

**bx**

81069

DE WATERSTAND OP HET ZWARTE WATER

BIJ ZWARTSLUIS

door Prof. Thijssse

Nota nr. 151

Rijkswaterstaat  
directie IJsselmeergebied  
bibliotheek  
postbus 600  
8200 AP Lelystad

De waterstand te Zwartsluis wordt beheerscht door de volgende factoren.

1. Het peil van het IJsselmeer (gemiddelde over het geheele oppervlak).
2. Het verval tusschen Zwartsluis en den mond van het verlengde Zwarte Water bij de Ramspol ten gevolge van den afvoer van Zwarte Water en kanaal Blokzijl - Kadoelen.
3. Het windeffect tusschen het opwaaiingscentrum van het IJsselmeer en Zwartsluis.

Al deze factoren hangen af van het stadium, waarin de uitvoering van de Zuiderzeewerken zich bevindt.

In het volgende zal vooral de aandacht worden gewijd aan den toestand, die ontstaat, wanneer deze werken geheel zijn voltooid. Het IJsselmeer strekt zich dan uit tusschen den afsluitdijk en den dijk van de Zuidelijke polders van bezuiden de Ketel naar Enkhuizen; het staat in open verbinding met de strook water langs de Geldersch - Utrechtsche kust tot Huizen, het Eemmeer, en heeft tezamen met dit meer een oppervlak van 1300 km<sup>2</sup>. De bronnen, die het waterbezwaar leveren, hebben dezelfde sterkte als thans; dit is ook het geval met den IJssel. Op de IJsselkanalisatie of dergelijke is dus niet gerekend.

#### 1. Het IJsselmeerpeil.

In den winter, tusschen begin October en begin April, wordt het IJsselmeer zoo mogelijk afgespuid tot 40 cm onder N.A.P. Herhaaldelijk overtreft het waterbezwaar de capaciteit

bx
81069

van de loozing; het gewenschte peil wordt dan overschreden. De duur van een dergelijke overschrijding is in den regel verscheidene dagen, veelal eenige weken. Ongeveer in de helft van alle winters wordt N.A.P. niet bereikt; bij een hoogst ongunstige combinatie van ongunstige omstandigheden wordt dit peil met eenige decimeters overschreden. Bij een hypothetisch geval, waarin het grootste bekende waterbezwaar zou samentreffen met de langst bekende periode van gestremde loozing, zou het gemiddelde meerpeil zelfs iets meer dan een meter boven N.A.P. komen. De kans hierop is echter uit eerst gering: niet grooter dan eens in verscheidene duizenden jaren.

De kans op het optreden van minder hooge standen wordt uitgedrukt in een frequentiediagram (figuur 2). Dit diagram kon natuurlijk niet rechtstreeks uit waarnemingen worden samengesteld, daar het geldt voor een toestand, die nog niet verwezenlijkt is. Het moest dus worden afgeleid uit de waarnemingen, die zijn geschied in de periode na de afsluiting van de Zuiderzee op 28 Mei 1932. Het IJsselmeer was toen 3500 km<sup>2</sup> groot; na de sluiting van den dijk van den Noordoostpolder op 13 December 1940 nog 3000 km<sup>2</sup>. Tot September 1938 werd streefd naar een peil van 13 cm onder N.A.P., daarna was de waterstand in den regel hooger. Na 15 Mei 1940 was het gewenschte peil 15 tot 20 cm onder N.A.P. tot in October het meer tot het definitieve winterpeil werd afgelaten. In verband met de dijkwerken van den Noordoostpolder is het aflaten halverwege gestaakt. Een periode van groot waterbezwaar maakte, dat het meer niet vóór Kerstmis 40 cm onder N.A.P. stond.

Voor de periode 1 Jan. 1933 - 31 Dec. 1939 zijn de frequenties van de verschillende waterstanden geteld. Overwogen

is, welke veranderingen aan de zoo verkregen lijn moesten worden aangebracht om rekening te houden met het kleinere oppervlak en het andere peil. De lijn van figuur 2 is op grond hiervan te beschouwen als de meest waarschijnlijke voor den toekomstigen toestand.

Dat er ook, hoewel betrekkelijk zeldzaam, waterstanden voorkomen, meer dan 40 cm onder N.A.P., wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit, dat de peilregeling nimmer volmaakt kan zijn. Laat men, wellicht in verband met een naderende depressie, één of twee dagen sterk spuien, dan kan het peil eenige centimeters te laag zijn, eer dat bekend is.

Een overeenkomstige lijn kan worden gemaakt voor de zomermaanden. Het nagestreefde peil is dan 20 cm onder N.A.P.; in droge tijden zal men het echter laten zakken, omdat men voor de omringende landen een grooter quantum beschikbaar stelt dan het waterbezwaar van het meer bedraagt. Overschrijden van het gewenschte peil komt in mindere mate voor dan in den winter.

De hoge standen komen voornamelijk in weinige, aangesloten perioden voor. Twee procent, dus 80 à 100 uren per winter ligt boven N.A.P. Men moet dit zoo opvatten, dat ongeveer om het andere jaar één, gemiddeld twee maal zoo lange overschrijding optreedt en een hoogst enkele keer twee overschrijdingen in één winter. De hoogte van den top varieert van enkele centimeters boven N.A.P. tot + 40 cm, eens in eenige tientallen jaren, <sup>en</sup> + 80 cm, minder dan éénmaal in de duizend jaar.

## 2. Het verval Zwartsluis - Ramspol.

Vóór den aanleg van den Noordoostpolderdijk was dit verval geconcentreerd in het Zwarte Water. Het was ongeveer even-

redig aan de tweede macht van de door dit water afgevoerde waterhoeveelheid en werd kleiner, naarmate de buitenwaterstand hooger en het doorstromingsprofiel dus grooter was.

Na het afsluiten van den normalen afvoerweg door het tegenwoordige gebied van den Noordoostpolder bleef een geul over die van Zwartsluis loopt door het zoogenaamde Zwarte Meer en door den zeer nauwen doorgang tusschen den polderdijk en de Ramspol uitkomt in het IJsselmeer, dat hier zeer ondiep is. Het vermogen van dezen weg was zoo gering, dat bij afvoeren van eenige beteekenis een ontoelaatbaar hoog peil te Zwartsluis zou ontstaan.

Verruiming was dus noodzakelijk. Deze is zoodanig ontworpen, dat het peil te Zwartsluis lager zou zijn dan vóór de afsluiting der Zuiderzee gemiddeld onder gelijke meteorologische omstandigheden voorkwam. Het benedenste deel van het Zwarte Water wordt daartoe over een breedte van 75 tot 80 m verdiept tot N.A.P. - 5,00 m. Door een opening in den zuidelijken leidam van het Zwolsche Diep ontstaat een ruime verbinding met het Zwarte Meer, waarin over de geheele lengte een vaargeul is gebaggerd met een bodembreedte van 150 m en een diepte van N.A.P. - 3,50 m. Bij de engte van de Ramspol splitst de geul zich in het Ramsdiep, dat voor de scheepvaart dient en 70 m breed is met een bodemdiepte van N.A.P. - 3,10 m en de stroomgeul de Ramspol, breed 165 m met een bodemdiepte van N.A.P. - 3,50 m, doorlopende tot de dieptelijn van N.A.P. - 2,20 m in het IJsselmeer.

Berekend is het verval als functie van den afvoer naar het IJsselmeer en van den waterstand in dat meer (figuur 3). Hierbij is eenmaal ondersteld, dat het waterbezwaar ten deele bestaat uit het uitgeslagen water van de gemalen aan het

kanaal van Blokzijl (Ettelandsche Kolk en de Voorst). Het andere diagram geldt voor het geval, dat deze gemalen niet werken. Perioden van groot waterbezwaar van het Zwarte Meer zijn meestal eenige dagen lang. Zij zijn niet door directe metingen vastgesteld; de gegevens daartoe zijn niet volledig en bovendien is het gemaal van den Noordoostpolder bij de Voorst eerst sinds korten tijd in bedrijf en dan nog voor het droogmalen van den polder, wat een andere belasting vereischt dan het latere drooghouden.

Men moest dus weer op indirecte wijze tewerk gaan. Op grond van afvoermetingen in de Vecht is een diagram samengesteld, waarin de afvoer van die rivier is voorgesteld als functie van twee waterstanden: te Vechterweerd en te Vilsteren. Deze standen zijn dag voor dag beschikbaar.

Men kan nu een redelijke onderstelling maken over het verband tusschen den afvoer van de Vecht en het in de toekomst te verwachten waterbezwaar van het Zwarte Meer en dus ook hiervoor frequentielijnen voor zomer en winter samenstellen. Door in den winter uit te gaan van een IJsselmeerpeil van - 35 cm en in den zomer van - 25 cm, kunnen ook de frequenties voor het verval Zwartsluis - IJsselmeer worden berekend. Zij zijn gegeven in figuur 4.

### 3. Windeffect.

Door den wind wordt het water op het IJsselmeer in lijwaartsche richting gestuwd. Daar treedt dus een verhooging van den waterstand op; boven den wind daalt het peil. De grootte van deze peilveranderingen hangt af van de sterkte van den wind. Snelle veranderingen in richting of sterkte van den wind veroorzaken golfverschijnselen op het meer, waarbij vooral in hoeken, zooals de Ramspol, gedurende korten tijd (een of enkel

uren) extra hoge of lage standen kunnen voorkomen. Aan de Ramspol, die ongeveer in het midden van de verbindingslijn van Lemmer naar Elburg ligt, is het windeffect omstreeks het gemiddelde van dat op deze twee plaatsen.

De frequentielijn van den waterstand aan de Ramspol (juister: den mond van de Ramsgeul) kan in verband hiermede op de volgende wijze worden gevonden. De in 1933 - 1939 waargenomen frequentielijnen voor Lemmer en Elburg worden gemiddeld; het resultaat ondergaat een overeenkomstige vervorming, als die welke aan de waargenomen frequentielijn voor de gemiddelde meerstand moet worden aangebracht om haar geldig te maken voor den toekomstigen toestand met het kleine IJsselmeer.

Bij de splitsing in zomer- en winterhalfjaar kan men niet uitgaan van het voorgekomen windeffect. Daartoe is de tijd te kort: een enkele abnormaal sterke storm in September (25 September 1935) heeft een te grooten invloed. Daarom is gebruik gemaakt van de frequentie van windrichting en windsterkte, die over veel langer tijd bekend zijn. Het resultaat is weergegeven in figuur 5.

Ook op het Zwarte Meer treedt opwaaiing op. Die opwaaiing is groter dan die, welke in de gebaggerde geul alleen zou voorkomen, doch kleiner dan die, welke bij de diepte van de oorspronkelijke vlakte behoort. Men kan afleiden, dat de maatgevende diepte ongeveer 1,3 meter is. Rekent men voor de lengte van het opwaaiingsgebied 10 km, dan kan het niveauverschil tusschen de beide einden (Ramspol en Genemuiden) in centimeters worden uitgedrukt als  $\frac{1}{4} v^2 \cos \alpha$ . Hierin is  $v$  de windsnelheid (m/sec) en  $\alpha$  de hoek tusschen de windrichting en de

as van het meer. Wanneer er geen verbinding zou zijn tusschen IJsselmeer en Zwarte Meer, zou de helft van dit bedrag als opwaaiing op het Zwarte Water merkbaar zijn. Doordat er water door de geulen langs de Ramspol kan toestroomen, wordt de opwaaiing op het Zwarte Water grooter, wellicht  $1/6 v^2 \cos \alpha$ .

Met de bekende frequentie van  $v$  en  $\alpha$  kan men berekenen, met welke frequentie een opwaaiing van bepaalde grootte tusschen de Ramspol en het Zwarte Water voorkomt.

Een opwaaiing van korten duur op het IJsselmeer bij de Ramspol kan zich niet volledig voortplanten naar Zwartsluis. Er is dan geen tijd genoeg beschikbaar om door de betrekkelijk nauwe geulen een voldoende hoeveelheid water aan te voeren om het Zwarte Meer op het hogere peil te brengen. Met een schematische berekening is bepaald, welk verloop de waterspiegel te Zwartsluis zal hebben, wanneer buiten de Ramspol verheffingen van verschillenden vorm voorkomen. Met behulp van de uitkomsten hiervan is voor alle verheffingen van beteekenis het hoogste peil te Zwartsluis geschat. Hetzelfde is gedaan voor kortdurende lage waterstanden, die door oostelijken wind te voorschijn worden geroepen.

#### 4. Frequentielijnen voor Zwartsluis.

Getracht is, uit al deze gegevens de frequentie van de waterstanden te Zwartsluis voor den beschouwd ten toekomstigen toestand af te leiden. Men komt dan tot het vraagstuk van combineren van frequenties, dat behoorlijk is op te lossen voor het geval, dat de samenstellende verschijnselen (IJsselmeerpeil afvoer van Zwarte Water c.s. en windeffect) onafhankelijk van elkander voorkomen. Dit is echter niet het geval. In perioden



van grooten afvoer van de Vecht is er meer kans op een hoog IJsselmeer, dan in tijden, waarin aan de Vecht weinig water wordt toegevoerd. Ook sterke opwaaiing (krachtige NW wind, dus weinig sluisgang bij den afsluitdijk) is positief gecorreleerd met het IJsselmeerpeil. Men moet deze afhankelijkheid schattenderwijs in rekening brengen en hierin schuilt voornamelijk de onzekerheid van de in figuur 6 aangegeven frequentielijnen voor Zwartsluis. Men moet deze lijnen dus beschouwen als een benadering, die niet (of althans niet in belangrijke mate) kan worden verbeterd, zooland de definitieve toestand niet is verwezenlijkt. Voorloopig moeten beschouwingen over het al of niet bevredigende van dien toestand dus op deze lijnen worden gebaseerd.

##### 5. Hooge waterstanden.

Zoowel in den zomer als des winters zal gedurende ruim het tiende deel van den totalen tijd het peil van het Zwarte Water bij Zwartsluis hooger staan dan N.A.P.. Voor een klein gedeelte zal dit niveau telkens korten tijd (eenige uren) worden overschreden, soms in belangrijke mate. In die gevallen is opwaaiing de oorzaak. Grootendeels duurt de overschrijding telkenmale langen tijd, in den regel eenige dagen, soms meer dan een week. De hoofdoorzaak zal dan zijn een groot waterbezwaar van het Zwarte Meer en (of) een hoog peil op het IJsselmeer. Men mag wellicht elken winter rekenen op een of twee malen, dat <sup>een</sup> langdurige overschrijding voorkomt en dan een vrij groot aantal malen, waarin de wind gedurende eenige uren het peil tot boven N.A.P. brengt.

Slechts zelden wordt de stand van 50 cm boven N.A.P.

bereikt: ongeveer twee duizendste van den geheelen tijd, 10 uur per winter. Ongeveer de helft van dezen tijd wordt ingenomen door een overschrijding van langer duur: eenige etmalen, die dus slechts eenmaal in wellicht tien winters voorkomt. Voor de andere helft zijn het korte overschrijdingen door den wind, waarvan in de zeven jaren 1933 - 1939 een vijftal langer dan vier uur een hooger waterstand te Zwartsluis dan + 50 cm zou hebben veroorzaakt. Eénmaal zou dit peil 10 uur lang overschreden zijn geweest, gemiddeld 6 uur. Tweemaal zou het niveau van + 60 cm bereikt zijn geweest; de overschrijding daarvan zou éénmaal 4 uur hebben geduurd en éénmaal 2 uur. Gemiddeld is dit een uur per winter: de rest van de 3 uur, waarin volgens het diagram gemiddeld + 60 cm wordt overschreden, is het aandeel van de zeldzame gevallen, waarin een groote Vechtafvoer, gecombineerd met een hoog peil op het IJsselmeer, tot een zoo hoogen stand te Zwartsluis leidt (enkele malen per eeuw).

In den zomer is de overschrijding van N.A.P. ongeveer even groot als 's winters. Wel is er minder wind en komt geen zeer groot waterbezwaar op het Zwarte Meer voor, maar daartegenover staat, dat het gemiddelde peil van het IJsselmeer hooger wordt gehouden.

Zeer hooge standen te Zwartsluis zijn 's zomers zeldzaam. Zij worden voornamelijk door windeffect veroorzaakt: lang niet alle zomers zal de wind het water boven + 50 cm <sup>doen</sup>/komen; de tijd van overschrijding is telkens enkele uren, hoogst zelden meer dan vier.

## 6. Lage waterstanden.

In den winter zal het peil bijna de helft van den tijd lager zijn dan 30 cm onder N.A.P. Dit is steeds het geval bij rustig, niet te nat weer, wanneer het IJsselmeer op zijn normale peil van - 40 cm kan worden gehouden en het windeffect, evenals het verval voor de bovenwaterafvoer, een veel voorkomende waarde van enkele centimeters heeft. Tijdens alle ijsperioden komt deze toestand voor (tenzij zich in den afvoerweg van het Zwarte Water een ijsdam zou vormen).

Ook lagere standen dan - 40 cm zijn in dergelijke perioden te verwachten door de afwaaiing, die met den oostelijken wind gepaard gaat. Men moet er op rekenen, dat dit gemiddeld elken winter gedurende een maand of langer voorkomt. Een groot deel van dezen tijd zal aaneengesloten zijn; veelal zal de scheepvaart dan door ijs worden belemmerd of stilgelegd.

Nog lagere standen staan in meerdere mate in verband met korte perioden van krachtigen oostenwind; de afwaaiing op het Zwarte Meer, waarin het gedeelte buiten de vaargeul nu zeer ondiep is, speelt dan een groote rol. Dit maakt ook, dat het nu beschouwde deel van de lijn onzeker is, daar het nog slecht bekend is, hoe groot het windeffect op het smalle meertje onder verschillende omstandigheden is. Het is niet onmogelijk, dat de dijken en oevers een beschutting van beteekenis tegen den wind vormen en dat in verband daarmee het windeffect kleiner is dan op een grootere plas als het IJsselmeer. Het Zwarte Meer bestaat nog zoo kort, dat er nog geen waarnemingsmateriaal voorhanden is, om de gesignaleerde onzekerheid te verminderen.

In den zomer komen lage waterstanden in mindere mate voor.

Het peil wordt grootendeels beheerscht door dat van het IJsselmeer, dat meestal begin April nog en eind September weer lager is dan - 30 cm en dat overigens hooger zal zijn. In droge zomers staat, zooals reeds is gezegd, het meer ook gedurende andere tijdstippen laag. Ongeveer het tiende deel van den geheelen tijd, dus 15 à 18 dagen van elke zomerperiode zal het water te Zwartsluis het peil van - 30 cm niet overschrijden. Zeer lage standen zullen zeldzaam zijn.

#### 7. Conclusie.

De conclusie van dit alles kan zijn, dat, na voltooiing van alle Zuiderzeewerken de ongewenschte hoge standen van meer dan 50 cm boven N.A.P. ook in den winter weinig zullen voorkomen. Soms zal in een winter dit peil in het geheel niet worden bereikt, een andere maal daarentegen gedurende eenige dagen achtereen. In den zomer is het bereiken van dezen stand niet onmogelijk, maar toch een uitzondering.

Ongewenschte lage standen, meer dan 30 cm onder N.A.P., zijn in den winter veelvuldig en deels in lange aaneengesloten perioden te verwachten. In den zomer zijn zij volstrekt niet zeldzaam.

#### 8. Overgangstoestand.

Zoolang de Zuiderzeewerken nog niet gereed zijn, wijkt de toestand af van de hiervoor beschrevene. Dit spreekt sterk in den winter van 1940 - 1941. De voornaamste verschillen waren toen het veel grootere oppervlak van het IJsselmeer en vooral de kleine capaciteit van het Zwarte Water en van de Ramsgeul.

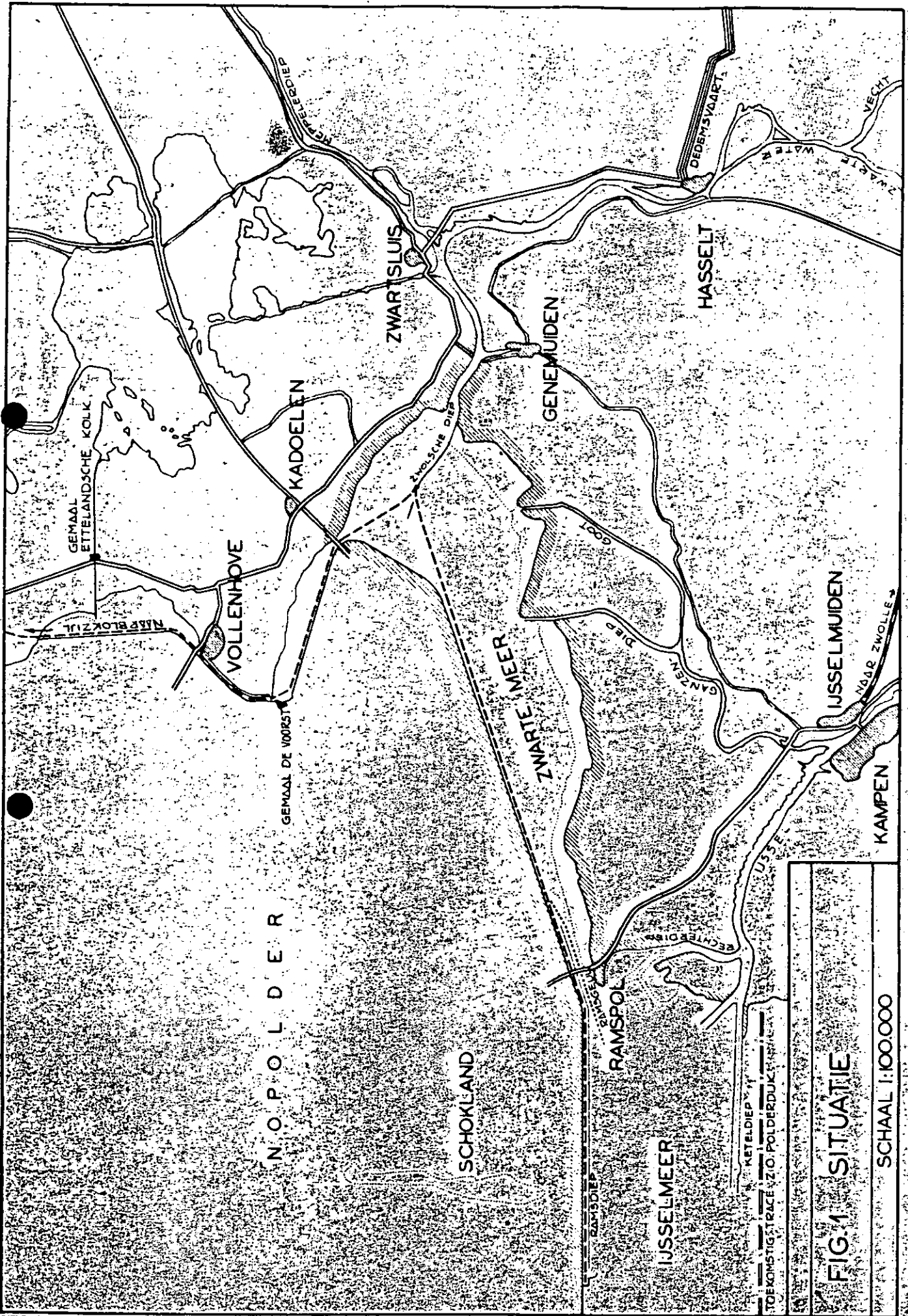
Dientengevolge was het verval tusschen Zwartsluis en het IJsselmeer bij hoogen Vechtafvoer zeer groot. Aan de keersluis bij Kadoelen, waar 1 Januari 1941 een registreerende peilschaal in bedrijf kwam, stond het water herhaaldelijk meer dan 40 cm (maximaal 60 cm) hooger dan buiten de geulen. De afvoer van de Vecht is nog niet op den dienst der Zuiderzeewerken bekend, doch is in geen geval zeer hoog geweest.

Ma Maart komen zoo groote vervallen niet meer voor, ofschoon 22 Maart hetemaal bij de Voorst in werking is gesteld. Het baggerwerk in de geul wordt geregeld voortgezet en het is te voorzien, dat in den winter 1941 - 1942 de profielen nog wel niet geheel de gewenschte grootte zullen hebben, maar toch wel zoo ruim, dat de zeer groote vervallen alleen nog maar bij zeer groot waterbezwaar kunnen optreden.

Nadat de geulen op maat zijn, blijft voorloopig het groote IJsselmeer. Het peil daarvan schommelt minder dan dat van het kleine meer later zal doen. Men kan globaal zeggen, dat de overschrijdingen van N.A.P. nu ongeveer twee vijfden zijn van wat men later moet verwachten. Dit kan tot uiting worden gebracht in de frequentielijnen van figuur 2, die in den rechter hoek minder steil oploopen. Ook is, in verband met de andere ligging van het zwaartepunt (opwaaiingscentrum) van het meer, het wind-effect nu kleiner dan in den definitieven toestand.

Een en ander maakt, dat ook de uiteinden van de frequentielijnen voor de waterstanden te Zwartsluis vlakker zullen verlopen dan in figuur 6. Tijdelijk zullen de ongunstigste - te hooge en te lage - waterstanden minder veelvuldig voorkomen dan na het afscheiden van de Zuidelijke polders van het IJsselmeer het geval zal zijn.

den Haag, Augustus 1941.



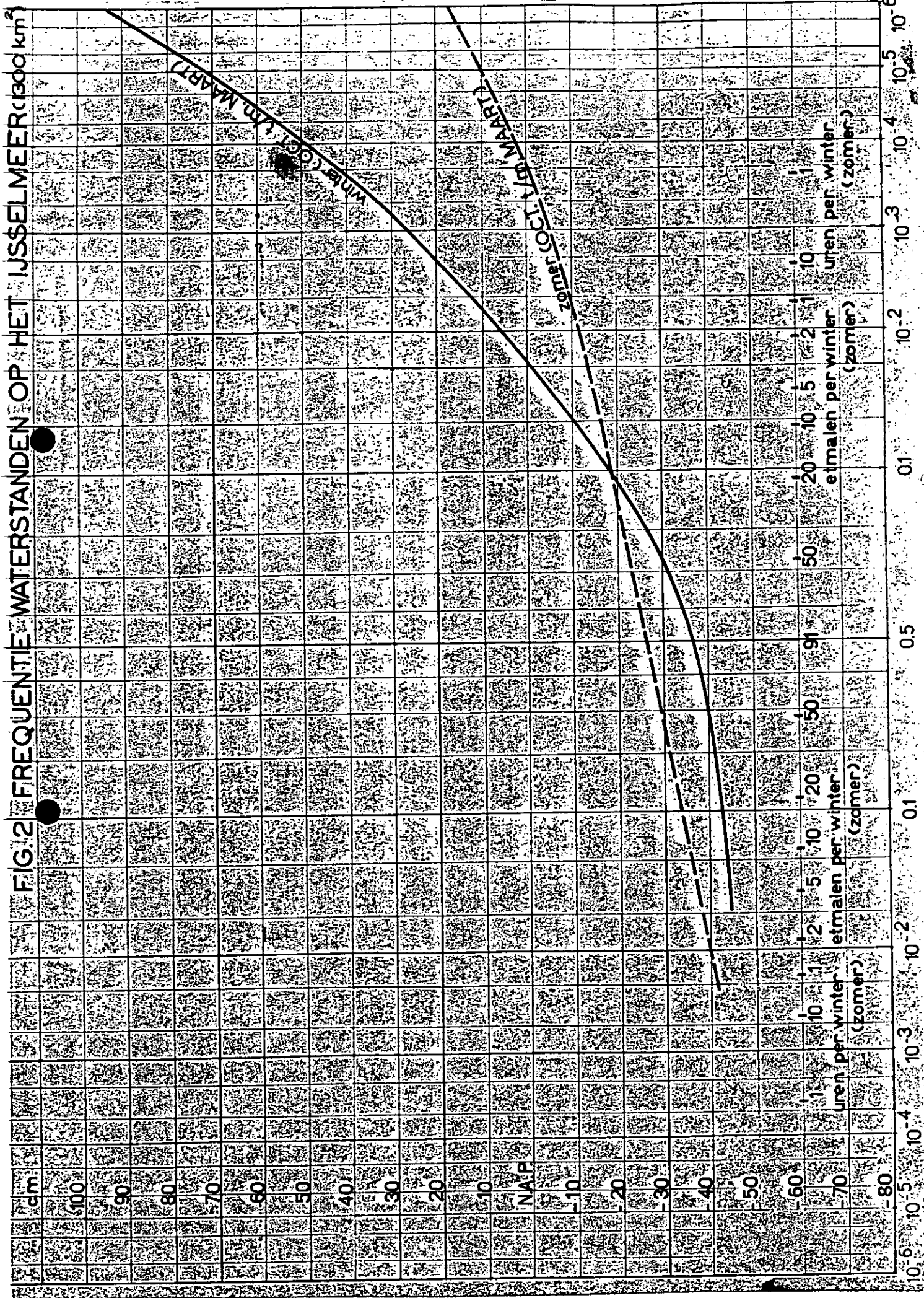


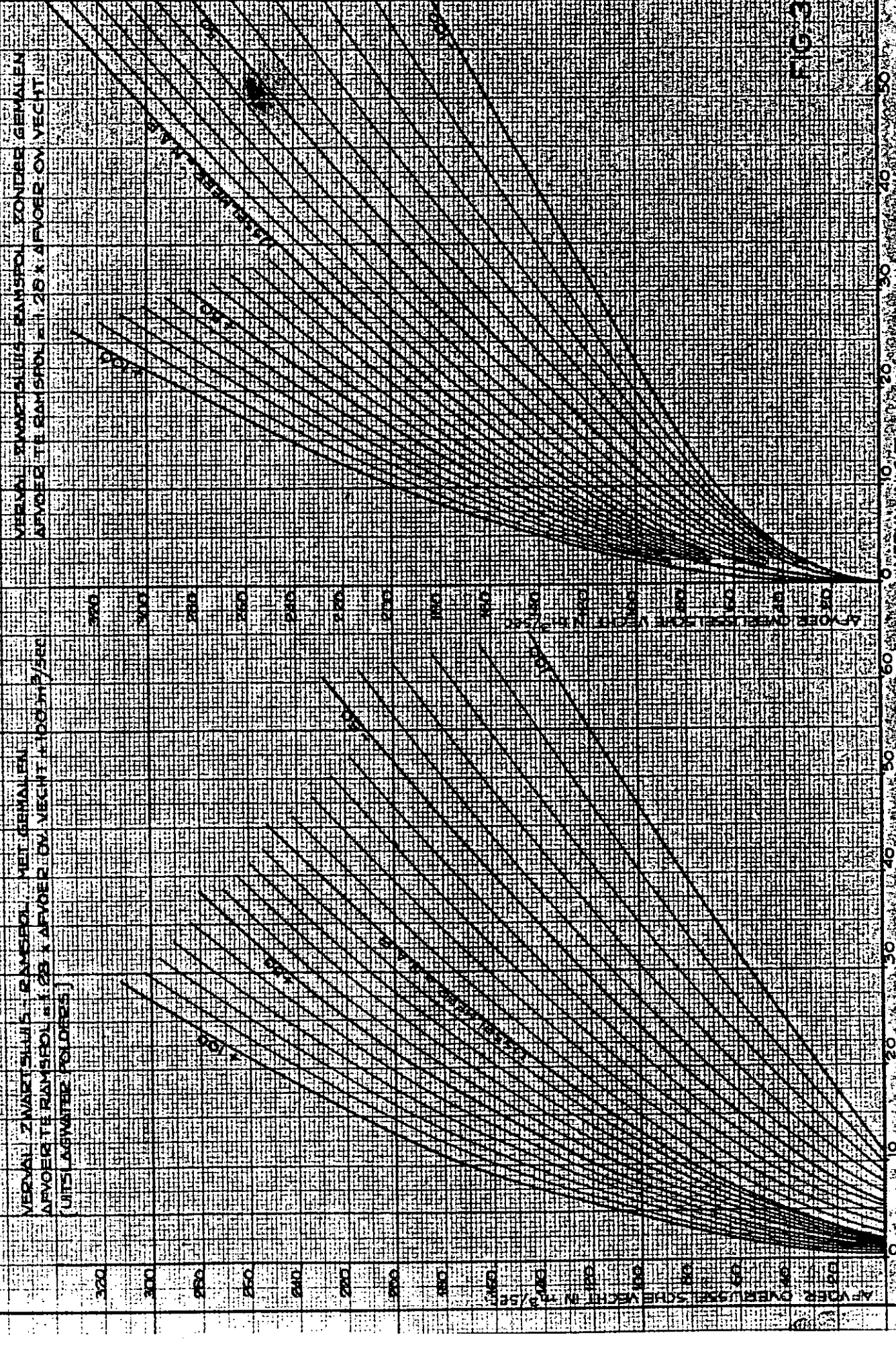
FIG. 2. FREQUENTIE WATERSTANDEN OP HET IJSSSELMEER (1000 km<sup>2</sup>)

winter (zomer) (zomer)

zomer (zomer) (zomer)

uren per winter (zomer)  
 etmalen per winter (zomer)  
 etmalen per winter (zomer)  
 uren per winter (zomer)

10<sup>-6</sup> 10<sup>-5</sup> 10<sup>-4</sup> 10<sup>-3</sup> 10<sup>-2</sup> 0.1 0.5 1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000 10<sup>3</sup> 10<sup>4</sup> 10<sup>5</sup> 10<sup>6</sup>



VERVAL ZWARTSLUIS RIJNSPON  
 AFVOERTE RIJNSPON

VERVAL ZWARTSLUIS RIJNSPON ZONDER GEMALEN  
 AFVOERTE RIJNSPON

AFVOER OVERSNIJESVECHT IN L/SEC

AFVOER OVERSNIJESVECHT IN L/SEC

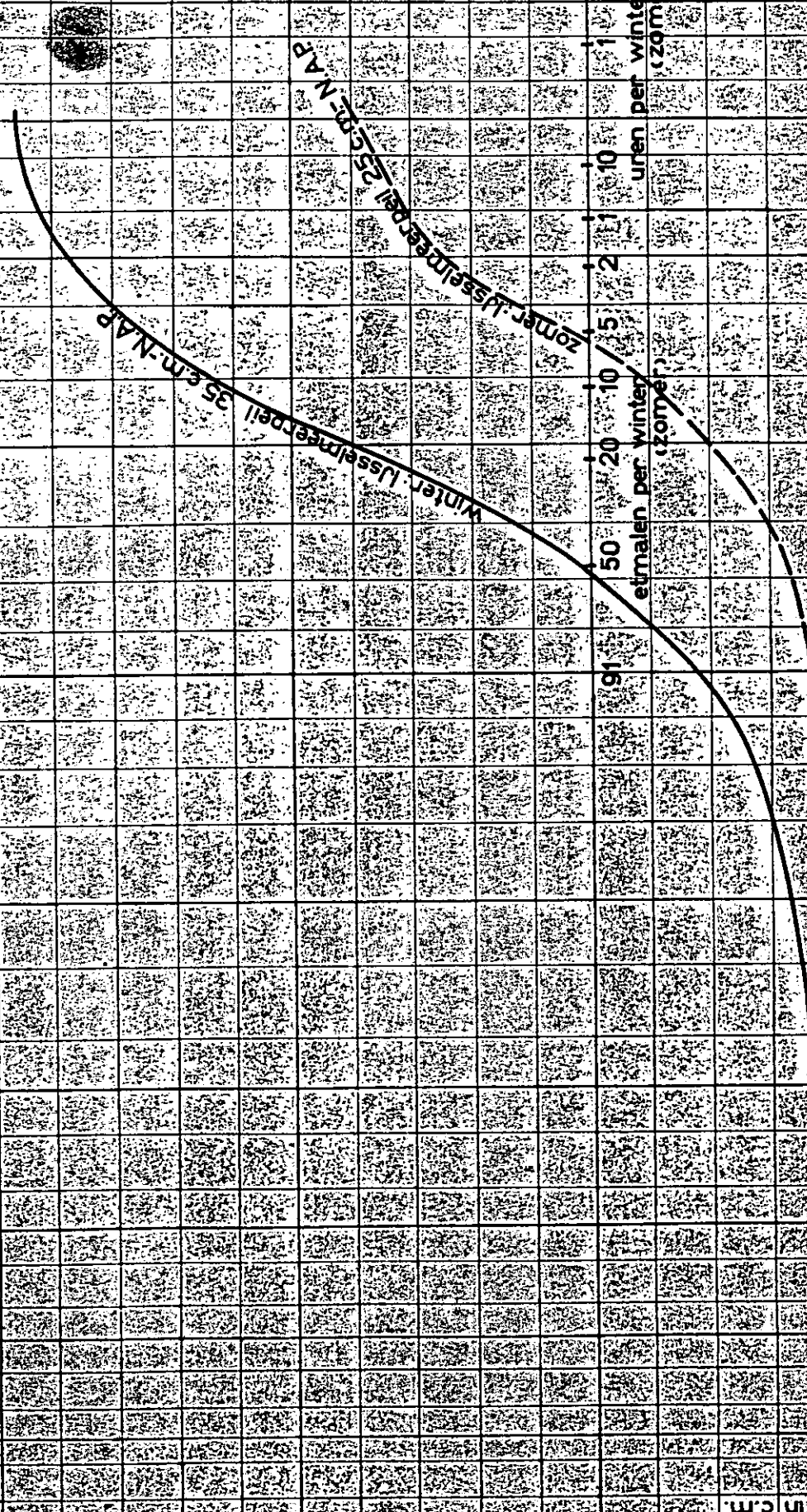
VERVAL IN C/M

VERVAL IN C/M

FIG. 3



FIG. 4 FREQUENTIE VERVAL ZWARTSLUIS - IJSSELMEER



VERVAL in c.m.

uren per winter (zomer)

etmalen per winter (zomer)

35 cm-NAP

EM-NAP

FIG. 5 FREQUENTIE WATERSTANDEN AAN DEN MOND VAN DE RAMSGEUL- (IJSELMEER = 1800 k. m.<sup>2</sup>)

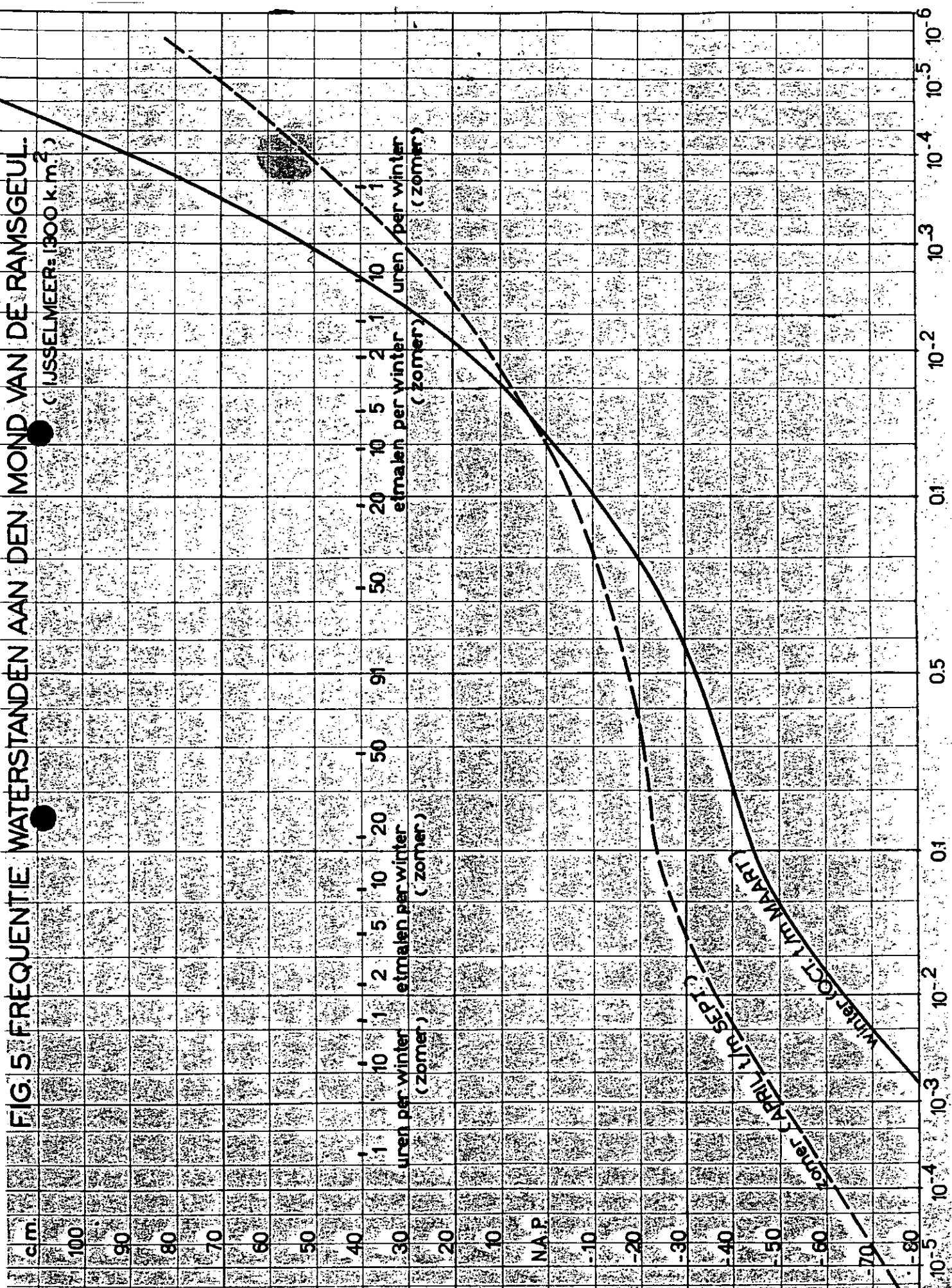


FIG.6 FREQUENTIE WATERSTAND ZWARTSLUIS.

