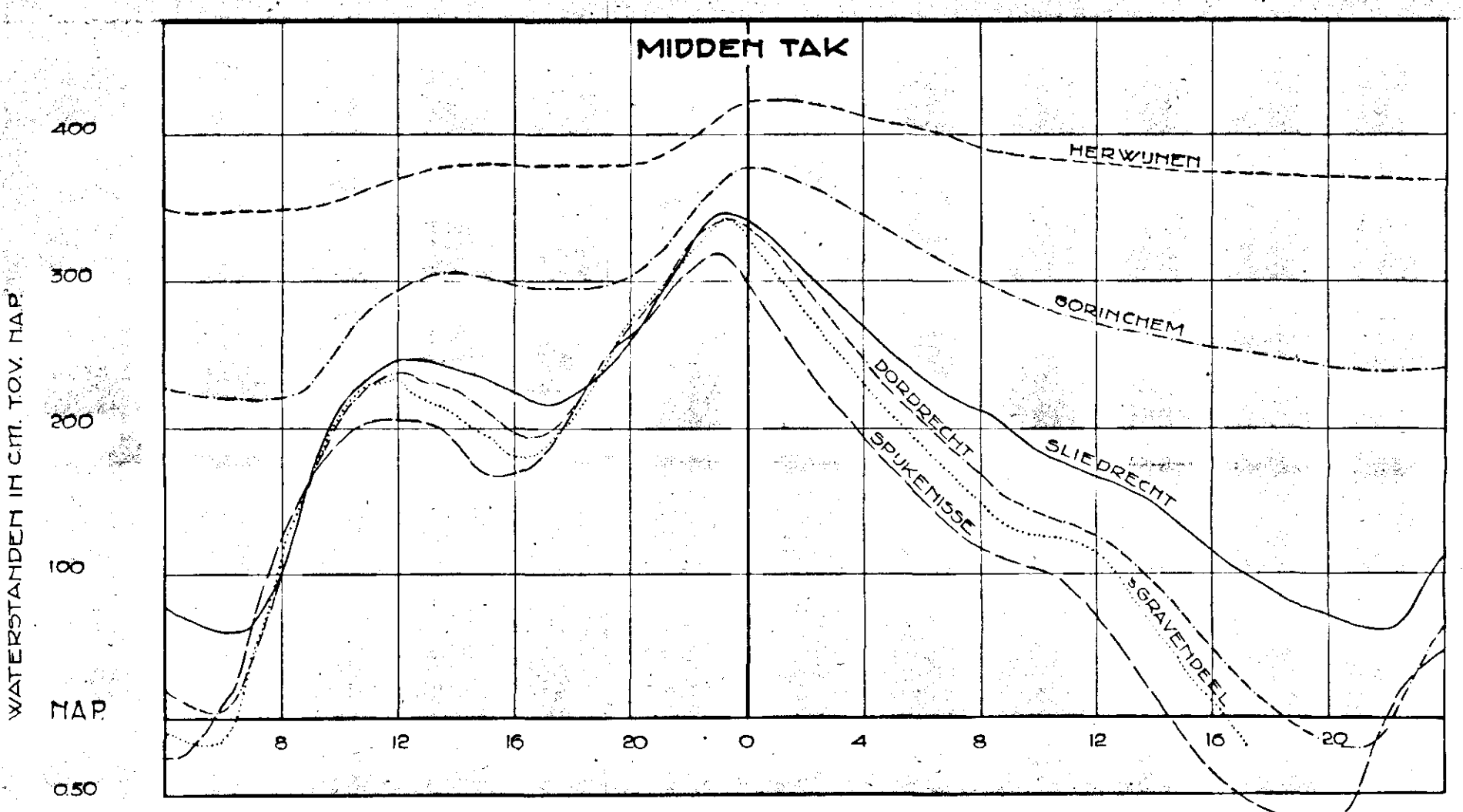
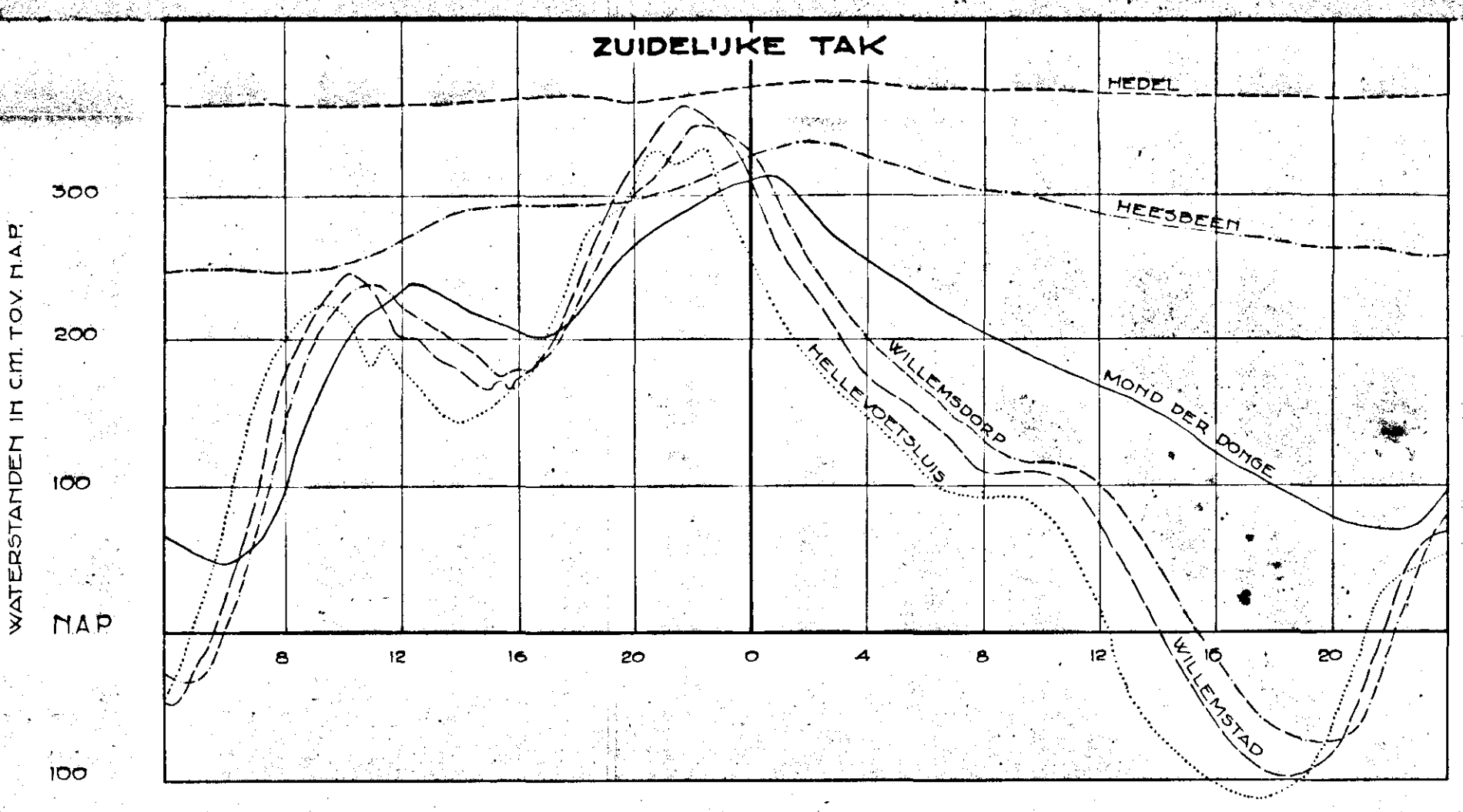
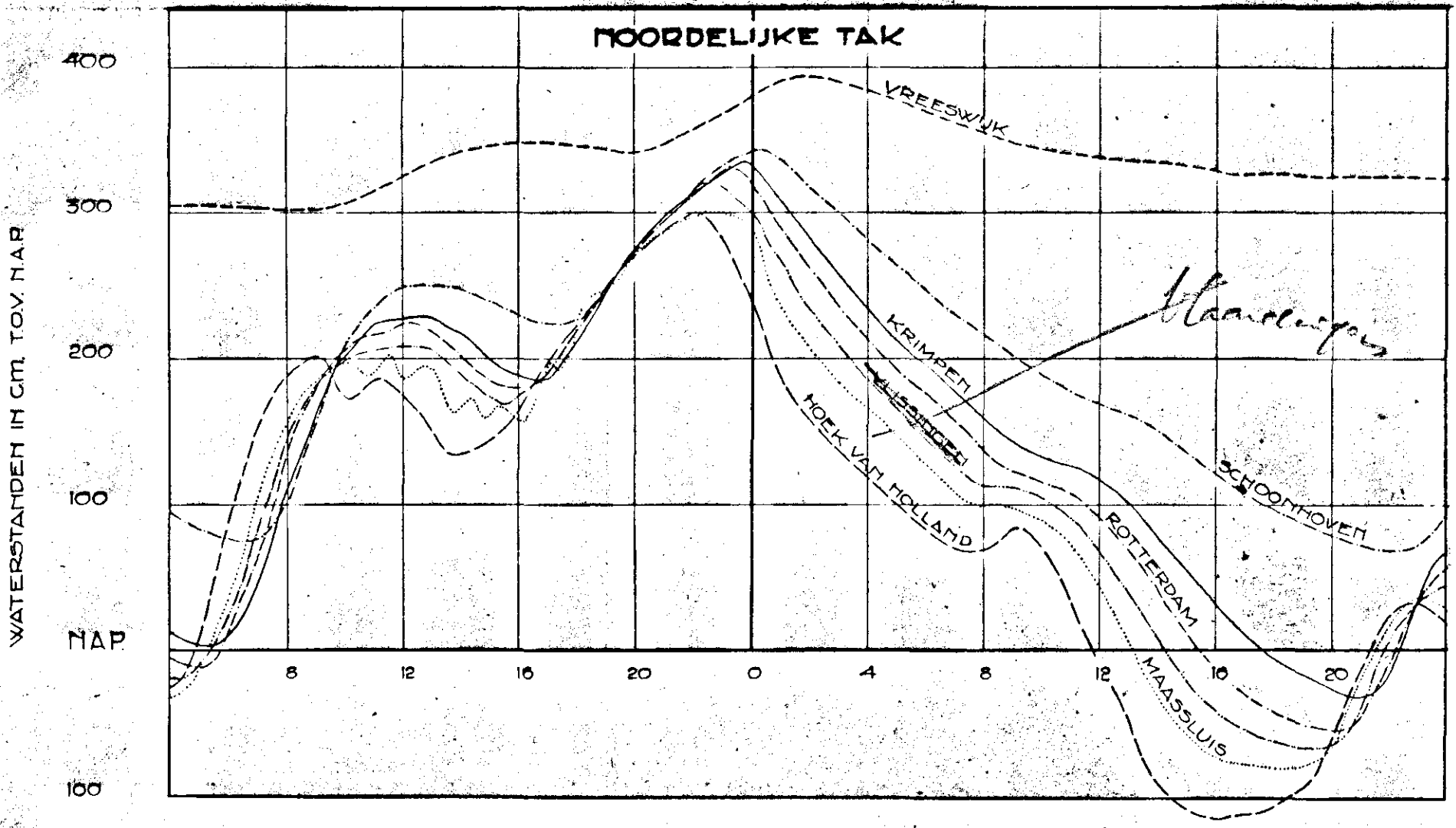
VERBINDINGSTAK



GETULIJEN VAN DEN STORMVLOED 1916

15 JANUARI

14 JANUARI



1226 BILAGE 23

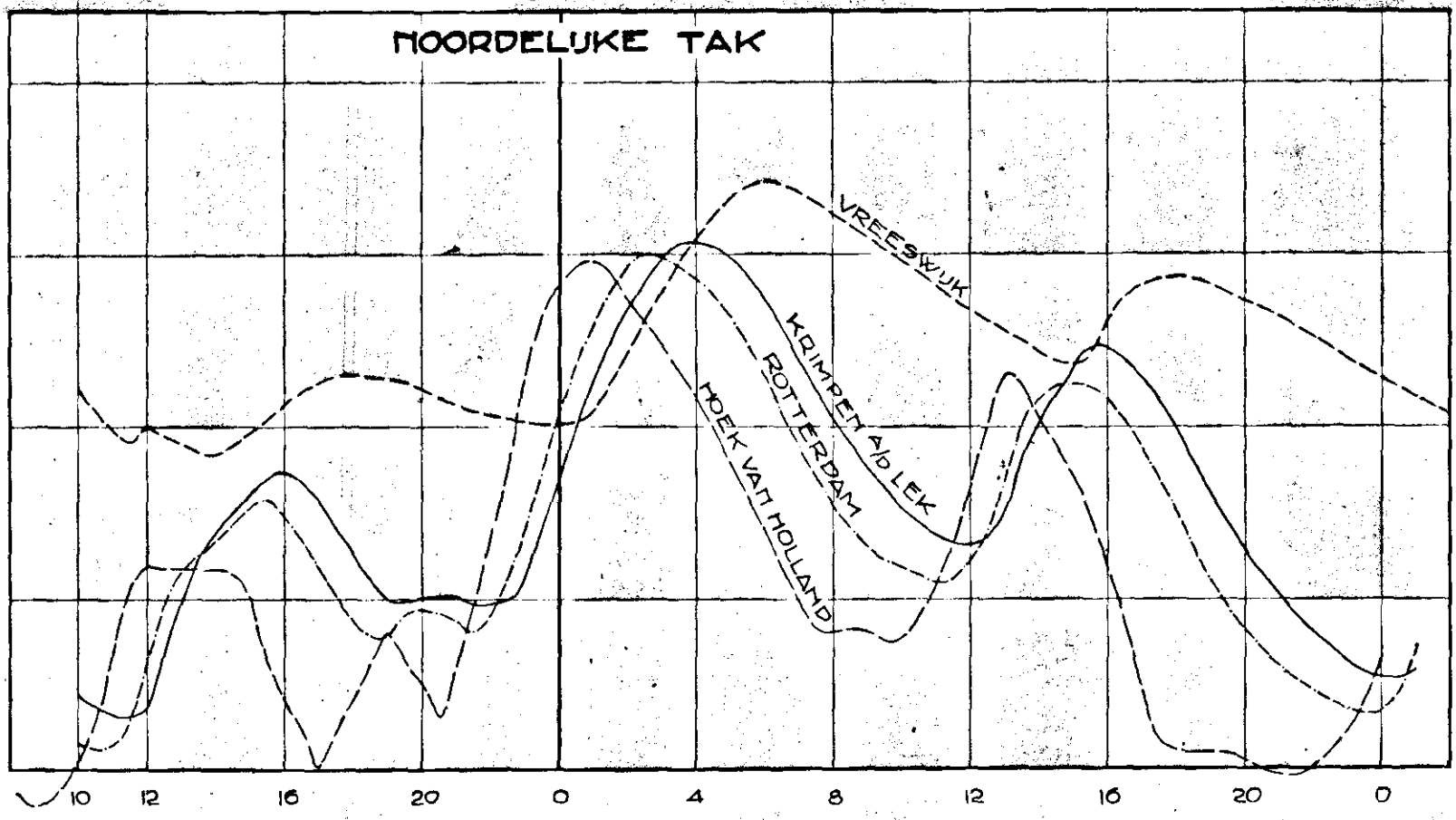
GETULIJNEN VAN DEN STORMVLOED 1928

25 NOVEMBER

26 NOVEMBER

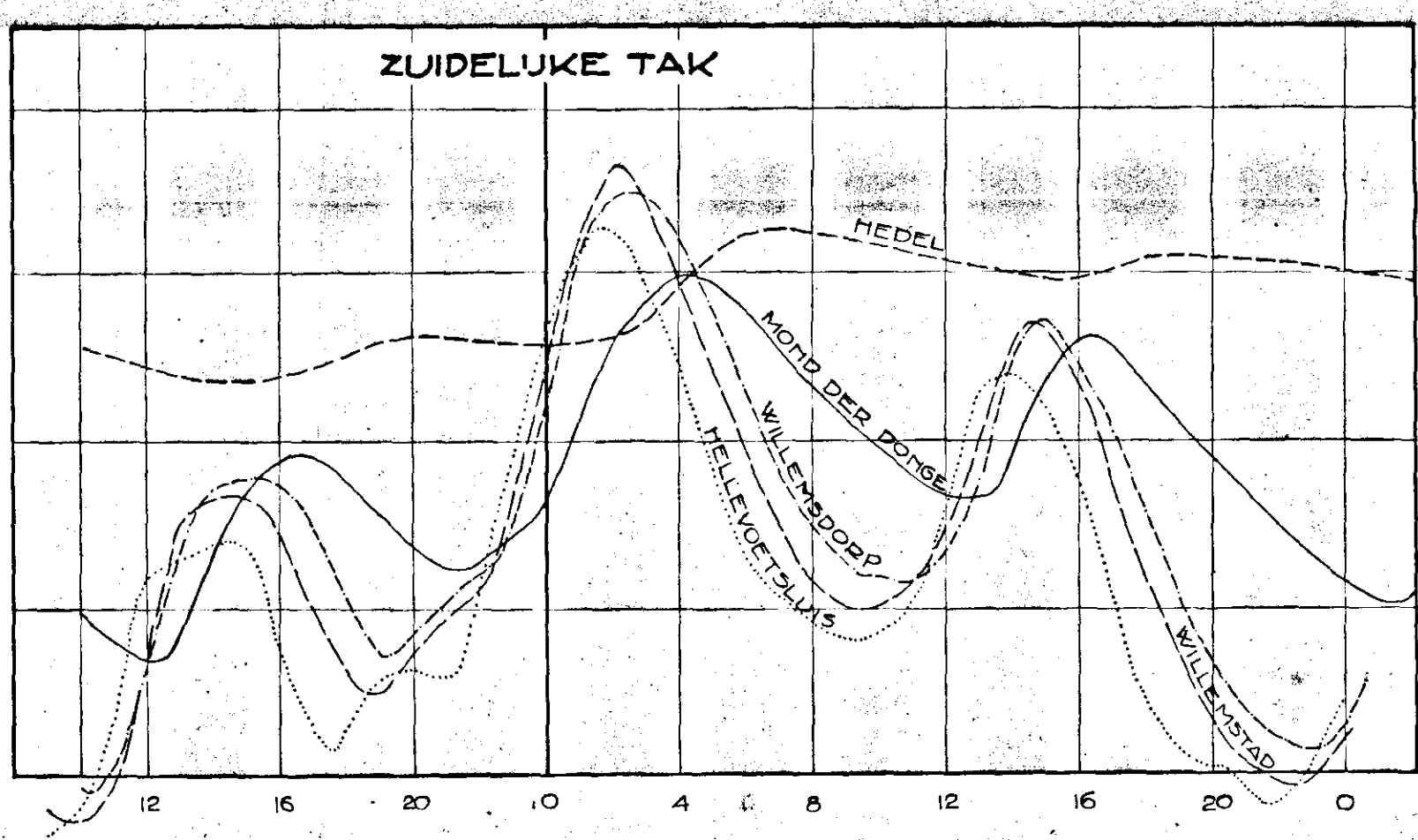
WATERSTANDEN IN CM. TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP



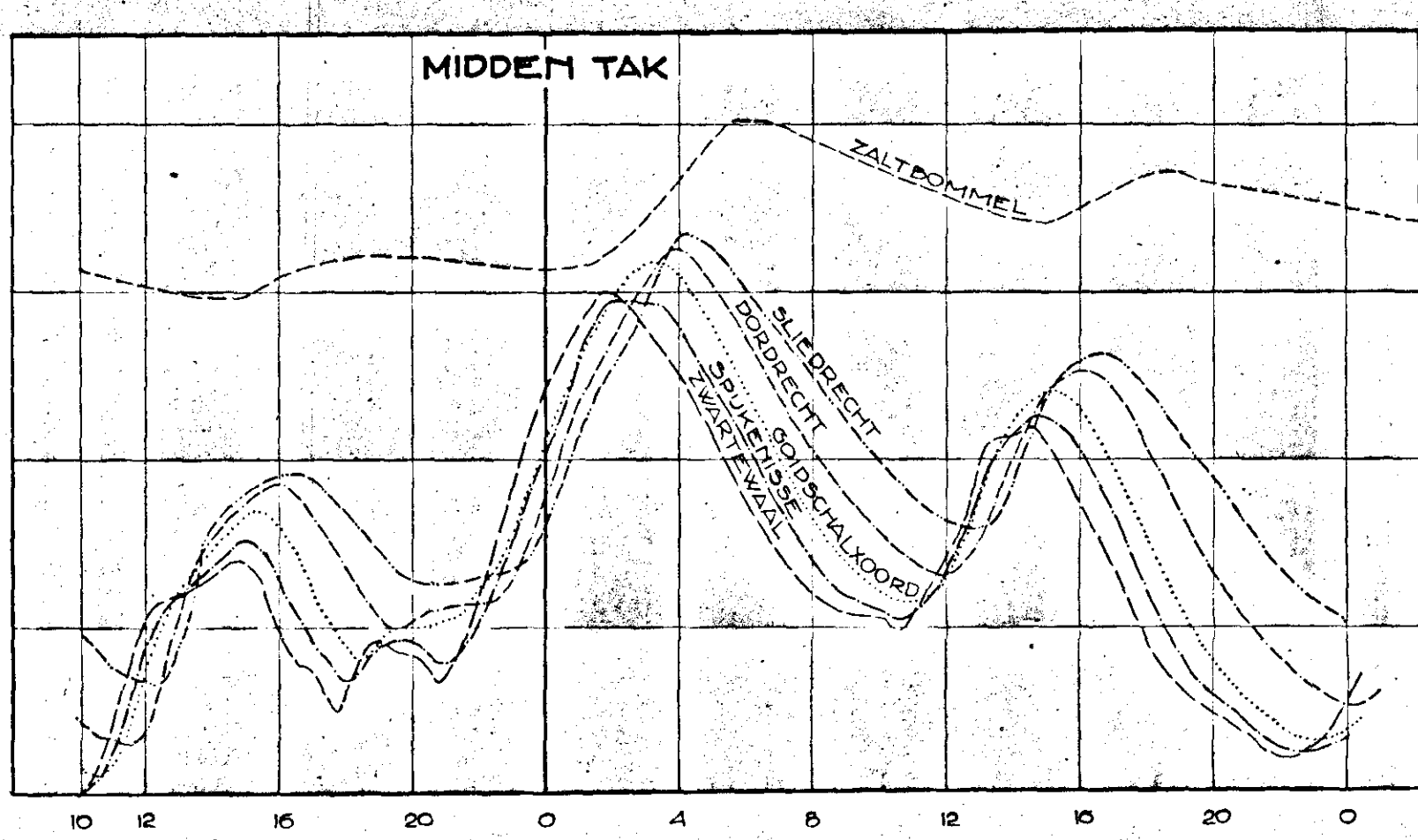
WATERSTANDEN IN CM. TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP



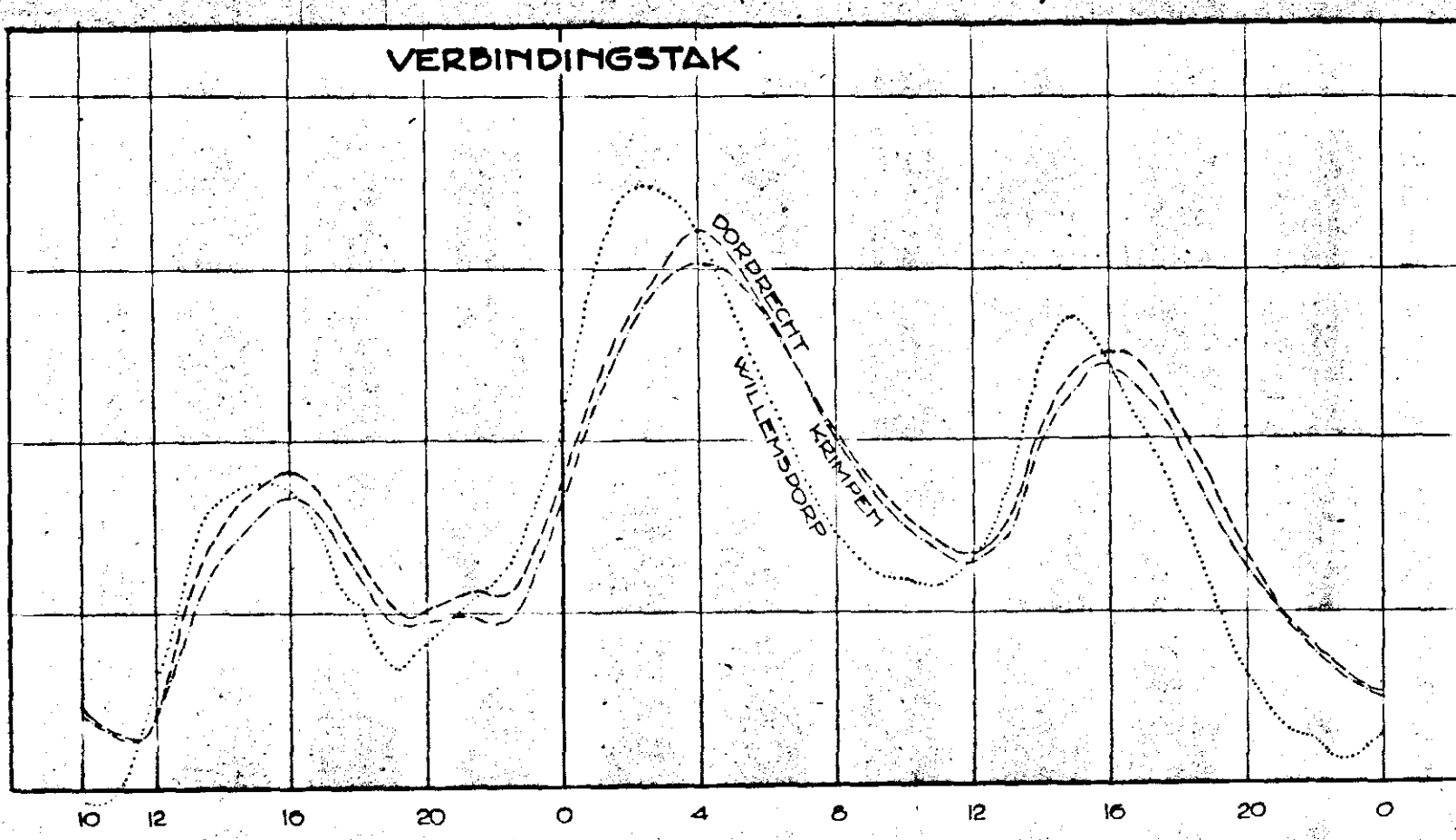
WATERSTANDEN IN CM. TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP



WATERSTANDEN IN CM. TOV. NAP.

400
300
200
100
NAP



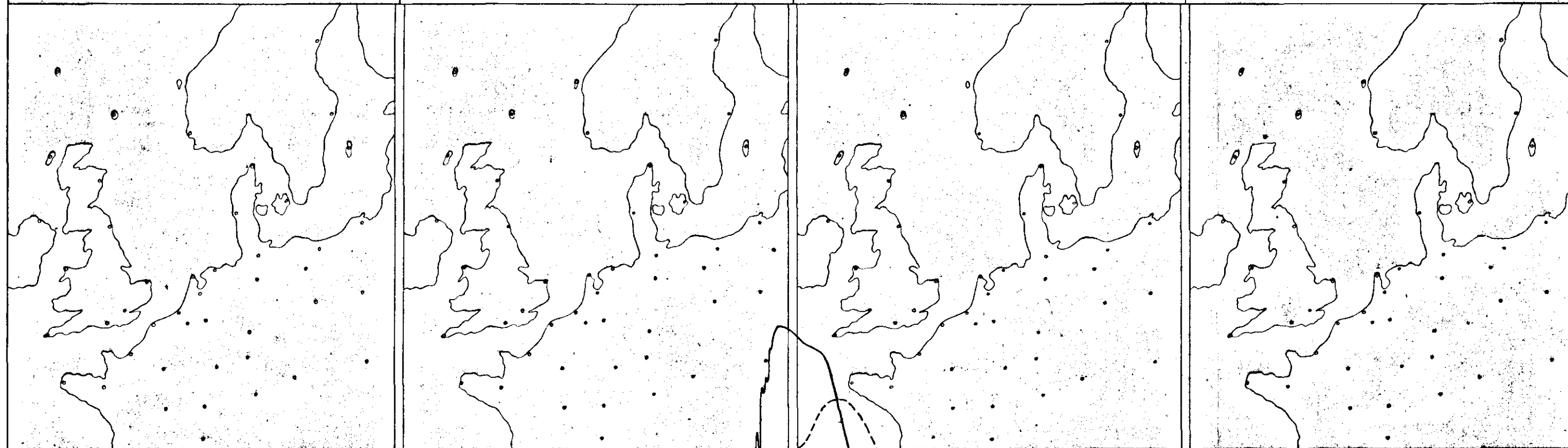
1126 BILAGE 24

21 DECEMBER 1894

22 DECEMBER 1894

23 DECEMBER 1894

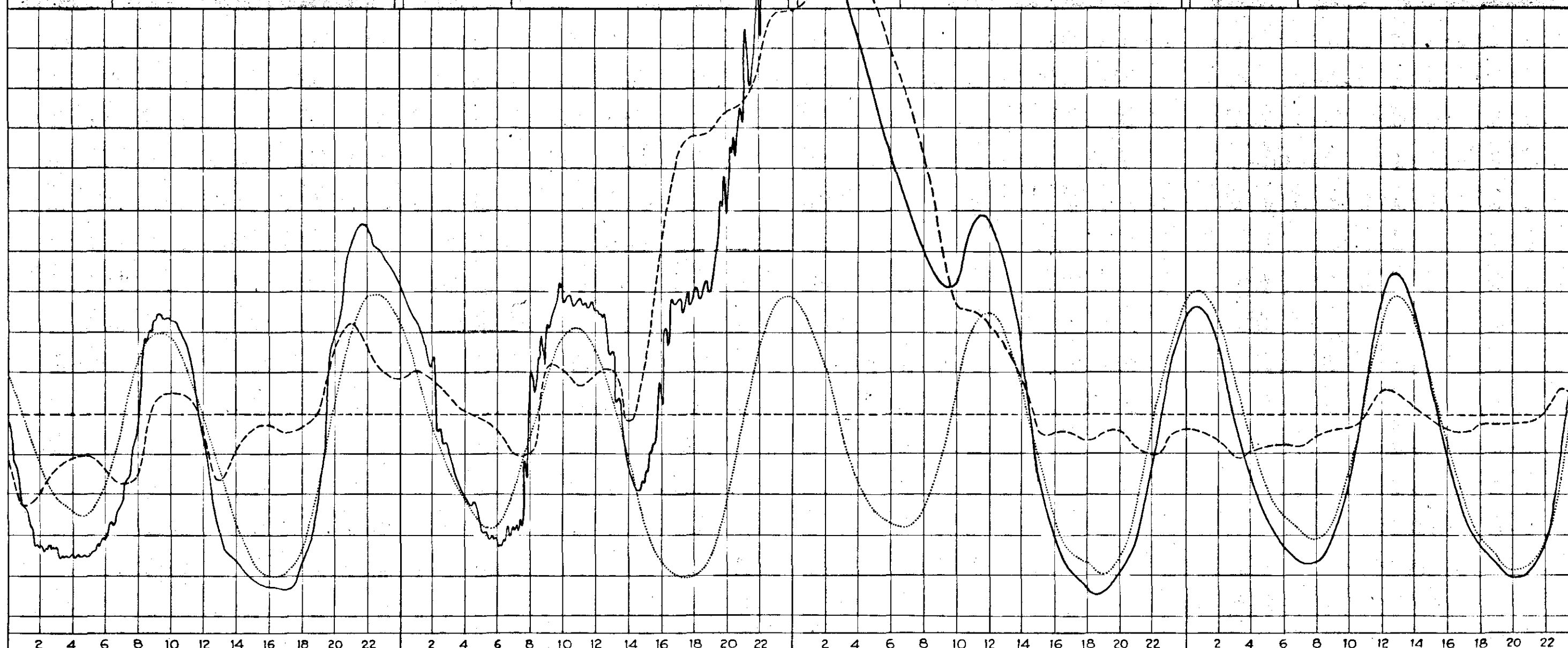
24 DECEMBER 1894



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT :

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	-140	-
O	132	187
K	86	356
Q	49	133
P	30	335
M	72.4	72
S ₂	18.5	129
N ₂	10.4	53
2MS	7.7	201
L	74	82
K ₂	72	132
V	43	22
X	2.5	118
M ₄	158	131
M ₅	98	183
M ₆	32	71



NM ● 27 DEC. 240

WATERSTANDEN IN M TOV N.A.P.

- WAARGENOMEN GETUKROMME TE HOEK V HOLLAND
- ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE HOEK V HOLLAND
- OPWAAIING TE HOEK V HOLLAND (AFLEZING TOV N.A.P.)

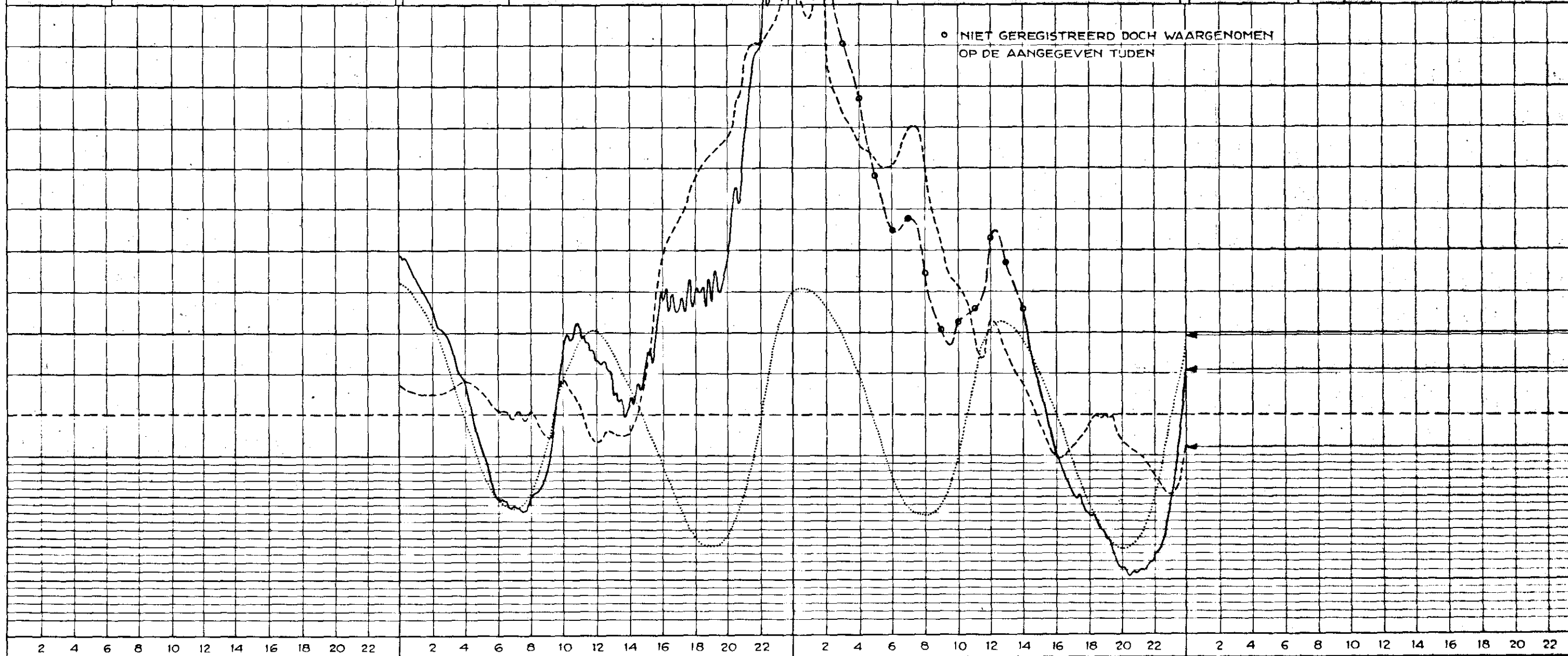
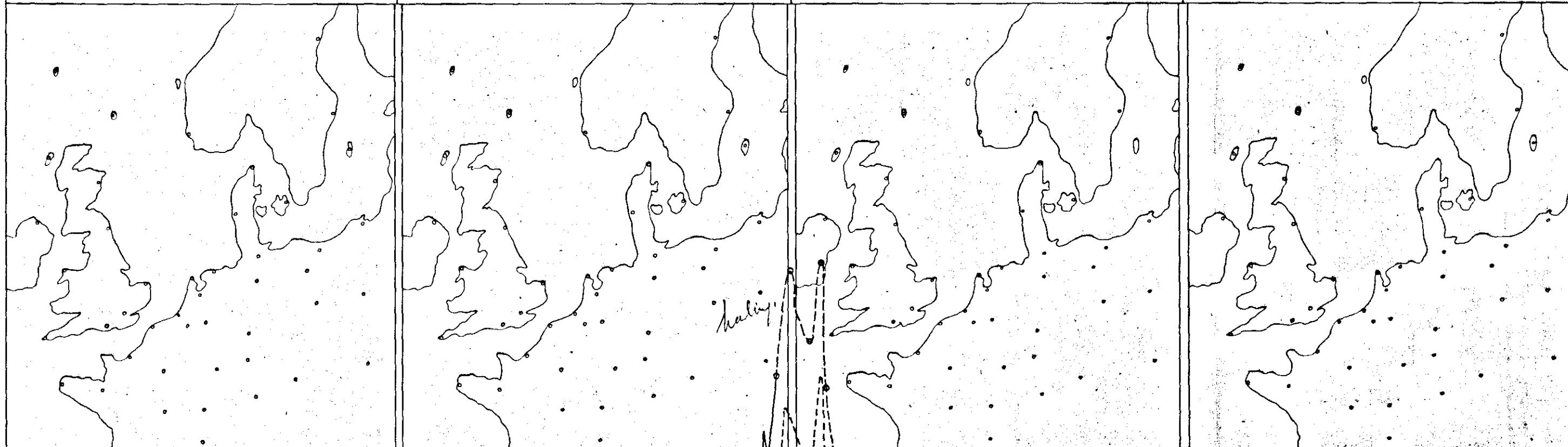
STORM VAN 1894 TE HOEK VAN HOLLAND

21 DECEMBER 1894

22 DECEMBER 1894

23 DECEMBER 1894

24 DECEMBER 1894



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT :

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	-32	-
O	135	187
O ₁	86	355
P	49	134
P ₂	33	340
M ₂	627	116
S ₂	163	181
N	88	102
ZMS	81	220
L	79	113
K ₁	59	183
V	42	65
X	22	149
M ₄	169	154
M ₅	97	211
M ₆	39	254

250+
200+
150+
100+
50+
NAP
050+
100+

WATERSTANDEN IN M TOV NAP

ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE UMUIDEN

WAARGENOMEN GETUKROMME TE UMUIDEN








OPWAARSING TE UMUIDEN AFLEZING TOV NAP

27 DECEMBER 240

one stem

**STORM VAN 1894
TE UMUIDEN**

TOELICHTING

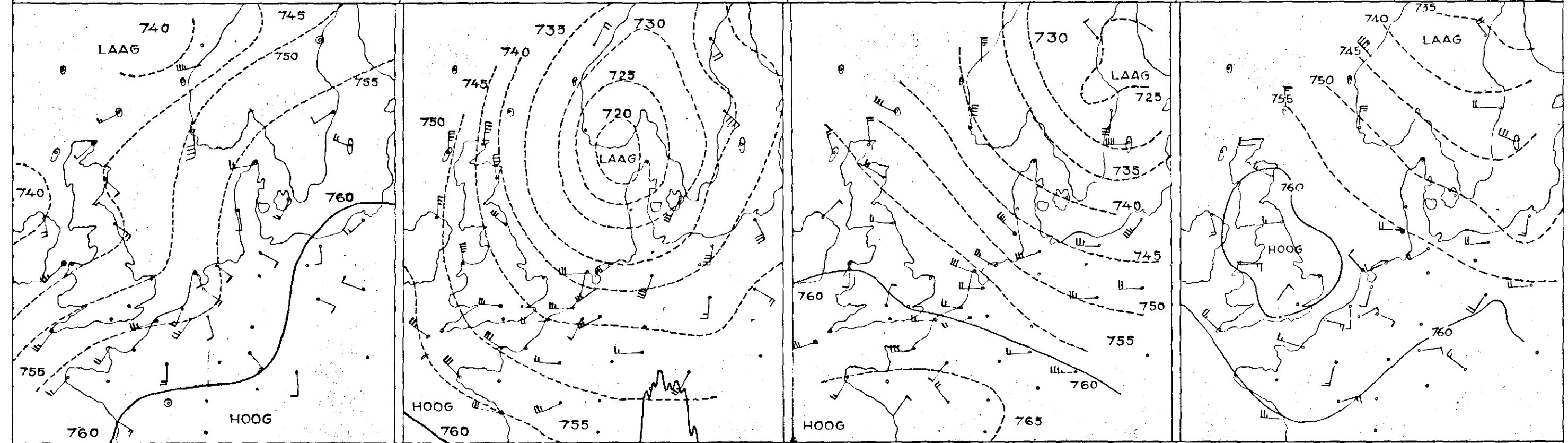
-  ZWAKKE WIND
-  MATIGE WIND
-  KRACHTIGE WIND
-  STORMMAGTIGE WIND
-  STORM
-  ZWARE STORM
-  ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WYST IN DE RICHTING, WAARIN DE WIND WAAIT

11 MAART 1906

12 MAART 1906

13 MAART 1906



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	-15.6	-
O	9.7	187
K ₁	7.1	356
P	4.2	133
Q	3.0	335
M ₂	7.74	72
S ₂	18.5	129
N	11.1	53
2M ₅	7.7	201
L	7.0	82
K ₂	4.4	132
V	4.6	22
X	2.7	118
M ₄	18.0	131
M ₅	10.5	183
M ₆	3.9	71

BAROMETERSTAND TE DE BILT

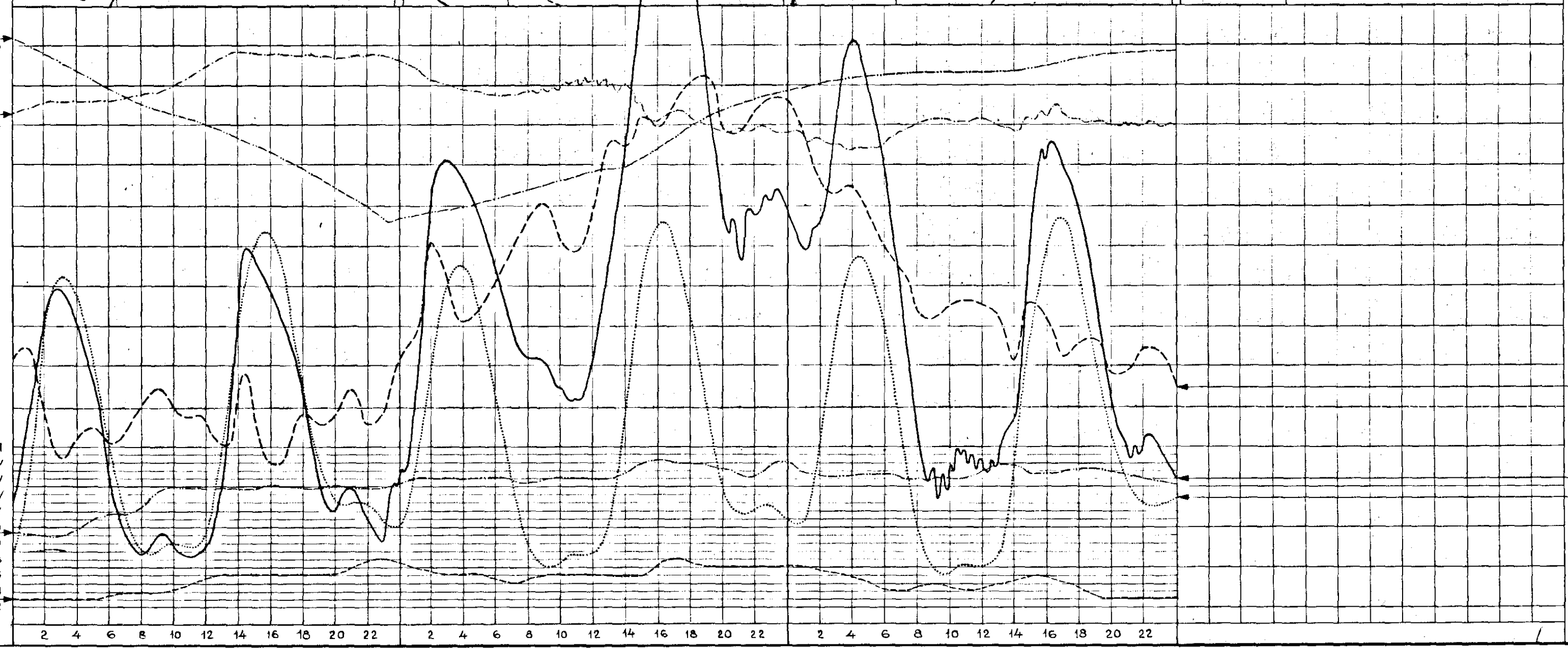
TEMPERATUUR TE DE BILT

WINDRICHTING TE DE BILT

WINDKRACHT TE DE BILT

BAROMETERSTAND IN mm
TEMPERATUUR IN °C

WIND
KRACHT (BEAUFORT)
RICHTING



250+

200+

150+

100+

050+

N.A.P.

050-

100-

⊙ L K 17 MAART 0.17

(OPWAAIING TE HOEK V HOLLAND (AFLEZING TOV N.A.P.))

(WAARGENOMEN GETUKROMME TE HOEK V HOLLAND)

(ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE HOEK V HOLLAND)

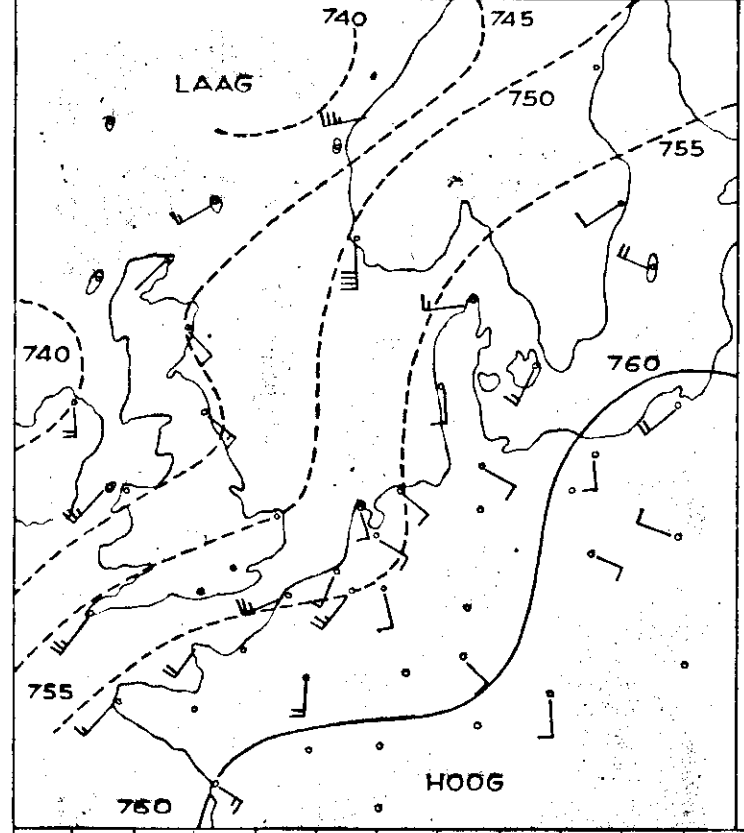
STORM VAN 1906 TE HOEK VAN HOLLAND

TOELICHTING

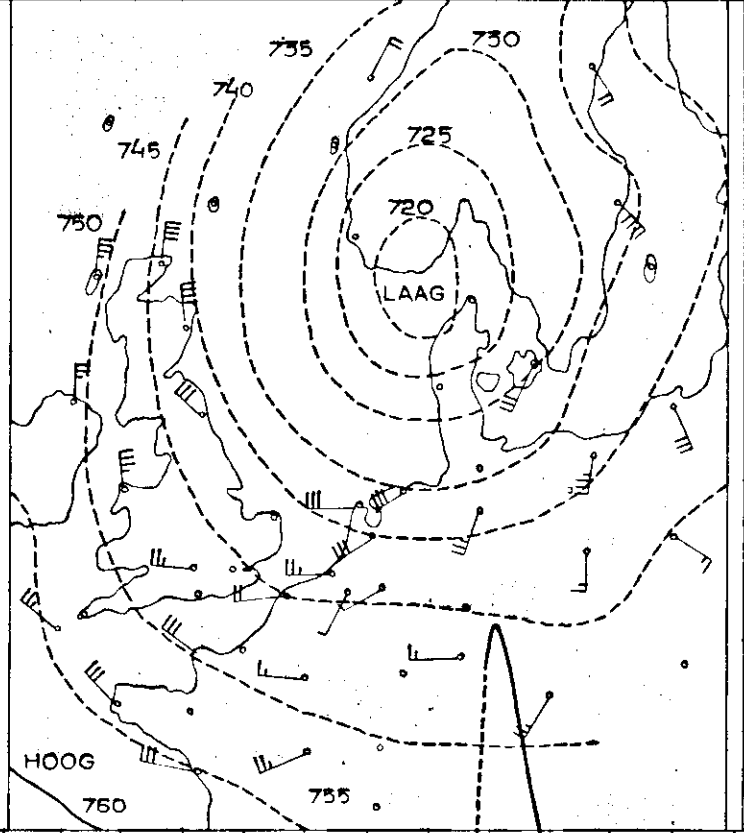
- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUST IN DE RICHTING, WAARIN DE WIND WAAIT.

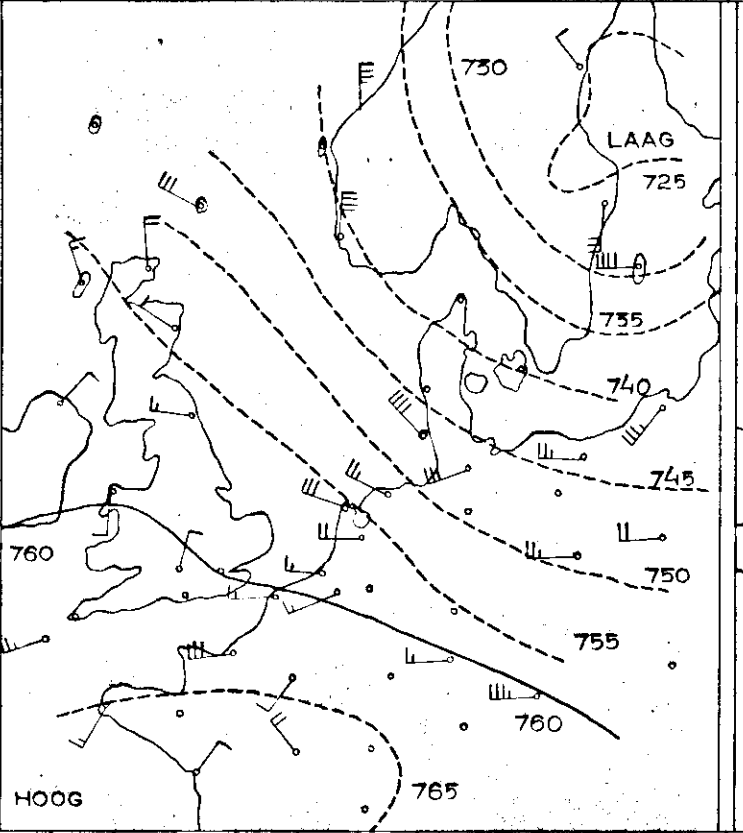
11 MAART 1906



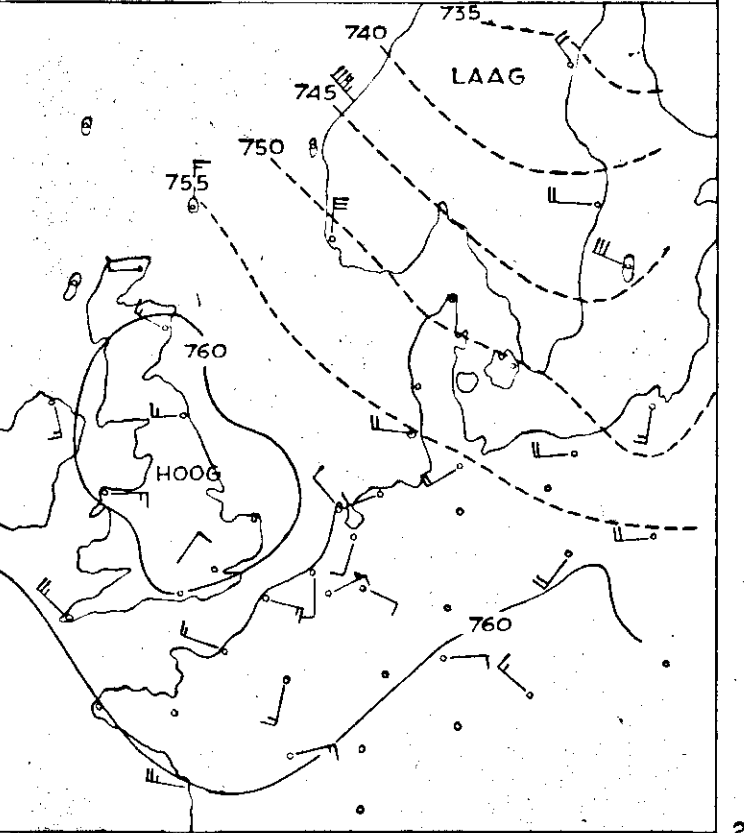
12 MAART 1906



13 MAART 1906



14 MAART 1906



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	-22.7	-
O	9.9	187
K	7.1	355
Q	4.2	134.5
P	3.3	340
M ₂	67.0	116
S ₂	16.3	181
I	9.4	102
2MS	8.1	220
L	7.6	113
K ₂	3.6	183
V	4.5	65
λ	2.3	149
M ₄	19.2	154.5
MS	10.4	211
M ₆	4.8	254

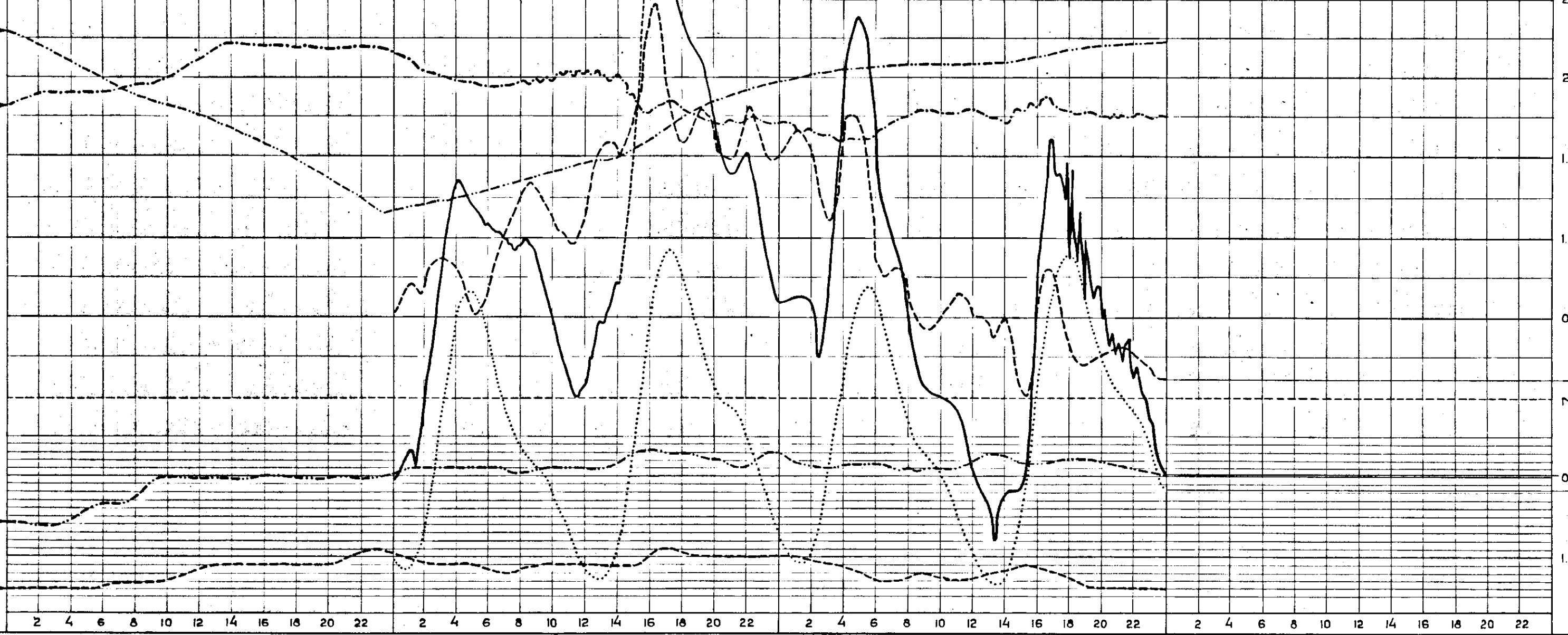
BAROMETERSTAND TE DE BILT

TEMPERATUUR TE DE BILT

12 MRT 0^h-14^h ZELFREG PEILSCHAAL
 12 MRT 14^h-16^h GEEN WAARNEMINGEN
 12 MRT 16^h-13 MRT 17^h WAARN. OM HET UUR
 AFLEZINGEN PEILSCHAAL
 13 MRT 17^h-24^h WAARN. OM DE 10 MINUTEN
 AFLEZINGEN PEILSCHAAL

WINDRICHTING TE DE BILT

WINDKRACHT TE DE BILT



2.50+

2.00+

1.50+

1.00+

0.50+

N.A.P.

0.50

1.00-

⊙ L.K. 17 MAART 017

OPWAAIING TE UMUIDEN (AFLEZING T.O.V. N.A.P.)

WAARGENOMEN GETUKROMME TE UMUIDEN

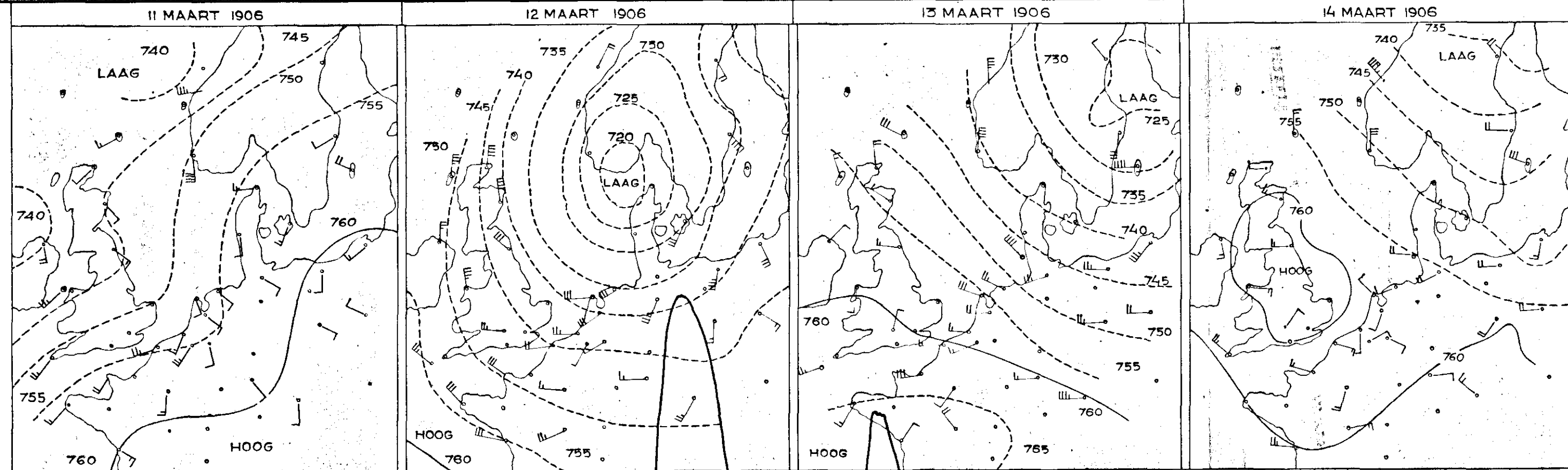
ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE UMUIDEN

STORM VAN 1906 TE UMUIDEN

TOELICHTING

- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUJST IN DE RICHTING, WAARIN DE WIND WAAIT



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT

GETIJ	H IN CM	k IN GRADEN
A	+3.8	-
O	7.9	213
X ₁	5.8	22
P	3.9	163
Q	2.9	23
M ₂	96.5	117
S ₂	21.0	176
Z	14.4	98
2MS	9.0	228
L	8.7	125
K ₂	4.6	181
V	6.4	63
X	3.2	163
M ₄	14.0	186
MS	8.0	244
M ₆	4.9	238

BAROMETERSTAND TE DE BILT

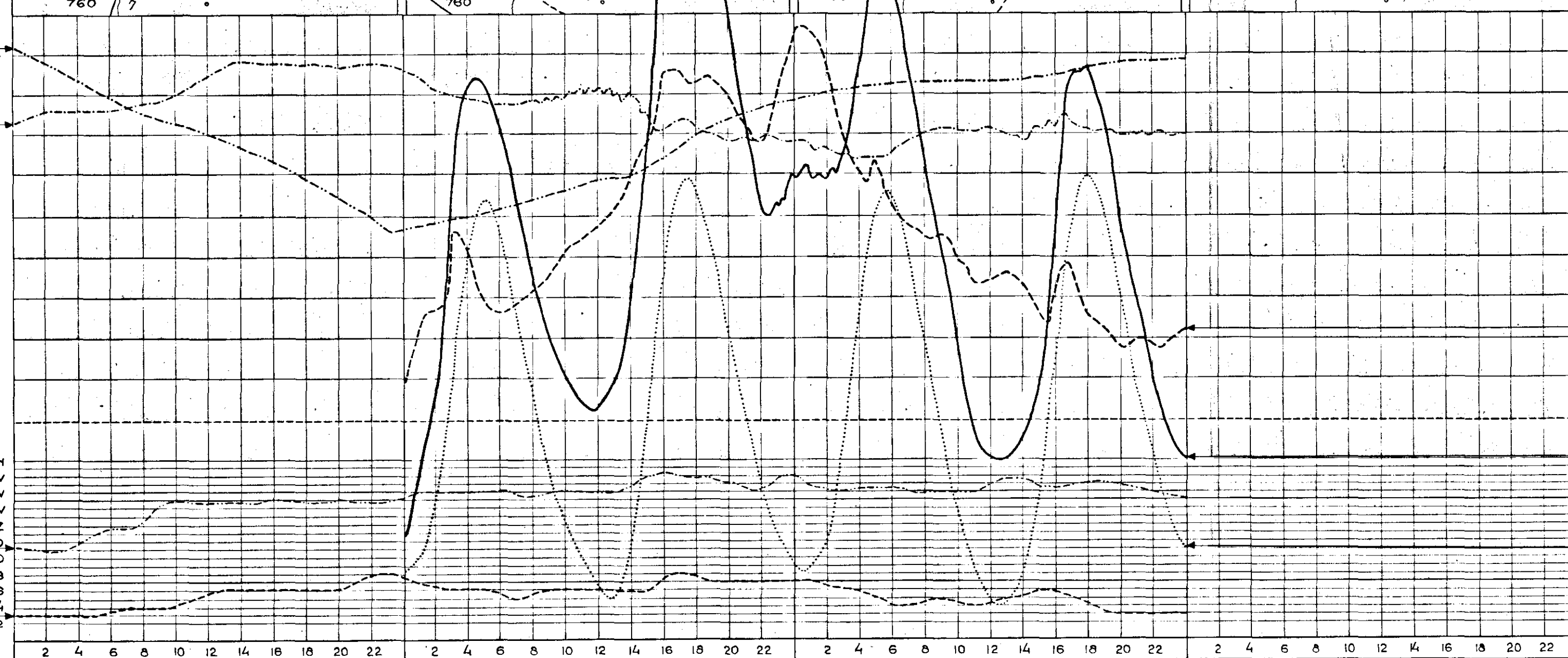
TEMPERATUUR TE DE BILT

WINDRICHTING TE DE BILT

WINDKRACHT TE DE BILT

BAROMETERSTAND IN MM
TEMPERATUUR IN °C

WIND
RICHTING
KRACHT (BEAUFORT)



L.K. 17 MAART 017

OPWAAIING TE WILLEMSTAD (AFLEZING TOV N.A.P.)

WAARGENOMEN GETUKROMME TE WILLEMSTAD

ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE WILLEMSTAD

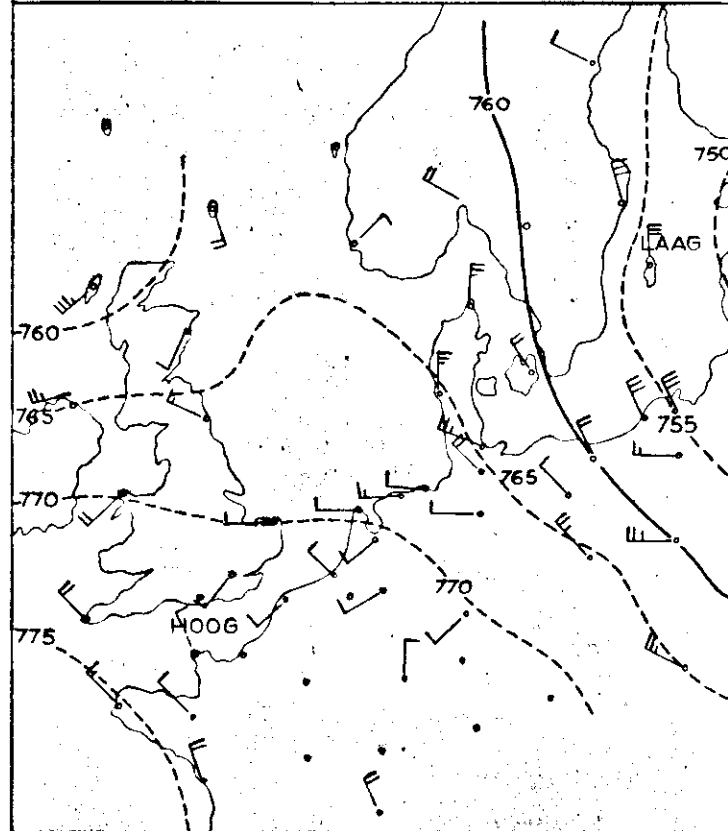
STORM VAN 1906 TE WILLEMSTAD

TOELICHTING

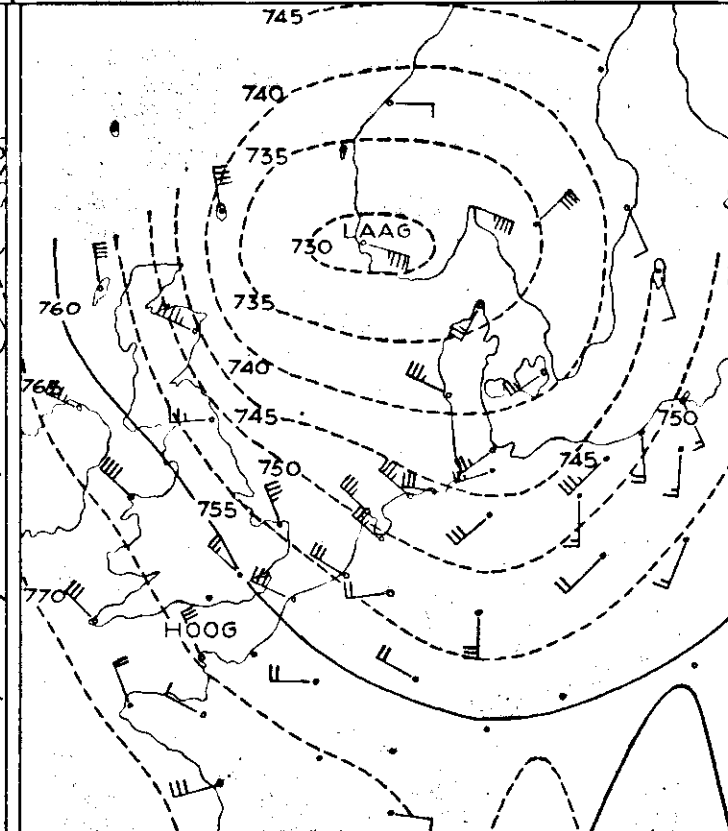
- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WIJST IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT

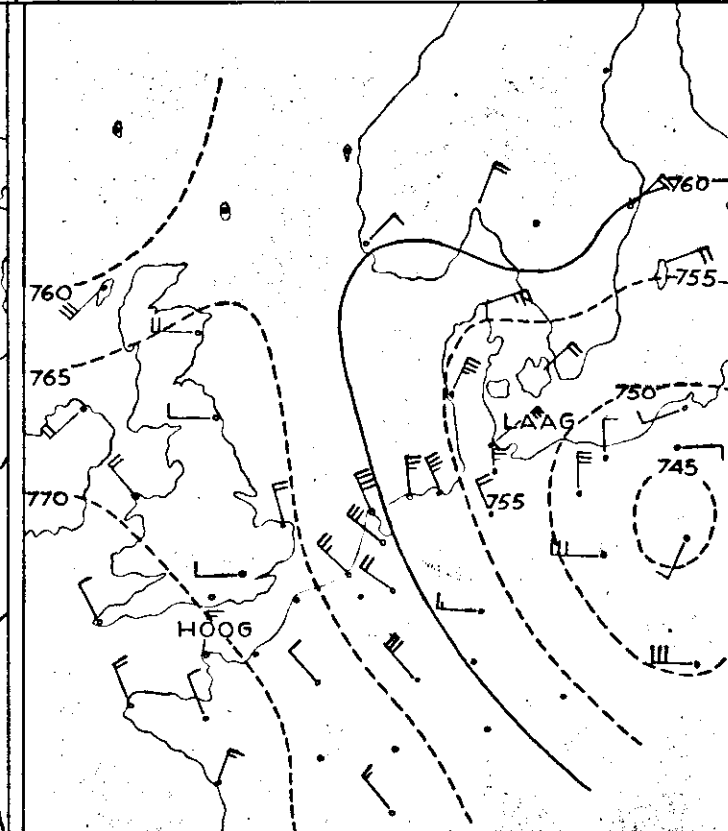
12 JANUARI 1916



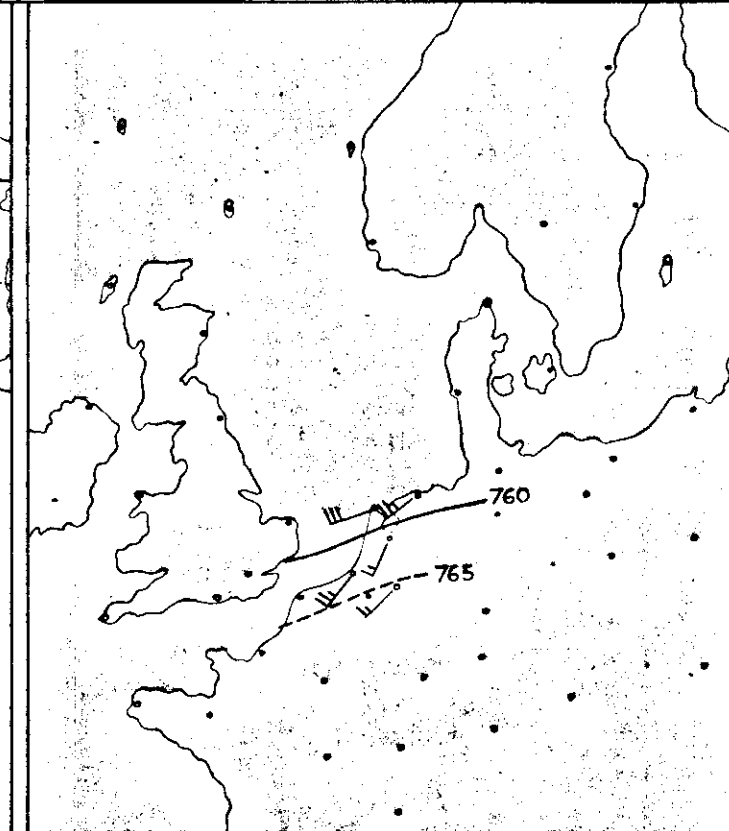
13 JANUARI 1916



14 JANUARI 1916



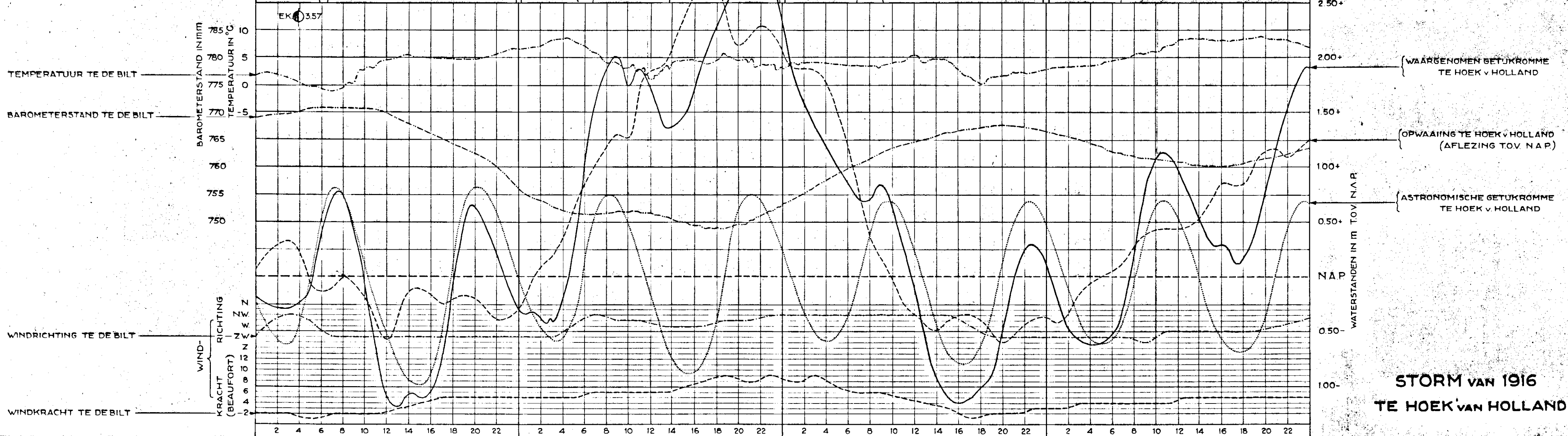
15 JANUARI 1916



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	-5.1	-
O	12.6	187
K ₁	8.3	356
Q	5.5	133
P	3.0	335
M ₂	73.5	72
S ₂	18.5	129
N	10.6	53
2M ₅	7.7	201
L	9.1	82
K ₂	6.6	132
V	4.4	22
X	2.5	118
M ₄	16.2	131
M ₅	10.0	183
M ₆	3.4	71



**STORM VAN 1916
TE HOEK VAN HOLLAND**

TOELICHTING.

- ZWAKKE WIND.
- MATIGE WIND.
- KRACHTIGE WIND.
- STORMMAGTIGE WIND.
- STORM.
- ZWARE STORM.
- ORKAAN.

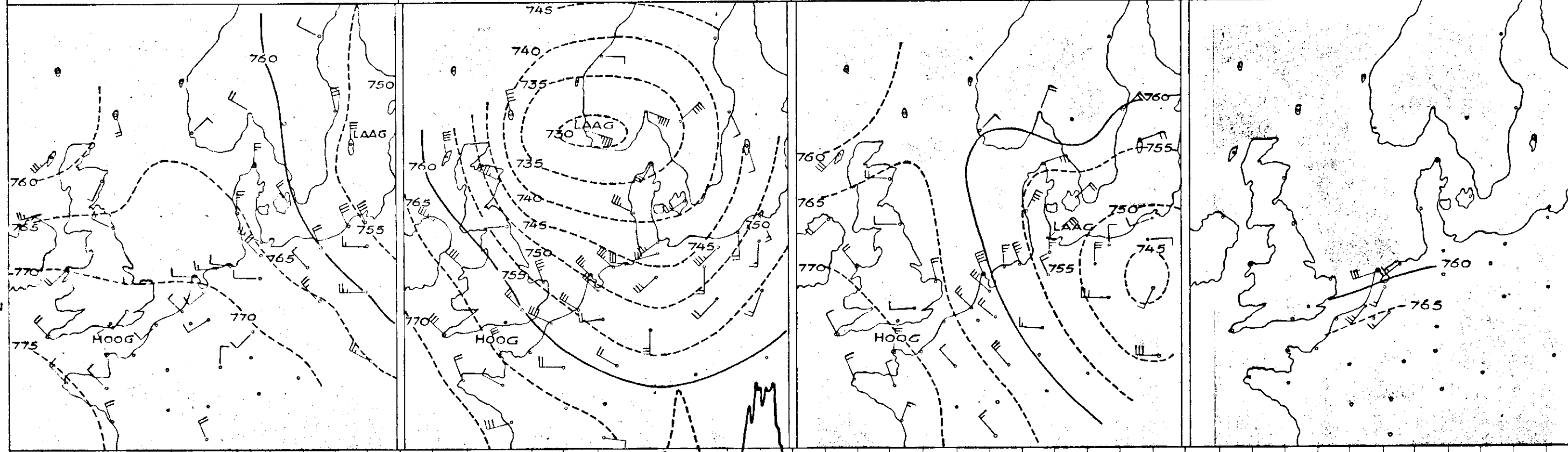
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUST, IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT.

12 JANUARI 1916.

13 JANUARI 1916.

14 JANUARI 1916.

15 JANUARI 1916.



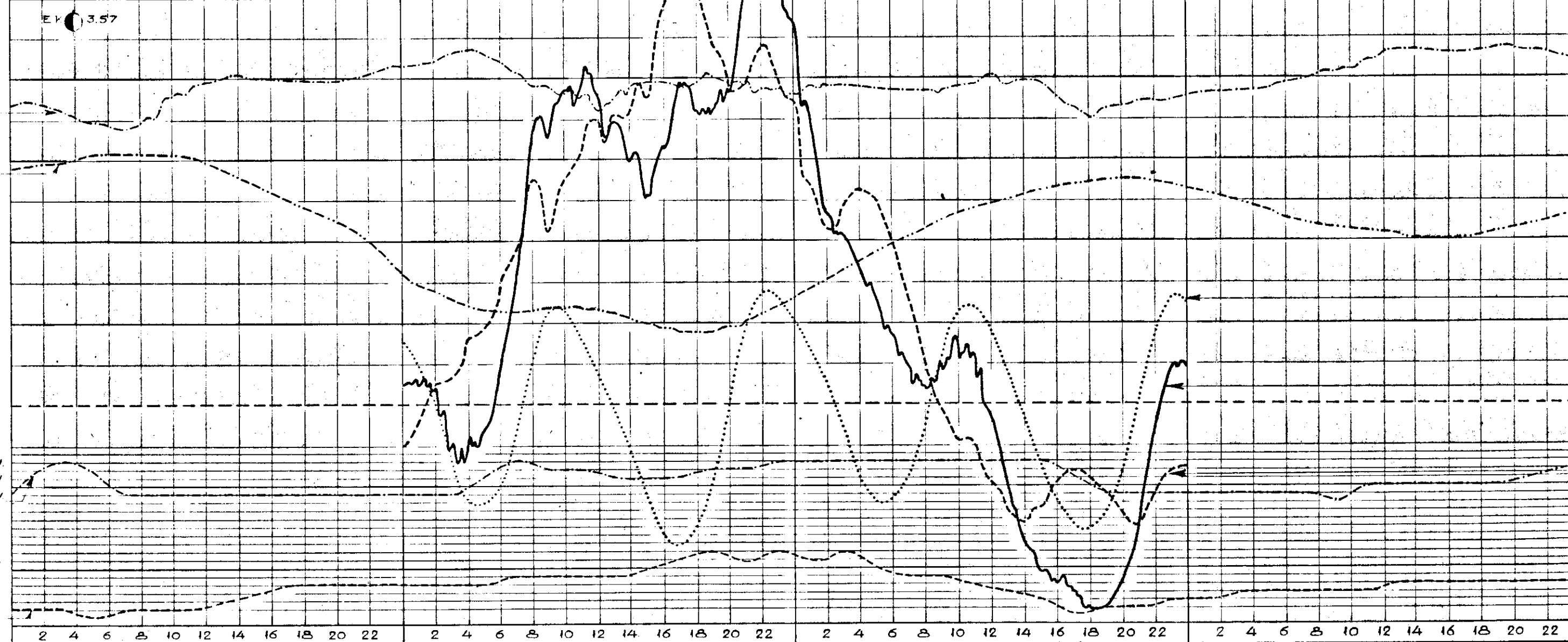
TOELICHTING.

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM.	K IN GRADEN.
A	-5.3	-
O	12.9	187
K ₁	8.3	355
O	5.5	134.5
P	3.3	340
M ₂	63.6	116
S ₂	16.3	181
N	8.9	102
ZM ₅	8.1	220
L	9.8	113
K ₂	5.4	183
V	4.3	65
X	2.2	149
M ₄	17.4	154.5
M ₅	9.9	211
M ₆	4.1	254

TEMPERATUUR TE DE BILT.
 BAROMETERSTAND TE DE BILT.
 WINDRICHTING TE DE BILT.
 WINDKRACHT TE DE BILT.

BAROMETERSTAND IN MM.
 TEMPERATUUR IN °C.
 WINDKRACHT (BEAUFORT)



2.50+
 2.00+
 1.50+
 1.00+
 0.50+
 N.A.P.
 0.50-
 1.00-
 WATERS TANDEN IN M TOV. N.A.P.

ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE UMUIDEN.
 WAARGENOMEN GETUKROMME TE UMUIDEN.
 OPWAANING TE UMUIDEN. (AFLEZING TOV. N.A.P.)

**STORM VAN 1916
 TE UMUIDEN**

TOELICHTING.

- ZWAKKE WIND.
- MATIGE WIND.
- KRACHTIGE WIND.
- STORMMAGTIGE WIND.
- STORM.
- ZWARE STORM.
- ODKAAN.

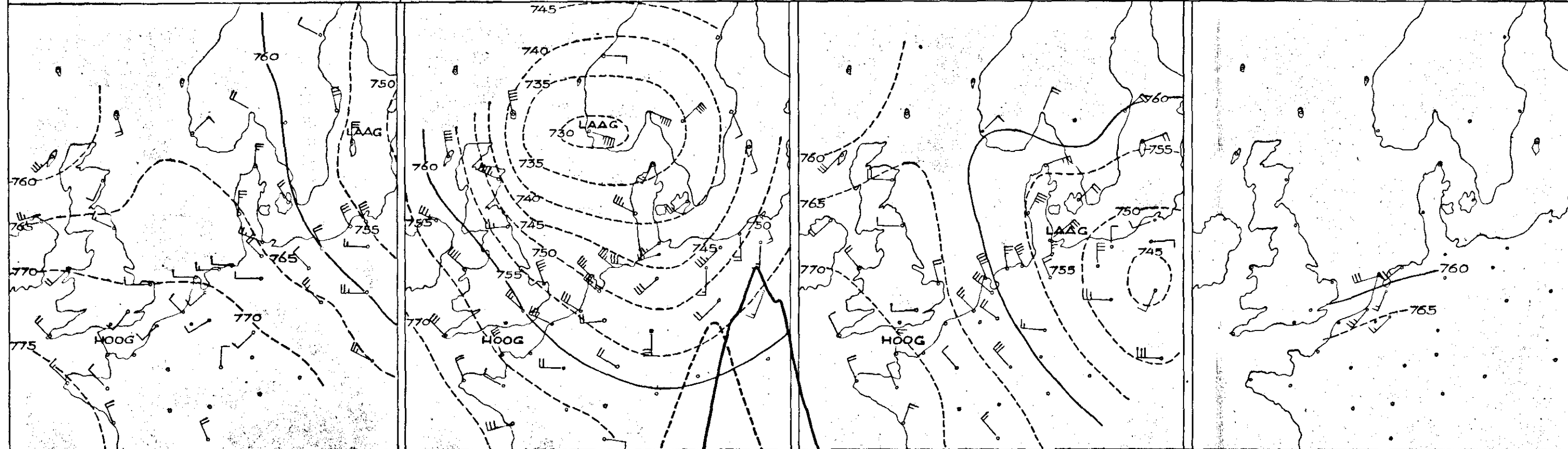
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUST IN DE RICHTING, WAARIN DE WIND WAAIT.

12 JANUARI 1916.

13 JANUARI 1916.

14 JANUARI 1916.

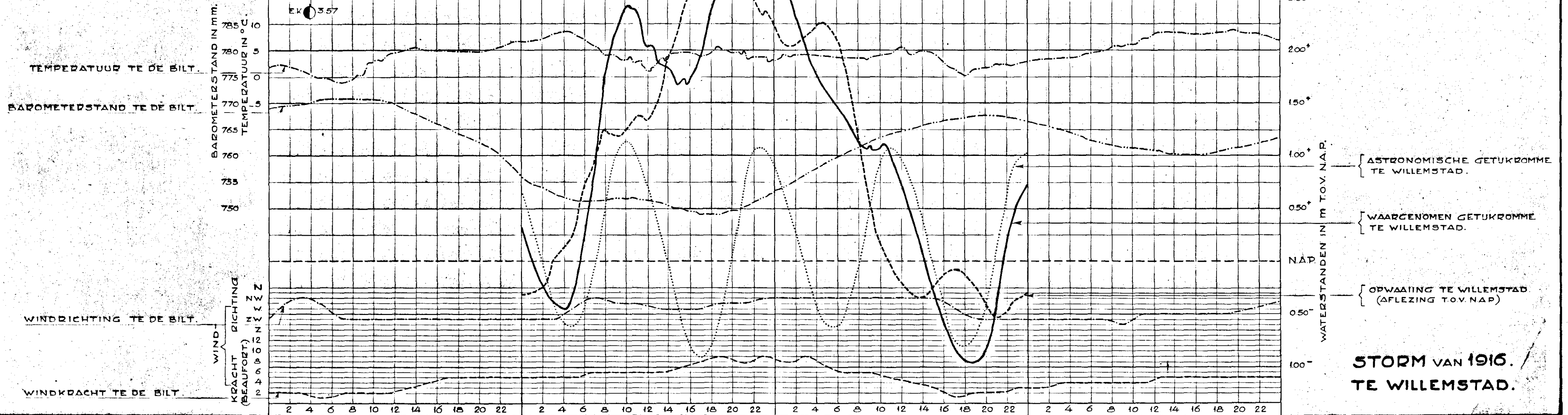
15 JANUARI 1916.



TOELICHTING.

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU.	H IN CM.	K IN GRADEN
A	115	—
O	10.3	213
K ₁	6.8	22
Q	5.1	163
P	2.9	23
M ₂	91.6	117
S ₂	21.0	176
N	13.7	98
2MS	9.0	228
L	11.3	125
K ₂	6.8	181
V	6.1	63
X	3.1	163
M ₄	12.6	186
M ₅	7.6	244
M ₆	4.2	238



**STORM VAN 1916.
TE WILLEMSTAD.**

TOELICHTING

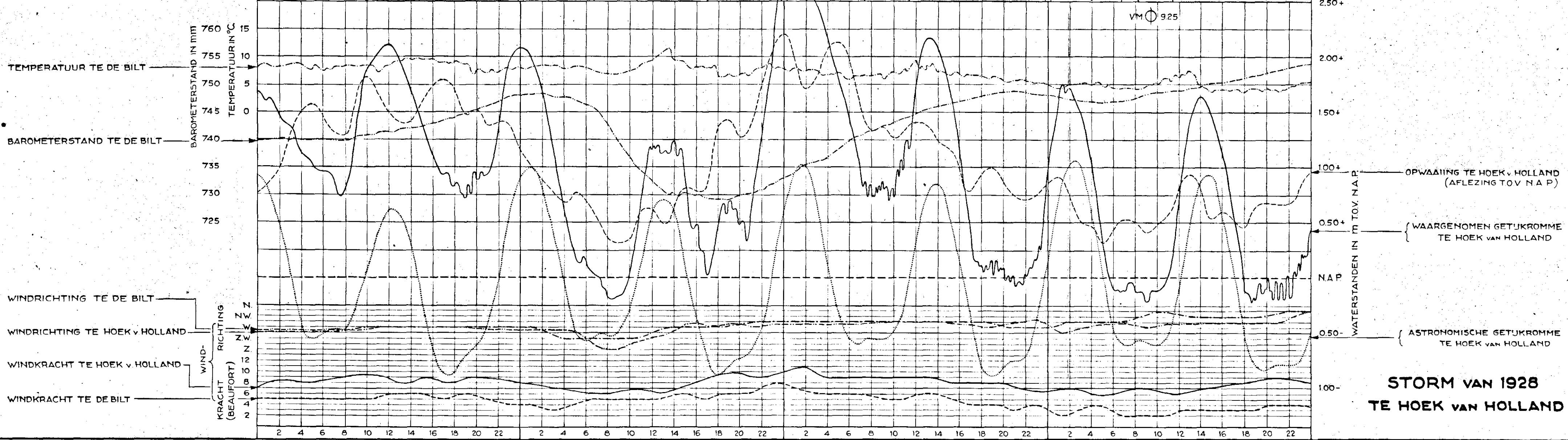
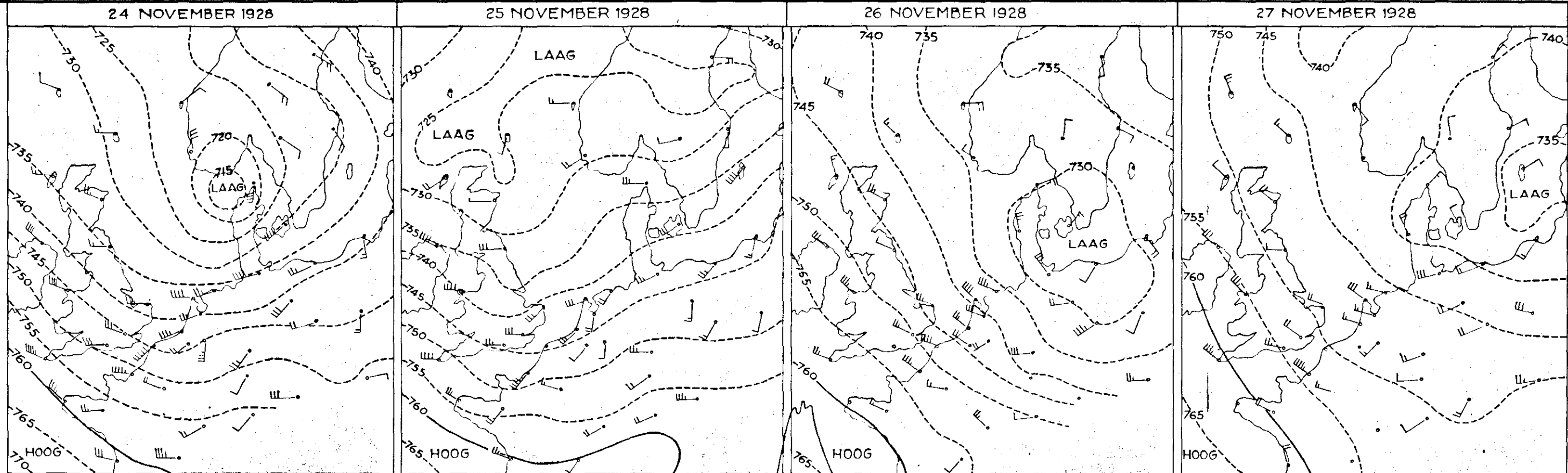
- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUST IN DE RICHTING, WAARIN DE WIND WAAIT

TOELICHTING








DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM	K IN GRADEN
A	-4.3	—
O	12.4	187
X	8.2	356
O	5.4	133
P	3.0	335
O	73.8	72
X	18.5	129
Z	10.6	53
S	7.4	201
U	8.2	82
F	6.4	132
X	4.4	22
Y	2.6	118
M ₃	16.4	131
M ₅	10.0	183
M ₆	3.4	71



**STORM VAN 1928
TE HOEK VAN HOLLAND**

TOELICHTING.

-  ZWAKKE WIND.
-  MATIGE WIND.
-  KRACHTIGE WIND.
-  STORMMAGTIGE WIND.
-  STORM.
-  ZWARE STORM.
-  ORKAAN.

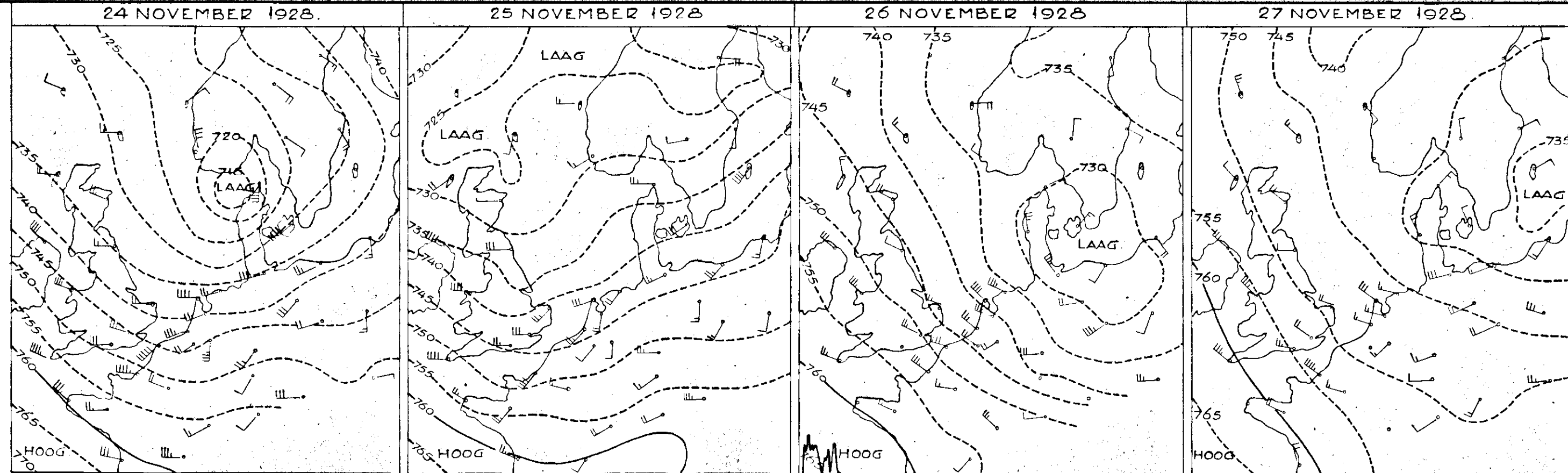
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUJST. IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT.

24 NOVEMBER 1928.

25 NOVEMBER 1928.

26 NOVEMBER 1928.

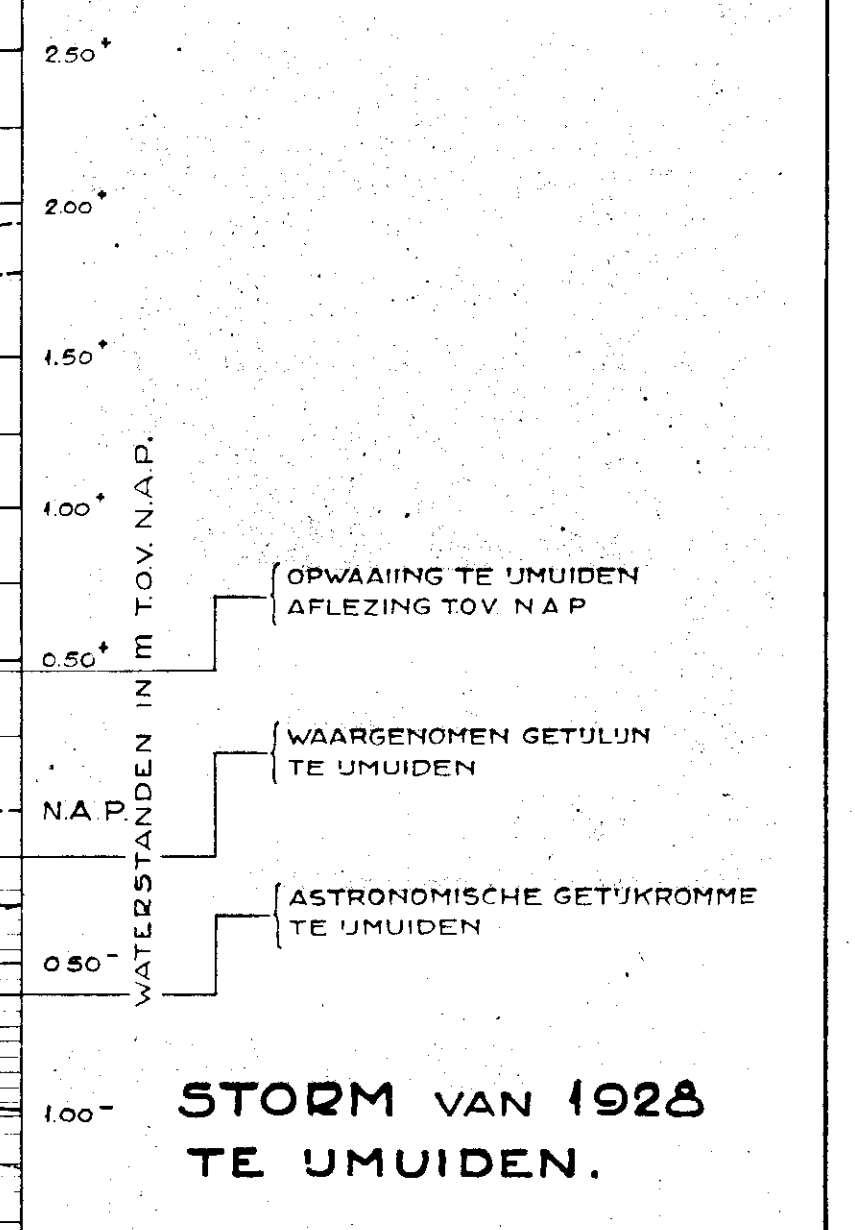
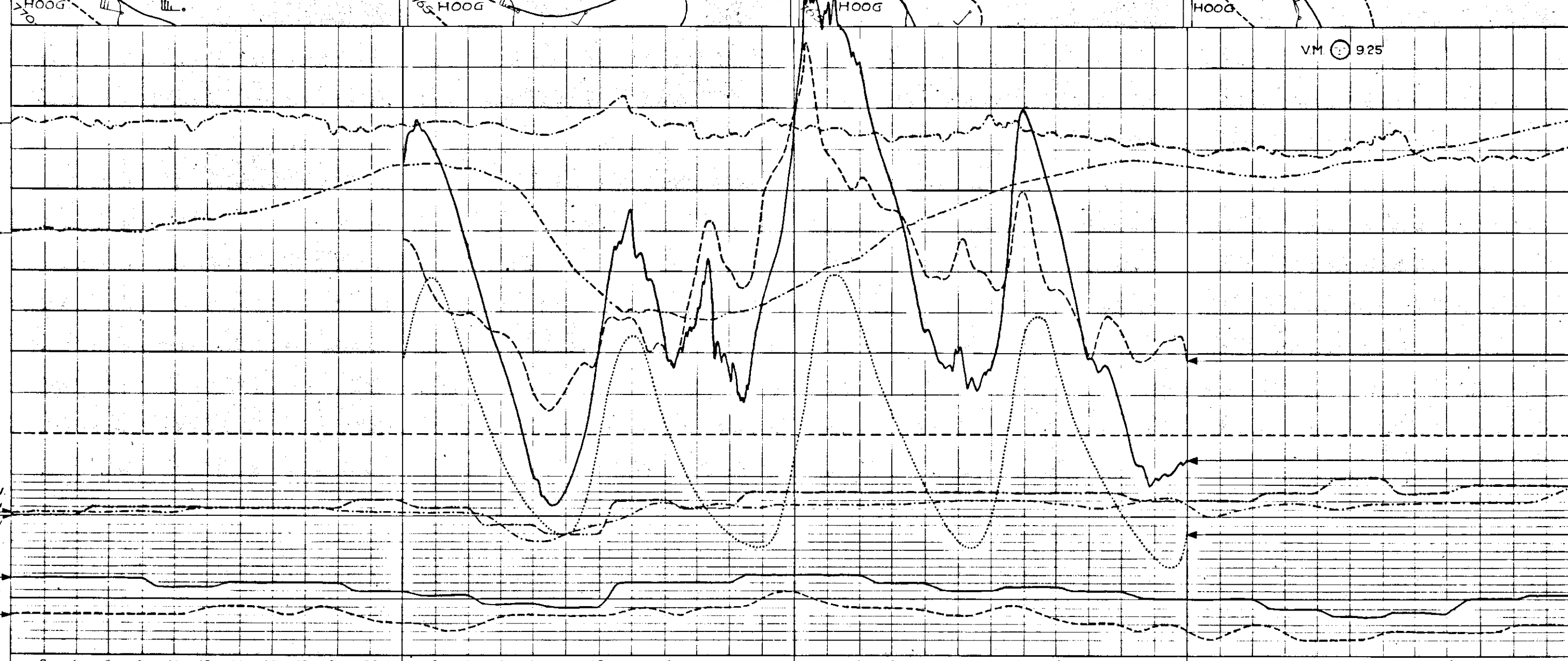
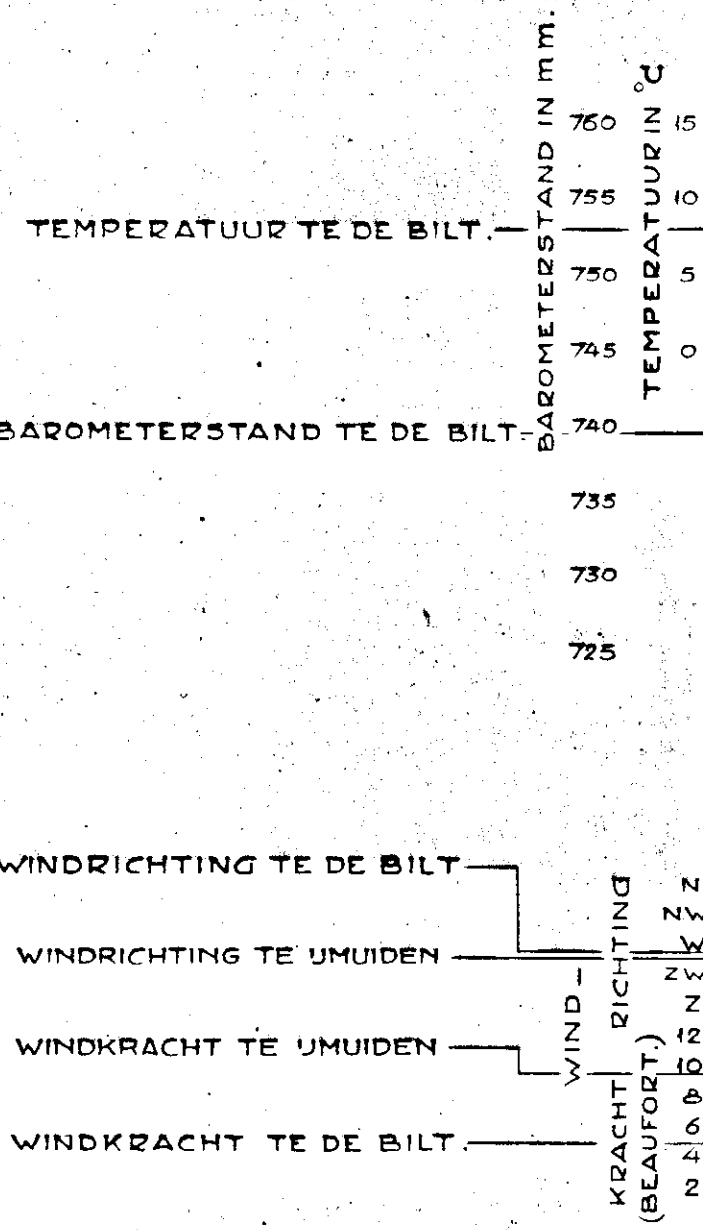
27 NOVEMBER 1928.



TOELICHTING.

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM	K IN GRADEN.
A	-43	-
O	127	187
K ₁	82	355
Φ	54	134
P	33	340
M ₂	63.9	116
S ₂	163	181
N	90	102
L	89	113
K ₂	52	183
V	43	65
X	22	149
M ₄	175	154
M ₅	99	211
M ₆	41	254



**STORM VAN 1928
TE UMUIDEN.**

TOELICHTING

- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

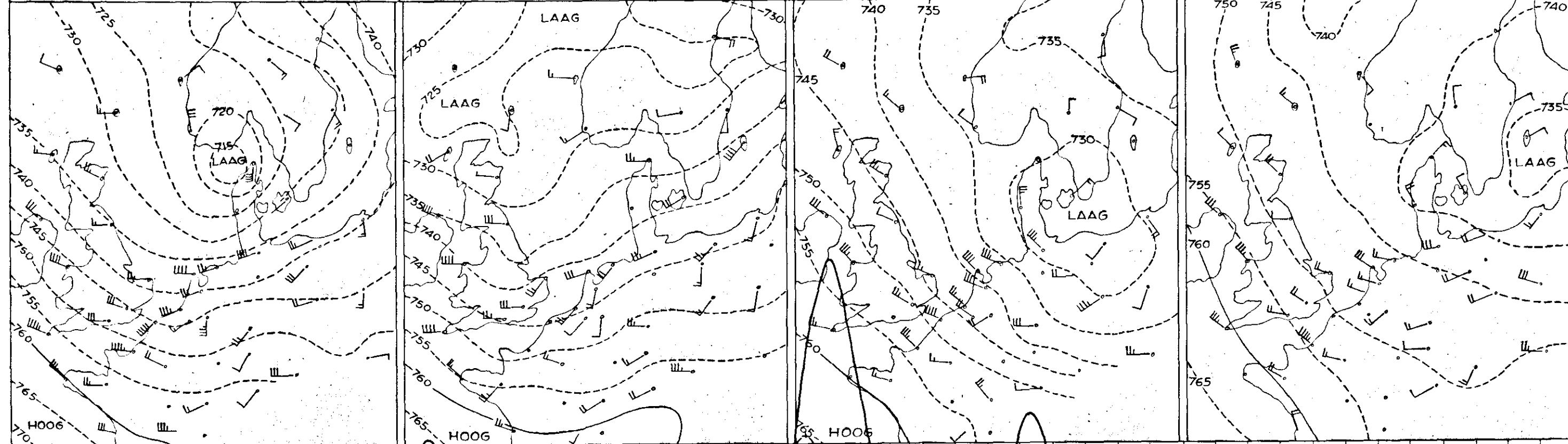
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUJST IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT

24 NOVEMBER 1928

25 NOVEMBER 1928

26 NOVEMBER 1928

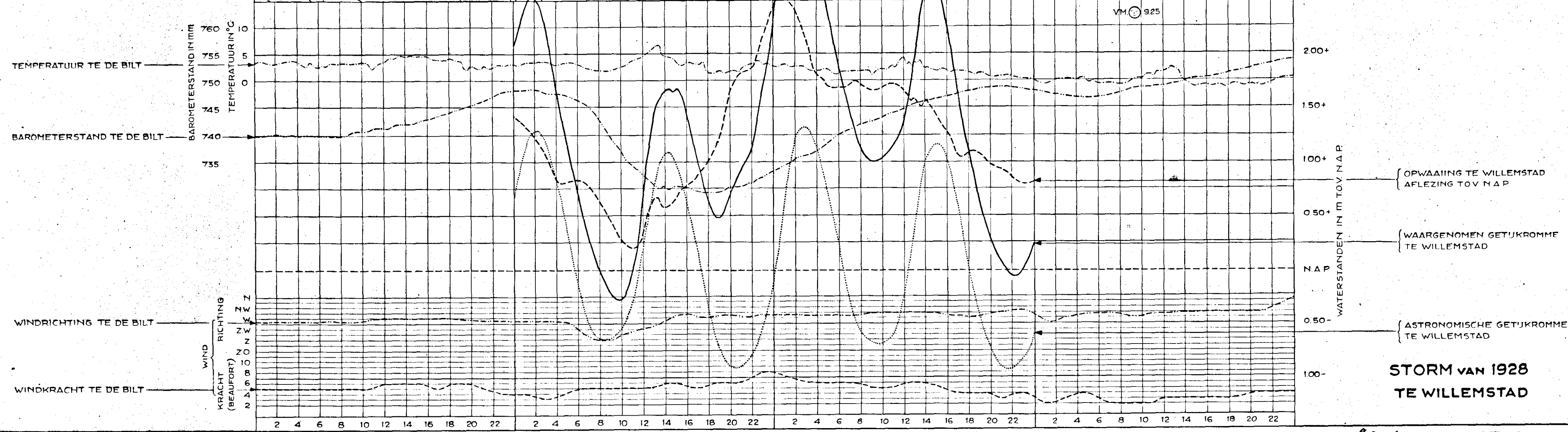
27 NOVEMBER 1928



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM	k IN GRADEN
A	190	-
O	101	213
K ₁	6.7	22
Q	5.0	163
P	2.9	23
M ₂	92.1	117
S ₂	21.0	176
Z	13.8	98
2MS	8.7	228
L	10.2	125
K ₂	6.6	181
V	6.2	63
X	3.1	163
M ₄	12.7	186
MS	7.6	244
M ₆	4.2	238



STORM VAN 1928
TE WILLEMSTAD

TOELICHTING

- ||| ZWAKKE WIND
- |||| MATIGE WIND
- ||||| KRACHTIGE WIND
- |||||| STORMACHTIGE WIND
- ||||||| STORM
- ||||||| ZWARE STORM
- ||||||| ORKAAN

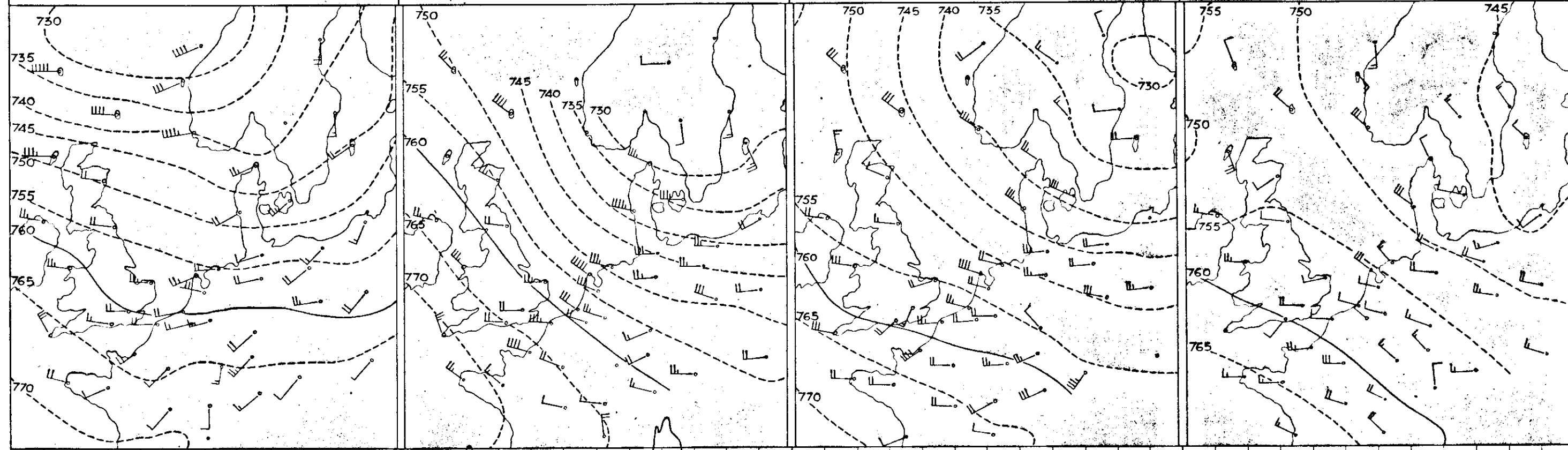
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUJST IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT

30 NOVEMBER 1936

1 DECEMBER 1936

2 DECEMBER 1936

3 DECEMBER 1936



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM	K IN GRADEN
A	+0.3	-
O	11.3	187
K ₁	7.8	356
Q	4.9	133
P	3.0	333
M ₂	75.4	72
S ₂	10.5	129
N	10.8	53
ZMS	7.7	201
L	7.2	82
K ₂	5.5	132
V	4.5	22
λ	2.6	110
M ₄	17.0	131
M ₅	10.2	183
M ₆	3.6	71

TEMPERATUUR TE DE BILT

BAROMETERSTAND TE DE BILT

WINDRICHTING TE HOEK v HOLLAND

WINDRICHTING TE DE BILT

WINDKRACHT TE HOEK v HOLLAND

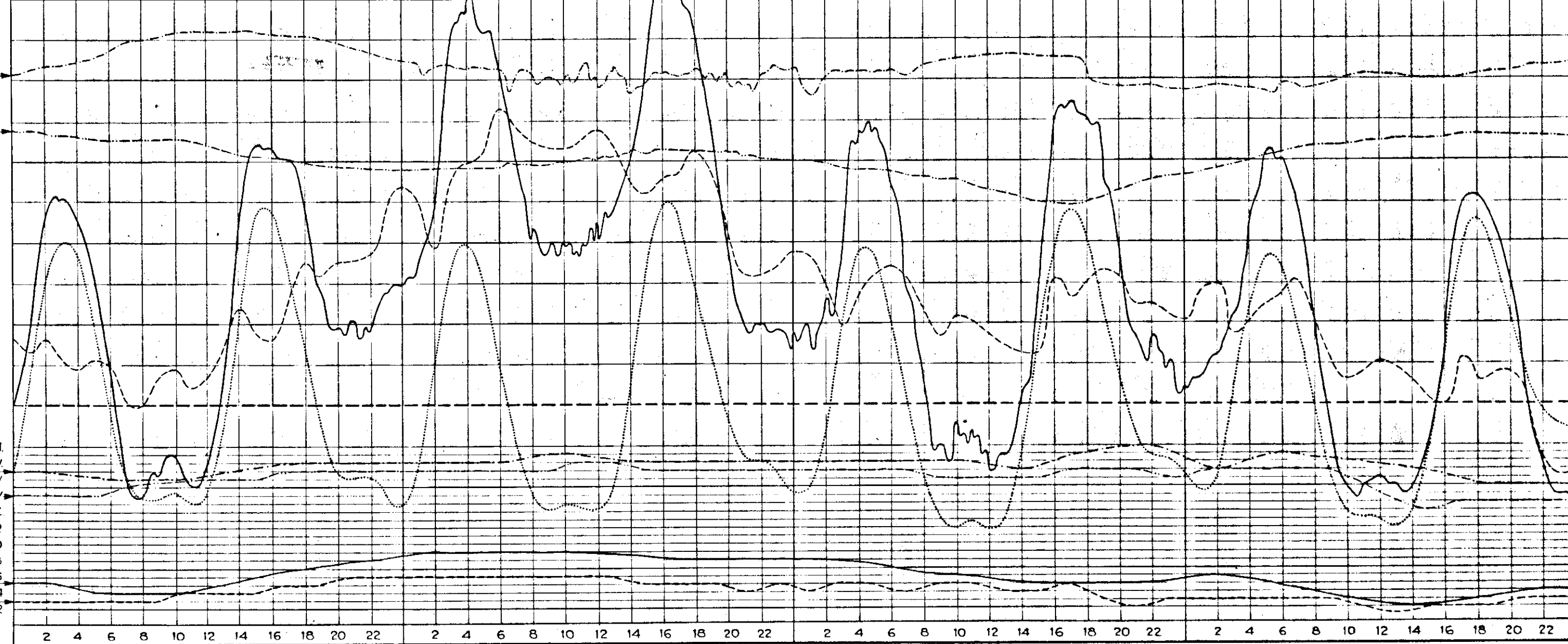
WINDKRACHT TE DE BILT

BAROMETERSTAND IN MM

TEMPERATUUR IN °C

RICHTING

KRACHT (BEAUFORT)



VM 28 NOV 1936

ASTRONOMISCHE GETUKROMME TE HOEK v HOLLAND

OPWAASING TE HOEK v HOLLAND (AFLEZING TOV NAP)

WAARGENOMEN GETUKROMME TE HOEK v HOLLAND

STORM VAN 1936 TE HOEK VAN HOLLAND

TOELICHTING.

- } ZWAKKE WIND.
- } MATIGE WIND.
- } KRACHTIGE WIND.
- } STORMMAGTIGE WIND.
- } STORM.
- } ZWARE STORM.
- } ORKAAN.

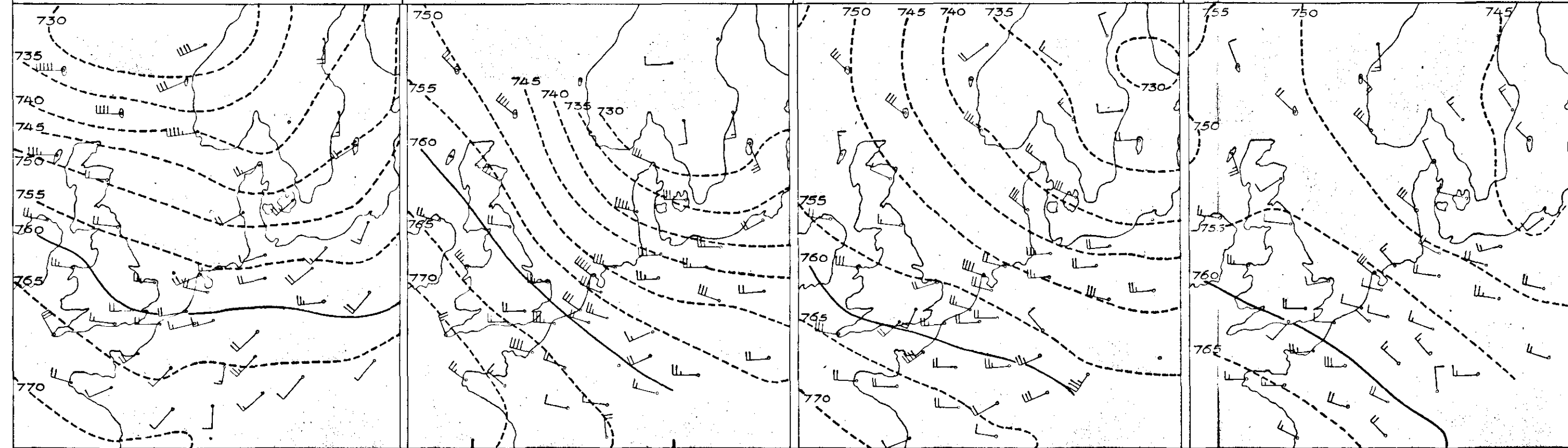
DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUST IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT.

30 NOVEMBER 1936.

1 DECEMBER 1936.

2 DECEMBER 1936.

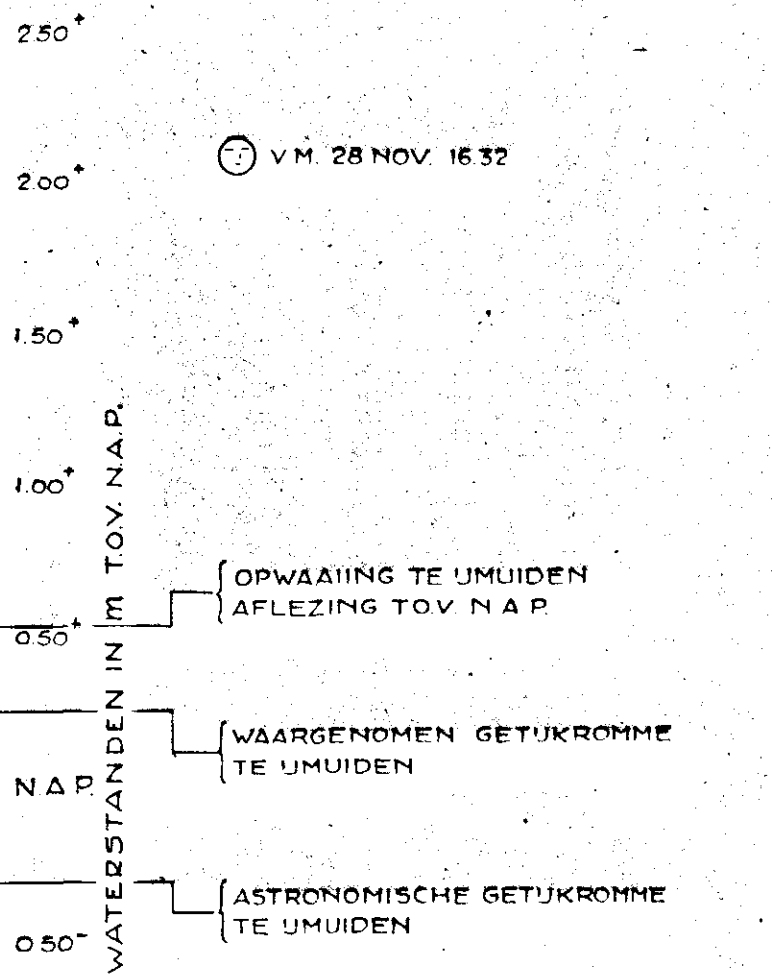
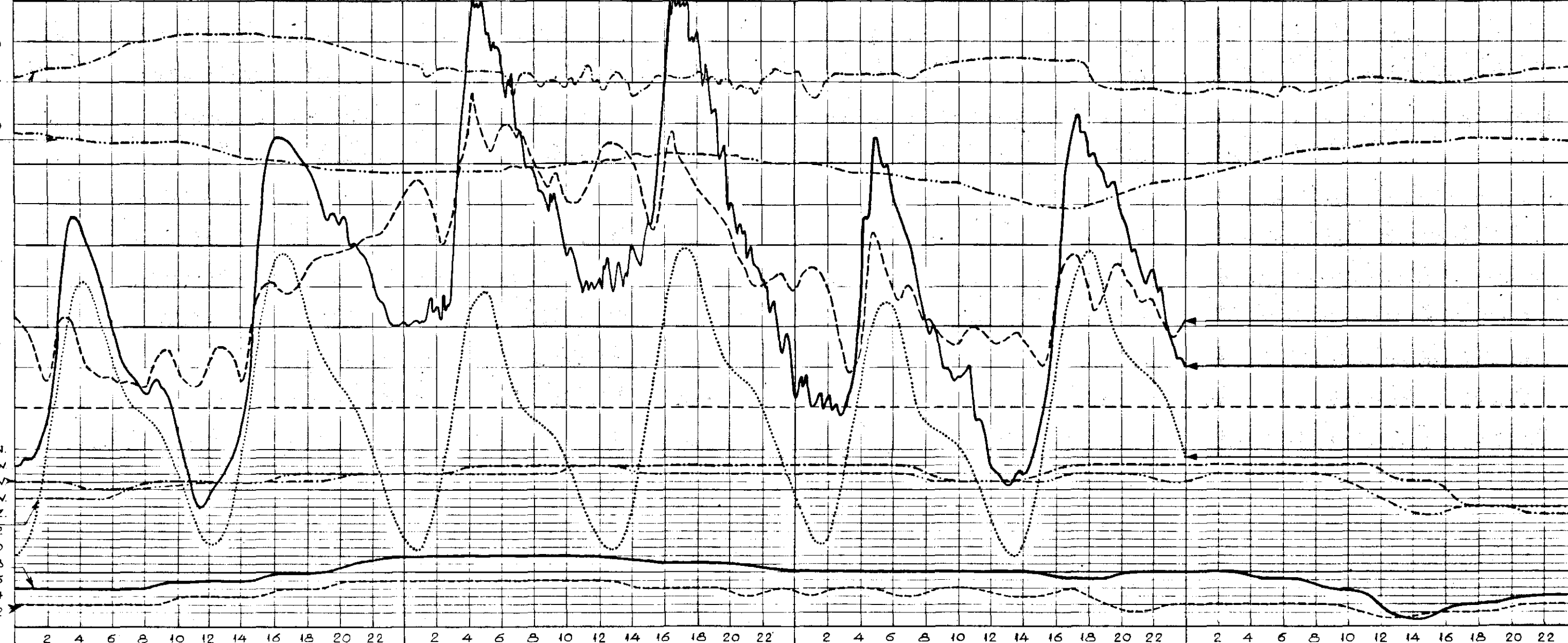
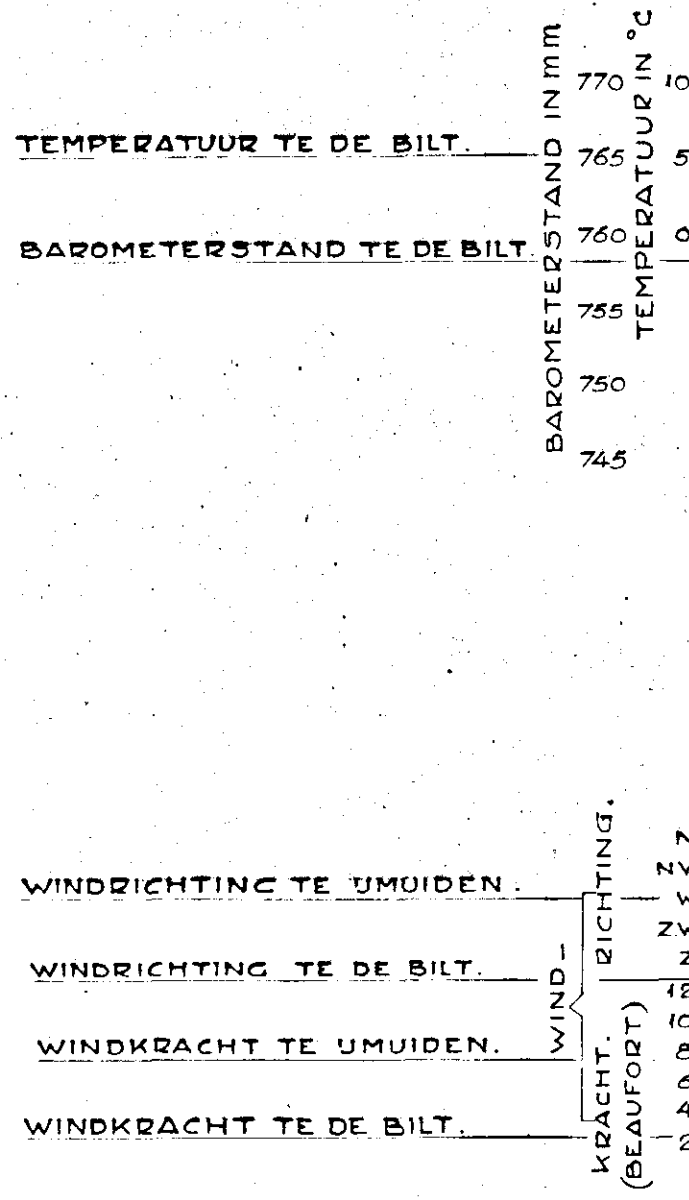
3 DECEMBER 1936.



TOELICHTING.

DE ASTRONOMISCHE GETUKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETU	H IN CM.	K IN GRADEN.
A	- 52	-
O	11.5	187
K ₁	7.9	355
Q	4.9	134
P	3.3	340
M ₁	65.3	116
S ₂	16.3	181
Z	9.2	102
2M ₅	8.1	220
L	7.8	113
K ₂	4.4	183
V	4.4	65
X	2.3	149
M ₄	18.2	154
M ₅	10.1	211
M ₆	4.4	254



☉ V.M. 28 NOV. 16 32

OPWAAIING TE UMUIDEN
AFLEZING TOV N.A.P.

WAARGENOMEN GETUKROMME
TE UMUIDEN

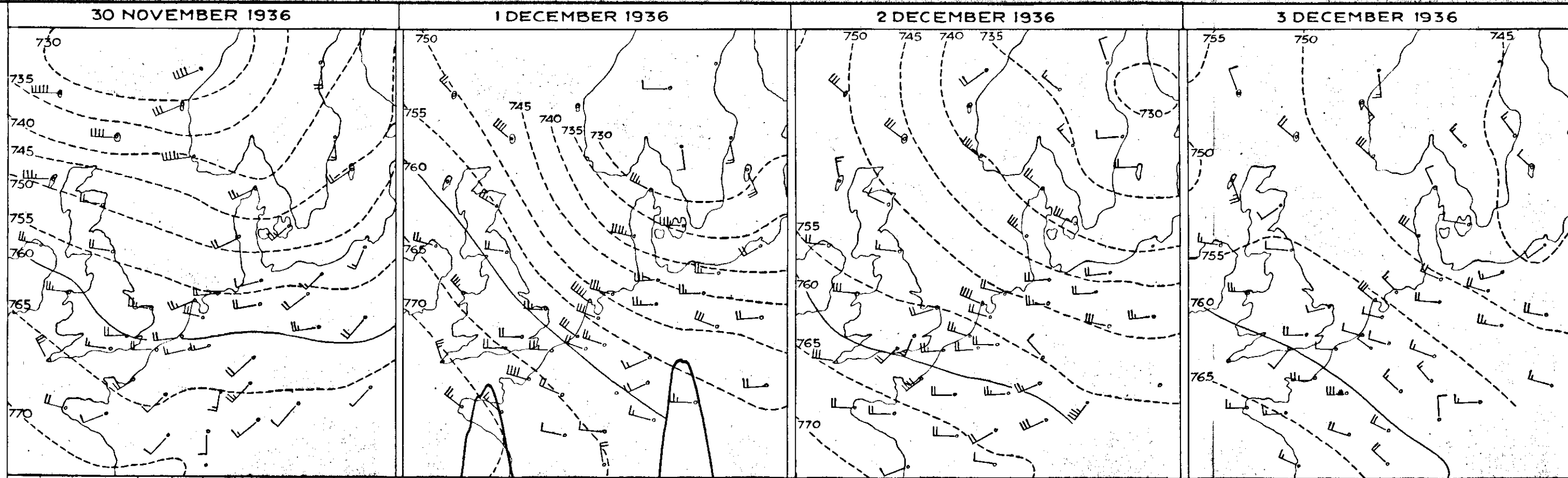
ASTRONOMISCHE GETUKROMME
TE UMUIDEN

**STORM VAN 1936.
TE UMUIDEN.**

TOELICHTING

- ZWAKKE WIND
- MATIGE WIND
- KRACHTIGE WIND
- STORMMAGTIGE WIND
- STORM
- ZWARE STORM
- ORKAAN

DE WINDRICHTING WORDT AANGEGEVEN DOOR PULEN, WAARVAN DE SPITS NAAR DE WAARNEMINGSPLAATS WUJST IN DE RICHTING WAARIN DE WIND WAAIT



TEMPERATUUR TE DE BILT

BAROMETERSTAND TE DE BILT

WINDRICHTING TE DE BILT

WINDKRACHT TE DE BILT

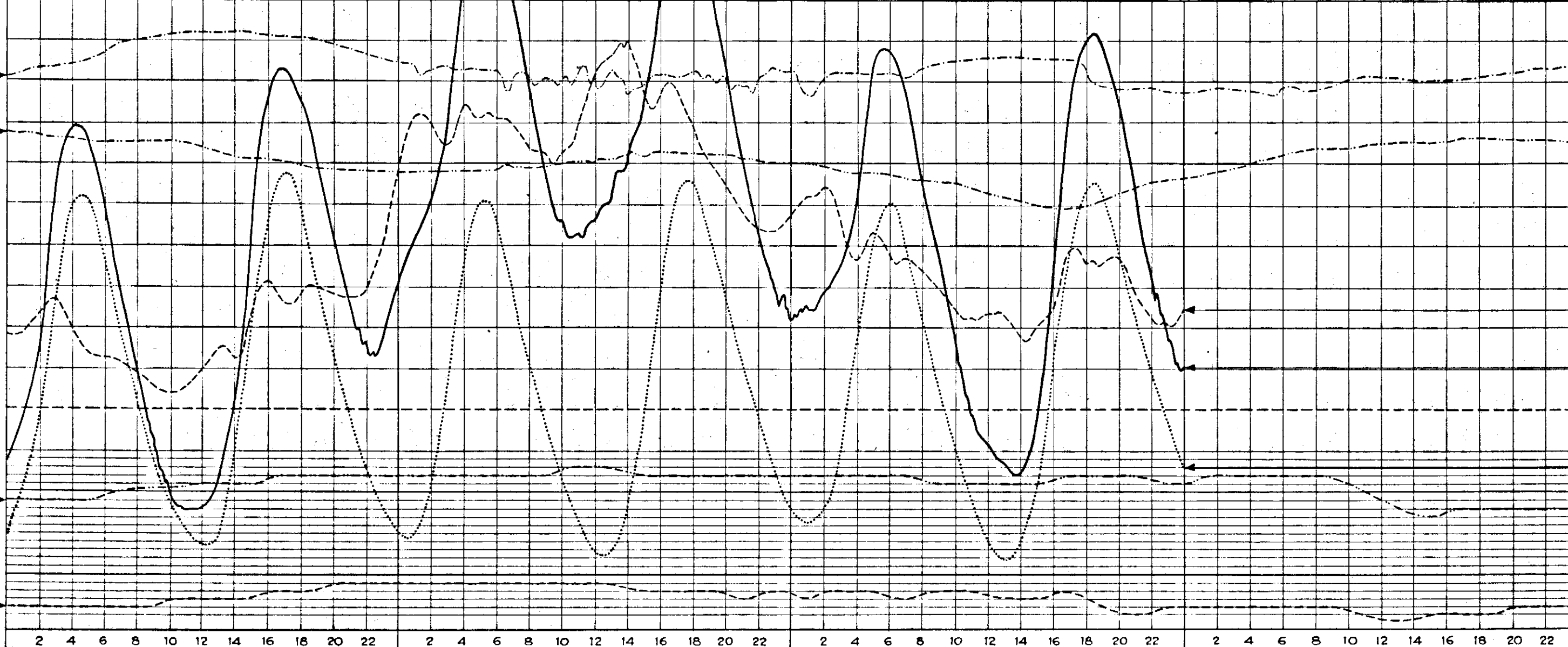
BAROMETERSTAND IN MM

TEMPERATUUR IN °C

WIND

RICHTING

KRACHT (BEAUFORT)



TOELICHTING

DE ASTRONOMISCHE GETUJKROMME IS SAMENGESTELD UIT:

GETUJ	H IN CM	K IN GRADEN
A	+13.7	-
O	92	213
O ₁	64	22
P	45	163
Q	29	23
M ₁	941	117
S ₁	210	176
N ₁	140	98
2MS	90	228
L	89	125
K ₁	56	181
V	63	63
X	31	163
M ₄	132	186
M ₅	78	244
M ₆	45	258

⊙ V.M. 28 NOV 16 32

250+

200+

150+

100+

0.50+

N.A.P.

0.50-

100-

OPWAARTING TE WILLEMSTAD
AFLEZING TOV. N.A.P.

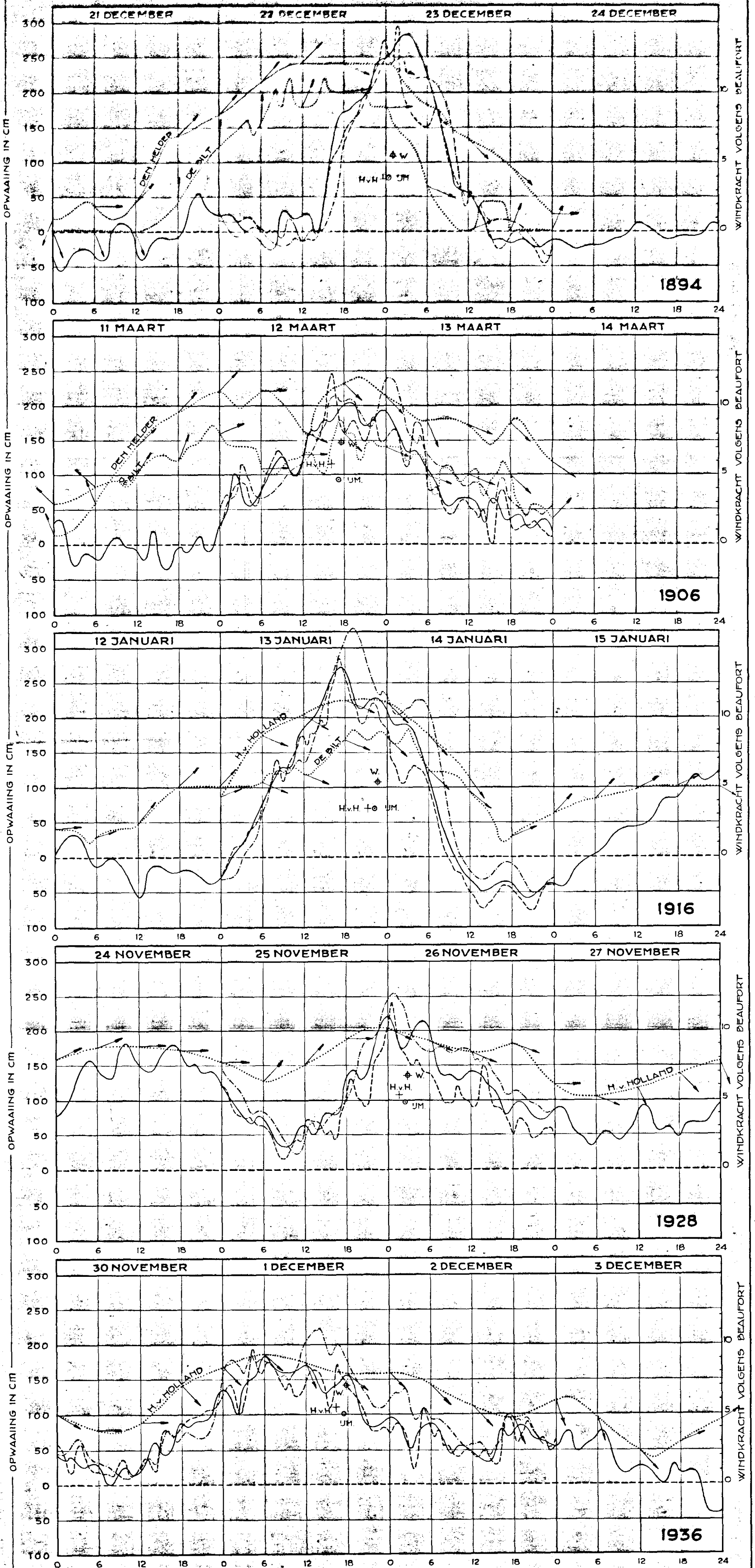
WAARGENOMEN GETUJKROMME
TE WILLEMSTAD

ASTRONOMISCHE GETUJKROMME
TE WILLEMSTAD

STORM VAN 1936 TE WILLEMSTAD

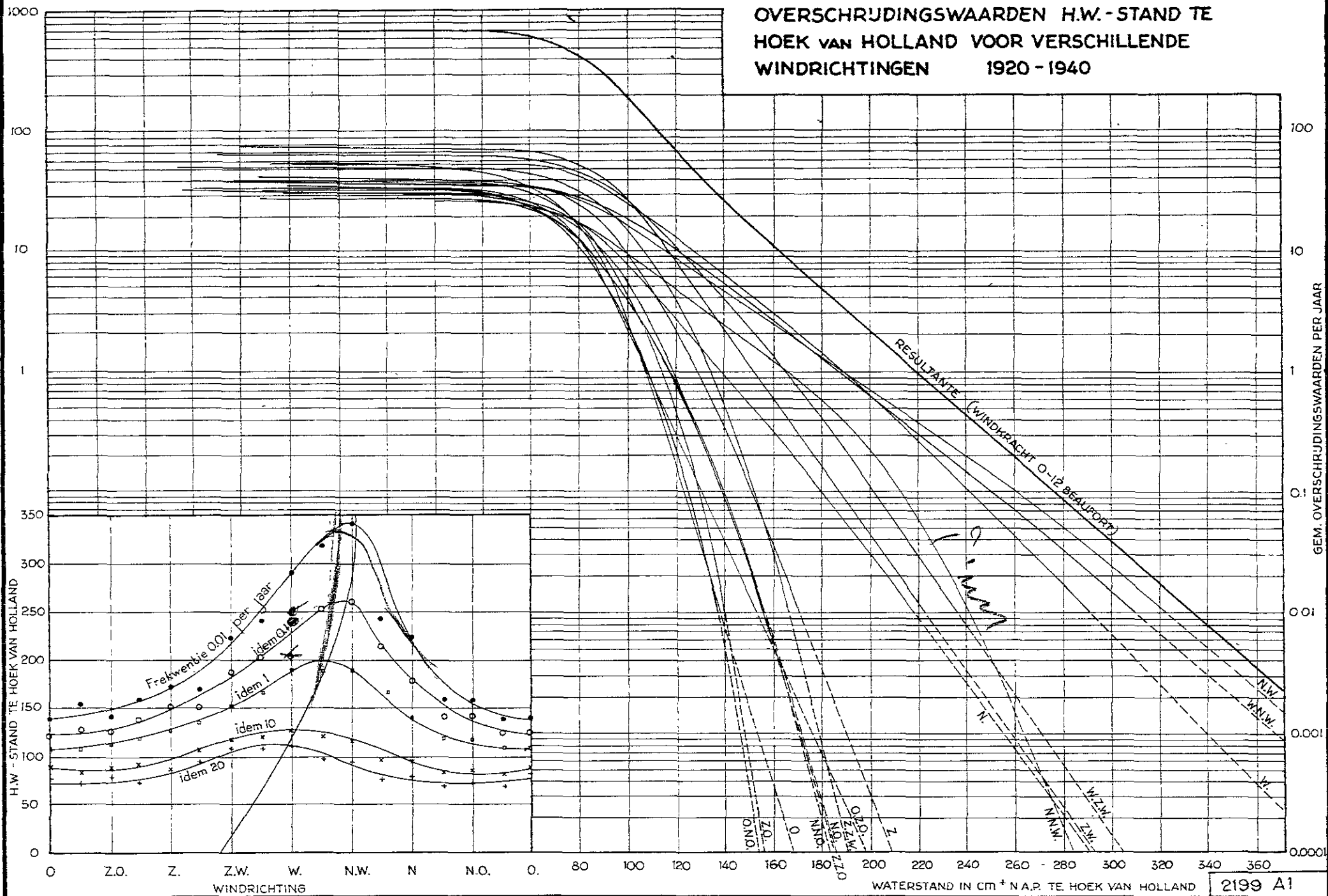
OPWAAIING TUDENS DE STORMEN VAN 1894, 1906, 1916, 1928 EN 1936 TE HOEK VAN HOLLAND, WILLEMSTAD EN UMUIDEN

OPWAAIING ASTRONOMISCH HW + HOEK VAN HOLLAND WILLEMSTAD UMUIDEN



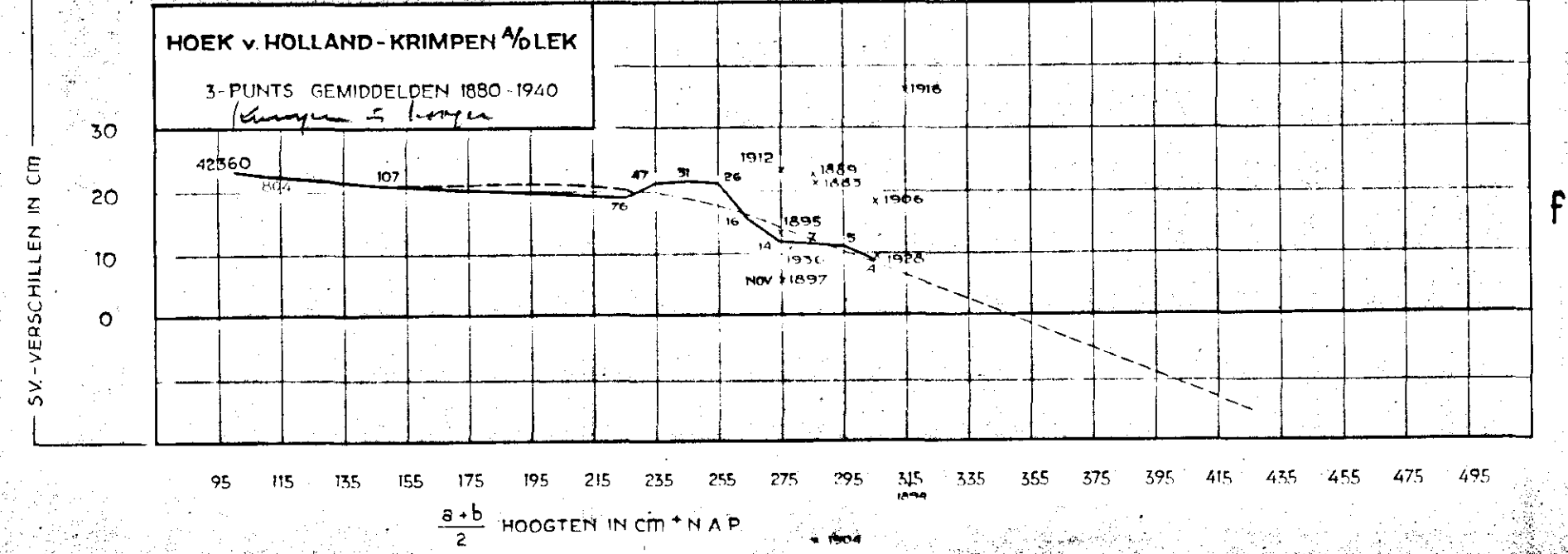
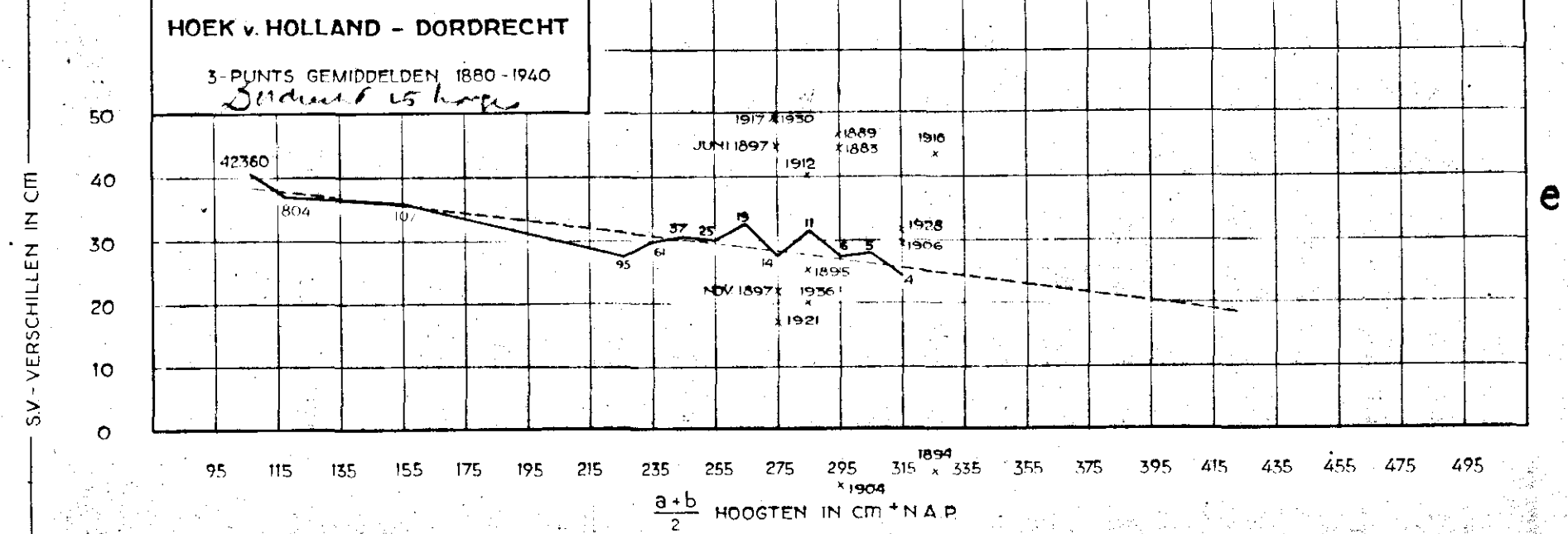
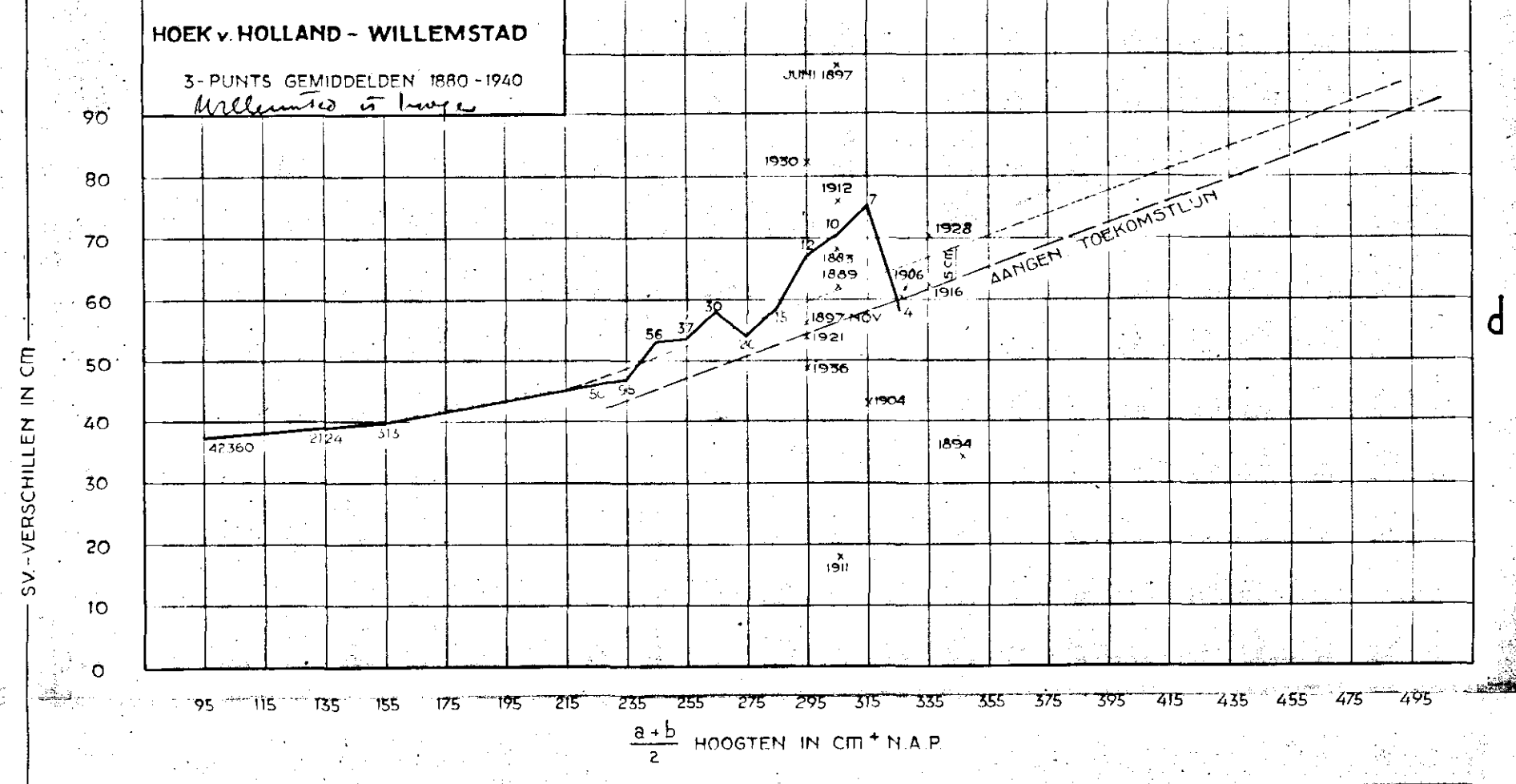
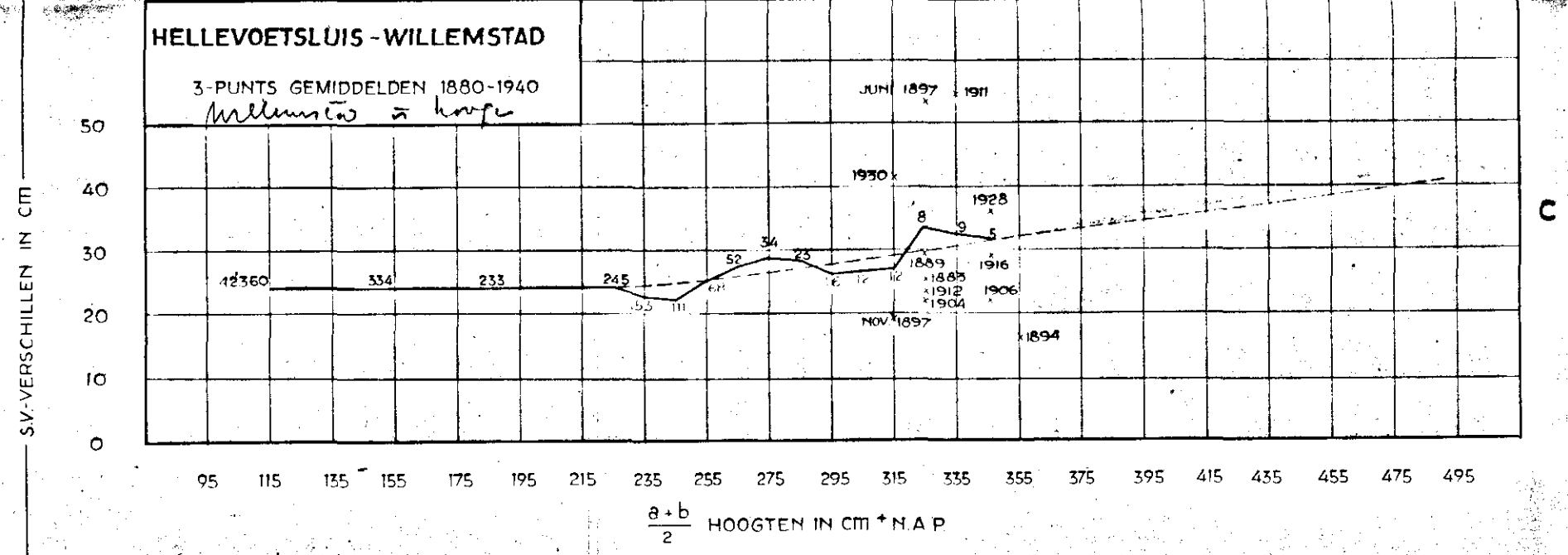
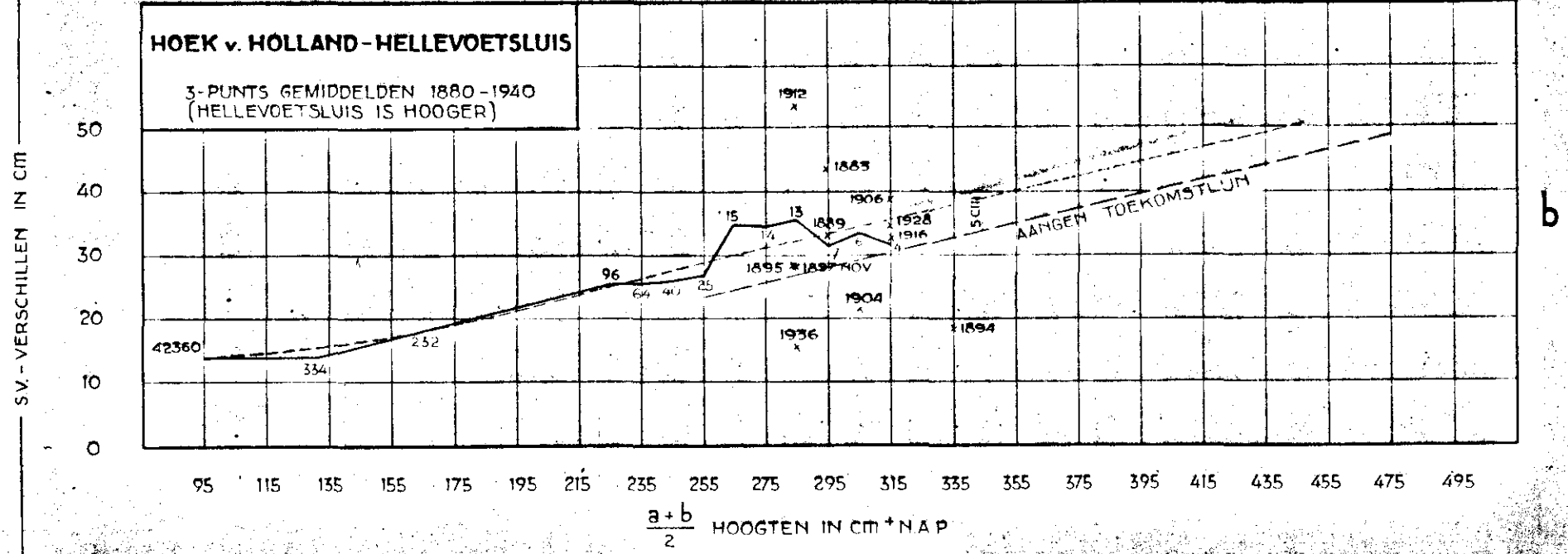
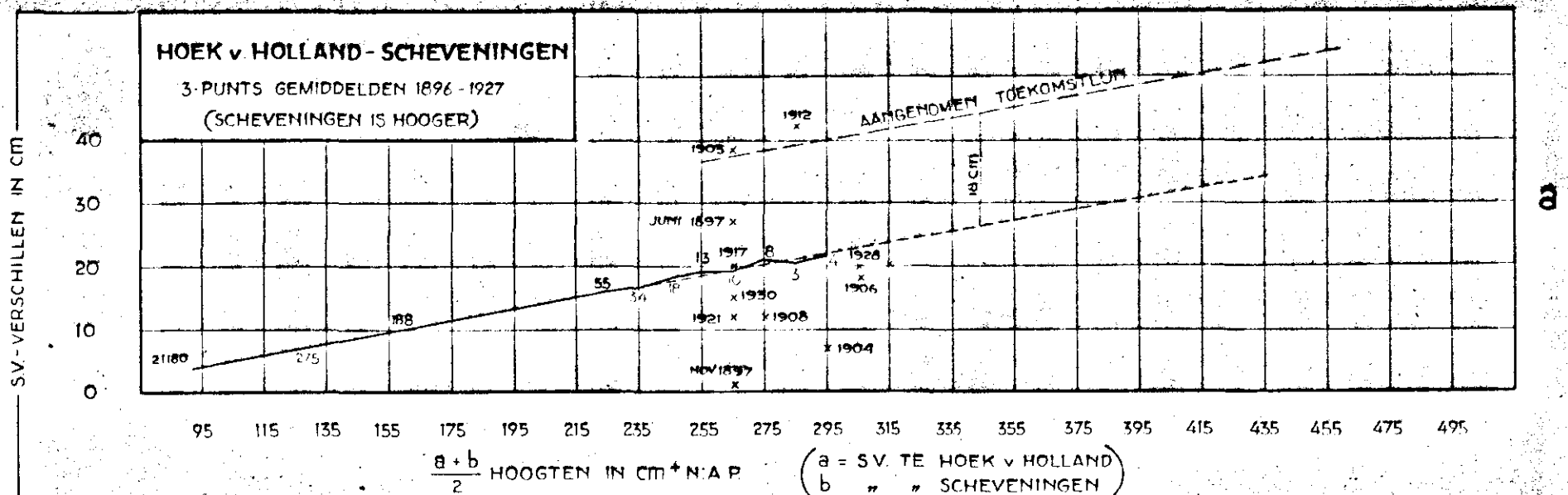
BILAGE 40

OVERSCHRUDINGSWAARDEN H.W.-STAND TE
HOEK VAN HOLLAND VOOR VERSCHILLENDE
WINDRICHTINGEN 1920 - 1940



R 246
BILAGE 41

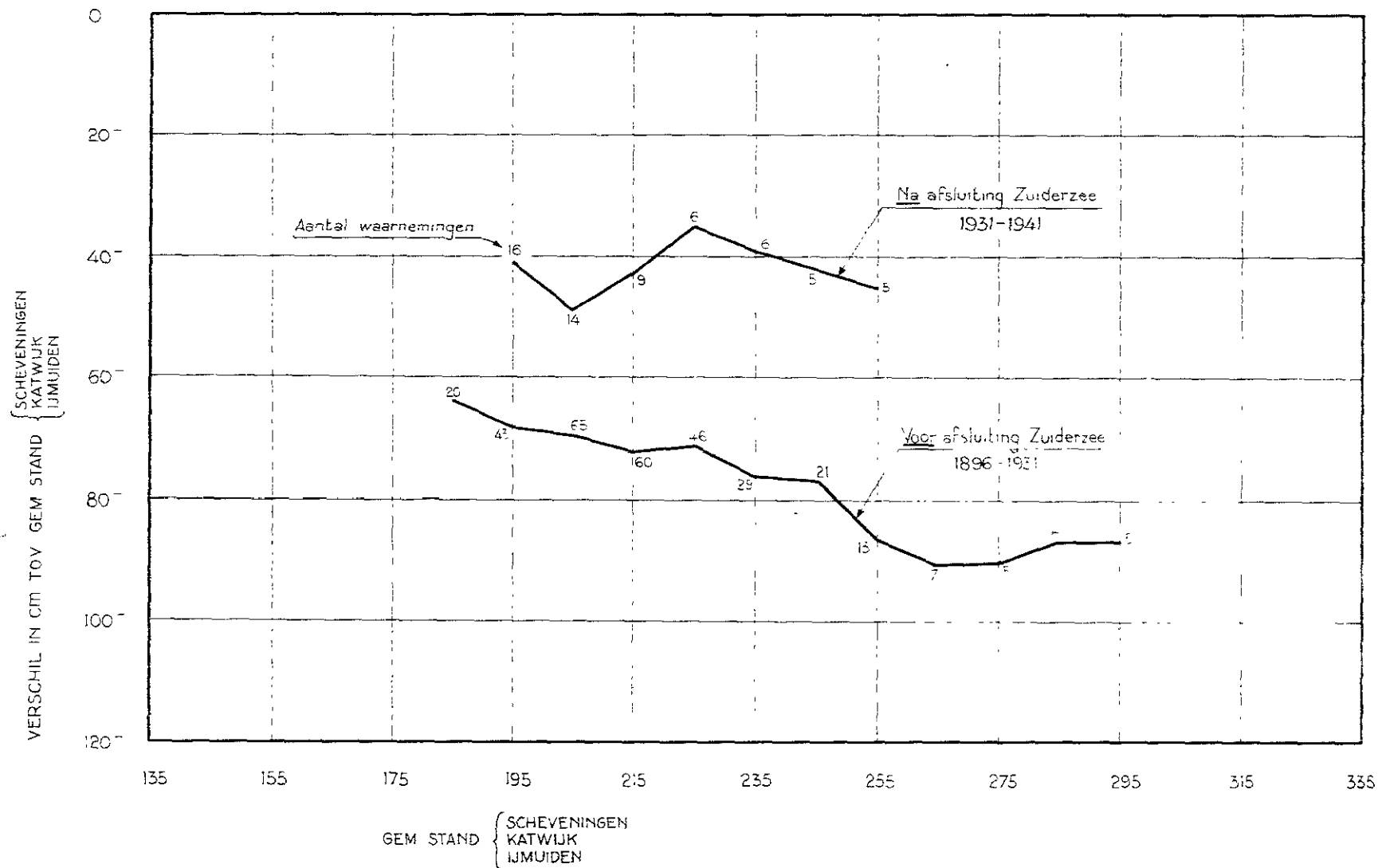
GEMIDDELDE S.V.-VERSCHILLEN (3-PUNTS GEMIDDELDEN)



BULAGE 42

RIJZING STORMVLOEDEN TE DEN HELDER ALS GEVOLG VAN AFDAMMING ZUIDERZEE

3 PUNTS - GEMIDDELDEN

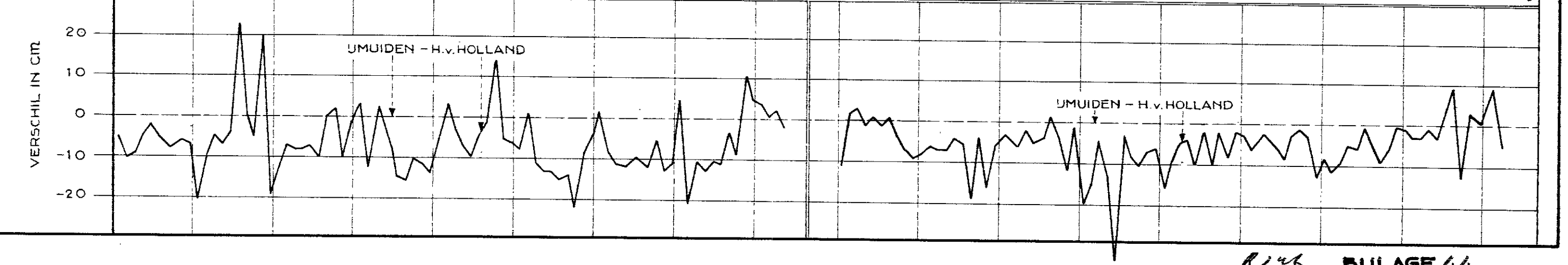
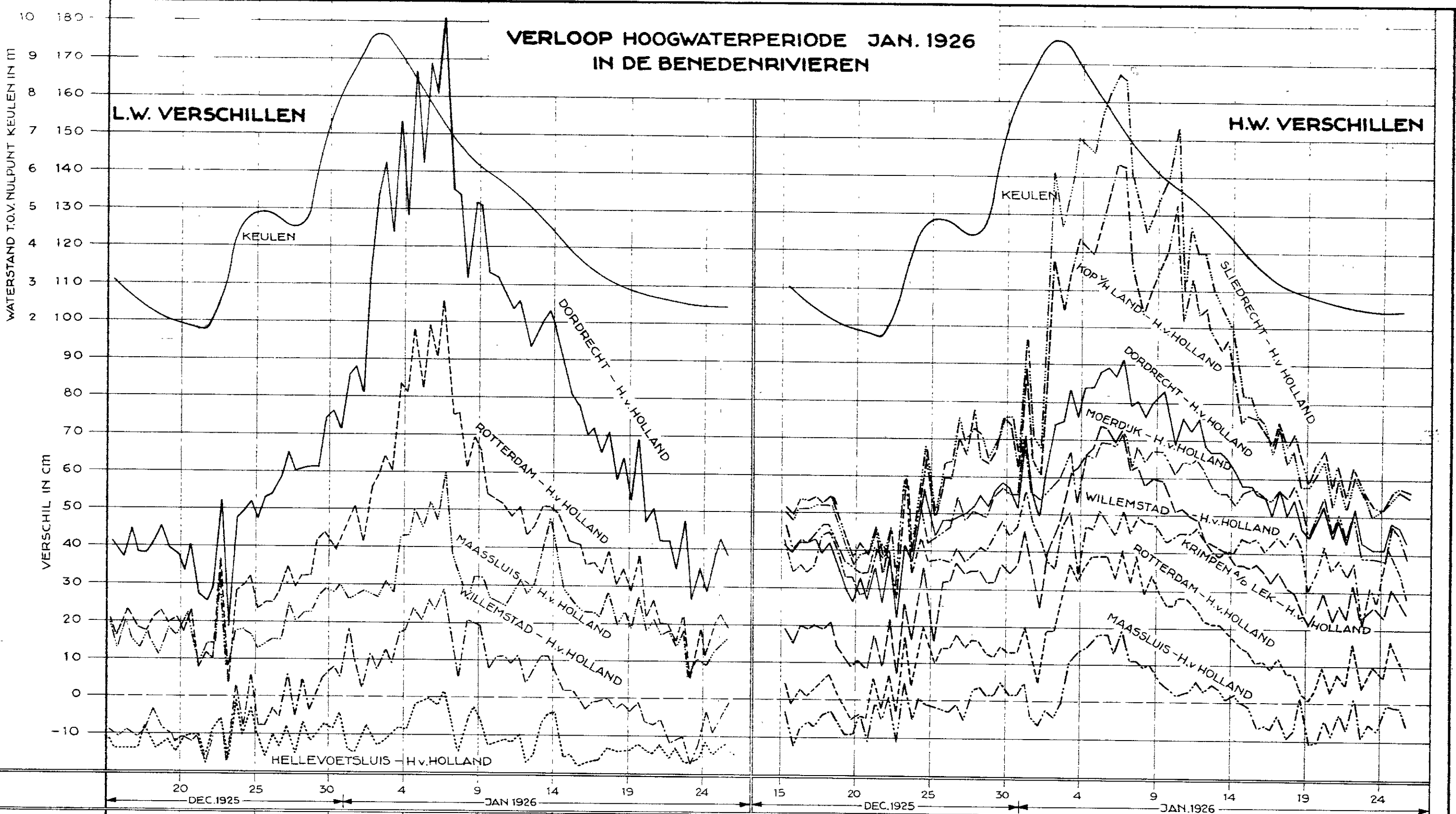


OPGEMAAKT IN NOV 1941

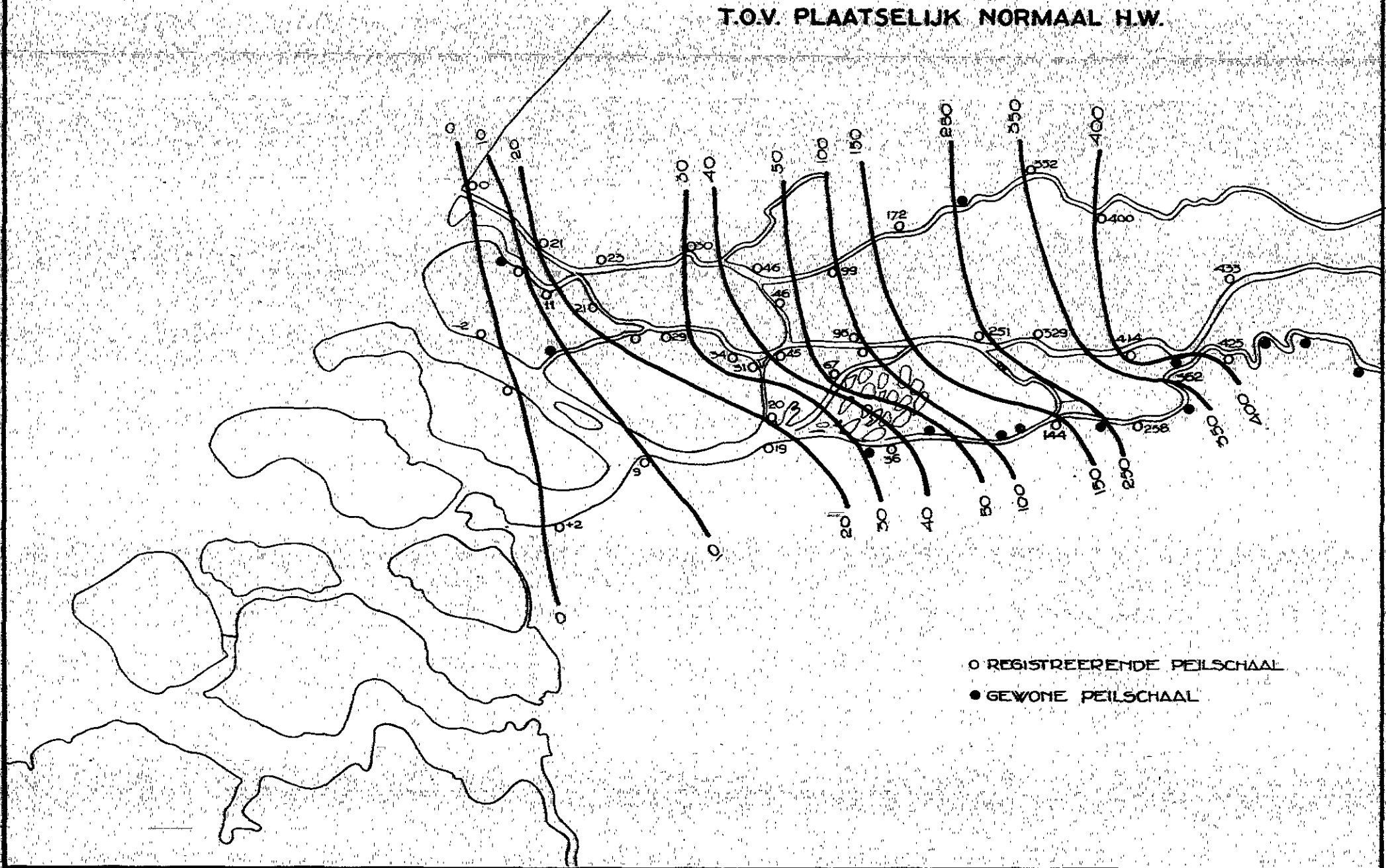
1126

BULAGE 43

VERLOOP HOOGWATERPERIODE JAN. 1926 IN DE BENEDENRIVIEREN

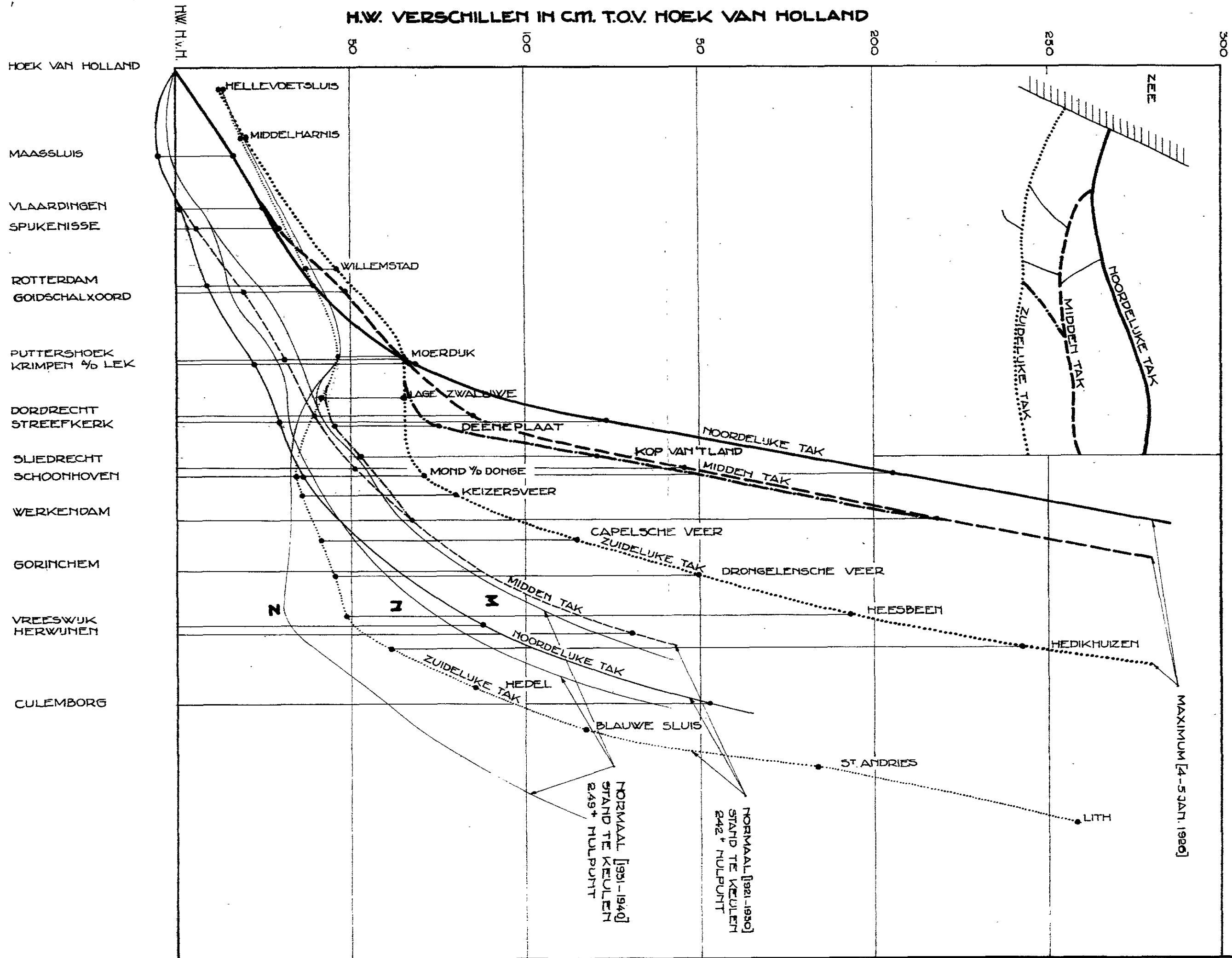


H.W. VERHOOGINGEN DOOR DEN HOOGEN VLOED VAN 4/5 JAN. 1926
 T.O.V. PLAATSELIJK NORMAAL H.W.

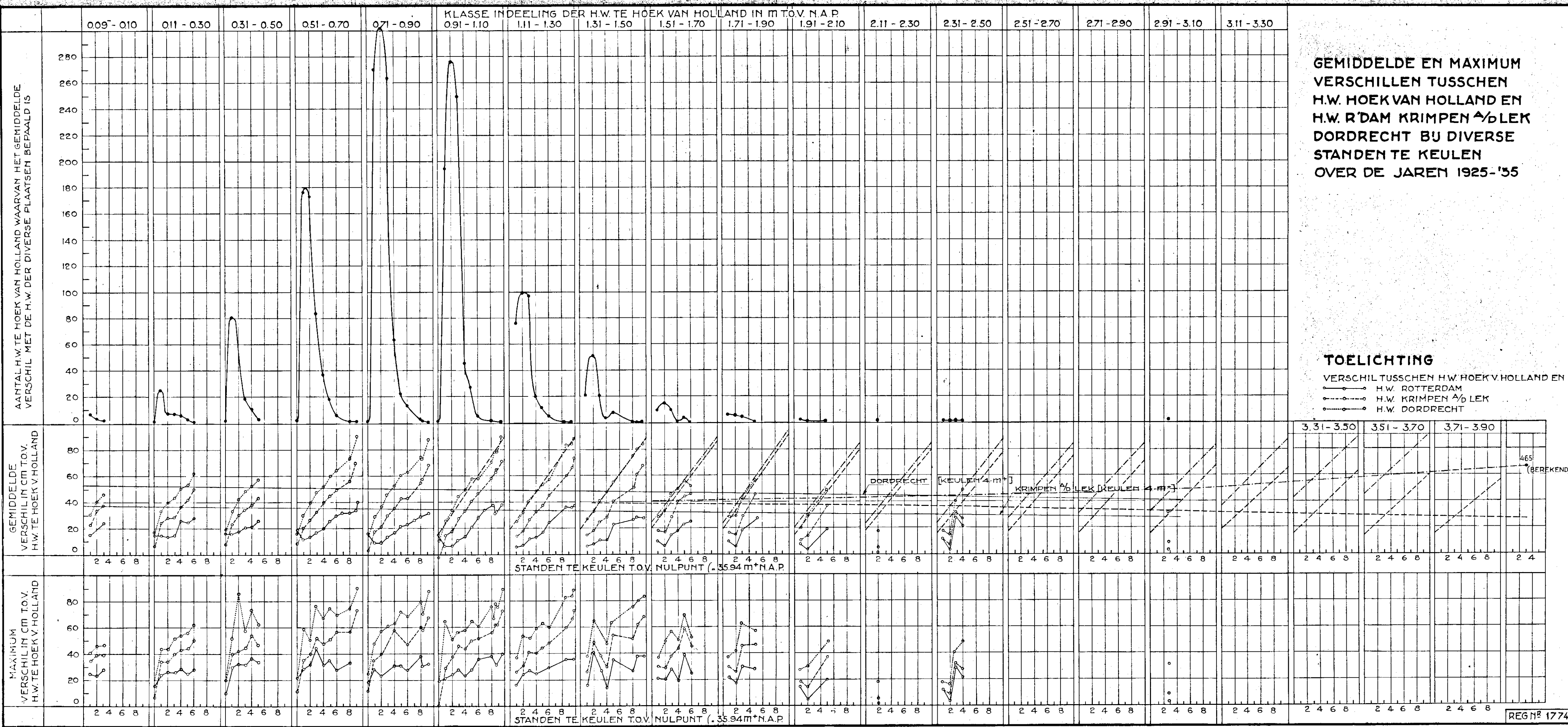


1216
 BIJLAGE 4.5

H.W. VERSCHILLEN IN CM. T.O.V. HOEK VAN HOLLAND



H.W. VERSCHILLEN TUSSECHEN HOEK VAN HOLLAND EN DIVERSE PLAATSEN LANGS DE BENEDEDE RIJVEREN VOOR GEM. H.W. EN BIJ HOOG OPPEWATERSTAND



AANTAL H.W. TE HOEK VAN HOLLAND WAARVAN HET GEMIDDELTE VERSCHIL MET DE H.W. DER DIVERSE PLAATSEN BEPAALD IS

GEMIDDELTE VERSCHIL IN CM T.O.V. H.W. TE HOEK V. HOLLAND

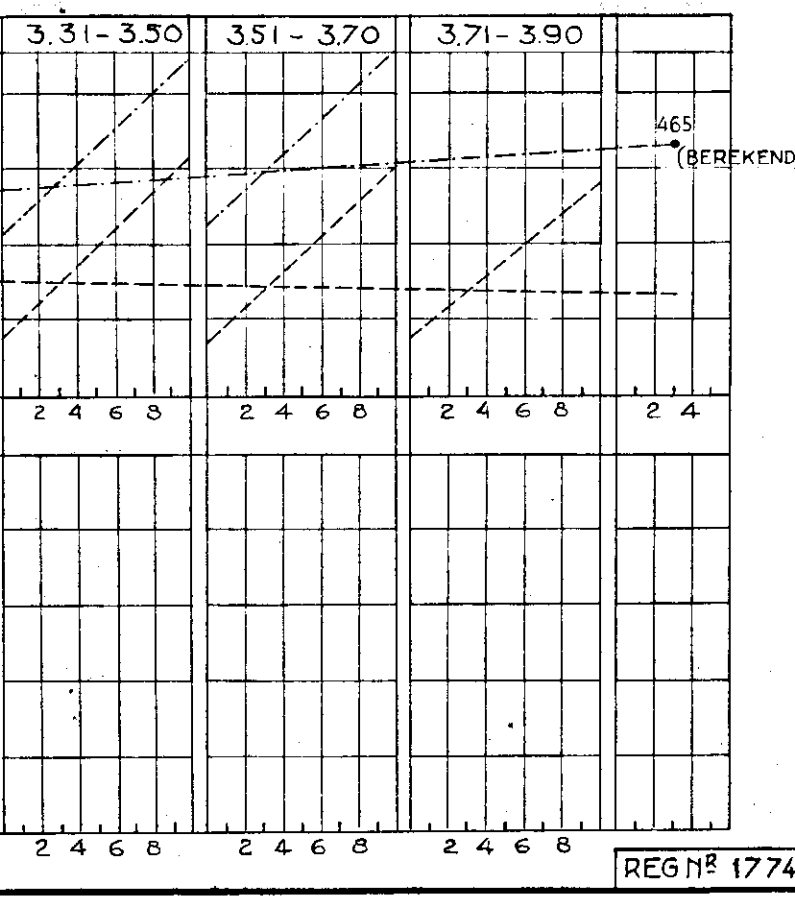
MAXIMUM VERSCHIL IN CM T.O.V. H.W. TE HOEK V. HOLLAND

KLASSE INDEELING DER H.W. TE HOEK VAN HOLLAND IN M T.O.V. N.A.P.

GEMIDDELTE EN MAXIMUM
VERSCHILLEN TUSSEN
H.W. HOEK VAN HOLLAND EN
H.W. R'DAM KRIMPEN ¹/₆ LEK
DORDRECHT BIJ DIVERSE
STANDEN TE KEULEN
OVER DE JAREN 1925-'35

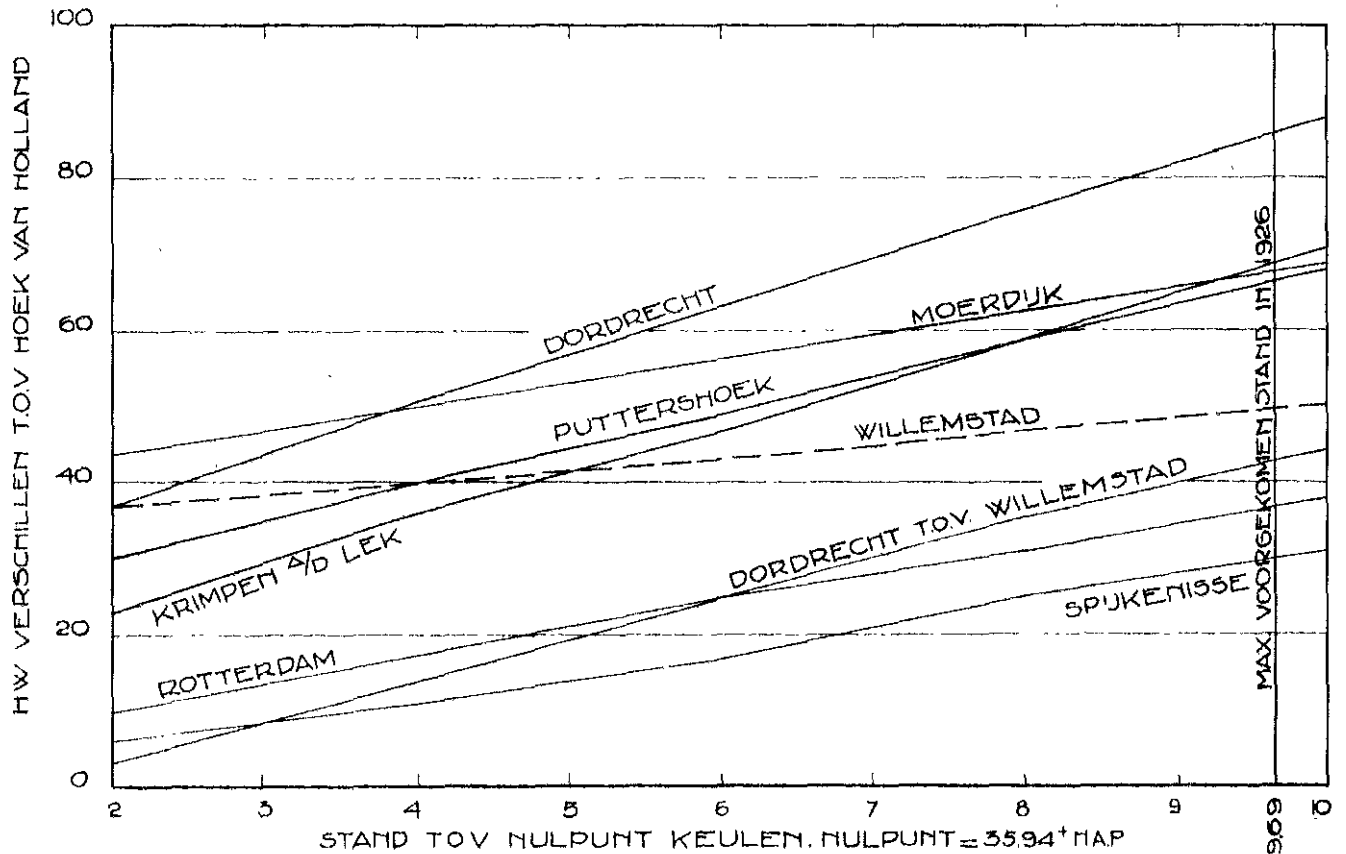
TOELICHTING
 VERSCHIL TUSSEN H.W. HOEK V. HOLLAND EN
 —○— H.W. ROTTERDAM
 - - - - H.W. KRIMPEN ¹/₆ LEK
 —●— H.W. DORDRECHT

DORDRECHT [KEULEN 4-m*]
 KRIMPEN ¹/₆ LEK [KEULEN 4-m*]

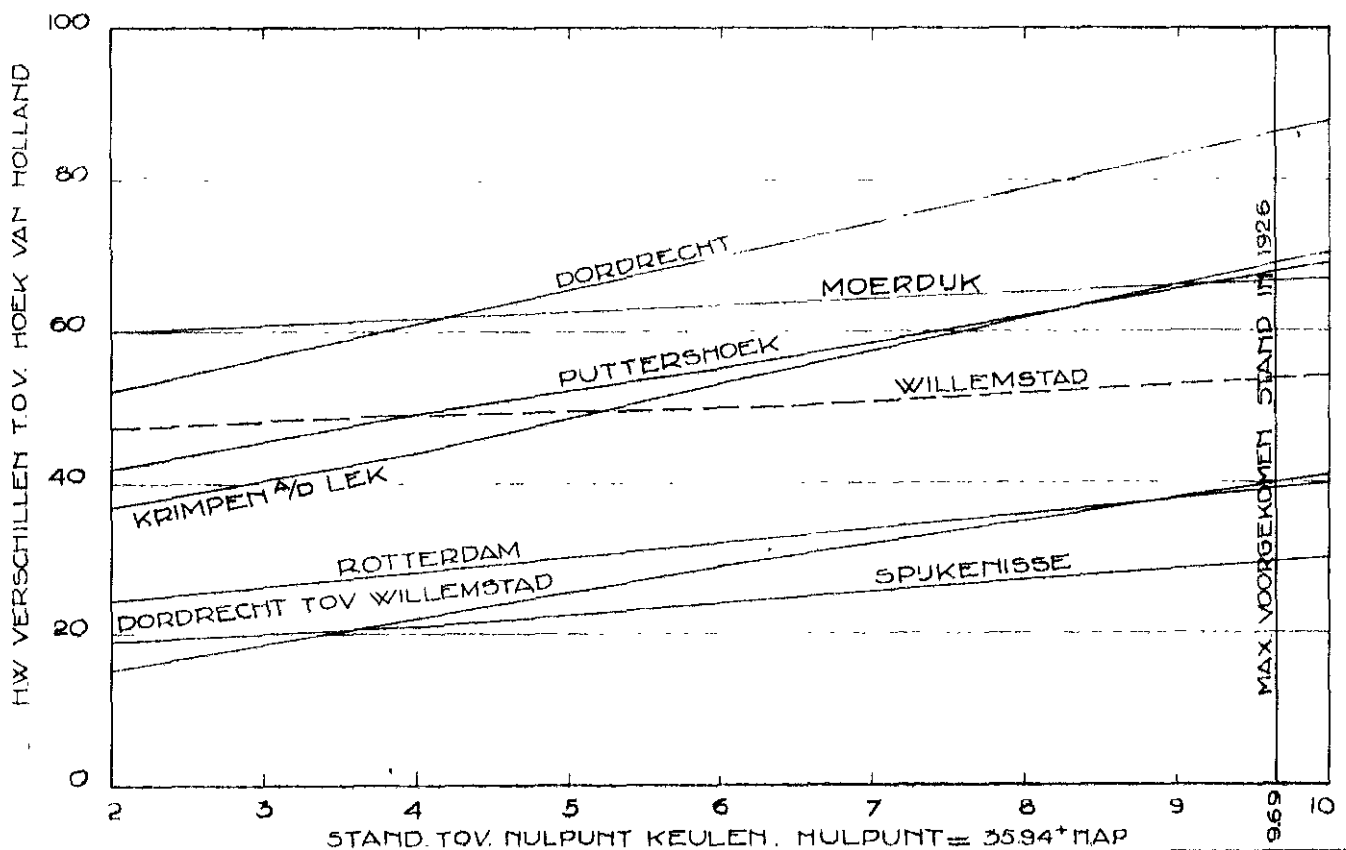


REGN^o 1774

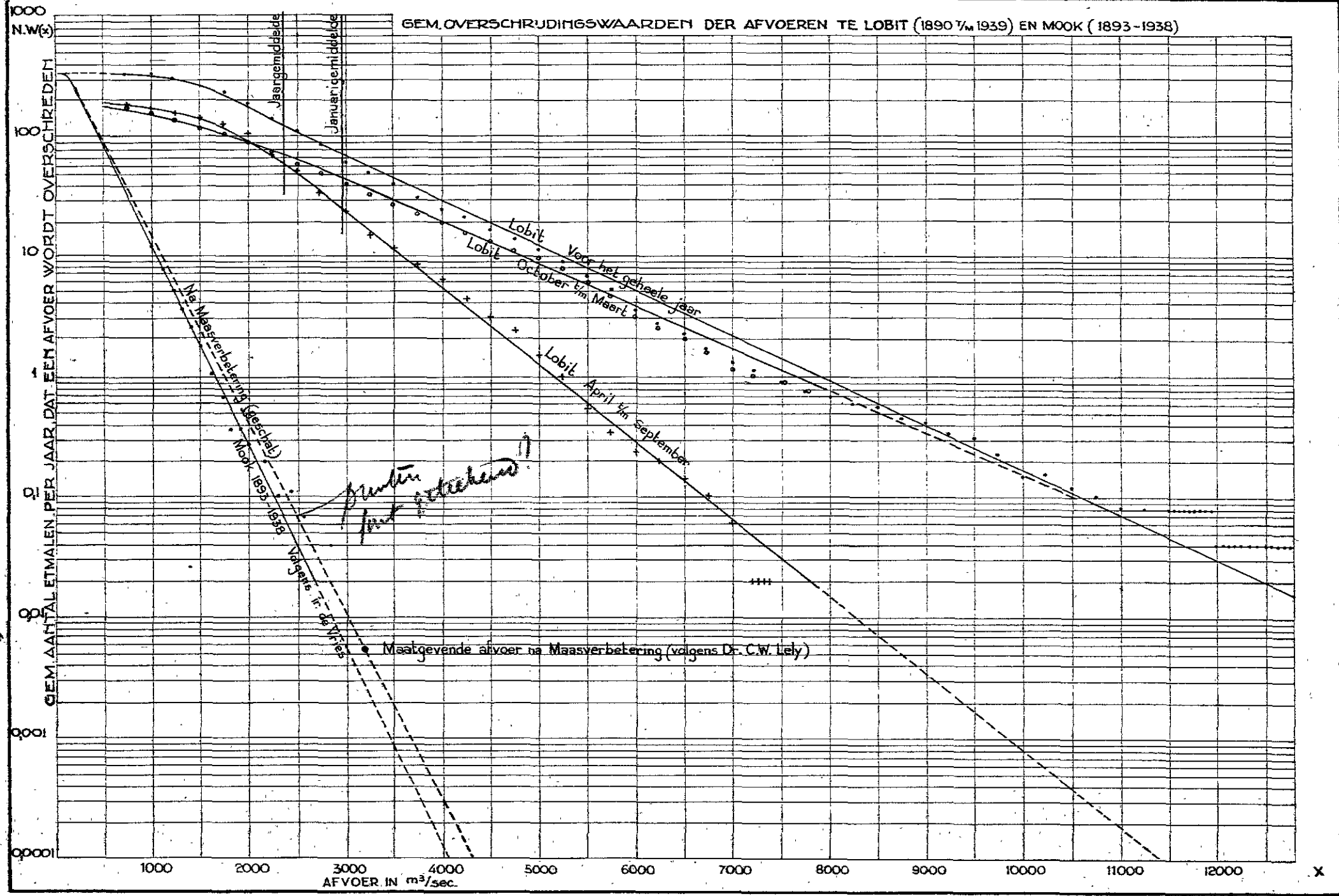
GEM. H.W. VERSCHIL T.O.V. HOEK VAN HOLLAND [1925-1935]
H.W. TE HOEK VAN HOLLAND TUSSEN 0.51 M EN 1.50 M



MAX. STANDEN T.O.V. HOEK VAN HOLLAND [1925-1935]
H.W. TE HOEK VAN HOLLAND TUSSEN 0.51 M EN 1.50 M

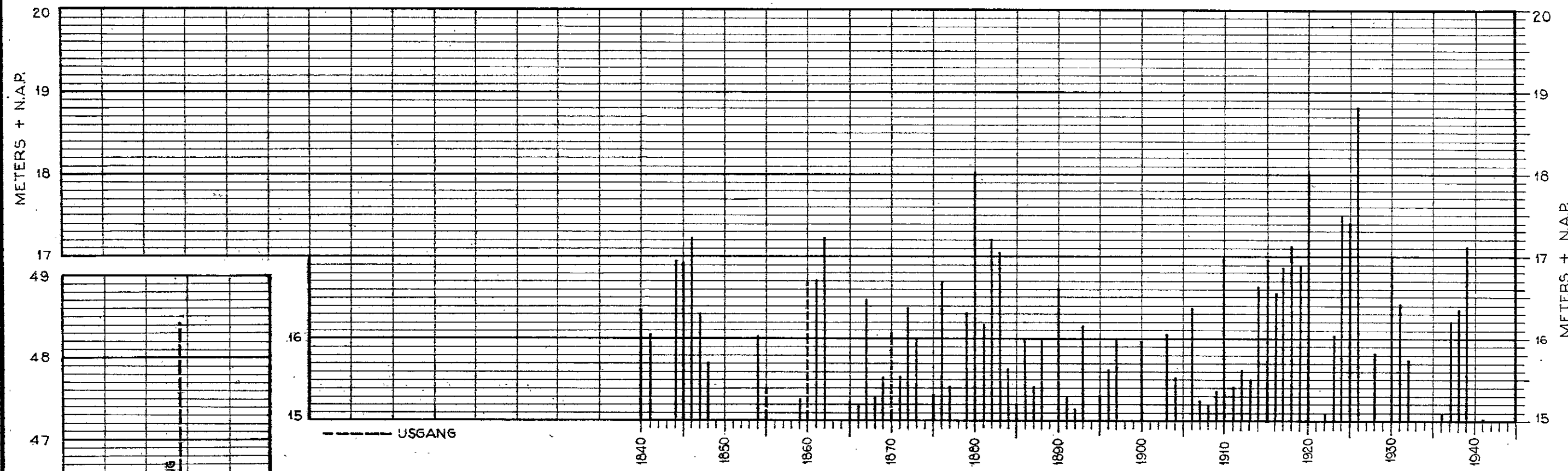


GEM. OVERSCHRIJINGSWAARDEN DER AFVOEREN TE LOBIT (1890 1/2 - 1939) EN MOOK (1893 - 1938)

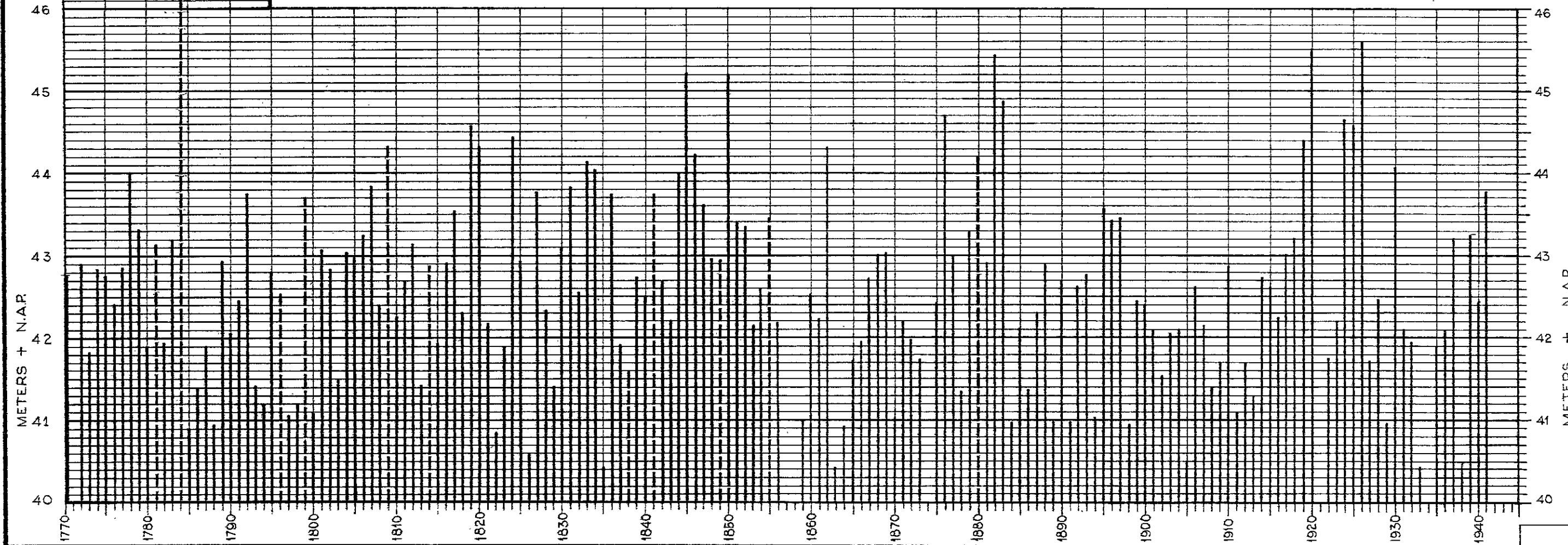


11226
Bijlage 49

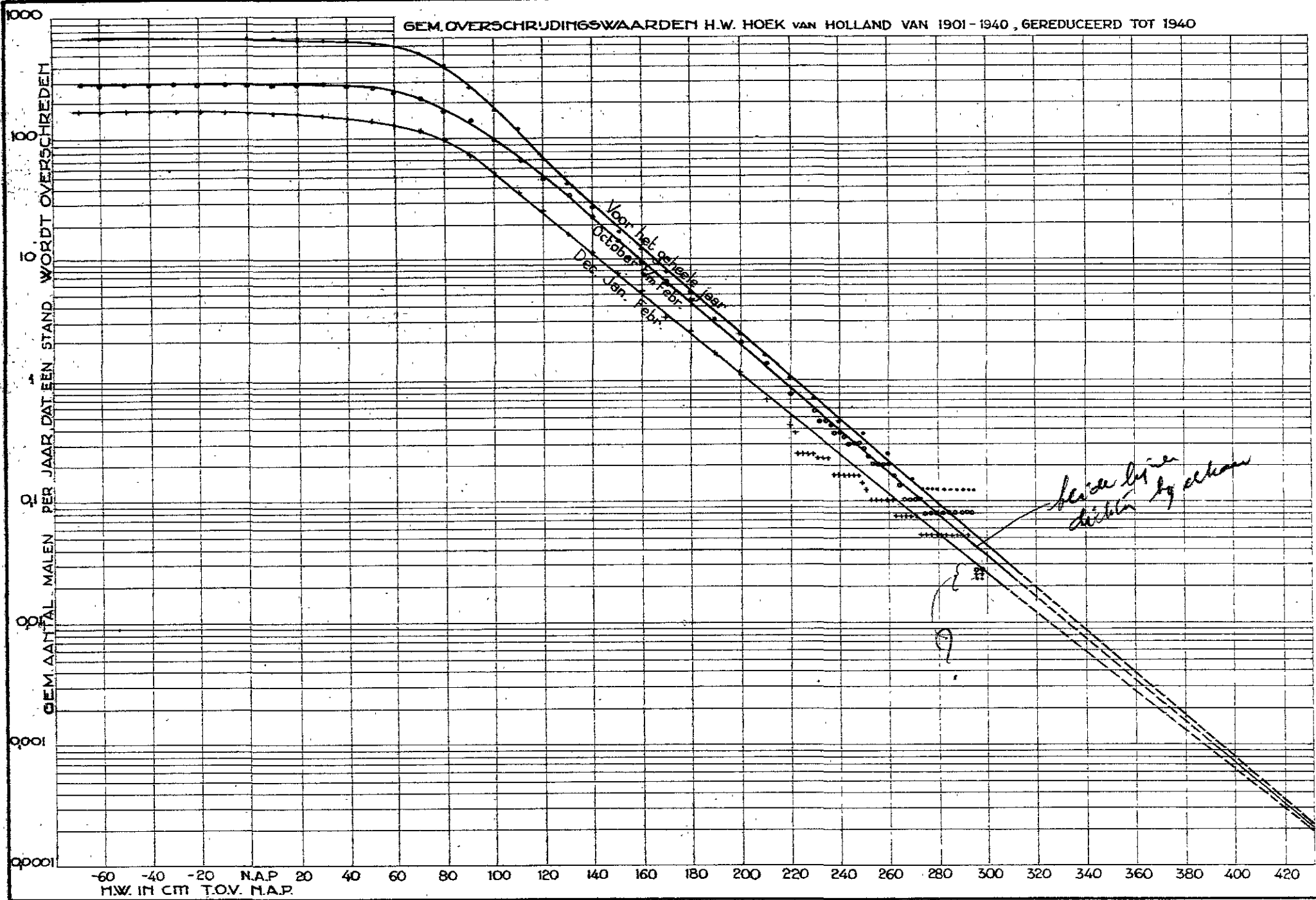
MAX. JAARSTANDEN VAN DE MAAS BIJ VENLO



MAX. JAARSTANDEN VAN DEN RIJN BIJ KEULEN

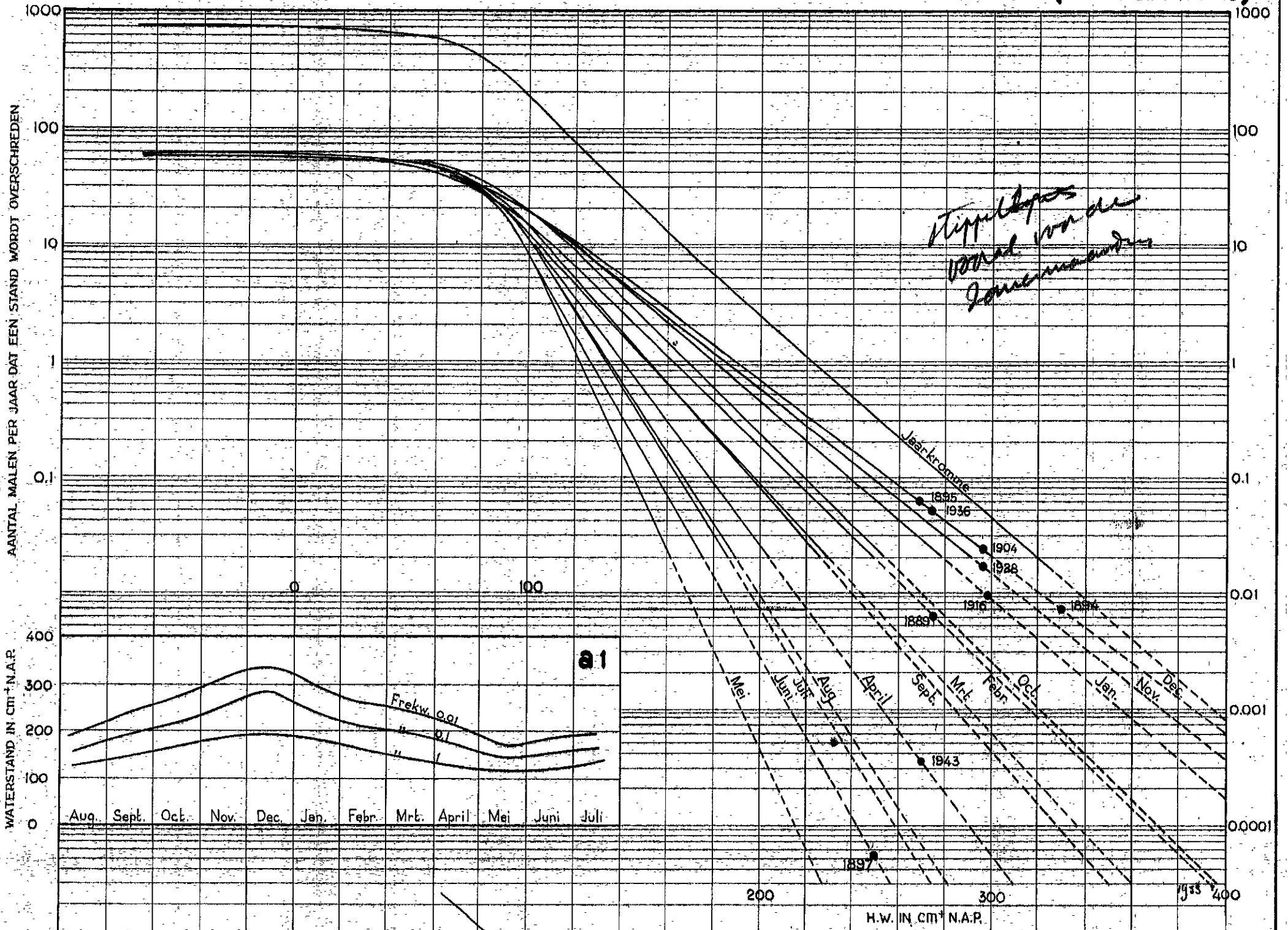


GEM. OVERSCHRJDINGSWAARDEN H.W. HOEK VAN HOLLAND VAN 1901-1940, GEREDUCEERD TOT 1940

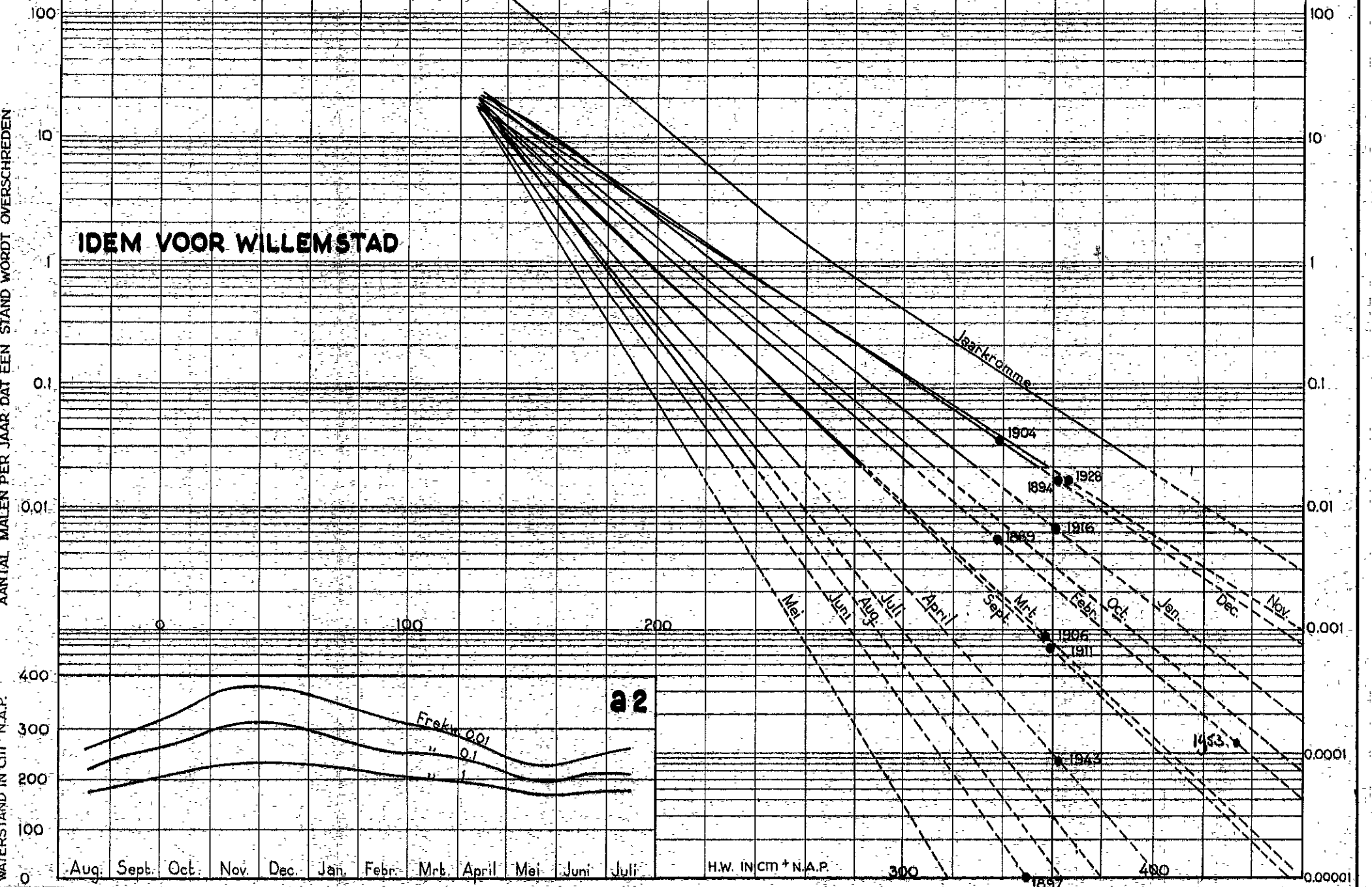


BULAGE 51

GEM. Overschrijdingswaarden der H.W. - Standen te H.v. Holland 1888-1937 (ONGEREDUCEERD)

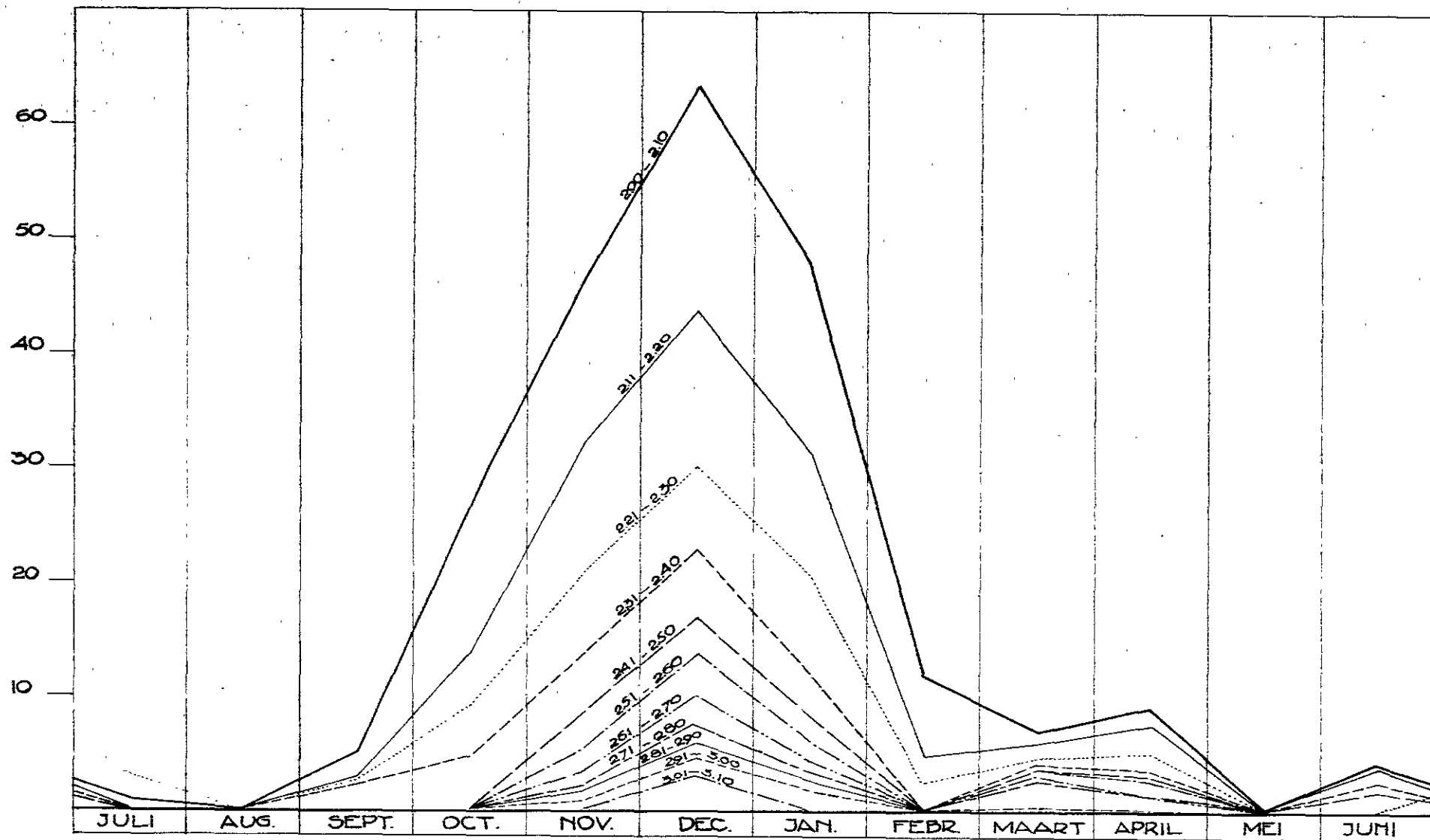


*Tippelgas
waard voor de
Zaaiersmaand*



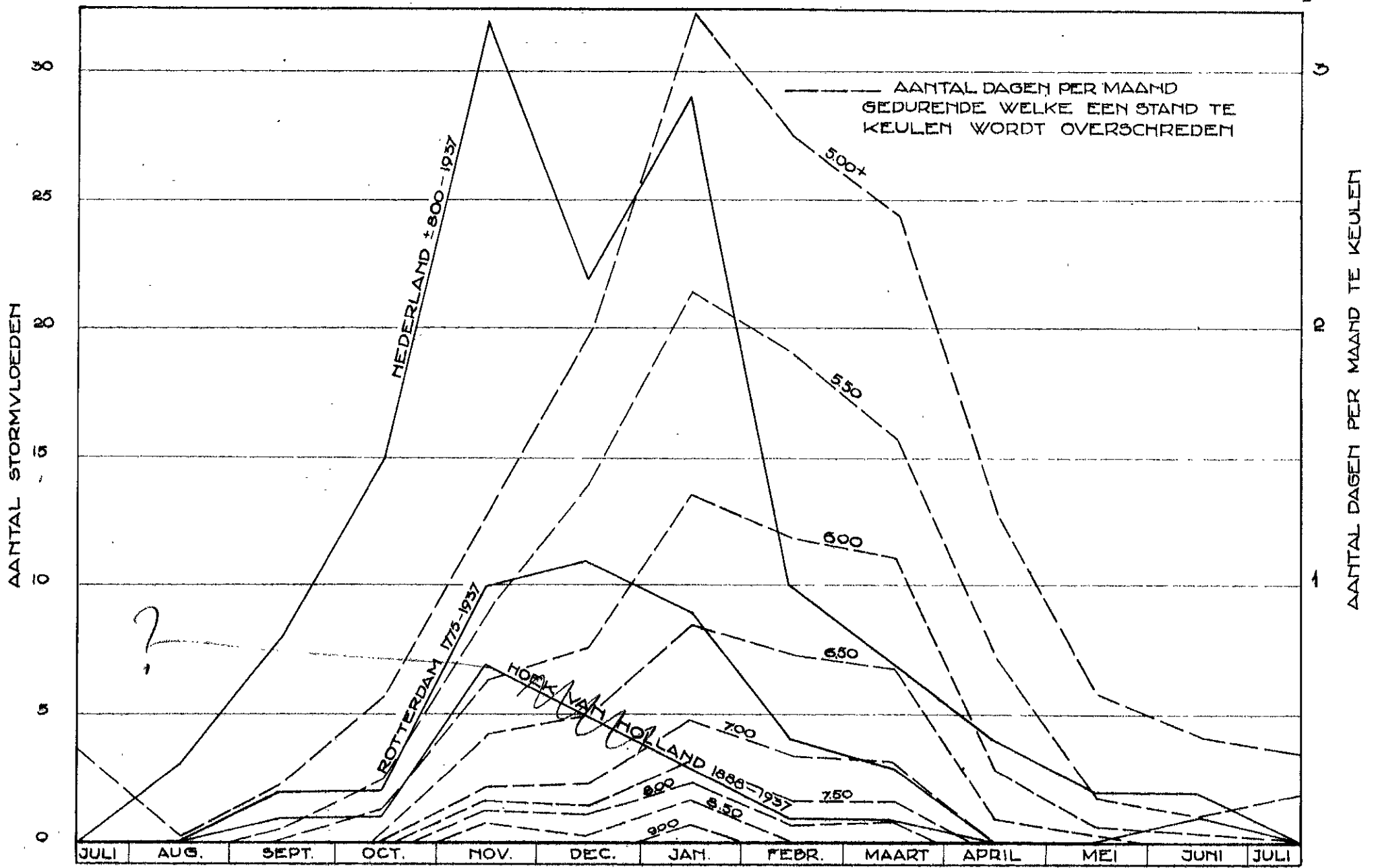
AANTAL UREN IN HET TIJDVAK 1888 T/M 1937 DAT HET H.W. TE HOEK VAN HOLLAND BOVEN 2-M+ N.A.P. WAS

AANTAL UREN IN 50 JAAR

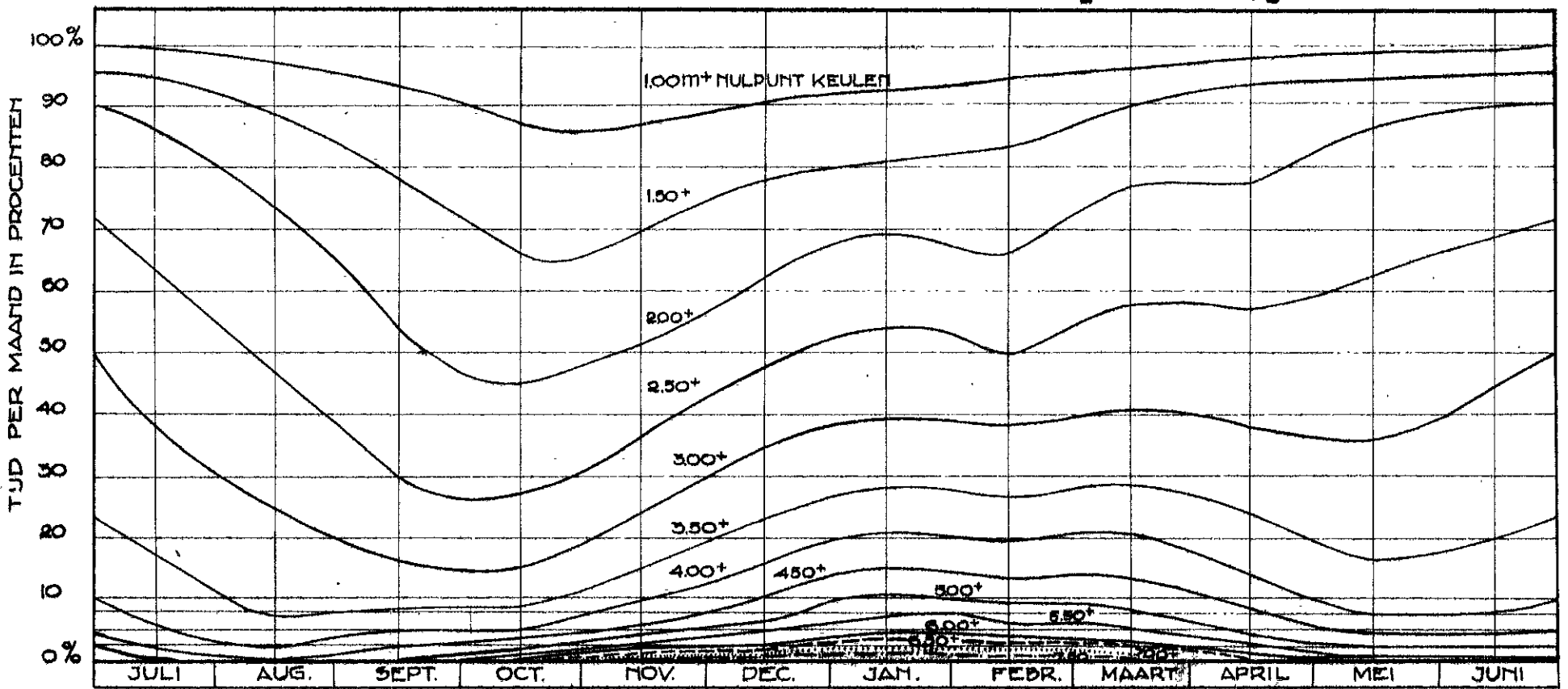


BULAGE 53
10246

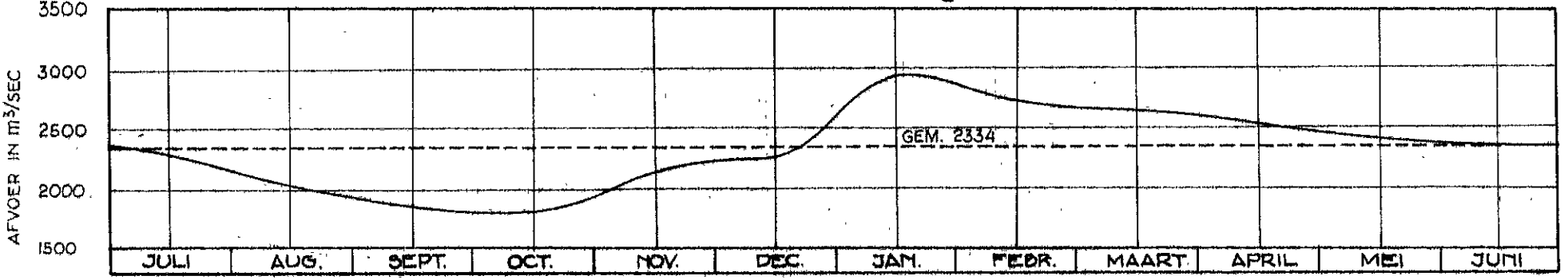
STORMVLOEDEN IN NEDERLAND ± 800 T/M 1937 [VOLGENS VERSLAG STAATSCOMMISSIE 1916]
 " **TE ROTTERDAM 1775 T/M 1937** [BOVEN EEN STAND VAN 2.60 M⁺ N.A.P. VOLGENS IDEM]
 " **TE HOEK VAN HOLLAND 1888 T/M 1937** [BOVEN EEN STAND VAN 2.42 M⁺ N.A.P.]



TJD PER MAAND IN PROCENTEN GEDURENDE WELKE EEN STAND TE KEULEN WORDT OVERSCHREDEM [1854-1937]



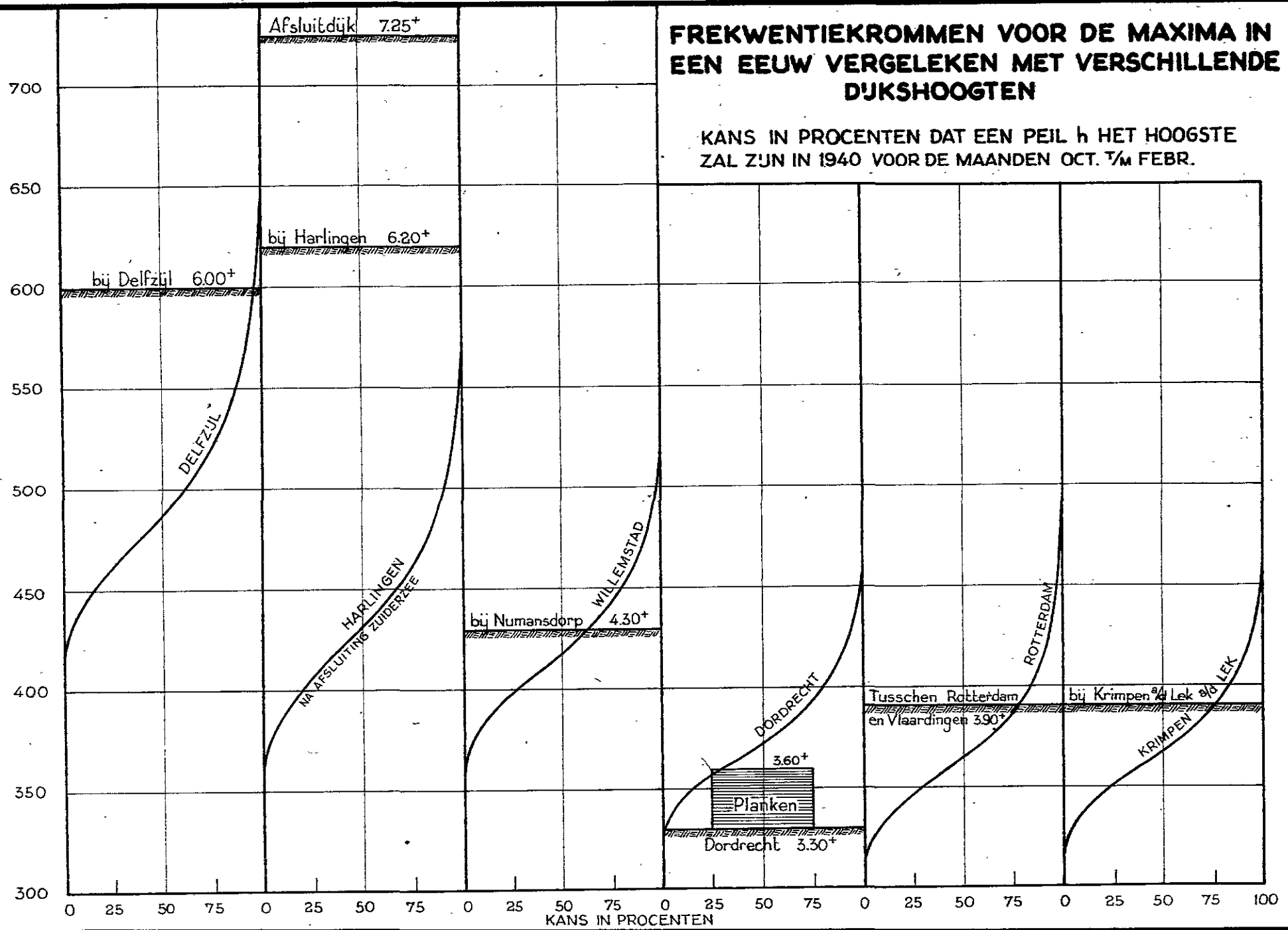
GEM. AFVOEREN TE LOBIT [1890-1940]



FREKWENTIEKROMMEN VOOR DE MAXIMA IN EEN EEUW VERGELEKEN MET VERSCHILLENDE DIJKSHOOGTEN

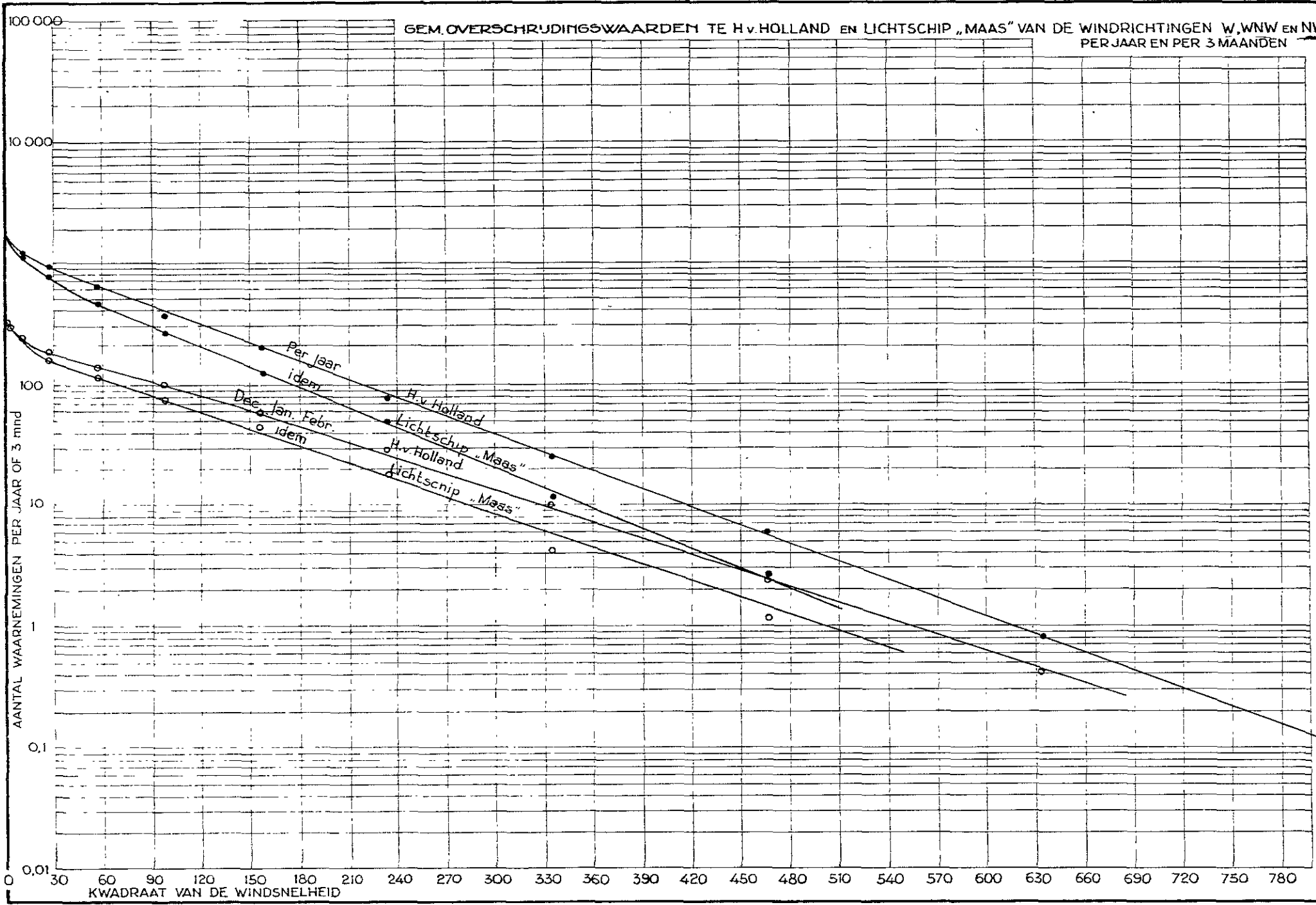
KANS IN PROCENTEN DAT EEN PEIL h HET HOOGSTE ZAL ZIJN IN 1940 VOOR DE MAANDEN OCT. $\frac{1}{m}$ FEBR.

WATERSTAND IN $cm + N.A.P.$



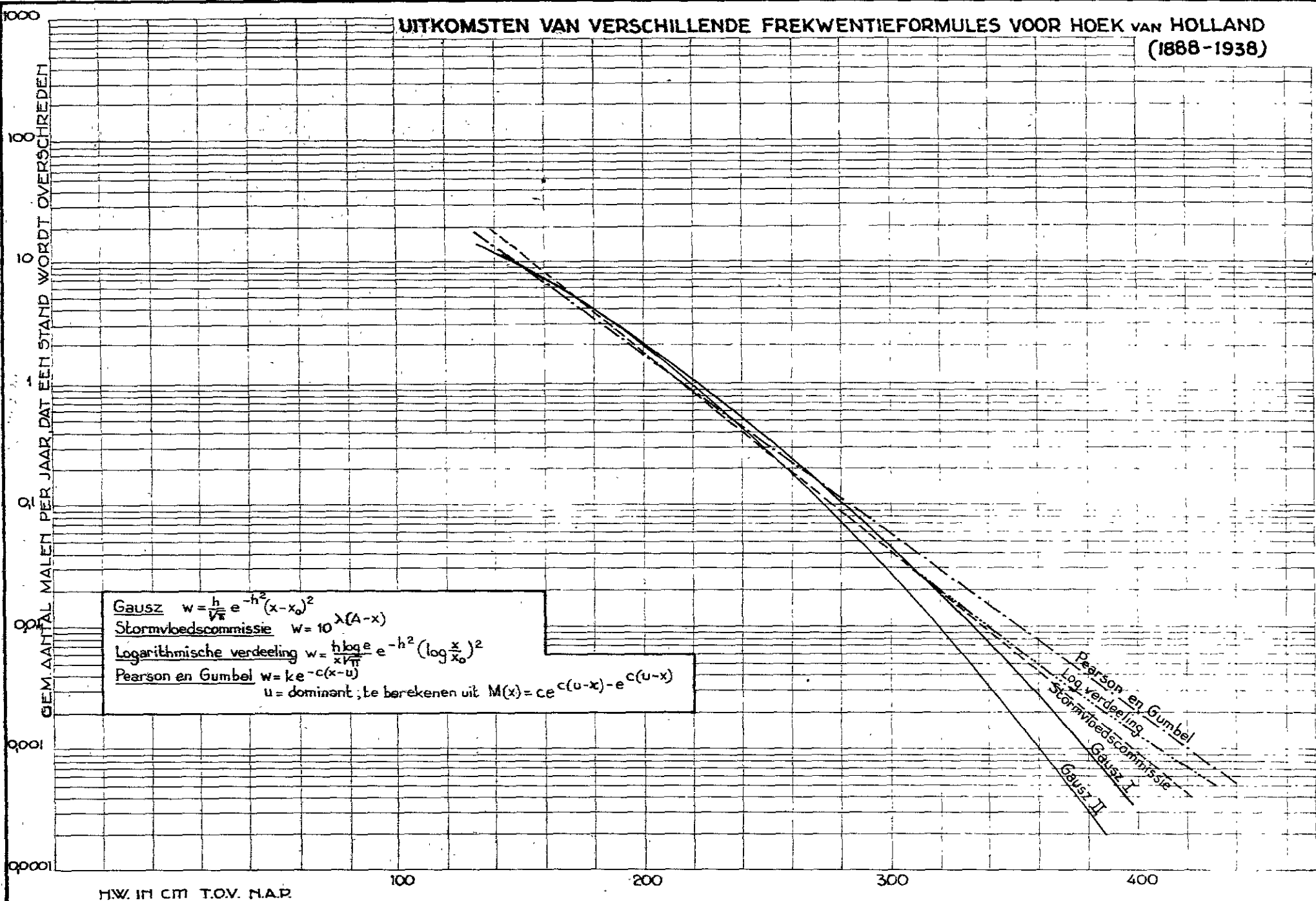
R 246 BULAGE 55

GEM. OVERSCHRIJDINGSWAARDEN TE H.V. HOLLAND EN LICHTSCHIP „MAAS“ VAN DE WINDRICHTINGEN W, WNW EN NW
PER JAAR EN PER 3 MAANDEN



R 246
BULAGE 56

UITKOMSTEN VAN VERSCHILLENDE FREKWENTIEFORMULES VOOR HOEK VAN HOLLAND (1888-1938)



R 246

BULAGE 58