

KONINKLIJK NEDERLANDS  
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Wetenschappelijk rapport

W.R. 69-2

L. OTTO

Saliniteitsvariaties bij het lichtschip Texel

De Bilt, 1969

Publikationsnummer: K.N.M.I. W.R. 69-2

U.D.C. 551.465.63

## Saliniteitsvariaties bij het lichtschip Texel

Ir. L. Otto

### Samenvatting

De variaties van de saliniteit van het oppervlaktewater bij het lichtschip Texel werden onderzocht. Een eenvoudig model werd opgesteld waarbij de advectie van zout door de periodieke getijstroom als de oorzaak van de getijvariaties van de saliniteit wordt beschouwd (formule 3). Toetsing van dit model aan een bepaalde situatie leverde slechts ten dele een bevredigend resultaat. De variatie van de saliniteit met de tijd blijkt over langere perioden gezien niet een regelmatig periodiek verloop te vertonen. Wel is er een zekere tendens in het saliniteitsverloop waarbij de maxima en minima bij voorkeur in bepaalde fasen van de getijperiode optreden (fig. 2).

Deze conclusies werden vergeleken met de resultaten van een statistische bewerking van de saliniteitswaarden, één maal daags waargenomen in de periode 1957 t/m 1966. Het optreden van extreem lage saliniteitswaarden blijkt samen te gaan met een verloop van de saliniteit dat afwijkt van het meest voorkomende verloop; dit zou kunnen samenhangen met het (tijdelijk) ter plaatse voorkomen van het door Dietrich (1953) als "Texelmühle" aangeduide abnormaal kenteren van de bovenstroom.

Saliniteitsvariaties op grotere diepte blijken, wat betreft het algemeen verloop, in het algemeen weinig af te wijken van die aan de oppervlakte, zij het dat de amplitude van de variaties kleiner is (fig. 5).

### Summary

The variations of the salinity of the surface water near the lightvessel "Texel" have been studied. In a simple model the advective processes (tidal streams) are considered as the causes of the tidal variations of the salinity (formula 3). Comparison of this model with the variations in an actual situation does not yield wholly satisfactory results.

Taken over long periods the tidal variation of the salinity does not show periodicity, although a certain tendency for salinity maxima and minima to occur at preferential phases of the tidal cycle can be found (fig. 2).

These conclusions are compared with the results of a statistical treatment of the salinity values observed once daily from 1957 to 1966 (inclusive). The occurrence of extreme low salinities apparently was connected with an abnormal course of the salinity variation. It may be that this has to do with the temporary occurrence of the effect described by Dietrich (1953), viz. that the surface current vector rotates in an abnormal direction at the turning of the tide.

The general character of the variations of the salinity at greater depths is not much different from that of the variations of the surface values, be it that the amplitude of the variations is smaller (fig. 5).

## 1. Inleiding.

Het zeegebied bij het lichtschip Texel is oceanografisch gezien belangwekkend door de uitwisselingsprocessen die hier plaatsvinden tussen a. kustwater, dat water uit de grote rivieren bevat, b. water uit de Waddenzee en c. de watermassa's van het centrale deel van de Zuidelijke Bocht, die grotendeels afkomstig zijn van het Kanaal.

Dietrich (1953) heeft een mechanisme beschreven, dat ter plaatse een sterke menging van kustwater met het water verder op zee zou kunnen bewerkstelligen. Visser (1966) heeft een schatting gemaakt van de horizontale diffusiecoëfficiënt ter plaatse van het lichtschip.

In het kader van vele oceanografische campagnes, die in dit gebied zijn verricht, zijn een groot aantal waarnemingsreeksen (van o.a. de saliniteit op verschillende diepten) vanaf het lichtschip verkregen. De sinds enige jaren regelmatig verrichte waarnemingen langs een raai loodrecht op de kust, langs het lichtschip, kunnen een bijdrage leveren tot de kennis van de menging en circulatie in dit gebied.

Daarnaast werd het gewenst geacht om de saliniteitsgegevens van het lichtschip zelf nader te bestuderen. Dit kan o.a. van belang zijn voor de interpretatie van biologische waarnemingen die vanaf het lichtschip worden uitgevoerd en om de mogelijkheid na te gaan van reductie van saliniteitswaarnemingen die tijdens verschillende fasen van het getij zijn gedaan op één zelfde getijfase. Een dergelijke procedure zou het mogelijk maken om quasi-synoptische kaartjes van de saliniteit, zoals die uit een bepaalde onderzoekingsstocht volgen, te herleiden tot "echte" synoptische kaartjes.

## 2. Variatie van de oppervlakte-saliniteit in een getijperiode.

Het is bekend, dat de saliniteit van het oppervlaktewater bij het lichtschip Texel, evenals trouwens elders langs onze kust, variaties vertoont met een periodiciteit die ongeveer overeenkomt met die van het getij. Het is duidelijk dat wij hier te doen hebben met variaties in de advectie van zouter en minder zout water door de getijstroom. Een voorbeeld van een situatie waarin gedurende lange tijd een grote regelmaat in het saliniteitsverloop optrad is gegeven in fig. 1. Het blijkt dat in dit geval de maxima van de saliniteit steeds optraden omstreeks het tijdstip van hoog water te Den Helder. Zoals wij later zullen zien is dit echter niet steeds het geval, en is het verloop van de saliniteit veelal minder regelmatig.

Zou de getijstroom zuiver periodiek variëren met de periode van het overheersend  $M_2$ -getij, dan zou men kunnen verwachten dat in een gemiddeld stationaire toestand ook een periodieke variatie van de saliniteit zou optreden. De advectie door een constante reststroom zal dan gecompenseerd worden door de horizontale turbulente diffusie, zoals dit ook wel bij de studie van mengingsprocessen in estuaria kan worden gesteld.

De getijstroom bevat echter naast de component met de periode van het  $M_2$ -getij en de hogere harmonischen hiervan, ook allerlei andere periodieke componenten. Bovendien varieert de reststroom onregelmatig. Een echte stationaire toestand zal daardoor nooit worden bereikt. Hierdoor vertoont de saliniteitsvariatie bij het lichtschip allerlei afwijkingen van een zuiver periodiek verloop.

Men kan de variatie van de saliniteit  $S$  met de tijd  $t$  in een vast punt (bv. bij het lichtschip) als volgt beschrijven:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -V_x \frac{\partial S}{\partial x} - V_y \frac{\partial S}{\partial y} + D \quad (1)$$

waarbij een rechthoekig coördinatensysteem  $x, y, z$  is gekozen met  $z$  verticaal, waarbij  $V_x$  en  $V_y$  de beide horizontale snelheidscomponenten voorstellen, zodat beide eerste termen van het rechterlid de lokale verandering van  $S$  door de advection van zout voorstellen (als de verticale advection wordt verwaarloosd) en waarin  $D$  de lokale verandering van  $S$  door turbulente diffusie van zout voorstelt.  $D$  wordt veelal benaderd door een uitdrukking van de vorm

$$\frac{\partial}{\partial x} (K_x \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial S}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial S}{\partial z})$$

waarin  $K_x, K_y$  en  $K_z$  turbulente diffusiecoëfficiënten zijn.

De stroom kan in het geïdealiseerde geval van een harmonische getijbeweging met een reststroom  $R$ , componenten  $R_x$  en  $R_y$ , worden beschreven door de uitdrukkingen

$$V_x = R_x + a \cos \omega t$$

$$V_y = R_y + b \sin \omega t$$

waarin  $\omega$  de hoekfrequentie van het beschouwde getij is.

Wij zullen voor het verdere deel van onze beschouwing aannemen dat de  $x$ -as gelegen is langs de lange as van de getijellips, dus in de richting van de maximale vloed- en ebstroom met  $x$  positief in de richting van de maximale vloedstroom, ongeveer NO, terwijl  $y$  positief zal zijn in de richting van de kust af, ongeveer NW. Als voor  $t = 0$  maximale vloedstroom staat is  $a$  dus positief:  $b$  kan dan positief of negatief zijn;  $a$  en  $b$  zijn de halve assen van de getijstroomellips. Bij  $b$  positief wordt dan deze ellips tegen de klok in, bij  $b$  negatief met de klok mee doorlopen.

De zojuist gegeven uitdrukkingen voor  $V_x$  en  $V_y$  kunnen worden gesubstitueerd in (1). In de gemiddelde stationaire toestand moet vergelijking (1) geïntegreerd naar de tijd over een volle getijperiode nul opleveren. We onderstellen nu eens dat de bijdragen tot de saliniteitsvariatie van de advection van zout door de reststroom en die van turbulente diffusie van zout elkaar compenseren, niet slechts gemiddeld over een getijperiode, maar te allen tijde. In dat geval zal gelden:

$$-R_x \frac{\partial S}{\partial x} - R_y \frac{\partial S}{\partial y} + D = 0.$$

Vergelijking (1) wordt dan:

$$\frac{\partial S}{\partial t} = - \frac{\partial S}{\partial x} a \cos \omega t - \frac{\partial S}{\partial y} b \sin \omega t. \quad (2)$$

Vergelijking (2) zou ook gelden voor een model waarin een vast saliniteitspatroon als een vast lichaam horizontaal langs het lichtschip verplaatst zou worden met snelheidscomponenten  $a \cos \omega t$  en  $b \sin \omega t$ . Dat is dus een model waarin de lokale saliniteitsvariatie uitsluitend door de periodieke advection wordt verklaard.

Wij kunnen ook onderstellen dat (2) geldt als  $S$ ,  $a$  en  $b$  verticale gemiddelden voorstellen.

Indien de variaties van  $\frac{\partial S}{\partial x}$  en  $\frac{\partial S}{\partial y}$  over een getijperiode worden verwaarloosd, volgt uit (2):

$$S = S_0 - \frac{a}{\omega} \frac{\partial S}{\partial x} \sin \omega t + \frac{b}{\omega} \frac{\partial S}{\partial y} \cos \omega t, \quad (3)$$

waarin  $S_0$  de gemiddelde saliniteit over een getijperiode is.

De bovenvermelde onderstellingen zijn hoogst aanvechtbaar. Men kan bijvoorbeeld verwachten dat de verticale diffusiecoëfficiënt  $K_z$  maximale waarden zal hebben omstreeks de tijdstippen van maximale stroomsnelheid, wat betekent dat  $K_z$  waarschijnlijk zal variëren met een frequentie die het dubbele is van de frequentie van het getij. Zou  $\frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$  constant zijn, dan zou hierdoor een hogere harmonische van de getijperioden in de variatie van  $S$  te verwachten zijn. Heeft  $\frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$  een variatie die de periode van het getij heeft, dan komen in het product  $K_z \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$  ook perioden voor met de hoekfrequentie  $\omega$ . Ter wille van de eenvoud wordt echter niet op deze en andere complicaties ingegaan, en wij nemen aan dat formule (3) in elk geval bij benadering geldt.

In dat geval is er een saliniteitsvariatie met een amplitude (ten opzichte van de gemiddelde waarde)  $\Delta S$  en een fasevertraging  $\phi$  van het  $S$ -maximum ten opzichte van het moment van maximale stroomsnelheid (in de positieve  $x$ -richting) die gegeven zijn door:

$$\Delta S = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(a \frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + \left(b \frac{\partial S}{\partial y}\right)^2} \quad (4)$$

$$\sin \phi = - \frac{a \frac{\partial S}{\partial x}}{\Delta S}$$

$$\cos \phi = + \frac{b \frac{\partial S}{\partial y}}{\Delta S} \quad (5)$$

De waarden  $a$  en  $b$  variëren met de cyclus springtij-doodtij-springtij. De horizontale gradiënt van de saliniteit van het oppervlaktewater zal afhankelijk kunnen zijn van wind en rivierafvoer. Het is duidelijk dat  $\Delta S$  en  $\phi$  ook voor het vereenvoudigde advectie-model niet constant kunnen zijn, maar min of meer grote variaties vertonen.

Bij het lichtschip Texel kentert de stroom van NO (de positieve  $x$ -richting) naar ZW omstreeks het tijdstip van hoog water te Den Helder. Het tijdstip van maximale vloedstroom in ons model is dus omstreeks 3 uur vóór hoog water te Den Helder. Uit metingen die in fig. 1 zijn weergegeven volgt, dat in de betrokken waarnemingsperiode  $\phi$  ongeveer  $90^\circ$  was. Zoals wij zien varieerde in dit geval  $\Delta S$  tussen ca.  $0,2$  ‰ en  $0,5$  ‰.

Wij kunnen deze gegevens vergelijken met wat uit de relaties (4) en (5) volgt. Wij beschikken over stroommetingen op 6 meter diepte. Hieruit volgt  $a \approx 0,6$  m/s en  $b \approx -0,1$  m/s. Verder is juist voor deze periode een schatting te maken van  $\frac{\partial S}{\partial x}$  en  $\frac{\partial S}{\partial y}$  uit metingen op een aantal herhaalde stations in een vierkant met zijden van 5 zeemijl lengte rond het lichtschip gelegen. Wij vinden hieruit als gemiddelde waarden:

$$\frac{\partial S}{\partial x} \approx - 2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{m}$$

$$\frac{\partial S}{\partial y} \approx + 6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}/\text{oo}/\text{m}$$

Volgens (4) en (5) is dan te verwachten:

$$\Delta S = 0,1 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$$

$$\phi = 125^{\circ}$$

Het blijkt dat de berekende waarde van  $\Delta S$  een factor 2 tot 5 te klein is, terwijl de berekende waarde van  $\phi$   $35^{\circ}$  te groot is: maximum saliniteit volgens de berekening ca. 1 uur na hoog water te Den Helder, en volgens de waarnemingen omstreeks hoog water te Den Helder.

Gezien de globale theoretische benaderingen is de overeenstemming tussen de uit saliniteitsgradiënt en stroom berekende waarde van  $\phi$  en de waargenomen waarde van  $\phi$  niet zo slecht te noemen. Wat betreft de te kleine theoretische waarde van  $\Delta S$  lijkt het, dat het gebruik bij deze berekening van de stroom op 6 m diepte, waar mogelijk de oppervlaktestroom had moeten worden gebruikt, deels verantwoordelijk kan worden gesteld. Voor een volledig hiermee verklaren van het effect zou een oppervlaktestroom van minstens het dubbele van die op 6 m diepte moeten worden aangenomen. In feite is het verschil tussen de stroom aan het zeeoppervlak en op 6 m diepte niet zo groot. De discrepantie tussen de waargenomen en de berekende waarde van  $\Delta S$  is dus waarschijnlijk voor een deel ook het gevolg van de te grote schematisering van het advectioneel model. Mogelijk spelen variaties met de tijd van  $\frac{\partial S}{\partial x}$  en  $\frac{\partial S}{\partial y}$  een rol.

Nu is het hier behandelde geval er nog een, waarbij de regelmaat in het tijdsverloop van de saliniteit groot is voor een vrij lange periode. In andere gevallen zal, indien het mogelijk zou zijn om een soortgelijke berekening uit te voeren, het resultaat niet beter wezen.

Wij kunnen in elk geval concluderen, dat bij de interpretatie van de saliniteitsvariaties een eenvoudig advectioneel model mogelijk wel diensten kan bewijzen (redelijke overeenstemming tussen de berekende en waargenomen waarden van  $\phi$ ), maar dat met complicerende factoren rekening moet worden gehouden.

Om na te gaan in hoeverre een betrekkelijk regelmatig verloop van de saliniteit in een getijperiode, zoals geschetst in fig. 1 representatief is voor de variaties bij het lichtschip in het algemeen, is ook voor andere perioden onderzocht in welke fasen van het getij er relatieve saliniteitsmaxima en minima optreden.

Van de beschikbare reeksen met waarnemingen, met waarnemingen die 1 tot 3 uur uiteenliggen, werd nagegaan of, en zo ja wanneer, een dergelijk maximum of minimum in de getijcyclus optrad. Het tijdstip waarop dit gebeurde kon dus met een onzekerheid van  $\pm 1\frac{1}{2}$  uur of minder bepaald worden. De lengte van de beschouwde waarnemingsreeksen varieerde van 1 getijperiode tot enkele weken. Over het algemeen bleek het mogelijk om in de reeks duidelijk een minimum en maximum per getijperiode te vinden. In enkele gevallen waarbij het verloop van de saliniteit zeer onregelmatig was, kon geen maximum of minimum worden bepaald. In fig. 2 is weergegeven hoe de tijdstippen van het optreden van een maximum of een minimum liggen ten opzichte van het moment van hoog water te Den Helder.

Hierbij is het volgende op te merken.

1. Zowel maxima als minima blijken in elke fase van het getij op te treden.
2. Maxima vertonen een voorkeur voor de periode met toenemende ZW stroom (dus voor  $\phi$  in de sector van  $90^\circ$  tot  $180^\circ$ ) en komen het minst voor tijdens de periode met NO stroom. De situatie van fig. 1 is zeker geen regel.
3. Minima vertonen een voorkeur voor de periode van toenemende NO stroom (dus voor  $\phi$  in de sector van  $270^\circ$  tot  $360^\circ$ ). Er is een lage frekwentie tijdens ZW stroom.

De onder 2. en 3. genoemde eigenaardigheden zijn met formule (5) te verklaren als wij aannemen dat  $b \frac{\partial S}{\partial y}$  meestal negatief en  $\frac{\partial S}{\partial x}$  meestal negatief is. Het eerste is zeker het geval, daar onder normale omstandigheden  $\frac{\partial S}{\partial y} > 0$  en, wegens het met de klok meedraaien van de stroom,  $b < 0$  is. Het negatief zijn van  $\frac{\partial S}{\partial x}$  is minder vanzelfsprekend, daar in het algemeen langs de Nederlandse kust de saliniteit van zuidwest naar noordoost toeneemt. We zouden hier wel te maken kunnen hebben met een lokale afwijking van dit verloop onder invloed van watermassa's uit het Marsdiep, Molengat en Schulpengat. Fig. 2 toont nog een typisch feit.

4. Vergeleken met de tijdvakken daarvoor en daarna komt in de perioden kort na maximale stroomsterkte (ZW zowel als NO) betrekkelijk zelden een saliniteitsminimum voor. Dit lijkt veroorzaakt te worden door de sterkere verticale turbulentie bij grotere stroomsnelheid, waardoor de oppervlaktelaag sterker gemengd wordt met dieper water van hogere saliniteit.

### 3. Variaties van de één maal daags waargenomen oppervlaktosaliniteit.

Behalve in gevallen waarbij extra waarnemingen worden verricht in het kader van een bepaald onderzoek, werd en wordt op het lichtschip elke dag om 8 uur GMT een monster genomen, waarvan de saliniteit wordt bepaald.

Een langere reeks van deze waarnemingen vertoont bepaalde variaties, gedeeltelijk als gevolg van een langzame verandering van de over 12 of 24 uur gemiddelde saliniteit, gedeeltelijk doordat telkens weer in een andere fase van de getijcyclus een monster wordt genomen. Zou de variatie van de saliniteit met het getij steeds zuiver periodiek verlopen, met vaste fase ten opzichte van het  $M_2$ -getij, dan moet een schijnbare 14 daagse periode in de lange reeks van dagelijkse waarnemingen optreden, doordat na ongeveer 14 dagen een karakteristieke fase van de getijcyclus weer op hetzelfde uur van de dag valt.

In werkelijkheid blijkt een vaste 14 daagse periodiciteit niet op te treden. In het voorbeeld dat in fig. 3 wordt gegeven, zien wij hoe bepaalde belangrijke minima wel ruwweg om de 14 dagen optreden, maar dat toch de tijdsduur tussen twee van zulke minima kan variëren van 8 tot 20 dagen, terwijl de verdere onregelmatigheid van het verloop het beeld nog meer versluiert.

Op grond van de frekwentieverdeling in fig. 2 zou men verwachten dat de maxima in fig. 3 optreden op de dagen waarop het moment van monsternamen ongeveer valt 2 uur na het tijdstip van hoog water te Den Helder, dat is dus als omstreeks 6 uur GMT het hoog water optreedt. Evenzo zou



men verwachten dat de minima optreden als het moment van monstername ongeveer 4 uur voor de tijd van hoog water te Den Helder plaats vindt, dat is dus, als hoog water te Den Helder optreedt omstreeks 12 uur GMT. In fig. 3 zijn deze dagen met een plus-, resp. minteken aangegeven. Zoals we zien, klopt het verwachte beeld niet met de werkelijkheid: soms vallen de plustekens zelfs samen met minima in de grafiek, en de mintekens met maxima.

Het is van belang hierbij op te merken, dat, als het tijdstip van hoog water te Den Helder samenvalt met het moment van monstername, het ongeveer springtij is. Als het moment van monstername zes uur voor hoog water te Den Helder valt, dan is het ongeveer doottij. Dit kan het verloop van de saliniteit nog verder compliceren: bij springtij zijn enerzijds de advectione effecten veel sterker, anderzijds kan sterkere verticale turbulentie door grotere stroomsnelheid de gelaagdheid, en dus het optreden van lage saliniteiten aan de oppervlakte tegengaan.

Uit het voorgaande volgt, dat de vele factoren die de saliniteitsvariëaties bij het lichtschip Texel bepalen in de reeks van dagelijkse waarnemingen niet tot een duidelijke regelmaat leiden.

#### 4. Statistische beschouwing.

Een andere methode om de saliniteitsvariëaties te onderzoeken is de frekwentieverdeling van de saliniteiten te bepalen. Hierbij werd het waarnemingsmateriaal van de tien jaren 1957 t/m 1966 verdeeld in 4 klassen naar het tijdstip van meting ten opzichte van het moment van hoog water te Hoek van Holland (afgerond op halve uren), te weten:

- I meting 3 t/m 8 halve uren na hoog water te Hoek van Holland (volgens de getijtafels);
- II " 9 t/m 14 halve uren na hoog water te Hoek van Holland (volgens de getijtafels);
- III " 15 t/m 21 halve uren na hoog water te Hoek van Holland (volgens de getijtafels);
- IV " 22 en meer, en 2 en minder halve uren na hoog water te Hoek van Holland (volgens de getijtafels).

De tijd van hoog water te Hoek van Holland ligt ongeveer 4 uur en 3 kwartier vóór de tijd van hoog water te Den Helder, dus de verschillende klassen omvatten resp.

- I h.w. Den Helder -  $3\frac{1}{2}$  tot -  $\frac{1}{2}$  uur (sterke stroom naar NO),
- II h.w. Den Helder -  $\frac{1}{2}$  tot +  $2\frac{1}{2}$  uur (kentering van NO naar ZW stroom),
- III h.w. Den Helder +  $2\frac{1}{2}$  tot + 6 uur (sterke stroom naar ZW),
- IV h.w. Den Helder + 6 tot -  $3\frac{1}{2}$  uur (kentering van ZW stroom naar NO stroom).

De frekwentieverdeling van de waargenomen saliniteiten is gegeven in fig. 4 en in tabel I. De gemiddelde saliniteit is voor de vier klassen:

klasse I	S = 34.04 ‰
II	34.13
III	33.93
IV	33.90

Deze gemiddelde saliniteitsvariëatie met de fase van het getij stemt overeen met wat gevonden werd voor de frekwentieverdeling van saliniteitsmaxima en -minima in een getijcyclus (zie fig. 2). Alleen het feit dat de gemiddelde saliniteit van klasse I hoger is dan die van klasse III is afwijkend van het beeld dat wij ons hiervoor hebben gevormd. Wij zouden op grond van de hogere frekwentie van saliniteitsminima en de

lagere frekwentie van saliniteitsmaxima in klasse I, vergeleken met klasse III, zoals die blijkt uit fig. 2, eerder het omgekeerde verwachten. Wat dat betreft hebben de medianen  $S_m$  van de frekwentieverdeling voor de saliniteiten van de verschillende klassen een verloop dat meer met de verwachting overeenstemt:

klasse I	$S_m = 34.4$ ‰
II	34.7
III	34.7
IV	34.2

Het optreden van extreme saliniteitswaarden kan beschreven worden door de relatieve overschrijdings-, resp. onderschrijdingsfrekwenties van bepaalde saliniteitswaarden te berekenen. Dit is gedaan in tabel II

Tabel II

Saliniteit	klasse I (623 waarn.)	klasse II (795 waarn.)	klasse III (674 waarn.)	klasse IV (402 waarn.)
< 30 ‰	0,16 %	0,75 %	1,78 %	0,75 %
< 31 ‰	0,48	1,13	2,38	1,74
< 32 ‰	1,45	2,64	6,84	5,47
< 33 ‰	3,05	7,80	9,21	15,44
> 35.09 ‰	4,50	6,16	5,65	3,48
> 35.59 ‰	0,00	0,13	0,30	0,00

Het merkwaardige geval doet zich nu voor, dat de extreem lage saliniteiten bij voorkeur optreden in een getijfase, waarin normaal niet het saliniteitsminimum optreedt: klasse III (met stroom naar ZW) heeft duidelijk de meeste extreem lage saliniteiten, terwijl juist normaal in dit deel van de getijfase zelden een relatief saliniteitsminimum optreedt volgens fig. 2.

Wij zouden hieruit kunnen concluderen dat de extreem lage saliniteiten die soms bij het lichtschip Texel voorkomen meestal een gevolg zijn van een afwijkend gedrag van de stroom. Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat de oppervlaktestroom in deze gevallen van NO stroom via westelijke richtingen naar ZW stroom kentert. Dit is kenmerkend voor het effect dat door Dietrich als "Texelmühle" is beschreven.

Hoge saliniteitswaarden treden vooral op in klassen II en III, die ook de klassen zijn met het meest frekwent optreden van een saliniteitsmaximum.

Zoals blijkt uit tabel I is de hoogste saliniteit die in de onderzochte periode werd waargenomen 35,7 ‰. Deze waarde is zeer hoog voor het Noordzeegebied.

##### 5. Variaties op grotere diepte.

Saliniteitsvariaties, zoals die aan de oppervlakte voorkomen, treden ook in de diepte op. Over het algemeen blijken de variaties kleiner te zijn en dicht bij de bodem is de saliniteit soms vrijwel constant gedurende langere tijd.

In fig. 3 is de frekwentieverdeling gegeven van het optreden van een saliniteitsmaximum of -minimum op ca. 10 meter diepte, dat is ongeveer halverwege tussen oppervlak en bodem.

Ook deze gegevens zijn gebaseerd op waarnemingsreeksen met waarnemingen op grotere diepte, die 1 tot 3 uur uiteenliggen.

Het karakter van fig. 5 komt sterk overeen met dat van fig. 2. Het is niet zo, dat op grotere diepte de saliniteitsvariaties een grotere regelmaat vertonen. Maxima en minima kunnen op vrijwel elk tijdstip van het getij optreden.

Mogelijk is de neiging van het saliniteitsmaximum om op grotere diepte iets eerder op te treden, een gevolg van verticale turbulente uitwisseling. Immers, bij toenemende stroomsnelheid zal door de toename van de verticale menging de saliniteit aan de oppervlakte stijgen, en op grotere diepte dalen. Het is dus te verwachten, dat op grotere diepte het maximum van de saliniteit eerder omstreeks kentering optreedt, en dat aan de oppervlakte het maximum bij grotere stroomsnelheid kan optreden.

LITERATUUR.

- G. Dietrich (1953) Verteilung, Ausbreitung und Vermischung der Wasserkörper in der südwestlichen Nordsee auf Grund der Ergebnisse der "Gauss" Fahrt in Februar-März 1952. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresf. N.F. 13 (2)
- M.P. Visser (1966) Note on the estimation of eddy diffusivity from salinity and current observations. Neth. J. Sea Res. 3 (1).

Tabel I

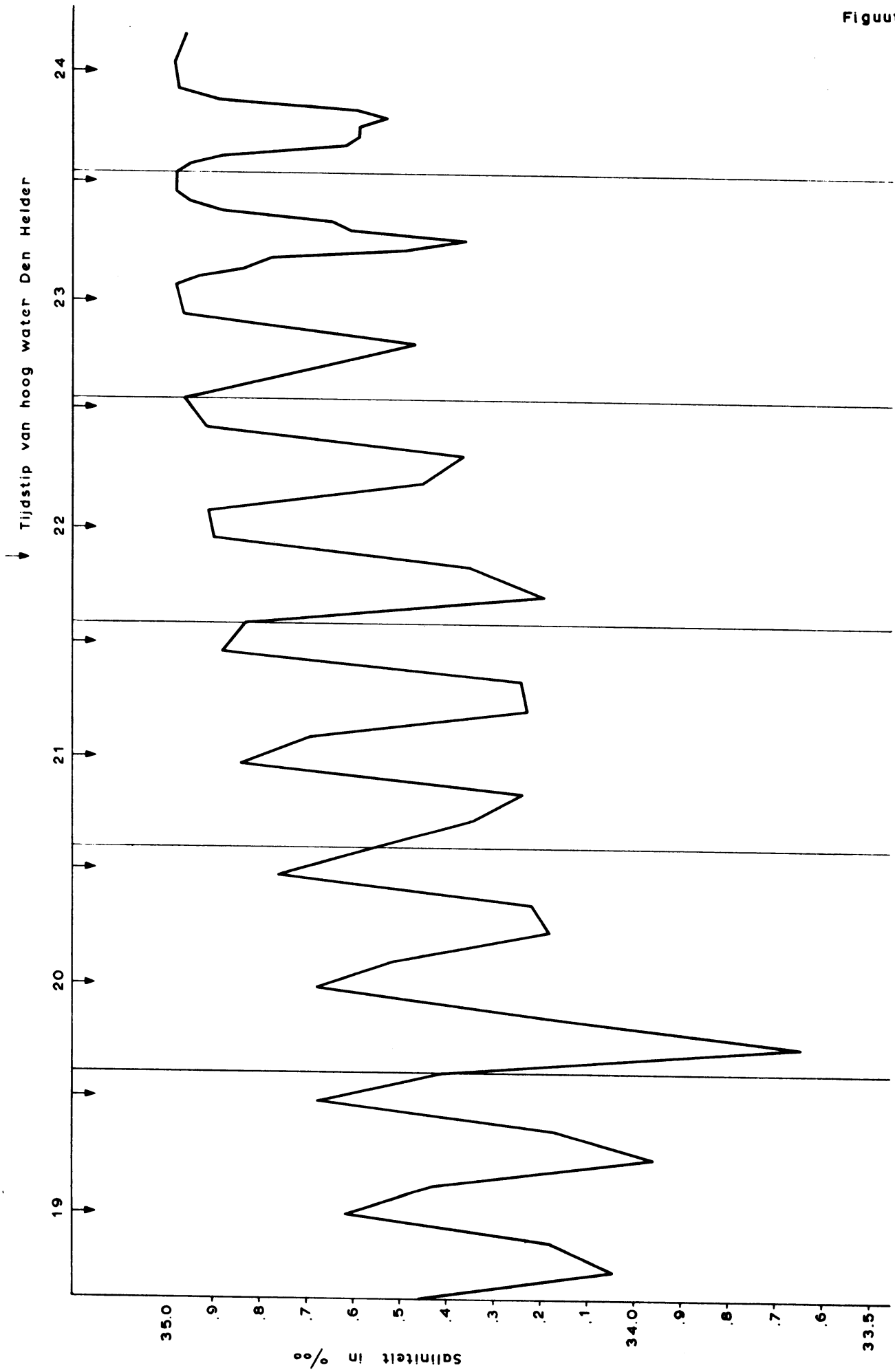
Oppervlakesaliniteit lichtschip Texel (8 u. GMT), 10 jaren 1957 t/m 1966

Aantallen waarnemingen (saliniteit 29.75 betekent 29.70 t/m 29.79, enz.)

Saliniteit	Klasse			
	I	II	III	IV
	(aantal halve uren na h.w. Hoek van Holland)			
	3 t/m 8	9 t/m 14	15 t/m 21	22 t/m 2
27.85		1		
.95				
28.05		1	2	
.15			1	
.25		1		
.35		1	1	
.45		1		
.55			2	
.65			2	
.75				
.85				
.95				
29.05				
.15				
.25				
.35				
.45				
.55		1		
.65				1
.75	1			
.85			1	
.95			3	2
30.05				
.15			1	1
.25				
.35				
.45				
.55		1		2
.65			2	
.75				
.85				
.95	2	2	1	1
31.05	1			
.15			2	1
.25	3		3	
.35	5	3	2	
.45		2	3	5
.55	1	1	3	
.65	1	2	2	4
.75	3	2	8	
.85	1	1	2	2
.95	3	1	5	2
32.05	3	2	3	7
.15	5	2	2	2
.25	6	3	4	2

Saliniteit	3 t/m 8	9 t/m 14	15 t/m 21	22 t/m 2
32.35	5	3	1	4
.45	4	1	1	2
.55	8	3	9	5
.65	7	4	8	2
.75	9	8	8	8
.85	9	8	12	3
.95	14	7	14	5
33.05	12	14	7	5
.15	12	11	13	6
.25	11	22	12	6
.35	12	12	5	11
.45	18	16	19	7
.55	11	15	11	14
.65	23	24	26	16
.75	24	25	22	14
.85	32	36	31	15
.95	25	19	30	12
34.05	29	47	29	23
.15	21	26	29	17
.25	29	40	38	32
.35	27	42	25	19
.45	41	55	25	27
.55	27	41	45	14
.65	38	49	36	21
.75	31	74	47	25
.85	17	40	30	13
.95	31	46	35	14
35.05	26	30	22	15
.15	15	22	17	8
.25	10	14	10	4
.35	1	8	7	1
.45	1		2	1
.55	1	4		
.65			1	
.75		1	1	
totaal aantal waarn.	622	795	673	402
gemidd. saliniteit	34.04	34.13	33.93	33.90

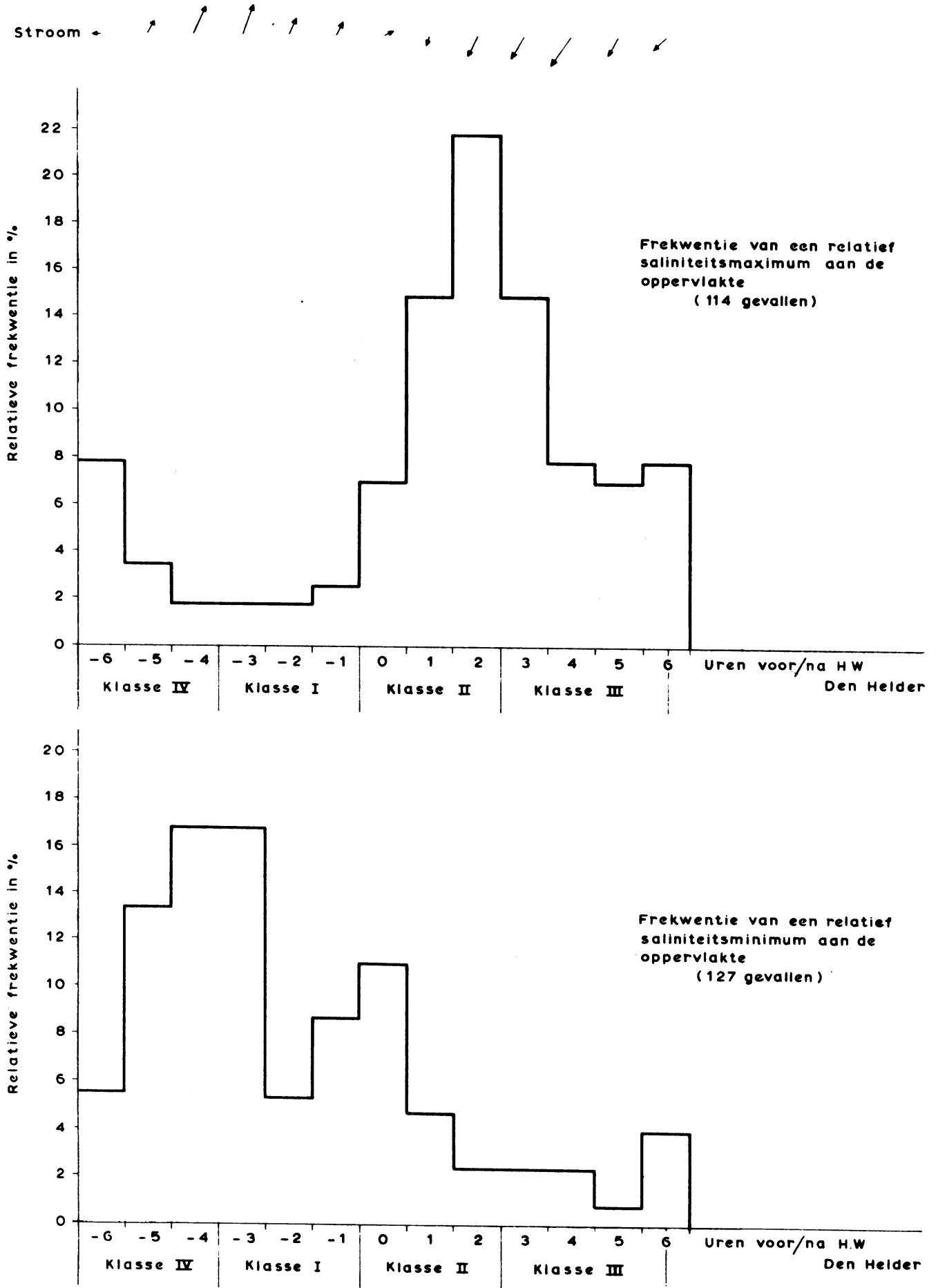
Figuur 1



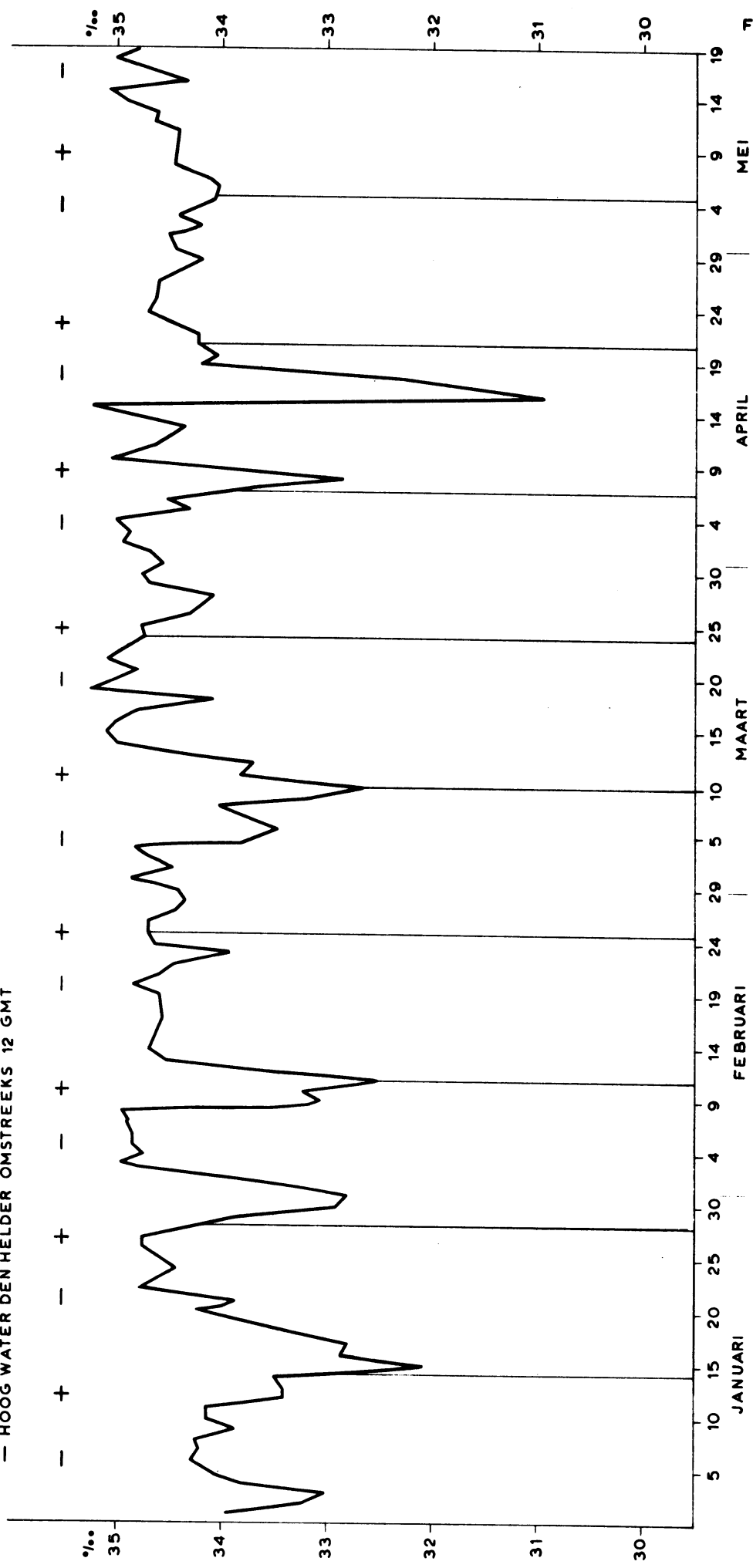
OPPERVLAKTE SALINITEIT BIJ L.S. TEXEL  
19 - 24 september 1963

Figuur 2.

L.S. TEXEL, FREKWENTIEVERDELING VAN HET OPTREDEN VAN EEN SALINITEITSMAXIMUM RESP. SALINITEITSMINIMUM IN EEN GETJCYCLUS, GEREKEND T.O.V. HET MOMENT VAN HOOG WATER TE DEN HELDER



+ HOOG WATER DEN HELDER OMSTREEKS 06 GMT  
 - HOOG WATER DEN HELDER OMSTREEKS 12 GMT

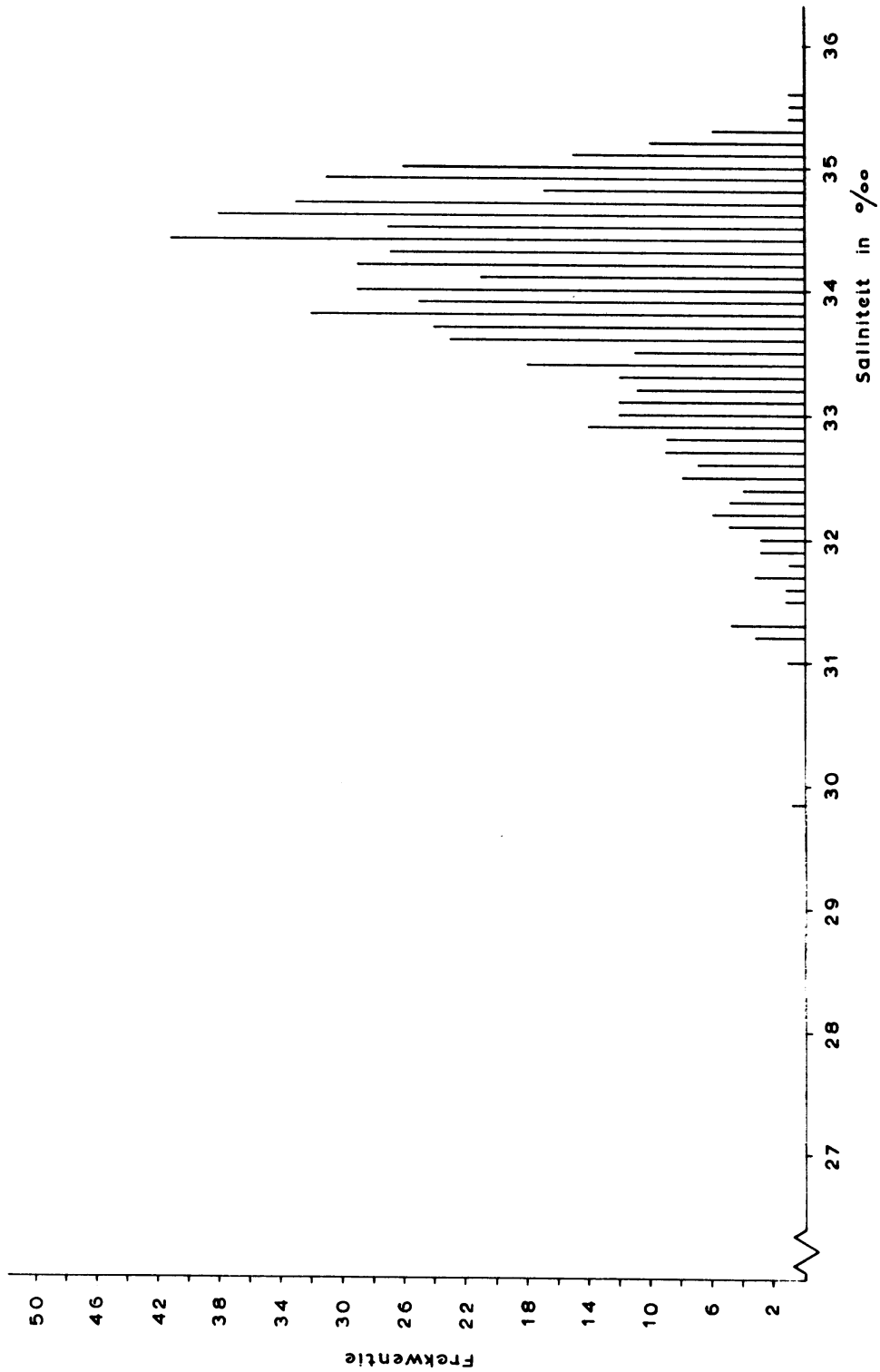


Figuur 3

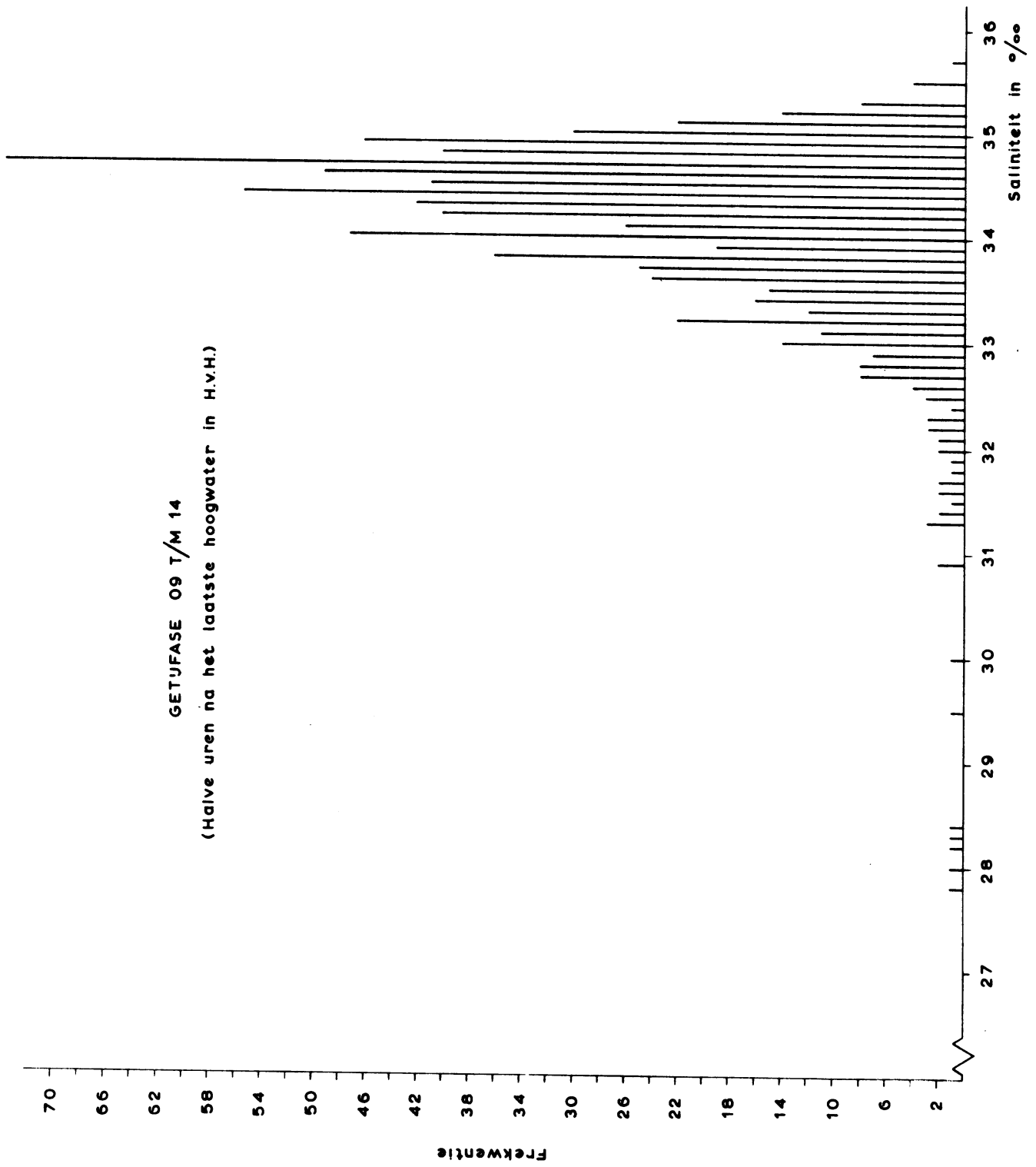
SALINITEITSVARIATIES DAGELIJKS OPPERVLAKTE MONSTER (08 GMT) BIJ L.S. TEXEL  
 JAN. - MEI 1960



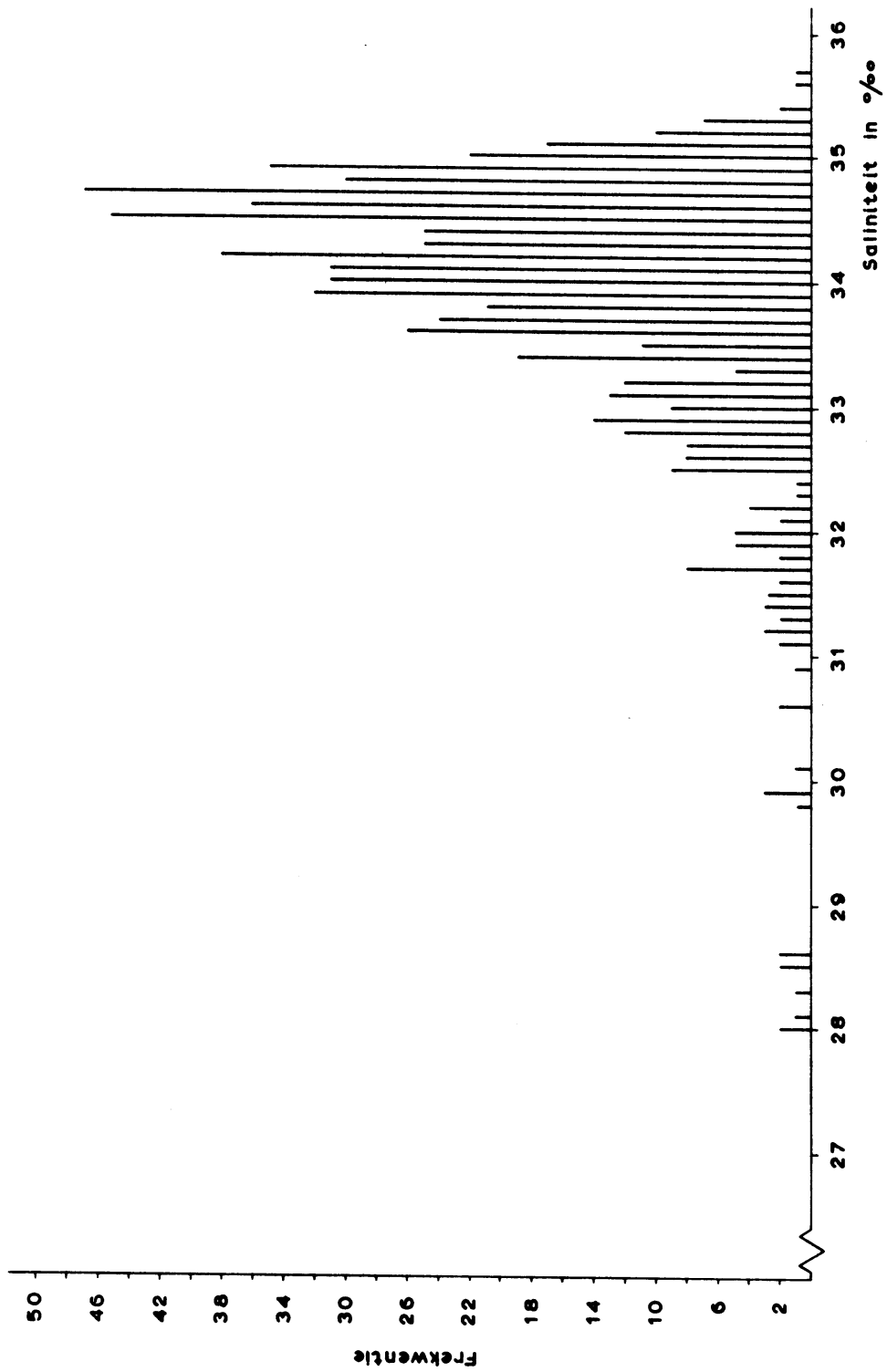
GETJFASE 03 T/M 08  
(Halve uren na het laatste hoogwater in H.V.H.)



623 WAARNEMINGEN



GETIJFASE 15 T/M 21  
(Halve uren na het laatste hoogwater in H.v.H.)

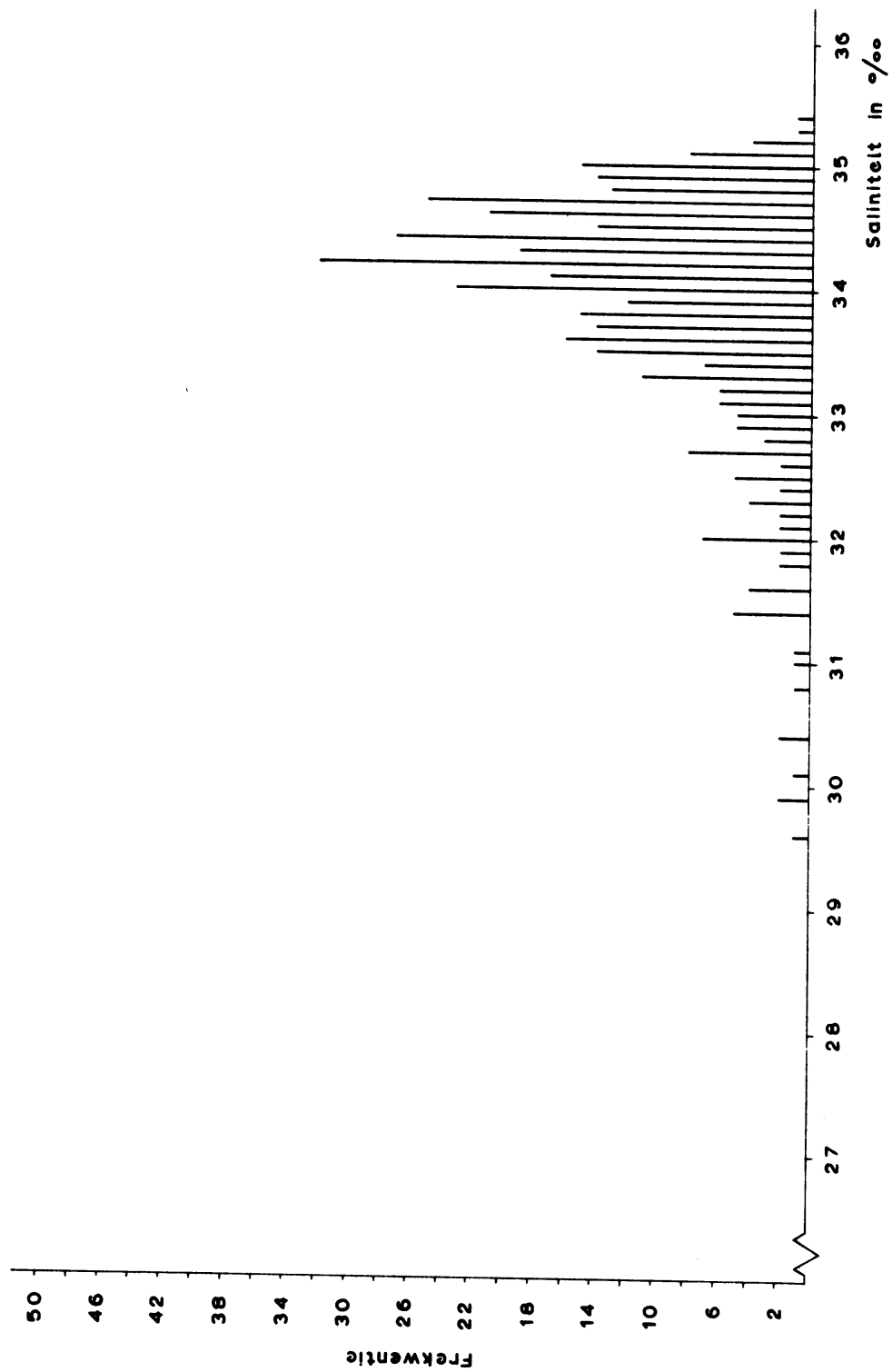


674 WAARNEMINGEN

Figuur 4<sup>c</sup>

GETUFASE 22 T/M 25 EN 00 T/M 02

(Halve uren na het laatste hoogwater in H.v.H.)



402 WAARNEMINGEN

Figuur 4<sup>d</sup>

**Figuur 5**

**L.S. TEXEL, FREKWENTIEVERDELING VAN HET OPTREDEN VAN EEN SALINITEITSMAXIMUM OF - MINIMUM OP 10m DIEPTE IN EEN GETJCYCLUS, GEREKEND T.O.V. HET MOMENT VAN HOOG WATER TE DEN HELDER.**

