

**KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT**

WETENSCHAPPELIJK RAPPORT

SCIENTIFIC REPORT

W.R. 85 - 6

P.C.T. van der Hoeven

Watertemperatuurwaarnemingen in Nederland sedert 1860:
Beschrijving van het temperatuurregime en de veranderingen daarin.

Observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860:
The temperature regime and the changes in it.



De Bilt, 1985

Publikatienummer: K.N.M.I. W.R. 85 - 6

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
Fysische Meteorologie
Postbus 201
3730 AE De Bilt
Nederland

Watertemperatuurwaarnemingen in Nederland sedert 1860:
Beschrijving van het temperatuurregime en de veranderingen daarin.

Observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860:
The temperature regime and the changes in it.

P.C.T. van der Hoeven

Inhoud

	blz.
English abstract	1E
1. Satellietfoto 2 nov. 1984	2
2. De herkomst van de waarnemingen	5
3. Water- en zoutbewegingen	10
4. De 10-jaar gemiddelden	22
5. De jaarlijkse gang	30
6. Opwarming van de binnenwateren	41
7. De watertemperaturen in de Delta	52
8. Climatological data should be regarded as a part of a nations wealth	81
9. Referenties	90
10. Documentbeschrijvingen	94

English abstract

Watertemperature observations in the Nederlands contain some 2500 station-years. The data and their consistence are described in a set of seven former reports. This final report serves to show the result of different analyses of the entire material (see last 8 pages).

In chapter 1 a first overview of winter watertemperature is given with a infra red satellite foto of 2 november 1984. The own identity of the coastal waters is clearly recognisable in the meandering belt of the lighter grey colour. An incoming relatively warm flow through the Doverstreet passes in northeastward direction along the Dutch coast. The stream passes the southwest-part of the Netherlands at a great distance, outside the Flamish Banks. Near Den Helder it strikes the coast at a short distance. This picture happened to be essential in order to understand some peculiarities discussed below.

Chapter 2 gives the history of the station network. Ignoring details, the first regular observations started in 1860 at Den Helder and about 1885 the lightvessels followed. In 1894, and extended in 1919, observation for fisheries research were established around the former Zuiderzee and in the Easterscheldt. In 1908 KNMI started observations along the great rivers. In 1957 the KNMI stations were handed over to Rijkswaterstaat (RWS) and a lot of new stations came into being. Figures 1 and 2 show the situation in 1921 and 1971 respectively.

In chapter 3 watermovements are discussed, as they are essential to understand the regime of watertemperatures. In figure 4 the watermovements before 1950 in the Delta are shown. A sufficiently complete picture is built up on three separate components, being the tidal volumes, three important streams and gravity currents. The tidal volumes are given in the squares (ebb + flood in millions of m^3 /tide). The streams, indicated by arrows, are the Scheldt discharge (5 mill. m^3 /tide), a salt stream, passing the places C and D (about 40 mill. m^3 /tide) and the Rhine-Meuse discharge via the Hollandsdiep (about 53 mill. m^3 /tide). Silent and invisible, but by no means insignificant in their magnitude are strong gravity currents caused by the salt gradients. They are bringing (nett) about 10 mill. m^3 /tide seawater from B to A and (nett) a same amount fresh river water from A to B, of which (nett) about 2 mill. m^3 /tide is trailing on from B to C. At A

equilibrium with 80% fresh water arises, at B with 22% fresh water and C with 17% fresh water. Displaced by the streams, the mix at A is pushed slowly downward through the Haringvliet and the mix at B through the Grevelingen in direction North Sea. In both cases the shallow mouths of the inlets prevent the seawater to come in in significant masses against the outgoing streams. Inside the traject A-B-C the strong counter-currents involved in the "brackish water formation" are not permitting significant horizontal temperature gradients. A similar mechanism rules the Westerscheldt and the Easterscheldt west of point C.

The discharge of Riverwater by way of the Delta is loaded in the northeast going stream of seawater passing the Dutch coast. Arriving at Den Helder this seawater still carries about 12% fresh water. In this way, about 1/7 part of the river discharge from the Delta is predestined to be involved in the exchange processes in the northern Netherlands inlets. Ignoring details, in relation to watertemperatures two features are dominant. The first is, that the water in the former Zuiderzee (fig. 1 page 4) shows a very long residence time. This is illustrated by fig. 6. In the years 1919-1924 the fresh water content (in dutch: "zoetwatergehalte") had to match a rather block-shaped input of fresh water (in dutch: "input zoetwater" = discharge + precipitation - evaporation). The fresh water content in the centre of the basin at Urk shows a beautiful set of delayed reactions. The other feature is the reaction of the northern part of the former Zuiderzee, now called Waddenzee, after completion of the Enclosure Dike in 1932. This caused a completely change in the stream systems (compare fig. 5 and fig. 7). These tidal streams had to dig their own beds, and at the same time the building up of separating shallows between the new territories of the stream systems started. This will be a process of centuries. It is illustrated by fig. 8, showing the decrease of the fresh water content at Westerschelling (see fig. 1) in relation to those at Den Helder.

Chapter 4 describes the relation of all available ten-year means of watertemperature. Distinction has to be made between observations at 8 o'clock, as this time is close to that of the minimum of the daily march of temperature, and observations at other times. The (uncorrected) means are plotted against the latitude of the station with ○ and □ respectively in figure 9. Table 2 shows that eventually needed corrections are small. As also salt content influences the

watertemperature, this is expressed in the plots as shown in table 3.

From the observations for fisheries research, two long homogeneous series could be derived, being Den Helder up from 1860, and Oosterschelde up from 1894. When drawing in in fig. 9 auxiliary lines crossing the points (Oosterschelde + 0,2°C) and (Den Helder - 0,5°C) the following regularities arise

- the tenyear means in stagnant fresh water appear above the line
- the tenyear means in (semi-) stagnant salt water appear below the line
- after 1920 the Rhine and Meuse temperatures are rising (cooling water discharges)
- Noordhinder and the northern lightvessels (NHD, HTX and TBK) are "to warm", as they are stationed within the relative warm stream coming northeastward from the Channel. The lightvessels near the Delta (SBK, MAS and GRE) and station Den Helder (HLD) are taking intermediate positions in the graphs. Flushing (VLS) and Zierikzee (ZRZ) seem to match rather closely the stagnant waters. All this is understandable when looking back at the infra red photo on page 2.

In chapter 5 peculiarities of the annual march are shown by the way of Lissajous figures. Their construction is shown in figures 10 and 11. The deviation with respect to a arbitrary chosen standard (vertical) is plotted against the temperature at the standard itself (horizontal). The charm of the figures is the fact that the three ruling properties of the annual marches are presenting themselves separately and recognisably to the eye. Fase difference causes "thickness", amplitude difference causes skewness, and difference in the annual means causes translation of the figures. In this report the chosen standard is: Easterscheldt series (1894 till present). Maritime influences show themselves in a delayed and reduced annual march (fig. 10), and so in thick Lissajous figures (with month-indications counter clockwise), that are dipping to the right (fig. 11-13). The scales along the axes are given only to the Lissajous figure of Noordhinder. In all other figures only the zero-line is given. The figures are a sensitive aid for detecting slight differences between, or changes at the stations. As before 1961 Veere possessed a quite similar annual march as Zierikzee (details see chapter 7), in comparing the Lissajous figures for both stations in fig. 11, the

effect of the enclosure of this inlet is shown. In the Lissajous figures of Den Helder (fig. 12) appears a slow change in shape after 1930. The table on page 34 is showing the same in decennial threemonthly means. However the mean decennial departures from the own normals in okt-nov-dec in the table on page 35, are showing the same change at sea near the lightvessels.

In some cases winter temperatures are reflecting ice formation. As in both cases, ice or no ice, watertemperature is observed, if needed a hole is made for it, the Lissajous figures never can cross the line AA (fresh water) or BB (salt water) given in fig. 14. In long term means, the effect of ice formation is expressing itself in "too high" means whenever the Lissajous figure is nearing within 3σ distance from the "ice lines", drawn in to all Lissajous figures. Especially in the northern waters (fig. 13) the effect of icing is evident.

Figure 15 suggests that the ice formation in the Zuiderzee/IJsselmeer become more severe after the water lost its salt ater 1932. After 1960 at this place the "ice nose" disappears again as the cooling water discharges in the vicinity of Urk became more significant. This caused vertical translation of the whole Lissajous figure. In figures 16 and 17 the effect of cooling water discharges in Rhine and Meuse is clearly shown. It is an open question why the shape of the figures changed so little, as this seems to imply some relation between the cooling water discharges with river discharges.

If seawater loses its salt, the "ice line" (fig. 14) comes up 2°C , but also without ice effects the annual mean increases about $0,5^{\circ}\text{C}$. This was most clearly shown by figure 9. Here at KNMI we suppose, the decrease of the refractive index is the leading feature. Yet a detailed physical description of the effect is not added here. In 1856 and four years after, at Den Helder observations were made in two evaporation pans, one filled with salt water, the other filled with fresh water. In table 4 on page 39 an overview of the observations of the first two years is given. Both, evaporation ("uitdamping", in mm) and watertemperature ("temperatuur" in centigrades) of the salt water were systematically lower than those of the fresh water.

In chapter 6 annual means are analysed by comparing their departures with respect to the standard (Easterscheldt series again). In this way much of the influence of the weather is eliminated. In figure 18 the

annual means themselves (above) and the departures (below) are plotted both for Lobith. Because there are some remaining features that cause different response to the Rhine and Easterscheldt (ice formation and discharge fluctuations for example), some scatter is left.

If a river is loaded with a given charge of heat, Wemelsfelder computed the distance $X_{\frac{1}{2}}$ in which the river is given half of its heat to the atmosphere as $X_{\frac{1}{2}} = 72 \cdot Q/B$ km, where Q is discharge in m^3/s and B the mean width at the surface in m. For the Rhine $X_{\frac{1}{2}}$ varies around 430 km, so at Lobith the river is still bearing 90% of the heat dumped in the Ruhr area. In fig. 19 lefthand side the annual mean differences Lobith minus Easterscheldt, are plotted against the simultaneous mean Rhine discharge in the same years. Defining a mean temperature difference of $0,3^\circ C$ at heat loading zero, lines of equal heat discharge could be drawn. The heat entering the Netherlands amounted to about 5000 MW in the forties, to about 10.000 MW in the sixties and to about 20.000 MW in 1980. For the river Meuse $X_{\frac{1}{2}}$ varies around 140 km. Figure 19 righthand side permits to read the heat entering from Belgium. In the years 1962-1973 this seemed to be constant at 1500 MW, and about 1980 some 3000 MW was reached. Due to this import, overloaded with our own discharge between Maastricht and Linne, in the years 1977-1983 the Meuse at Linne reached its highest overtemperature ($3,1^\circ C$ in mean with respect to the standard). In this case the mean temperatures and distances given in the table on page 45 are giving a beautiful confirmation of the natural cooling of the river computed by Wemelsfelder. In figures 20-25, for all stations along the great rivers, IJssellake and Waddensea, the departures with respect to the standard (Easterscheldt series) are offering a reasonable overview of the history of the heat discharges.

In chapter 7 the watertemperatures in the Delta area are analysed. Key to most figures are figures 29 and 30. In figure 26 Lissajous figures 1961-1980 for the entire Delta are given. Again, the standard is the Easterscheldt series. As temperature at Ouddorp seems not to be affected by the completion of the dam through Grevelingen and Krammer (see fig. 3), this figure may be supposed to match the situation before 1950, with the only reserve that the Veere-lake allready had been made. The shape of the Lissajous figures can be characterised by one quantity, being the difference of the "mean spring departures" and the "mean autumn departures"; or more specified as:

$$(\text{april} + \text{may} + \text{june}) / 3 - (\text{okt} + \text{nov} + \text{dec}) / 3.$$

This quantity is called here the "annual march of the departures with respect to the Easterscheldt series". These values have been computed, and plotted in figure 27 (for other periods also in fig. 35-37 and fig. 42-44). A second characteristic value is the "departure of the annual mean with respect to those of the Easterscheldt series". These values are plotted in figure 28. They show the influence of salt content (stations Veere-Lake against stations Easterscheldt), the influence of latitude (stations Veere-lake against Oostvoorne), and of cooling water discharges (all stations in the upper right, representing period 1961-1970 only!).

In the figures 32-34, 38-41 and 45 chronologic presentations are given of "mean spring values" (○) and "mean autumn values" (●) of the temperature jump over a dam (fig. 38 and 45 only), the differences of the observations at high tide and low tide (being the horizontal "gradient" over 12 km), and the departures with respect to the Easterscheldt series (see key figures 29 and 30). The question is now to find breaks in the series that are related to interferences in the watermovements. Due to the very high autocorrelation in all watertemperature series, the significance of most visible breaks is poor. The fake-relation in figure 31 is given as a warning. Here the temperature jump over the Enclosure Dike at Breezand could be ordered to reflect the three major closures in the Delta! Within the Delta itself the search for changes yielded the following results: In the Westerscheldt (fig. 32) a rise of temperature after 1969 is detected at Bath (fig. 23 has shown the same).

In the Brielle-lake (fig. 33) only unidentified scatter is found. For the Easterscheldt (fig. 34) mostly the same holds. A well defined "climatic shift" took place at Yerseke in 1966 after changing the time of observation from 12 o'clock to high tide time. The Grevelingen shows some exemplary changes. The mean annual marches (.. of the departures with respect to the Easterscheldt series) derived from the observations 1959-1964, representing the open estuary, are given in fig. 35. After completion of the Grevelingen Dike (fig. 36), the annual march (...etc.) at Bruinisse increased from -1,0 up to +0,7. At Ouddorp no significant

change occurred. After completion the dike at sea-side, the annual march (...etc.) just behind the dam and in the deep channels of the newly formed lake increased to nearly zero, and at Ouddorp to $+0,3^{\circ}\text{C}$. As the salt content of the water remained unchanged, the rise of the mean spring values equals the fall of the mean autumn values.

In the Volkerak (fig. 40) the completion of the dam through Grevelingen and Krammer seems to have caused only a week reaction at Bruinisse. After the completion of the dam through the Volkerak in april 1969, the gravitystreams in Volkerak and Zijpe died out mostly, and after this at the station Bruinisse rather strong gradient could build up. This implies a more than equal increase of the annual march (...etc.) in the more easterly part of the Volkerak.

In the Hollandsdiep and Haringvliet (fig. 41), after completion of the dam and sluices at sea side, at the stations Numansdorp and Hellevoetsluis the effect of cooling water discharges is reduced. This was caused by the weakening of the streams (fig. 22 has shown the same). It is not easy to quantify the effects of the enclosure of the Veere-lake (fig. 45), as the observations started only a few months before the first closure. However, some characteristic entities of the old situation could be recorded just in time. This permitted the compilation of the figures 42 and 43. Comparison with the existing situation (fig. 44) shows an increase of the annual march (...etc.) in the whole lake. In the eastern branch of the lake the increase amounted to $1,7^{\circ}\text{C}$, in front of Veere to $2,2^{\circ}\text{C}$, and just behind the Veere-dam to $2,8^{\circ}\text{C}$. As 75% of the salt was driven out by effluents of fresh water from the surrounding isles, the rise of the means in spring was about $0,5^{\circ}\text{C}$ more than the fall of the means in autumn.

After comparison of the figures 33, 38, 41 and 45, also a pertinent increase of disorder arises as one of the accompanying effects of the enclosures. This may be related with irregular occurrence of inversion layers within the waterbasin after the tidal streams died out.

Added is a smuggle chapter 8, telling the story of the dangerous life of climatological data. The United Netherlands are the proud owner of two long, reliable and homogeneous series of watertemperatures. The series Den Helder 1860 till present, could be derived from six independent parts, five of which had fallen into oblivion at four different places. The most important part 1936-1981 of the series Easterscheldt 1894 till present, was found about 1 foot below waterlevel in the port side boardcase of one of the patrol vessels of our waterpolice. The older half of the series had fallen into oblivion at three different places.

On the 4th of october 1932, the record office of the KNMI, including the meteorological logbooks of the Lightvessels, took fire. Fortunately the fire guard commander of De Bilt was a KNMI employee, who did one of the best jobs of his life. This was not the end of the peril. In january 1945, if the logbooks would not have vanished from the earth just in time, then they would have served as retour cargo for the retreating German troops. After the war they surfaced again at one of the yard-cellars of the Utrecht town canals. All together, up from 1860 enough solitary obstinate and sometimes brave people have been there, to guard the separate parts of the now 2 million observations in all, representing both, a 100.000 man-hour job and the thrilling story of the watertemperatures (and even much of the story of the watermovements) in the Netherlands.

Looking back here, it may be useful to close this enterprise with some summarising CONCLUSIONS:

1. When establishing regular observations, the target is to fix some aspect of a transitory reality. The choice of good observation points and a good observational routine is of all-overriding interest.
2. The institute managing the observations has to ensure at all times the quality and calibration of supplied measuring instruments.
3. Good observations will preserve their value till the end of time.
4. The institute managing the observations has to show its responsibility in securing the observational data, in carrying out a datareduction (for example computation of decadal and monthly means), and in publishing the results.

Forgetting the last two items, the observations will serve nobody else, and also nobody else ever will know the value of the observational series in other context. In this way, the chance for loosing the observations after some time will steadily increase.

Often, growing series of observations show a tendency to earn an importance rising far beyond the objective aims at beginning. So the institute managing the observations is saddled with a responsibility never asked for, but by no means less real.

5. It is all to the honour of an institute managing observations, if indeed it shows readiness to realise continuity of observational series that are becoming important to other people as well.

KNMI, december 1985
dep. Fysical Meteorology,
Supportgroup for Climatology



2 november 1984, 14.30 GMT.

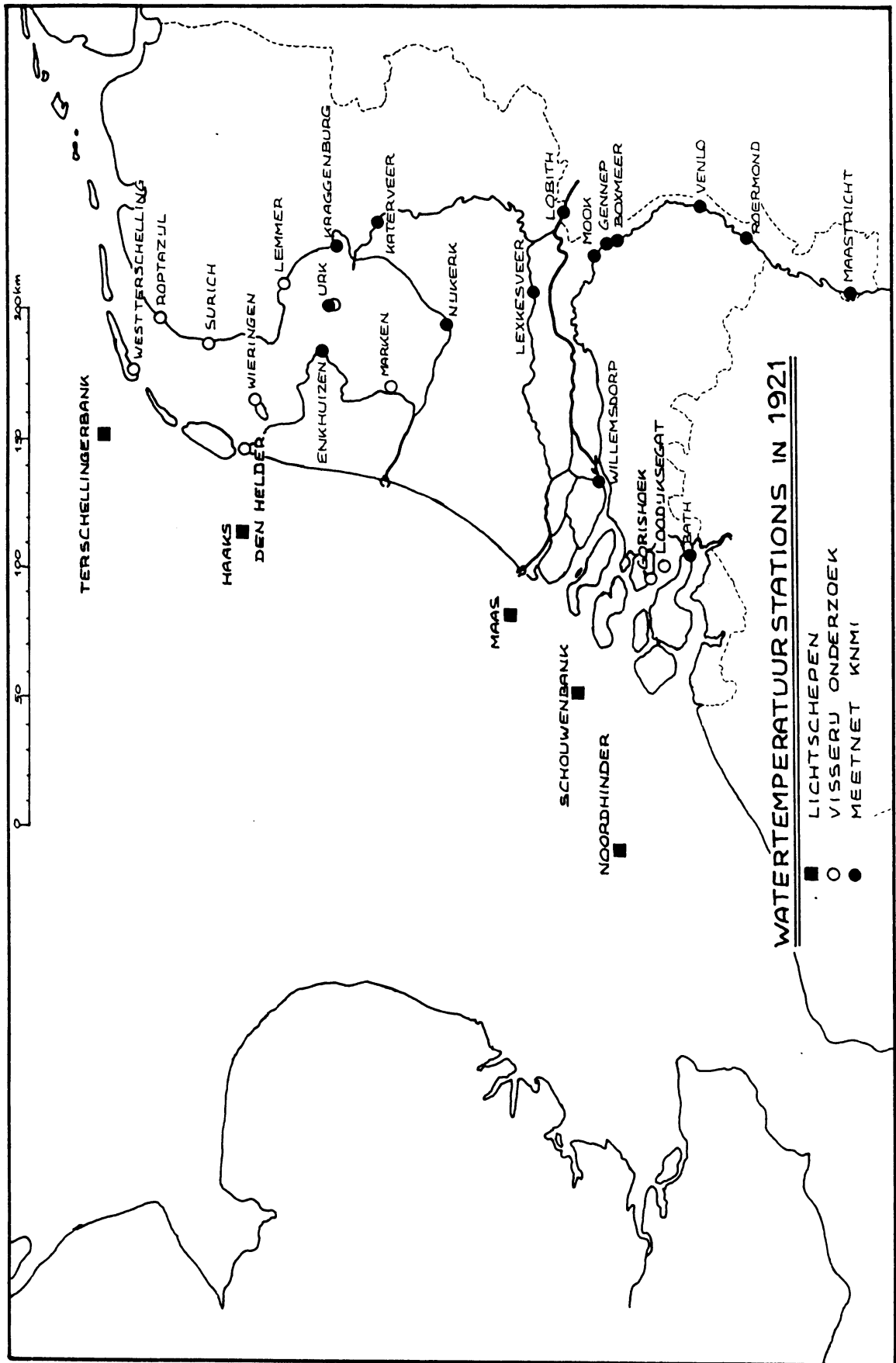
1. Satellietfoto 2 nov. 1984, 14.30 GMT

De foto is gemaakt in "IR-kanaal 4". Dit betreft het golflengte gebied 10,5-11,5 μm . De zwarting van de foto is representatief voor de geëmitteerde straling van het zeeoppervlak. Het gaat daarbij om een waterlaagje van maximaal 0,1 mm dik. De meting reageert ook op de temperatuur van de wolkendruppeltjes. Op 2 november 1984 echter, was het gehele zuidelijk deel van de Noordzee wolkenloos.

Het meest opvallende fenomeen op de foto is de "inflow" van warm Kanaalwater naar de Noordzee. Het kustwater en het water van de grote rivieren is in deze tijd van het jaar relatief koud. Langs het front tussen beide watersoorten treden instabiliteiten op die zelfs op deze afdruk nog bijzonder fraai tot uiting komen. De bijzonderheden in het bovenste derde deel van de foto blijken oceanografen in vervoering te kunnen brengen. Ze worden bepaald door de topografie van de zeebodem. Enige aardige details waar men ook verderop in dit verslag mee te maken krijgt zijn de volgende:

- Het instromende Kanaalwater blijkt buiten de Vlaamse banken te blijven. Ter hoogte van Den Helder loopt dit veel dichters langs de kust.
- De Afsluitdijk is te herkennen aan de temperatuursprong eroverheen. Het IJsselmeer is kouder dan de Waddenzee.

Bij Den Helder was het laagwater om 14.12, bij Vlissingen is het nog niet zo ver; daar valt het om 15.47. De enorme pluim uitstromend rivierwater vanuit het Haringvliet, die men op andere foto's nogal eens ziet, is hier maar klein.



Figuur 1.

2. De herkomst van de waarnemingen

Het meetnet van watertemperatuurstations heeft een vrij bewogen geschiedenis achter de rug. In 1860 werden in Den Helder geregelde waarnemingen van temperatuur en zoutgehalte van het Marsdiep begonnen. In de jaren 1882-1891 werden geregelde watertemperatuurwaarnemingen op de vijf lichtscheper ingesteld. In 1894 volgde oprichting van de stations Urk, Marken en Lemmer aan de Zuiderzee, en Gorishoek (tegenover Yerseke) aan de Oosterschelde, alle vier ten behoeve van visserijonderzoek.

In het najaar van 1908 richtte het KNMI een net van watertemperatuurstations op: Bath en Willemsdorp in het Deltagebied; Maastricht, Roermond, Venlo, Boxmeer, Gennep en Mook aan de Maas; Lobith en Lexkesveer aan de Rijn; Katerveer aan de IJssel en Enkhuizen, Nijkerk, Kraggenburg en Urk aan de Zuiderzee.

In 1919 gingen de visserijwaarnemingen over naar een ander instituut, wat aanleiding gaf om vier nieuwe stations aan de Waddenzee op te richten: Wieringen, Surich, Roptazijl en Westterschelling.

Begin 1921 werden, vermoedelijk op verzoek van het bacteriologisch laboratorium te Bergen op Zoom, door de waterpolitie geregelde waarnemingen van temperatuur en zoutgehalte gestart in het oostelijk uiteinde van de Oosterschelde. Figuur 1 geeft een overzicht van de situatie in 1921.

Hierna volgden drie decennia van teruggang, waarbij op Urk na alle stations aan het IJsselmeer, het station Gorishoek en een aantal stations aan de Maas verdwenen. In 1957 ging het KNMI-meetnet over naar Rijkswaterstaat, waarna het in een paar jaar tijd tot 35 stations werd uitgebreid. In 1971 kwam er nog een viertal stations aan de Maas bij. In 1981 nam men de nog resterende Visserijstations rond de Waddenzee over en vulde men dit net daar nog aan met vier nieuwe stations.

Na wereldoorlog-II was het aantal lichtscheper van vijf teruggebracht tot vier stuks. In tijdvak 1971-1982 werden ze één voor één voorgoed binnengehaald. In figuur 2 is een overzicht van de thans bestaande situatie gegeven. In figuur 3 zijn de belangrijkste afdammingen en inpolderingen in het Deltagebied sedert 1921 aangegeven.

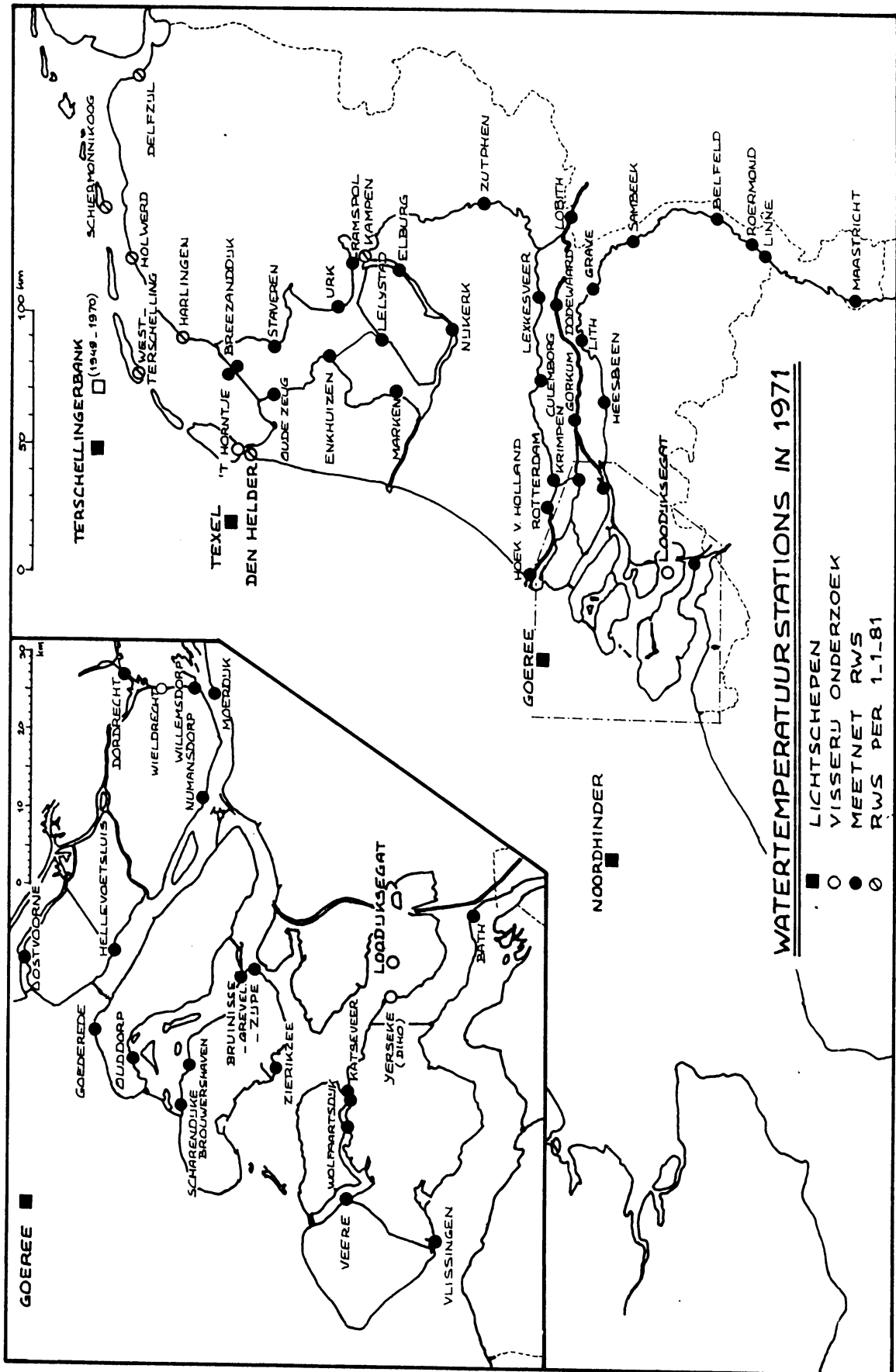
In de hieronder opgesomde serie KNMI-verslagen werden alle reeksen meer in detail besproken, en werden alle beschikbare gegevens weergegeven in de vorm van reeksen van maandgemiddelden:

WR 82-8	Visserijwaarnemingen 1860-1981
TR 40	Bewerking Loodijksegat 1921-1982
WR 83-12	Waarn. Oosterschelde 1894-1982
WR 84-3	Watertemp. reeksen: Statistiek
WR 84-4	Tabellenboek lichtschepen
WR 84-5	Meetreeksen KNMI-RWS

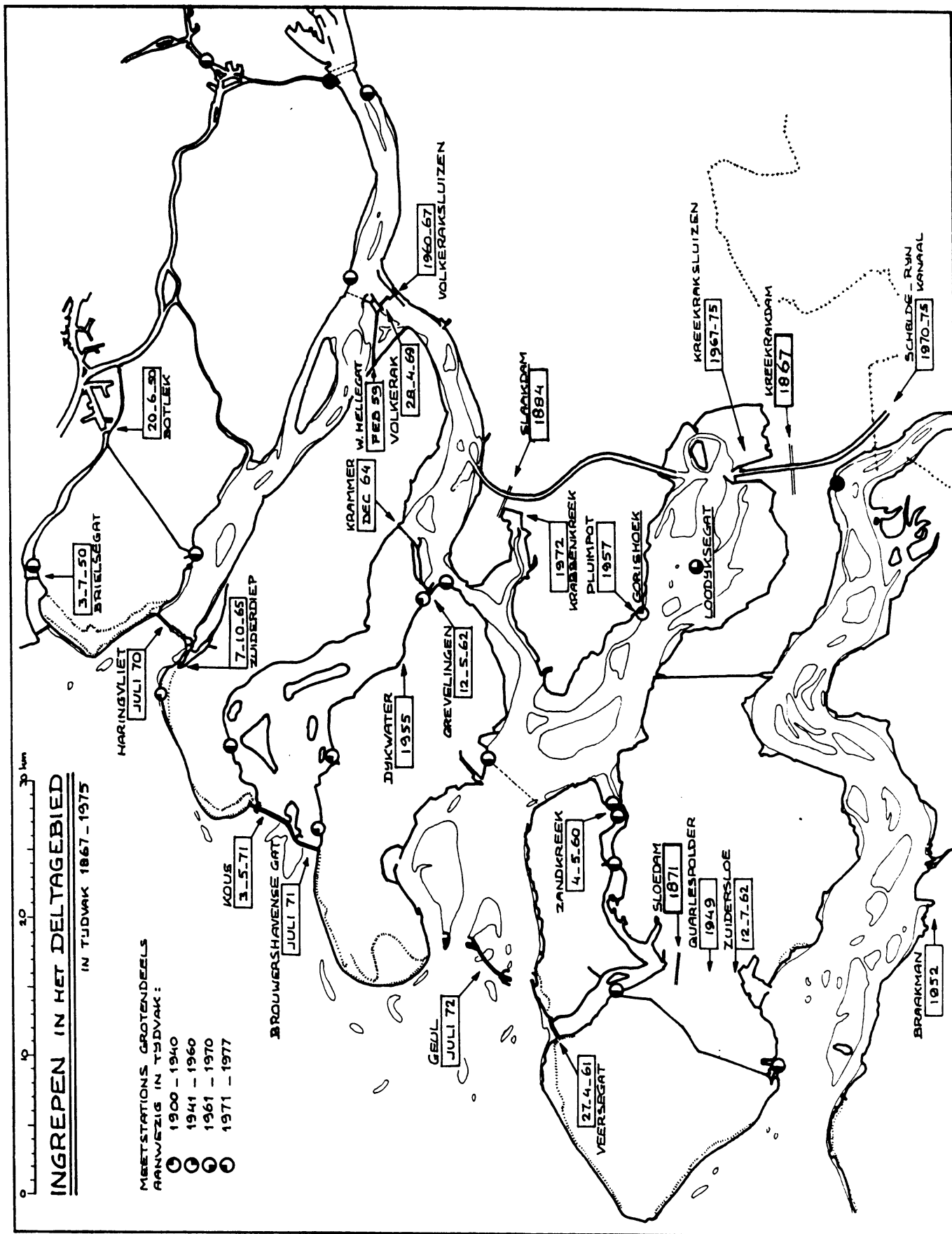
Bij de afsluiting van dit watertemperatuurproject werden alle datafiles, en ook de voornaamste programma's (geschreven in Burroughs Extended Algol) met 1600 BPI in EBCDIC op band gezet. Het betreft hier een simple dump waarbij alle records met voorvoeging van de naam van de file, in de vorm van records van 110 characters lang (30 filenaam + 80 dataregel of programmaregel), achter elkaar weggeschreven werden. Het resultaat is een file van 12877 records, ofwel 1,4 miljoen bytes. Zet men de afzonderlijke files, zonder de programma's netjes uitgepakt op een schijf, dan gaat het om een kleine 11000 records met in totaal 0,7 miljoen bytes, kortom een bijzonder mooi bestand voor uw "personal computer". Een inhoudsopgave van deze dump-file is uitgebracht als:

TR-75 Inhoudsopgave van band met watertemperaturen en bijbehorende achtergrondgegevens.

Bovengenoemd zevental verslagen zou men kunnen zien als bijlagen van het onderhavige verslag. De in bovengenoemde verslagen weergegeven reeksen worden hier dan ook niet nogmaals afgedrukt; er worden hier uitsluitend bewerkingen van deze gegevens presenteerd.



Figuur 2.



Figuur 3.

WADDENZEE

HLD	52°57'	Den Helder
WIE	52°56'	Wieringen
RZL	53°14'	Roptazijl
SUR	53° 5'	Surich
WTS	53°21'	Westterschelling
HOR	53° 0'	't Horntje
BZW	53° 1'	Breezanddijk-Waddenz.
HAR	53°10'	Harlingen
HLW	53°22'	Holwerd
SOG	53°25'	Schiermonnikoog
DZL	53°20'	Delfzijl

ZUIDERZEE

URK-R	52°29'	Urk-RIVO
URK-H	52°29'	Urk-Haven
URK-Y	52°29'	Urk-IJsselmeer
LEM	52°50'	Lemmer
MAR	52°27'	Marken
ENK	52°41'	Enkhuizen
NYK	52°15'	Nijkerk
KRB	52°38'	Kraggenburg
BZY	53° 1'	Breezanddijk-IJsselm.
OZG	52°53'	Oude Zeug
STV	52°53'	Staveren
LYS	52°30'	Lelystad (Markerm.)
HRB	52°30'	Houtribsluizen (IJssm.)
RPL	52°36'	Ramspol
ELB	52°27'	Elburg

RIJN EN LEK

LOB	51°51'	Lobith
LEX	51°58'	Lexkesveer
CUL	51°58'	Culemborg

IJSSEL

KTV	52°30'	Katerveer
KAM	52°34'	Kampen
ZTP	52° 9'	Zutphen

WAAL

DDW	51°54'	Dodewaard
GOR	51°50'	Gorinchem

BENEDENRIVIEREN

DOR	51°49'	Dordrecht
KRL	51°54'	Krimpen a.d. Lek
ROT	51°55'	Rotterdam
HVH	51°58'	Hoek v. Holland

MAAS

MST	50°51'	Maastricht (Boven)
LNN	51°11'	Linne (Beneden)
RMD	51°12'	Roermond (Boven)
BEL	51°21'	Belfeld
VEN	51°23'	Venlo
SAM	51°40'	Sambeek (Boven)
BOX	51°42'	Boxmeer
GEN	51°43'	Gennep
MOO	51°45'	Mook
GRV	51°47'	Grave (Boven)
LTH	51°49'	Lith (Boven)

DELTAGEBIED

BRM	51°56'	Brielsemeer
HSN	51°43'	Heusden-Heesbeen
WDP	51°43'	Willemsdorp
MRD	51°42'	Moerdijk
NVD	51°43'	Numansdorp
HEL	51°49'	Hellevoetsluis
GOE		Goedereede
BSZ	51°39'	Bruinisse-Zijpe
BSG	51°40'	Bruinisse-Grevelingen
BRH	51°43'	Brouwershaven
SDK	51°45'	Scharendijke
OUD	51°48'	Ouddorp
KVO	51°33'	Katseveer-Oostersch.
KVM	51°33'	Katseveer-Maaszijde
WFD	51°33'5	Wolfaartsdijk
VEE	51°34'	Veere
LDG	51°30'	Loodijksegat
YRS	51°30'	Yerseke (DIHO)
ZRZ	51°39'	Zierikzee
BTH	51°34'	Bath
VLS	51°28'	Vlissingen

LICHTSCHEPEN

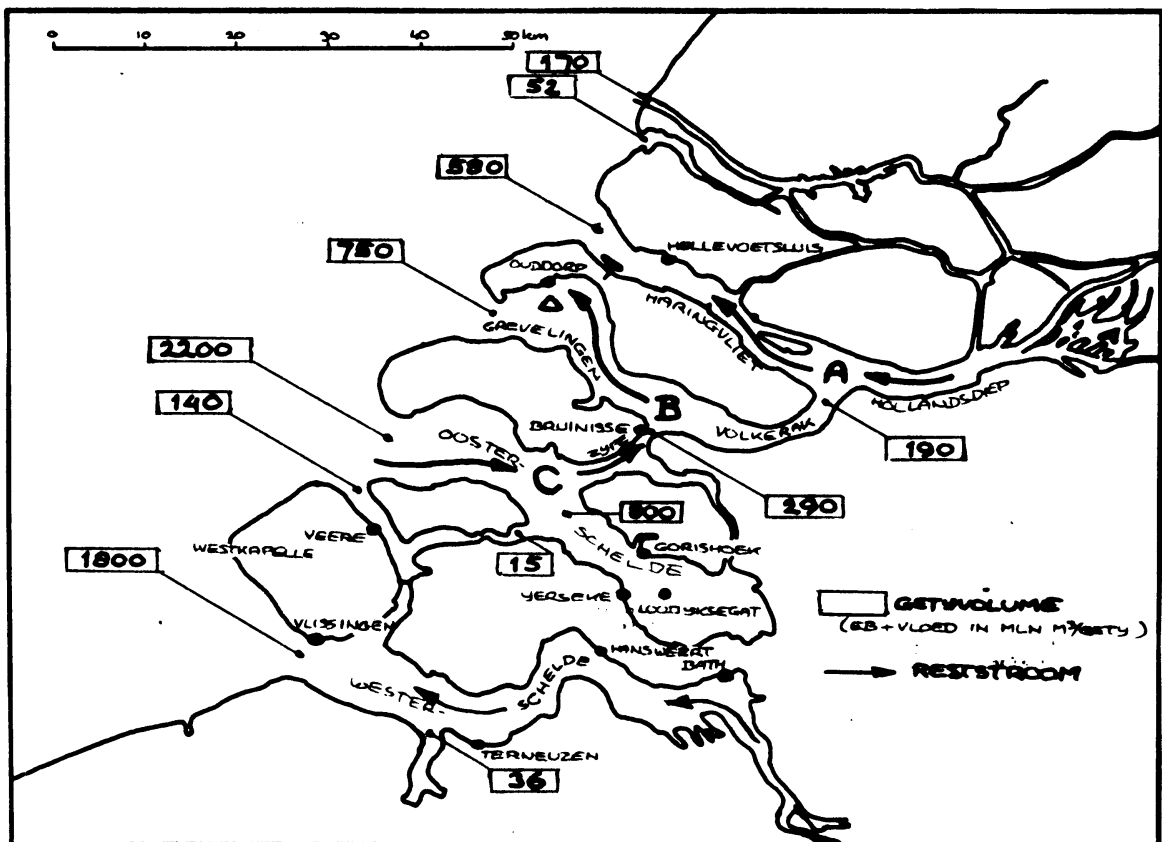
TBK	53°27'	Terschellingerbank
HTX	53° 1'	Haaks-Texel
MAS	52° 2'	Maas
GRE	51°54'	Goeree
SBK	51°47'	Schouwenbank
NHD	51°39'	Noordhinder

LIJST MET AFKORTINGEN EN
GEOGRAFISCHE BREEDTEN

3. Water- en zoutbewegingen

Verloop en veranderingen van watertemperaturen zijn alleen te begrijpen, wanneer ook de bewegingen van dit water redelijk bekend zijn. In WR 82-8 par. 7 zijn deze beschreven voor het Zuiderzeegebied, en in WR 83-12 par. 9 voor het Deltagebied. Hier volgen enige aanhalingen uit deze twee paragrafen. Dit verhaal begint bij de Delta.

In figuur is een kaartje gegeven van de toestand voor 1950. De belangrijkste getijvolumina (ebvolume + vloedvolume) in miljoenen m^3 /getij, en de richting van de belangrijkste reststromen zijn erin aangegeven. Wil men daar straks afvoeren naast leggen, dan is het prettig om in dezelfde eenheid te werken. Door een speling der natuur is de gemiddelde Rijnafvoer ($2230 m^3/s$) op de promille nauwkeurig gelijk aan 100 miljoen m^3 /getij. De gemiddelde afvoer van de Maas ($330 m^3/s$) komt dus uit op 15 miljoen m^3 /getij, en die van de Schelde ($110 m^3/s$) op 5 miljoen m^3 /getij. Het deel van de Rijnafvoer + Maasafvoer dat door het Hollandsdiep afstroomt bedraagt ongeveer 53 miljoen m^3 /getij.



Figuur 4.

Heeft een zeearm voldoende breedte, dan ontstaan daarin dubbele geulensystemen, de zg. eb- en vloedscharen. Onder invloed van de aardrotatie (Corioliskrachten) heeft het water dat met de eb- en vloedbeweging uit- en instroomt, een neiging om "rechts te houden". Middelt men de getijbeweging uit, dan houdt men een reststroom over die meestal in de orde van 5 cm/s, ofwel bij ruwweg 10% van het getijvolume ligt. In de zuidelijke geulen is deze reststroom meestal oostwaarts, en in de noordelijke geulen westwaarts. Samenhangend hiermee hebben de zuidelijke geulen vaak een hoger zoutgehalte dan de noordelijke geulen. Deze waterbeweging speelt zich niet alleen af op "10 km-schaal" rond zandplaten, maar ook meer in het groot rond eilanden. Voortbewogen door deze drang, liep door het Zijpe een noordgaande reststroom van zout Oosterscheldewater naar het noorden, met een debiet dat een aantal tientallen miljoenen m^3 per getij kan hebben bedragen.

Beziet men nu het noordelijk Deltagebied (fig. 4) dan stroomt op driesprong A het zoet water van het Hollandsdiep uit, en op driesprong B de zoute Zijpeestroom. Op beide driesprongen komen de getijgolven van verschillende kanten op verschillende tijden aan. Op deze punten ontstaat een gecompliceerd en onstabiel systeem met meervoudige kenteringen bij hoog- en laagwater, en met ondiepten in het midden met rondlopende stromingen eromheen. Gevolg van één en ander is dat hier op grote schaal menging optreedt.

Tussen de punten A en B, langs de lengteas van het Volkerak, ontstaat dus een zoutgradient. De natuur laat een dergelijke zoutgradient echter niet ongemoeid. Onder invloed van zwaartekrachstromen ontstaat hier een uitwisseling die zoetwater naar de zoute kant brengt en zout water naar de zoete kant. Deze uitwisseling is evenredig met de zoutgradient, met het getijvolume, en met de derde macht van de diepte. Welnu, het Volkerak blijkt ruim voldoende getijvolume, diepte en zoutgradient te hebben om krachtig te kunnen reageren.

Bij punt A blijkt een mengsel te ontstaan met een zoetwatergehalte van 80%. Daar de afvoer van het Hollandsdiep gemiddeld 53 miljoen m^3 /getij bedraagt impliceert dat, dat (bij deze gemiddelde afvoer) rond 10 miljoen m^3 /getij zout water van B naar A trok. Daar het Volkerak bij

deze gemiddelde rivierafvoer een vrijwel symmetrisch getij schijnt te hebben vertoond, zou er dus een ongeveer gelijke hoeveelheid, dus ook iets als 10 miljoen m^3 /getij zoetwater van A naar B moeten zijn doorgedrongen. Daar bij B een evenwicht ontstond met rond 22% zoetwater, impliceert dat op zijn beurt weer dat de zoute Zijpeestroom van C naar B ongeveer vier maal zo sterk moet zijn geweest en dus een debiet van rond 40 miljoen m^3 /getij zou hebben gehad. En gezien weer het ongeveer in evenwicht zijn van eb en vloedstroom in het Volkerak, werd het bij A onstane mengsel door het Haringvliet naar buiten gedrukt en verdween het bij B onstane mengsel door het Grevelingen naar zee.

Door al het zoete water dat van A naar B trok, was het bij B wat zoeter dan bij C. Ook tussen deze twee punten wordt dus een zoutgradient in stand gehouden. En omdat het Zijpe blijkbaar voldoende diepte en getijvolume bezat trok er naar schatting nog eens 2 miljoen m^3 zoetwater per getij tegen de zoute Zijpe-stroom in naar de Oosterschelde, waar het voornamelijk via de noordelijke geulen (langs Zierikzee) naar zee werd afgevoerd.

Op bovengegeven beeld is nog een aanvulling nodig. De Westerschelde ontvangt aan de oostzijde het zoete water van de Schelde en aan de westzijde mondt hij uit in zee. Ergens hiertussen moet dus een zoutgradient ontstaan. Aangezien de Westerschelde een enorm getijvolume, grote breedte en indrukwekkende diepten vertoont (Pas van Terneuzen 50 m), ontstaan ook hier eb en vloedscharen en krachtige gravitatiestromen, waarbij het zout helemaal tot aan Antwerpen weet door te dringen. Dit proces is een groots gebeuren, waarbij de Schelde met zijn debiet van 5 miljoen m^3 /getij bij Antwerpen, onderweg steeds meer vanuit zee afkomstig zout water in zich opneemt, en zo op zijn weg naar het westen aangroeit tot de brakke "Westerscheldestroom". Blijkens zijn zoutgehalte heeft hij bij Hansweert al een debiet van 15 miljoen, bij Terneuzen 20 miljoen, bij Vlissingen rond 30 miljoen en ter hoogte van Westkapelle bereikt hij een omvang van 50 miljoen m^3 /getij.

Op precies dezelfde manier vertoont het zoute zeewater ook bij de andere zeearmen de neiging om tegen de naar buiten komende stroom in naar binnen te trekken. Bij de Oosterschelde is dit helemaal geen punt. Niet

alleen moet de naar het Grevelingen trekkende Zijpeestroom gevoed worden, ook heeft de Oosterschelde volop getijvolume, grote breedte, een diepe mond en vele zeer diepe geulen. Bij Grevelingen en Haringvliet ligt dit echter anders. Hier zijn de monden dermate ondiep (resp. 9 m en 5 m. NB: derde macht is bepalend), dat hier tegen de forse uitgaande stroom in maar weinig zout naar binnen komt. In het Grevelingen weet dit in de zuidelijke geulen nog stroomopwaarts te trekken tot de zuidwestpunt van Overflakkee. In de noordelijke geulen echter, blijkt het watermengsel dat er bij B binnenstroomt zijn identiteit te bewaren tot Ouddorp. In het Haringvliet komt het van zee uit binnendringende zoute water niet verder stroomopwaarts dan Hellevoetsluis.

Met wisselingen van de Rijn en Maasafvoeren treden alleen maar wat verschuivingen op in dit totale beeld. Bij zeer hoge Rijnafvoer trekt er zoveel rivierwater het Volkerak in, dat de zoute tegenstroom vanuit driesprong B het niet verder weet te redden dan de zuidpunt van Overflakkee, hetgeen met zich meebrengt dat het Haringvliet geheel zoet wordt. Ook Grevelingen en Oosterschelde laten dan hogere zoetwatergehalten zien. Bij zeer lage afvoeren (wat bij de Rijn toch altijd nog een vrij indrukwekkende hoeveelheid blijft) ziet men de zoetwatergehalten overal afnemen.

In 1964 werd het Grevelingen aan de oostzijde geleidelijk gesloten; eind december was de afsluiting volledig. Het Grevelingen veranderde daarmee van een brakwaterrivier in een baai aan de Noordzee. Het Zijpe en het Volkerak werden "in serie geschakeld". Daar dit gezamenlijke Zijpe - Volkerak nu rechtstreeks geconfronteerd werd met de Maas-Rijn-afvoer bij punt A, reduceerde het vloedoverschot van het Zijpe vermoedelijk tot wat minder dan de helft van de vroegere waarde. Het respectabel vermogen van beide zeearmen om zwaartekrachtstromen tot ontplooiing te laten komen werd vanaf toen geheel aangewend voor het rechtstreeks transport van rivierwater van Haringvliet naar Oosterschelde en van zout water in de omgekeerde richting. Het blijkt dat er rond twee maal zoveel zoetwater bij punt C terecht kwam, en vermoedelijk ook rond twee maal zoveel zout in het Haringvliet.

Eind april 1969 werd het Volkerak afgesloten, waarmee een einde kwam aan de zijdelingse toevoer van zout water naar het Haringvliet. De afvoer van de Rijn was op dat moment nogal hoog..... en twee dagen na de afsluiting was het Haringvliet helemaal zoet, en schoon aangeveegd tot voorbij Hellevoetsluis. Ten zuiden van de Volkerakdam verliep de aanpassing veel trager. Bij Dintelsas deed het zoetwatergehalte er drie maanden over om af te nemen van 80 à 90% tot rond 30%. In het Zijpe en Volkerak gebeurde namelijk iets wat niet zo gemakkelijk zichtbaar is, maar wèl een enorme karakterverandering met zich meebracht: de zwaartekrachtstromen vielen grotendeels weg.

Met de constatering dat vroeger (netto) tien miljoen m^3 /getij aan zoetwater van A naar B ging, en (netto) evenveel zeewater van B naar A, beschrijft men slechts het zichtbare deel van een ijsberg. In de buurt van punt B wordt het te transporteren zoetwater in een vier à vijfvoudige verdunning aangeboden. Het transport bestaat dan in het haasje-over-gaan met een hoeveelheid water van "wat verderop", dat zeker geen zuiver zeewater is, maar in ieder geval wel wat meer zeewater bevat dan het aangeboden water. Om onder deze omstandigheden bij elk getij een netto transport van 10 miljoen m^3 zuiver rivierwater naar B en evenveel zuiver zeewater naar A te realiseren, zijn uitwisselingen van een x-aantal tientallen miljoenen m^3 per getij nodig. Het gevolg van deze gigantische uitwisselingen is dat dergelijke wateren een soort "hydraulisch langverband" krijgen waarin temperatuurgradienten vrijwel onbestaanbaar zijn. De voorwaarde voor dit alles is vrije toevoer van zoetwater aan "de ene kant" en vrije toevoer van zoutwater aan "de andere kant". Hiermee worden de zoutgradienten in stand gehouden waarmee het hele mechanisme aangedreven wordt. Vanaf april 1969 is er geen sprake meer van vrije toevoer van zoet wat op punt B, en met het Zijpe is toen ongeveer hetzelfde gebeurd als met een pan kokend water waaronder het gas uitgedraaid wordt: bij de monding zijn de zoutgradienten direct "leeggelopen" en de getijbeweging ontaardde daarna min of meer in een luie heen en weer gaande beweging die heel goed uitgebeeld wordt door de bewegingen van de balg van een trakharmonica. In dergelijk water krijgen temperatuurgradienten wèl een kans.

In de zomer van 1970 werd de Haringvlietdam gesloten en werden de uitwateringssluizen voor het eerst in werking gesteld. De afvoer van deze zeearm vertoont sindsdien geen natuurlijk verband meer met de afvoer van de bovenrivieren. Men voert namelijk een beheer waarbij men een zo groot mogelijk deel van het zoete water via de Waterweg loost, om het daar binnendringende zeewater weer zo ver mogelijk naar zee terug te werken. Het rivierwater dat dan "nog overblijft" loost men via het Haringvliet.

Met afsluiting van het Brouwershavensegat in zomer 1971 ontstond het Grevelingenmeer. Dit meer wil men zout houden. Bij Bruinisse laat men daartoe zout Oosterscheldewater in, dat via sluisen in de Brouwersdam weer geloosd wordt. In vergelijking met de toestand vóór 1964 is het Grevelingen dus een weinig zouter geworden.

Daar het wat buiten de grote stromen viel is het het Veersemeer nog niet genoemd. Het ontstond in april 1961 bij de sluiting van het Veersegat. Dit meer wordt niet doorgespoeld met zoutwater. Door uitslag van polderwater trad hier een sterke verzoeting op. Het zoetwatergehalte beweegt zich tussen 70% (zomer) en 75% (winter).

Het rivierwater dat door Delta en Nieuwe Waterweg afvloeit naar zee, wordt enige tientallen kilometers buiten de koppen van de eilanden opgenomen in een vanuit het Nauw van Calais afkomstige zeestroom die langs onze kust naar het Noordoosten trekt. De treksnelheid wisselt, maar is gemiddeld in de orde van 2 km/getij, ofwel iets als 150 km per maand. De stroom volgend naar het norden, krijgen we na Den Helder weer iets te zien dat veel op het voorgaande deel van het verhaal lijkt. Ook hier vindt uitwisseling plaats tussen in de zeegaten binnenstromend zeewater met uitvloeiend rivierwater. Een merkwaardig detail is dat het "zeewater" hier nog 10 à 15% rivierwater met zich meevoert. Op het NIOZ berekende Van Bennekom dat rond 1/7 deel (dus ongeveer 15 miljoen m³/getij) van het bij de Delta uitstromende rivierwater korter of langer tijd bij dit uitwisselingsproces betrokken raakt.

De vroegere Zuiderzee moet men zich voorstellen als een groot brak binnenmeer dat door een 20 à 30 km brede gordel van wadden is

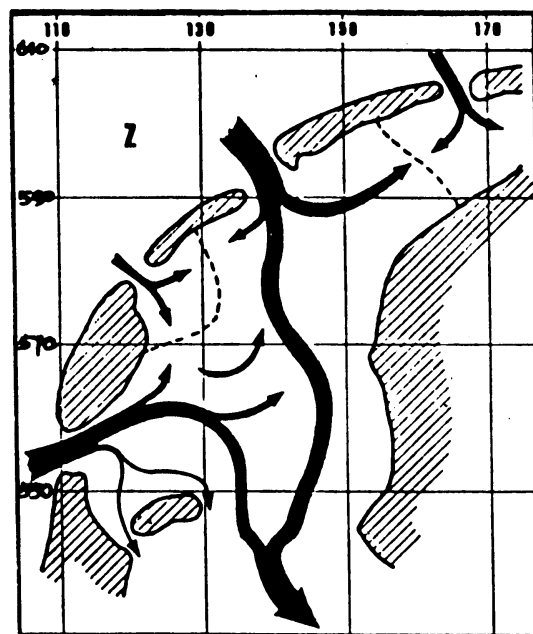
afgescheiden van de Noordzee. Het schijnt één van de rijkste visgronden van NW-Europa te zijn geweest.

Het verticale getij dat bij Den Helder gemiddeld 12 dm bedroeg en bij Terschelling 16 dm, nam naar binnen toe snel af. Bij Stavoren was het niet meer dan 5 dm en bij Urk slechts 2 dm. Aan de zuidelijke boorden liep dit door terugkaatsingsverschijnselen weer enige decimeters op. De tijden van hoog- en laagwater te Nijkerk vielen ruim zes uur later dan die in Den Helder.

Van de getijvolumina in de zeegaten tussen de waddeneilanden (zie figuur 5) zijn die van het Helderse zeegat en het Vlie, met resp. 1550 en $1450 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{getij}$ het belangrijkste. De getijgolven die hier binnenvielen, bogen rond Wieringen naar het Zuiden en liepen dan broederlijk naast elkaar voor naar de kom van de Zuiderzee. Naar binnen toe nam het getijvolume vrij snel af. Daar waar nu de Afsluitdijk ligt bedroeg het over de gehele doorsnede nog maar $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{getij}$.

Het bodemreliëf in de eigenlijke Waddenzee, noordelijk van de lijn Wieringen - Roptazijl, dat naast droogvallende platen geulen vertoont tot 20 m diep, wordt naar het zuiden toe zeer gelijkmatig. Binnen de lijn Den Oever-Medemblik-Enkhuizen-Urk-Stavoren-Surig komen nog diepten voor van 5 tot 9 m. Buiten deze lijn liggen de waterdiepten bijna overal tussen 2 en 5 m. Ten gevolge van de wateruitwisseling door de geulenstelsels van de Waddenzee ontstond ter hoogte van de Afsluitdijk bij normale Rijnafvoer een evenwicht met ongeveer 70% zeewater dat dus 12% van 70% = rond 8% rivierwater afkomstig van de Delta met zich meevoerde. De resterende 22% zoetwater stroomde ooit uit in de Zuiderzee.

Van Wieringen naar binnen gaand nam het zoetwatergehalte geleidelijk

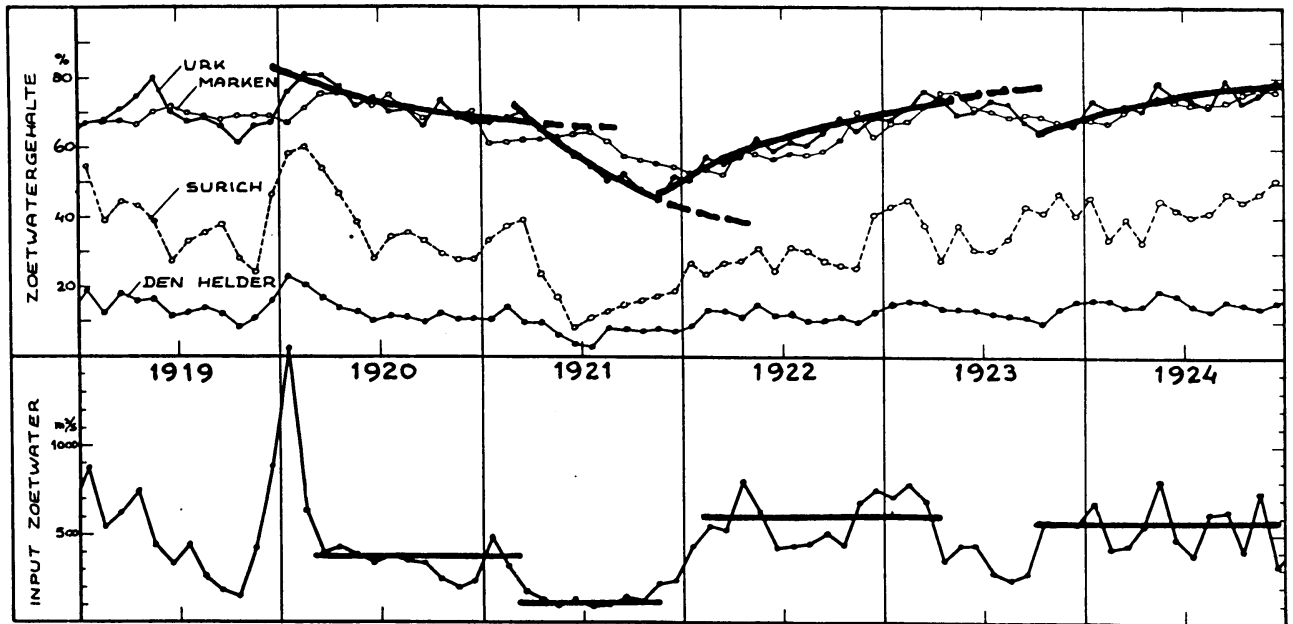


(Thijssen (1972))

Figuur 5

toe. Bij Urk en Marken bedroeg dit gemiddeld 70%. Voor de mond van de IJssel, en ook bij de andere lozingspunten treft men smalle zones aan waar het zoetwatergehalte boven 80% was, en waar plaatselijk sterke zoutgradiënten en ook gelaagdheid optrad. Op stille dagen stak het uitstromende IJsselwater daar door zijn meer bruine kleur gewoonlijk scherp af tegen het grijsgroene zeewater. De uitstroming van het riverwater was maar op gering afstand van de mond merkbaar. Dit al aan de uiterste NO-zijde van de kom in de Zuiderzee uistromende IJsselwater had waarschijnlijk mede onder invloed van de overheersende ZW en W winden, de neiging om bij voorkeur langs de Friese kust en het Vlie naar zee te trekken. Het water bij de Friese westkust bevatte namelijk rond 20% méér zoetwater dan het water daar recht tegenover bij de Noordhollandse oostkust. In een smalle zone langs de scheiding van de "broederlijk naast elkaar voortgaande getijgolven" (zie figuur 5), moet dus blijkbaar nogal vaak een grote zoutgradient gelegen hebben.

Een belangrijk kenmerk van de Zuiderzee is dat er volop ruimte was. De afvoer van de IJssel bedraagt gemiddeld $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{getij}$. Stelt men de gemiddelde diepte vóór de mond op 3 m, dan kan met deze afvoer elk getijde 4 km^2 Zuiderzeewater verdrongen worden door IJsselwater. Met verdringing van een watervlakte van $10 \times 12 \text{ km}$, wat relatief gezien nog maar een klein gebiedje rond de IJsselmond is, zou op deze manier een halve maand gemoeid zijn. Samenhangend met deze overvloed aan ruimte voltrokken veranderingen in het zoetwatergehalte van de Zuiderzee zich zeer traag. Na mei 1932 moest de zojuist afgedamde Zuiderzee zich aanpassen aan de afkap van de zouttoevoer. Voor het zoutgehalte blijkt een halveringstijd van rond driekwart jaar te gelden. Ook vóór de afsluiting moet ruwweg een gelijke aanpastijd gegolden hebben. In de jaren 1920-1924, waarin het zoetwatergehalte van de Zuiderzee zich aan moest passen aan een merkwaardig trapsgewijs variërende zoetwater-aanvoer zien we namelijk beslist niet veel anders gebeuren. In figuur 6 zijn naast de geschatte "input" van zoetwater (toestroming + neerslag - verdamping), de te Urk en Marken waargenomen zoetwatergehalten uitgezet. Voor het centraal gelegen station Urk blijkt men fraaie aanpassingskrommen te kunnen aangeven. Beziat men de gegevens van Marken, dan blijken hier nog grotere aanpastijden te gelden.

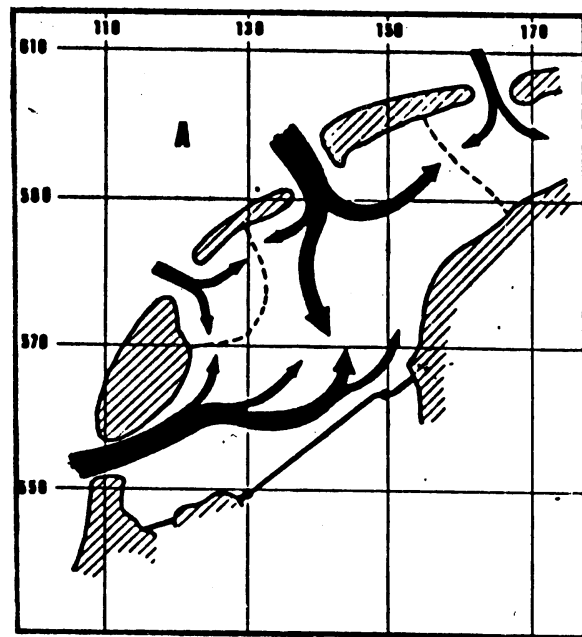


Figuur 6.

Met de sluiting van de Afsluitdijk kon in de Waddenzee een getijresonantie tot aanschijn komen. Toen na de afsluiting het eerste jaar waarnemingen binnen was, kon worden vastgesteld dat, volledig conform de in 1926 door Staatscommissie Lorentz bekendgestelde berekeningen, de getijverschillen langs Zuid- en Oostzijde van de Waddenzee daardoor meer dan een halve meter groter waren geworden. Gegeven de nog steeds grote komberging van de Waddenzee had deze ruime toename van het getijverschil meer effect dan het "afkoppelen" van de hele Zuiderzee. Het getijvolume van het Marsdiep nam met 25% toe tot $1930 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{getij}$. Dit is meer dan de Westerschelde en maar weinig minder dan de Oosterschelde! De getijvolumina van het Eierlandsegat en het Vlie namen toe met resp. 7% en 15% tot $300 \cdot 10^6$ en $1700 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{getij}$.

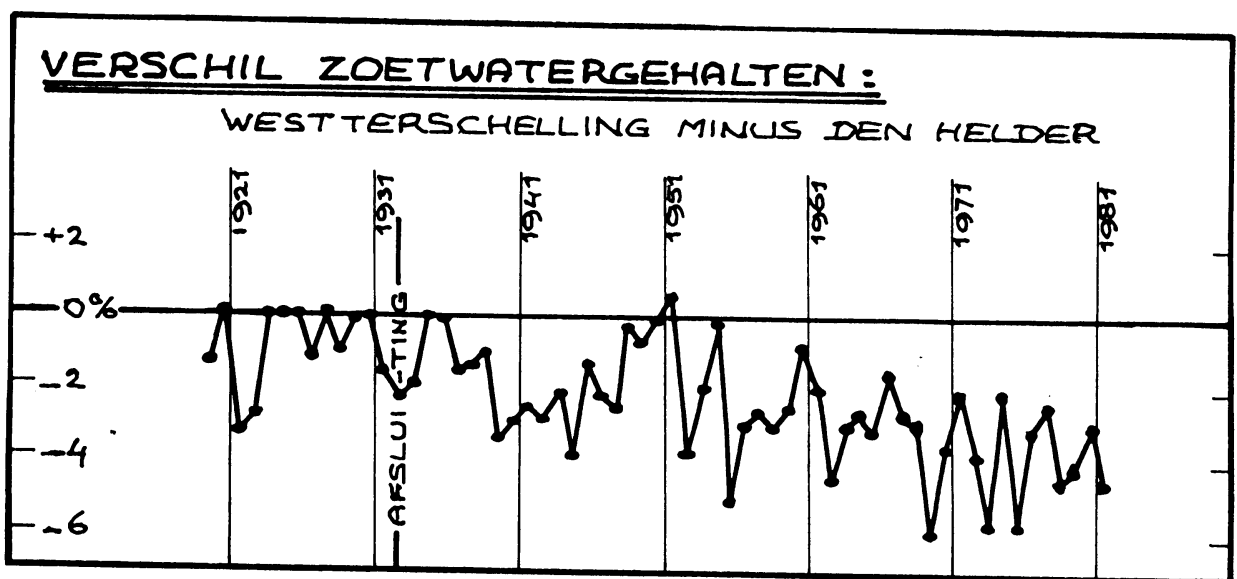
Ook het stroombeeld toonde vrij ingrijpende veranderingen. Waar de door Marsdiep en Texelstroom binnenkomende getijgolf vroeger rond Wieringen boog en dan samen met de door het Vlie komende getijgolf naar het zuiden trok, daar buigt de stroom (zie fig. 7) nu langs de Afsluitdijk naar het noordoosten af en stoot daarbij helemaal door tot de Friese kust. Hier komt hij samen met de door het Vlie binnenvallende getij-golf, en gezamenlijk kaatsen ze dan tegen de kust weer terug naar de zeegaten waar ze vandaan komen. In tegenstelling tot vroeger is dus

de gehele zuidelijke helft van de Waddenzee tot het stroomgebied van het Marsdiep komen te behoren. De totale hoeveelheid zoetwater die door de Waddenzee moet worden afgevoerd is door de afdamming niet noemenswaard veranderd. Wat wel grote verandering met zich meebracht is het feit dat men een beheer voert waarbij men 's winters zoveel water afvoert als men maar missen kan, en in de zomer



(Thijssse 1972) figuur 7

juist water opspaart. Een tweede verschil met vroeger is dat het zoete water nu niet meer in hoofdzaak bij Kampen aangeboden wordt, van waaruit het dan zijn lange trek naar zee aanving, maar dat het met alles tegelijk bij Den Oever en Kornwerderzand (resp. $12 \cdot 10^6$ en $8 \cdot 10^6$ m³/getij) direkt in de Waddenzee wordt geloosd. Een volledige aanpassing van het zoetwatergehalte aan langdurige grote afvoeren, of aan langdurige "nulafvoeren" blijkt inderdaad geen zaak van zeer lange adem meer te zijn. Zimmerman liet zien dat dit tegenwoordig in een week of drie volledig bekeken is.



figuur 8

De Waddenzee moest zich naar dit alles zien te voegen. Dit lijkt zeer geleidelijk in zijn werk te gaan. In figuur 8 is het verschil in zoetwatergehalte van Westerschelling en Den Helder uitgezet. Men heeft hier waarschijnlijk te doen met een bijzonder fraai tot uiting komen van de gevolgen van een door een ingreep verlegde getijstroom die zijn eigen bedding aan het graven is. Het ziet er naar uit dat dit "werk" nog in volle gang is. Uiteindelijk zal zich tussen beide stroomgebieden een echt wantij gaan vormen. Ook dit detail is trouwens al bekeken door Staatscommissie Lorentz, hetgeen uitmondde in het advies om het tracé van de Afsluitdijk enige kilometers noordelijker te leggen dan men aanvankelijk van plan was, opdat dit wantij straks niet vóór de haven van Harlingen komt te liggen. Dit advies heeft men opgevolgd.

Bij bovengenoemde beschrijving behoren erg veel referenties. In par. 8 zijn de belangrijkste opgesomd. In WR 82-8 par. 7 en in WR 83-12 par. 9 treft men de verwijzingen aan in de tekst van het verhaal zelf. De details van dit verhaal die voor het gedrag van de watertemperaturen het belangrijkste zullen blijken, zijn de volgende:

- In de oude Zuiderzee, maar ook in het oostelijk uiteinde van de Oosterschelde, waren en zijn de verblijfstijden van het water zo groot, dat de watertemperatuur aldaar zich gedraagt als die in een meer of in afgedamd bekken.
- Het vóór 1964 bestaande vloedoverschot van het Zijpe dat door het Grevelingen naar zee afstroomde, vindt men terug in het gedrag van de watertemperaturen te Bruinisse en Ouddorp.
- In de jaren 1965-1969 kwam zoveel rivierwater naar de Oosterschelde, dat de watertemperaturen bij Bruinisse (Zijpe) en Zierikzee er merkbaar door beïnvloed werden.
- Voor het temperatuurverloop in Zijpe en Volkerak is vooral de sluiting van de Volkerakdam belangrijk geweest: de zwaartekrachtstromen moeten toen grotendeels weggevallen zijn.
- Tamelijk verrassend is dat ook verschillen of veranderingen in zoutgehalte zijn terug te vinden in tienjaargemiddelden en jaarlijkse gang van de watertemperatuur. In tabel 1 zijn voor een aantal wateren de oorspronkelijke en huidige zoutgehalten (saliniteit in g/kg), resp. zoetwatergehalten ("% zoetw." in procenten) aangegeven.

	Oorspronkelijk		Na afsluiting	
	sal. g/kg	% zoetw.	sal. g/kg	% zoetw.
<u>ZUIDERZEE</u>				
Den Helder	30	(13%)	29	(16%)
Westterschelling	30	(13%)	30	(12%)
Breezand-IJsselmeer	~23	(~30%)	0	(100%)
Enkhuizen	17	(50%)	0	(100%)
Urk	10	(70%)	0	(100%)
Marken, Nijkerk	10	(70%)	0	(100%)
Lemmer	~6	(~82%)	0	(100%)
<u>Delta</u>				
Oosterschelde	29	(18%)	29	(18%)
Grevelingen (doorgespoeld met 0,5- water)	27	(22%)	29	(18%)
Veersemeer (uitslag polderwater)	29	(18%)	9	(75%)
Brielsemeer	~7?	(~80%)	0	(100%)
Haringvliet	7	(80%)	0	(100%)

Tabel 1

4. De 10-jaar gemiddelden

In figuur 9 zijn voor alle decennia in het tijdvak 1901-1980, alle beschikbare 10-jaar gemiddelden van de watertemperatuur uitgezet tegen de geografische breedte van de stations. In deze figuur worden de afkortingen voor de stationsnamen van tabel 1 gebruikt.

Men loopt hier direkt al tegen de eerste complicatie: Alle watertemperaturen vertonen een geringe dagelijkse gang. Het minimum daarvan valt rond 08 h in de ochtend. Het merendeel van de waarnemingen wordt tijdens dit minimum om 08 h uitgevoerd. Deze zijn in figuur 9 met een rond symbooltje aangeven.

Op de lichtschepen werd elke vier uur (vóór 1940) of elke drie uur (na 1940) waargenomen. De in figuur 9 verstrekte waarden zijn gemiddelden van alle waarnemingen, en dus systematisch een weinig hoger dan wanneer alleen 08 h-waarnemingen waren gemiddeld. Zou men deze etmaalgemiddelden willen herleiden tot 08 h, dan blijken maar betrekkelijk kleine correcties nodig te zijn (ontleend aan v.d. stok):

Noordhinder	- 0,05 °C
Schouwenbank	- 0,07 °C
Goeree	- 0,10 °C
Maas	- 0,15 °C
Haaks/Texel	- 0,05 °C
Terschellingerbank	- 0,05 °C

Herleiding naar 08-uur, van de
lichtschipgegevens uit fig. 9.

Tabel 2

In figuur 9 zijn deze correcties niet aangebracht. Ter onderscheiding van 08-uur gemiddelden zijn ze echter geplot met een vierkant symbooltje.

Iets dergelijks geldt ook voor de 10-jaar gemiddelden van de meetreeks Gorishoek-Loodijksegat uit de Oosterschelde. Hier betreft het waarnemingen bij dag-hoogwater en dag-laagwater, dus op tijdstippen die dagelijks opschuiven. In de grafiek 1901-1910 en 1911-1920 zijn ook de 10-jaar gemiddelden van de 08 h- en de 19 h-waarnemingen te Gorishoek

aangegeven. De 19 h-waarneming blijkt (in het 10-jaar gemiddelde) representatief te zijn voor Loodijksegat. De 08 h-waarneming blijkt 0,3 °C à 0,4 °C lager te liggen. Voor de vanaf een politievaartuig verrichte waarnemingen "Loodijksegat" (= Oosterscheldereeks) kan dit verschil wat minder zijn geweest dan bij waarnemingen van de wal af. De systematische verhoging t.o.v. de gemiddelde 08 h-waarneming zou men voor deze reeks kunnen schatten op 0,2 °C. Ook van deze reeks werden de onherleide 10-jaar gemiddelden geplot met een vierkant symbooltje.

Aan de open zeearmen in het Deltagebied werd vóór 1981 ook bij dag-hoogwater en dag-laagwater waargenomen. Deze waarnemingen zijn echter wèl allemaal herleid naar 08 h. De methode werd aangegeven in par. 7, en uitvoerig beschreven in WR 84-3 par. 4. Deze tot 08 h herleide gegevens zijn evenals de 08 h-waarnemingen zelf geplot met ronde symbooltjes.

Een tweede complicatie is dat er 10-jaar gemiddelden zijn die er apert onbetrouwbaar uitzien, maar het is tot nog toe een raadsel waar die fout (als het werkelijk een fout zou zijn) vandaan komt. Dit geldt Bath 1915-1935, Venlo 1910-1913 en Mook 1910-1921. Het uit de waarnemingen berekende 10-jaar gemiddelde is in deze gevallen aangegeven met een kruisje, vanwaar uit een pijl vertikaal omhoog naar het plotje wijst dat de vermoed-juiste waarde aangeeft. Men realiseer zich hierbij, hoezeer in deze figuren de (vertikale) temperatuurschaal uitgerekt is. Het is namelijk bepaald verbazingwekkend dat alle overige waarnemingen over het algemeen zo keurig in het gareel blijken te blijven.

Tenslotte blijkt er nog rekening te moeten worden gehouden met het zoutgehalte van het water. Dit werd aangegeven met inkleuring van de plotjes:

Symbool	Saliniteit	zoetwatergehalte
■ of ●	>24 g/kg	< 30% zoetw.
●	19-24 g/kg	30-55% zoetw.
○	8-18 g/kg	55-80% zoetw.
○	< 8 g/kg	> 80% zoetw.

Codering zoutgehalten in fig. 9

Tabel 3

Overziet men nu de negen grafieken van fig. 9, dan blijkt dat er

onderscheid kan worden gemaakt tussen min of meer onveranderlijke verbanden en duidelijk veranderlijke verbanden.

De 10-jaar gemiddelden van de lichtschepen (namen ervan: zie decennium 1901-1910) zijn onderling verbonden door een dubbele lijn. Noordhinder blijkt altijd het warmste te zijn. Voor de overige vier (na 1940 drie) lichtschepen liggen de waarden altijd lager, en meestal binnen een paar tienden aan elkaar gelijk. De Oosterscheldereeks blijkt zich in alle gevallen nauw bij het gemiddelde van deze vier (of drie) lichtschepen aan te sluiten, en Den Helder blijkt altijd 0,4 °C of 0,5 °C lager uit te komen. Beide stations zijn gemarkeerd met een cirkel rond het plotje.

Uit decennium 1961-1970 valt nog een vierde verband af te lezen. Even afgezien van Urk en Ramspol (verhoogde watertemperatuur, vermoedelijk door koelwaterlozingen), blijken alle waarnemingen uit de geheel of grotendeels verzoete afgedamde wateren, te weten IJsselmeer ("NYK" t/m "BR-Y"), Brielsemeer ("BRM) en Veersemeer ("WFD", "KV-M" en "VEE") binnen een smalle band te liggen. Deze band vertoont een helling van -0,8 °C per breedtegraad. Van nature nemen de 10-jaar gemiddelden van de watertemperatuur, dus blijkbaar ongeacht de diepte van het water, naar het noorden toe af met 0,8 °C per breedtegraad. Trekt men langs de benedengrens van deze band een hulplijn, dan loopt deze door de punten:

Oosterschelde	+ 0,2 °C
en Den Helder	- 0,5 °C.

Daar beide reeksen in alle decennia van het tijdvak 1891-1980 aanwezig zijn, kan men deze hulplijn in alle negen figuren trekken. Men wordt dan geconfronteerd met de volgende regelmatigheden:

1. De watertemperaturen in de afgedamde zoete wateren bevinden zich boven de hulplijn.
2. De watertemperaturen in de zoute wateren met lange verblijfstijd bevinden zich onder de hulplijn. Dit blijkt ook te gelden voor de watertemperaturen in de nog open Zuiderzee (1901-1910, 1911-1920 en 1921-1930).
3. De waarden voor de lichtschepen Noordhinder, Haaks/Texel en Terschellingerbank liggen duidelijk boven de hulplijn. Dit moet waarschijnlijk toegeschreven worden aan de advectie van relatief warm

zeewater vanuit het kanaal, dat langs onze kust in Noordoostwaartse richting trekt (zie foto par. 1).

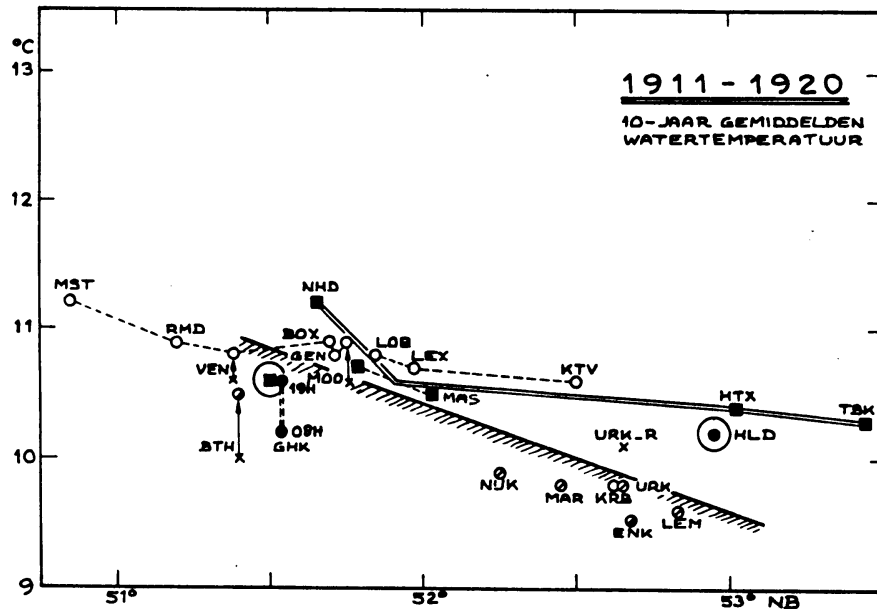
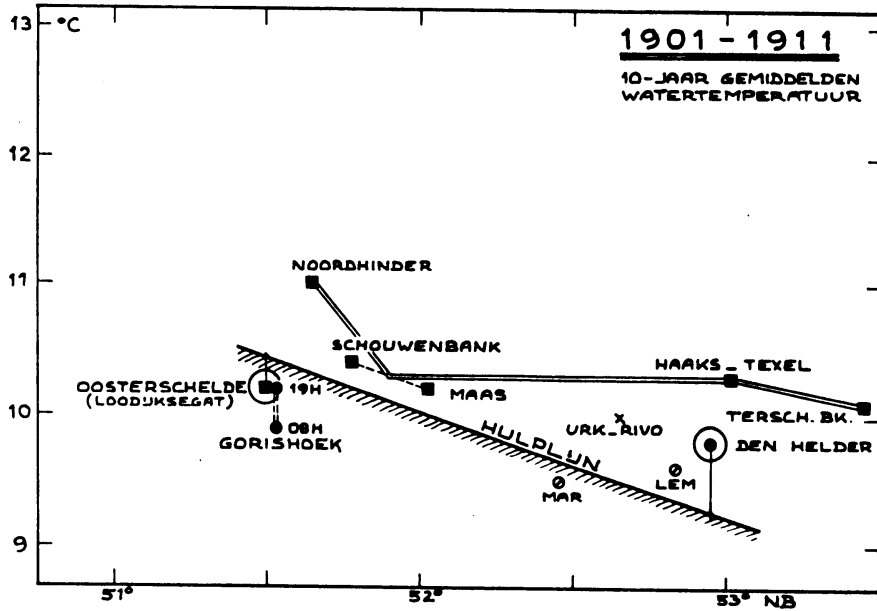
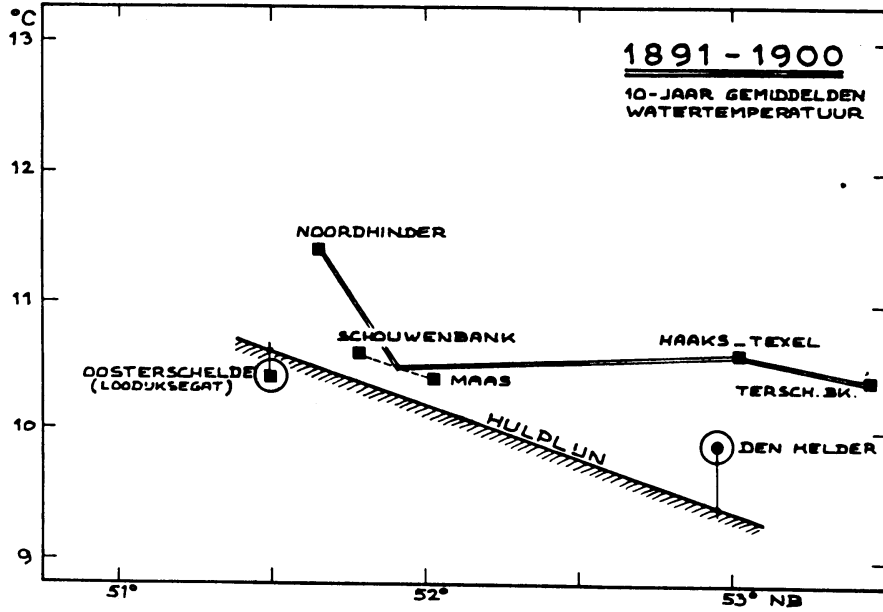
4. De waarden voor de lichtschepen Schouwenbank, Goeree en Maas, vooral als men de 10-jaar gemiddelden herleidt naar 08 h (zie tabel 2), lijken zich bijna aan te sluiten bij de temperaturen in de Oosterschelde en in het Grevelingen (wederom: zie foto par. 1).
5. De waarden voor Den Helder, 't Horntje en Westerschelling blijken boven de lijn terecht te komen. Dit kan een gevolg zijn van de bij deze stations optredende uitwisseling van water uit de Waddenzee met het warmere zeewater (wederom: zie foto par. 1).
6. In het Deltagebied is van een dergelijk uitwisselingseffect vrijwel niets te bespeuren. Vlissingen en Zierikzee liggen "wat hoog in de wolk", dat is alles (wederom: zie foto par. 1).
7. In decennium 1911-1920 blijken de watertemperaturen in de Maas, op Boxmeer, Gennep en (vermoedelijk ook) Mook na, helemaal beneden het verlengde van de hulplijn te vallen (reden is een raadsel). De waarnemingen uit de Rijn liggen dicht boven de hulplijn. In de decennia na 1920 ziet men de rivieren steeds warmer worden (zie par. 6).
8. Een dergelijke opwarming komt men ook tegen bij Bath, Vlissingen, Urk, Rampspol, Enkhuizen, en in de ten noorden van het Volkerak gelegen Deltawateren en benedenrivieren (zie par. 6).

De "ontsieringen" van dit beeld zijn maar schaars in aantal:

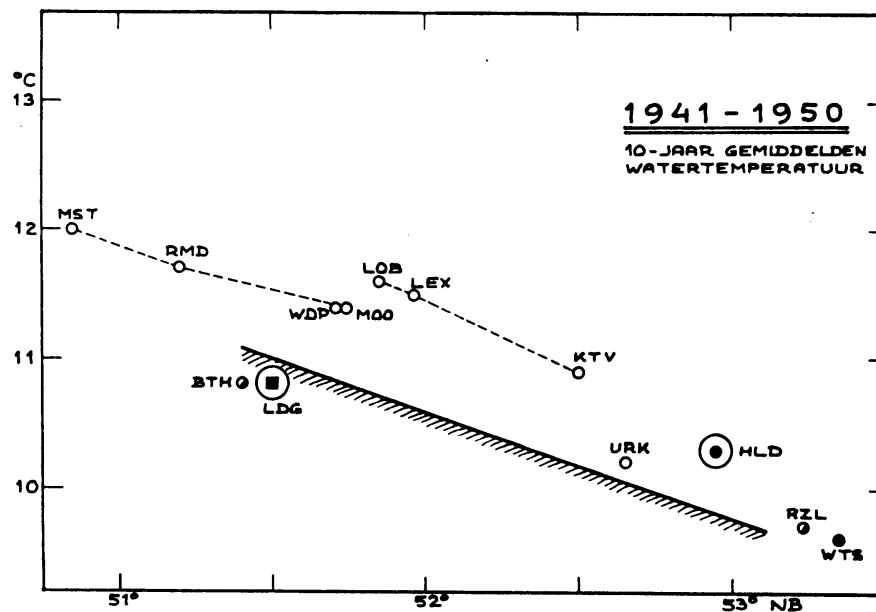
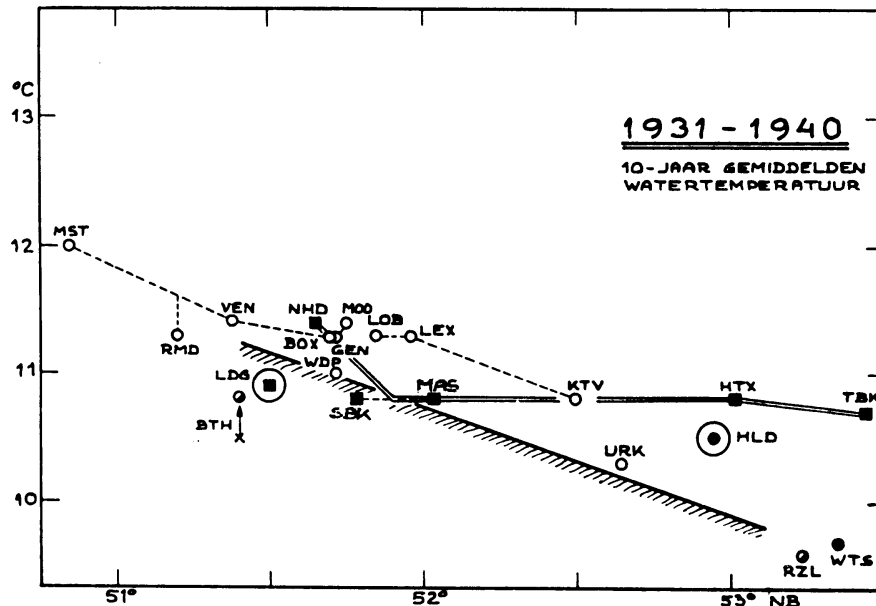
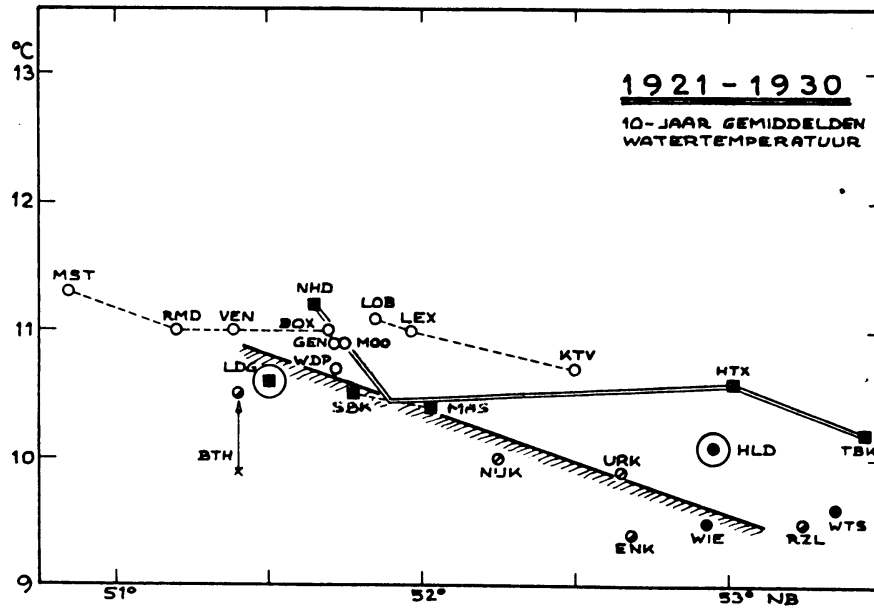
- Het RIVO-station Urk (vóór 1921) toont ongeloofwaardig hoge watertemperaturen. Twijfel aan de ijking van de thermometer kan niet worden uitgesloten.
- Reeds genoemd: Maastricht, Roermond en Venlo liggen vóór 1930 verbazend laag. In deze gevallen lijkt het hoogst onwaarschijnlijk dat dit drie foute metingen betreft.
- Marken (vuurtoren) ligt 1971-1980 bijna een halve graad te laag. Het gaf aanleiding om er een inspectiebezoek af te leggen. Hierbij moest worden vastgesteld dat de afwijkende uitkomst van dit station onmogelijk aan de plaats van de waarneming kan liggen (deze is zonder twijfel zeer goed), noch aan het verstrekte meetinstrument (is van goede kwaliteit, en wordt geregeld verwisseld), noch aan de uitvoering van de waarneming (werd zeer geduldig en deskundig

uitgevoerd). De administratie was voorbeeldig (waarnemer bewaart een afschrift dat terugloopt tot 1959!), en de reeks is hiaatloos (als er iets ligt wordt er in een bijt waargenomen).

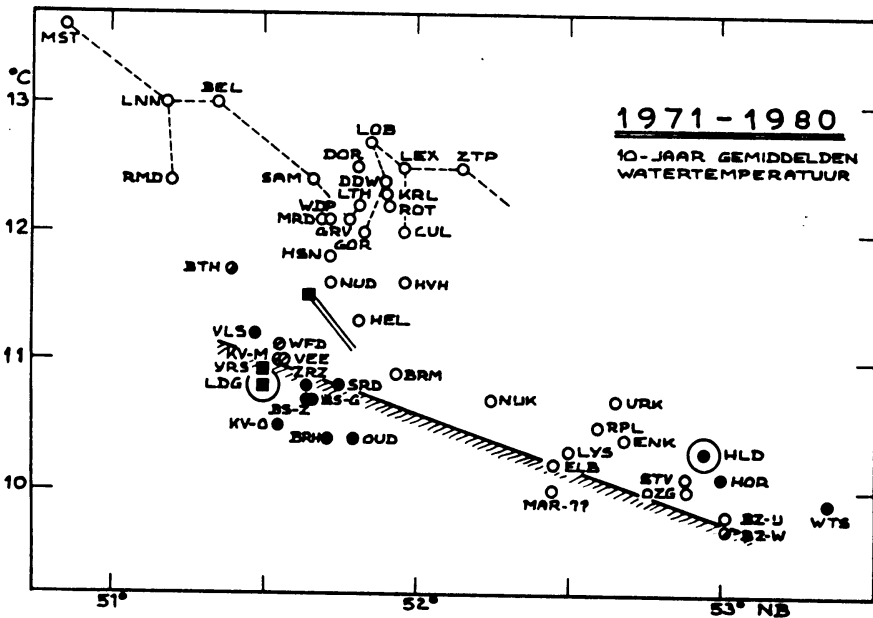
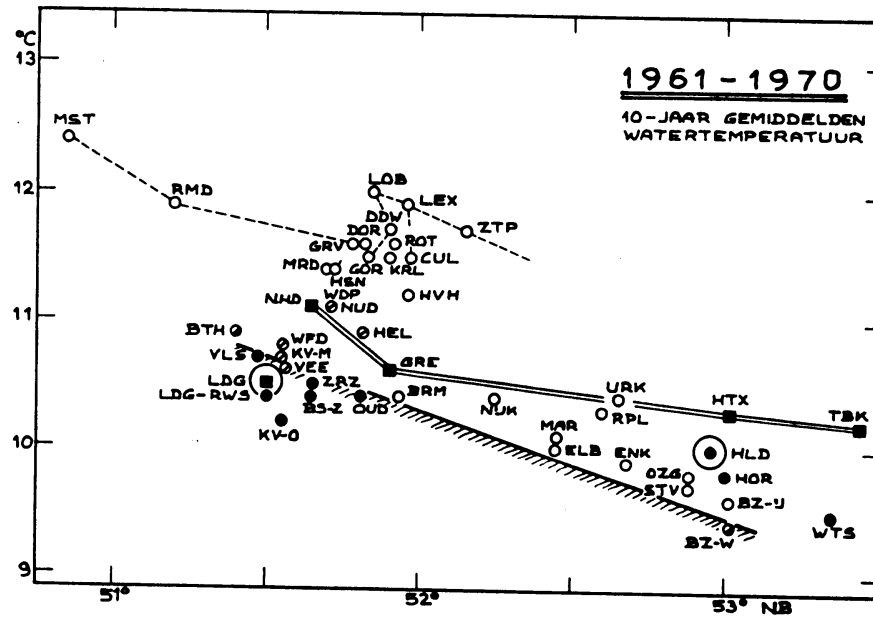
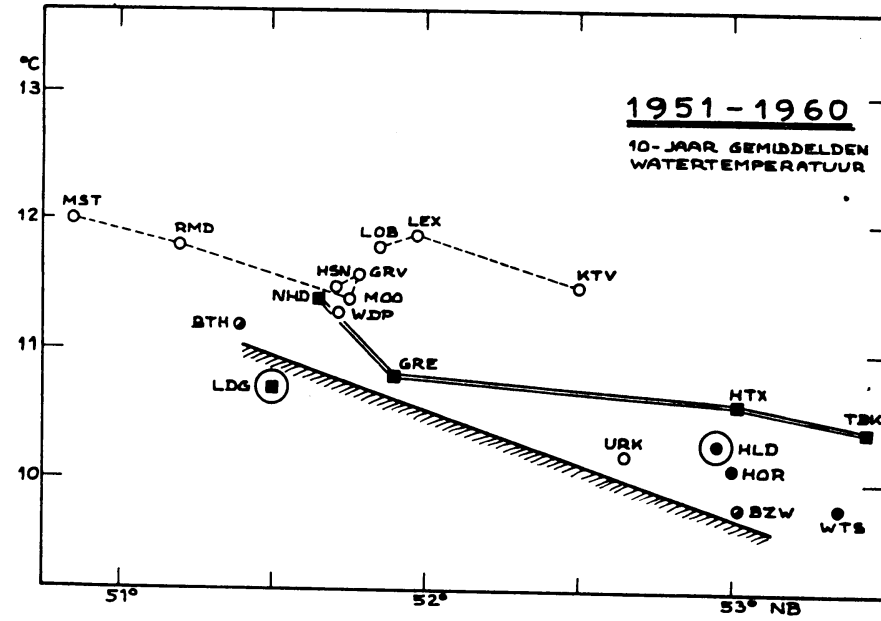
Zelf kan ik dus niets vinden dat enige twijfel aan het reëel zijn van deze uitkomsten zou kunnen oproepen. De vraag hoe niet alleen Marken, maar ook Willemsdorp, Bath, Venlo en Mook aan hun "te lage waarnemingen" komen blijft hier dus liggen (zie ook fig. 22, 23 en 20).



Figuur 9



Figuur 9



Figuur 9

5. De jaarlijkse gang

In figuur 10 is voor een vijftal stations de gemiddelde jaarlijkse gang van de watertemperatuur over het decennium 1961-1970 uitgezet. De stations vormen een reeks, welke loopt van ondiep afgedamd water (Wolfaartsdijk) via de Oosterschelde (Loodijksegat en Zierikzee) en de kustwateren buitengaats (Goeree) naar open zee (Noordhinder). Direkt bij eerste beschouwing blijkt al dat van ondiep water naar zee gaand, de grootte van de jaarlijkse gang afneemt, dat de maxima en de minima daarvan steeds later vallen, en dat het jaargemiddelde een weinig toeneemt.

Beschikt men over een lange ongestoorde meetreeks, die men tot standaard zou kunnen verheffen, dan kan men bij beschouwing van de jaarlijkse gang elders, ook kijken naar de afwijking ten opzichte van deze standaard. Is men in staat deze standaard gunstig te kiezen, hetgeen inhoudt dat zowel amplitude als fase van de jaarlijkse gang, als het jaargemiddelde op dat standaard-station weinig afwijkt van die van de stations waarin men het meeste geïnteresseerd is, dan gaat het om het beoordelen van kleine verschillen. Zet men deze afwijking ten opzichte van de standaard, uit tegen de temperatuur op het standaardstation zelf, dan ontstaan zg. Lissajousfiguren. De drie hierboven met name genoemde kenmerken van de jaarlijkse gang komen in deze figuren afzonderlijk herkenbaar tot uiting. Voor kennismaking zij verwezen naar de toelichting onder figuur 10, en naar de weergave van de in figuur 10 gegeven jaarlijkse gangen in figuur 11. Het feit dat alle twaalf maanden van het jaar meewerken aan de vormgeving van het plaatje, draagt ertoe bij dat de Lissajousfiguur een bijzonder gevoelig hulpmiddel is. Het nut van dit hulpmiddel ligt overigens bepaald niet alleen in de gemakkelijke herkenbaarheid van de zaken waar het werkelijk om draait, maar ook in het feit dat elk station een eigen figuurtje levert, in plaats dat het deelneemt aan een snel onontwarbaar wordende "mix" als die van figuur 10.

De twee reeksen die in aanmerking komen om te worden verheven tot standaard zijn:

Den Helder	1860-heden
Oosterscheldereeks	1894-heden.

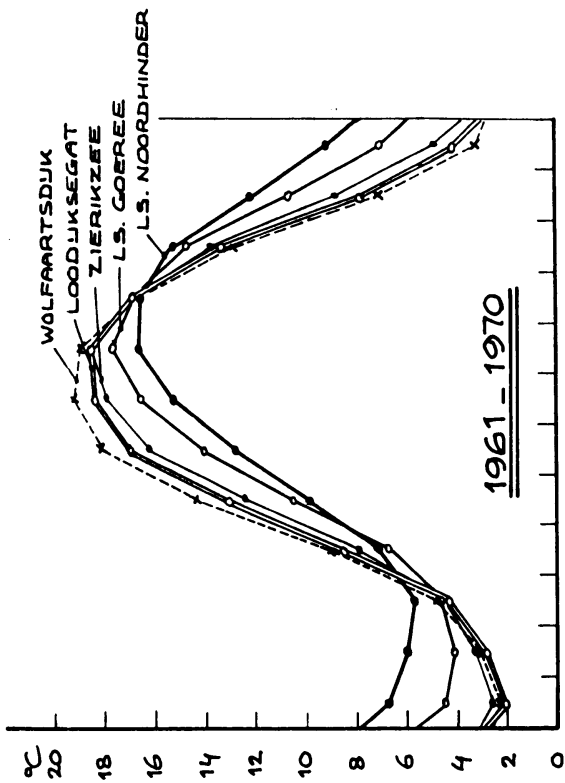
In dit verslag moet de standaard dienst doen bij het bekijken van alle binnenlandse watertemperaturen. Daar voor al deze reeksen geldt dat de verschillen met de Oosterscheldereeks maar half zo groot zijn als die met Den Helder valt de keuze van de standaard hier uit ten gunste van de Oosterscheldereeks.

Alle in dit verslag gegeven Lissajousfiguren werden op basis van deze standaard getekend. De schaalverdeling is alleen gegeven bij de Lissajousfiguur van Noordhinder in figuur 11. Bij alle overige figuren kan men zich oriënteren op de nullijn. Het lijkt het beste om nu de figuren 11 t/m 17 maar eens stuk voor stuk langs te gaan, en gewoon maar eens te kijken naar wat er te zien is.

Bij de in figuur 11 gegeven Lissajousfiguren gaat het van Noordhinder uit, via de Oosterschelde naar steeds ondieper water, en vervolgens naar het Veersemeer ook van diep naar steeds ondieper. De amplitude van de jaarlijkse gang ziet men steeds toenemen (figuur "draait" naar links). De na-ijling van de jaarlijkse gang ziet men tot Loodijksegat steeds afnemen (volgorde der maanden "tegen klok", en de figuur wordt steeds platter). Op het Veersemeer gaat deze over in een vóórijling die tot Wolfaartsdijk steeds toeneemt (volgorde der maanden "met klok", en de figuren worden steeds boller). Aan het jaargemiddelde is weinig te zien: Noordhinder is vrij warm (midden figuur een weinig boven de nullijn) en Katseveer-Oosterschelde vrij koud (midden figuur onder de nullijn).

Het is aardig om nu eens te gaan kijken naar de stations in Veersemeer, Brielsemeer en IJsselmeer, die zich in figuur 9 binnen een smalle band boven de "hulplijn" groeperen. De Lissajousfiguren vindt men in figuur 11 onderste helft en in figuur 13. het jaargemiddelde ziet men naar Breezand toe steeds lager worden. Ook komt hier fraai tot uiting hoezeer het IJsselmeer ondieper is dan de voormalige zeearmen in het Deltagebied (grotere vóór-ijling van de jaarlijkse gang).

In figuur 12 zijn de Lissajousfiguren voor Den Helder gegeven, voor alle decennia in tijdvak 1901-1980. De eerste indruk die men hierbij opdoet mag toch wel zijn dat deze Lissajousfiguren schitterend reproduceerbaar blijken. Hoewel in details geen twee figuren aan elkaar gelijk zijn, blijken vorm, scheefheid en ligging ten opzichte van de nullijn, zich keurig keer op keer te herhalen. Toch is er nog wat te



FIGUUR 10.

LISSAJOUSFIGUREN

BIJ DE HIER GEBRUIKTE VORM WORDT DE AFWIJKING T.O.V. DE STANDAARD UITGEZET TEGEN DE STANDAARD, DUS:

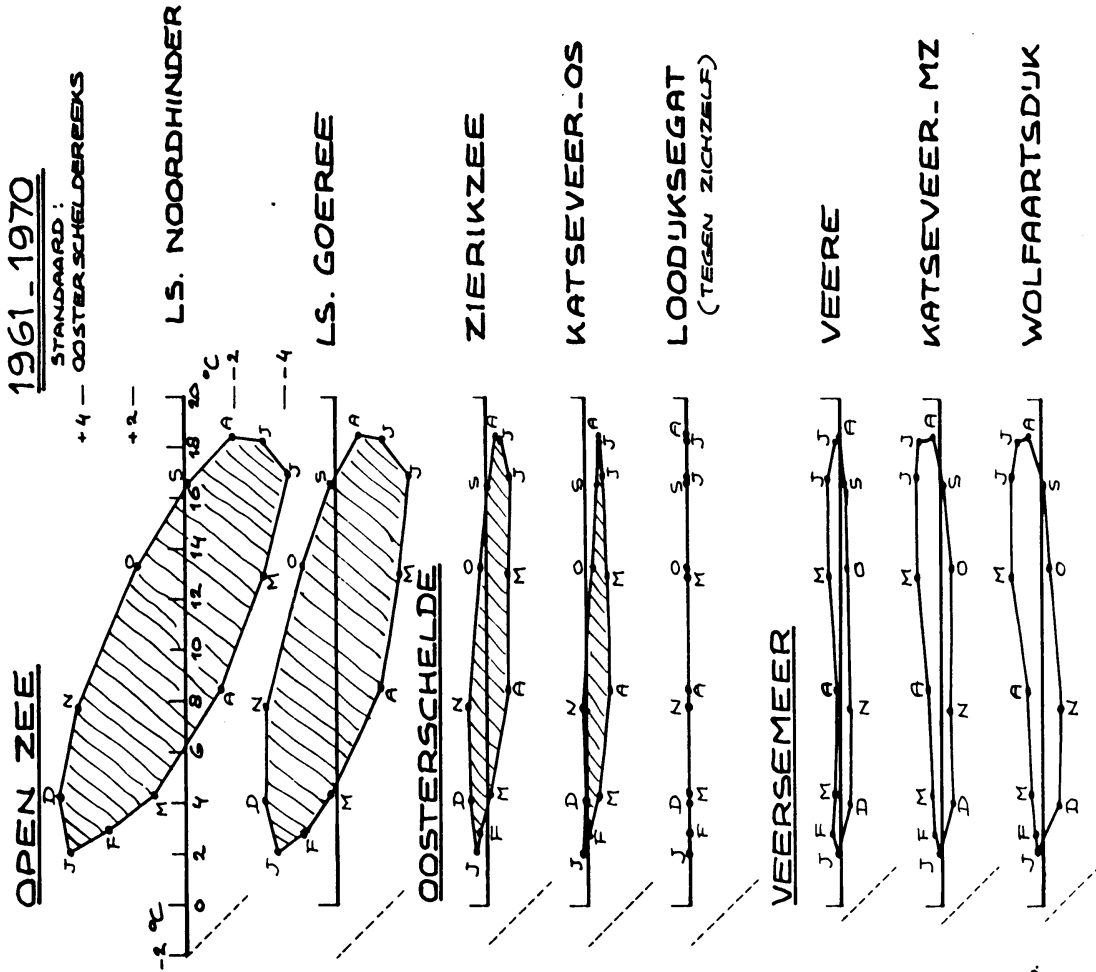
$T_{\text{STATION}} - T_{\text{STANDAARD}}$ (VERTIKAAL)
 TEGEN: $T_{\text{STANDAARD}}$ (HORIZONTAAL)

TREDEN ER FASEVERSCHUIVINGEN OP DAN KRUIGT DE FIGUUR EEN BOLLE VORM:

MAANDEN "TEGEN KLOK": STATION TRAGER DAN STANDAARD.
 MAANDEN "MET KLOK": STATION VOORULEND OP STANDAARD.

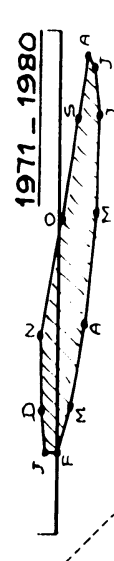
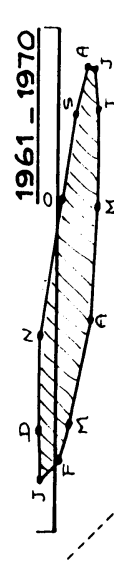
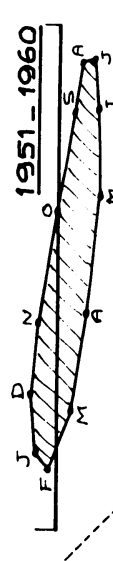
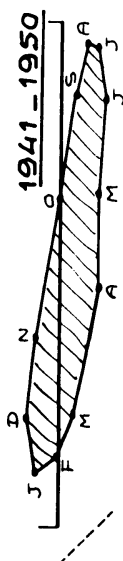
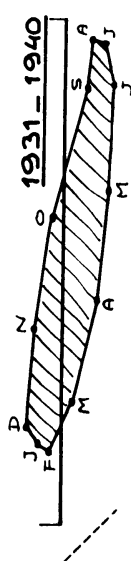
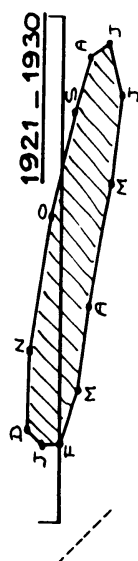
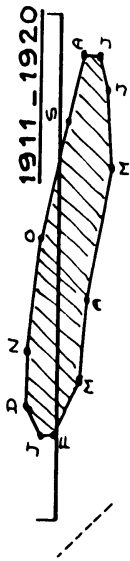
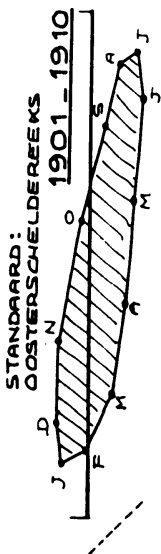
BIJ AMPLITUDEVERSCHILLEN KRUIGT DE FIGUUR EEN SCHEVE STAND:
 NAAR RECHTS DUIKEND: KLEINERE JAARL. GANG DAN STAND.
 NAAR RECHTS STIJGEND: GROTERE JAARL. GANG DAN STAND.

VERSCHILLEN DE JAARGEMIDDELLEN DAN VERPLAATST DE GEHELE FIGUUR:
 STIJGING T.O.V. NULLIJN: STATION WARMER DAN STANDAARD.
 DALING T.O.V. NULLIJN: STATION KOUDER DAN STANDAARD.



FIGUUR 11.

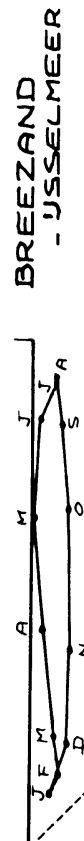
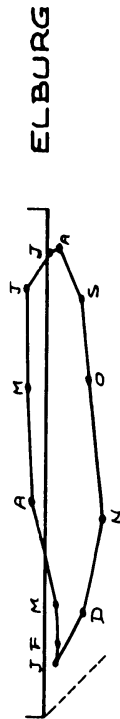
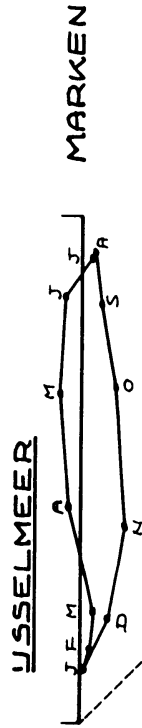
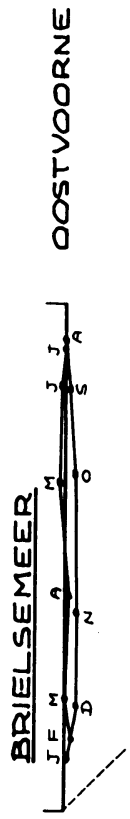
DEN HELDER



FIGUUR 12.

1961 - 1970

STANDAARD:
OOSTERSCHELDEREKS



FIGUUR 13.

zien aan de dikte van de figuren. Voor de eerste drie decennia zijn deze op het oog volmaakt gelijk, maar in de daaropvolgende decennia is elke volgende figuur weer wat dunner dan de voorgaande. Het is maar weinig, maar de konsekwente opvolging lijkt erop te wijzen dat het een reëel effect betreft. In de hieronder toegevoegde tabel, in feite een variant op WR 83-12, tabel 6 (voornaamste verschillen: hier tekens andersom, en OS-reeksdeel 1927-1935 werd inmiddels nog eens na-gecorrigeerd), zijn per kwartaal 10-jaarlijkse gemiddelden gegeven voor de afwijking t.ov. de Oosterscheldereeks. Het geleidelijk smaller worden van de Lissajousfiguren in figuur 12 komt hier tot uiting in de chronologie van de gemiddelden in het 2e en 4e kwartaal. In het 1e kwartaal manifesteert zich alleen wat spreiding en in het 3e kwartaal ziet men niets gebeuren.

	JFM	AMJ	JAS	OND
1901-1910	+0,1	-1,7	-1,1	+1,0
1911-1920	0,0	-1,7	-0,9	+1,1
1921-1930	0,0	-1,8	-1,1	+1,0
1931-1940	+0,3	-1,7	-1,2	+1,0
1941-1950	+0,1	-1,6	-1,0	+0,7
1951-1960	+0,2	-1,5	-1,0	+0,6
1961-1970	-0,1	-1,5	-1,1	+0,4
1971-1980	0,0	-1,4	-1,1	+0,4

DEN HELDER MINUS OOSTERSCHELDE

10 jaargemiddelden per kwartaal

Het is buitengewoon verleidelijk om deze uitkomsten naast figuur 8 te leggen, en de fraaie overeenkomst als teken van samenhang op te voeren. De shift is echter wat te groot om die uit de toename van het zoetwatergehalte te kunnen verklaren. Legt men de gegevens van deze stations dan ook naast die van de lichtscheperen, dan blijkt dat de hierboven getoonde onderlinge verschuivingen zich ook op zee manifesteren. Voor het vierde kwartaal, waarin de shift het grootste is, zijn hieronder voor tijdvak 1901-1980, ook weer per 10 jaar, de gemiddelde afwijkingen ten opzichte van de eigen normaal gegeven voor de vier lichtscheperen (Noordhinder, Goeree, Haaks/Texel en Terschellingerbank), en voor de (vertraagde) meetreeksen van Den Helder en de Oosterschelde. Bij

lichtschip Goeree ziet men hetzelfde gebeuren als in de Oosterschelde en bij Haaks/Texel en Terschellingerbank hetzelfde als bij Den Helder.

	(F=0,4)			(F=0,3)		
	NHD	OS	GRE	HTX	HLD	TBK
1901-1910	-0,3	-0,5	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
1911-1920	-0,3	-0,6	-0,5	-0,6	-0,3	-0,5
1921-1930	-0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,3	-0,2
1931-1940	0,0	+0,2	+0,1	+0,2	+0,2	+0,3
1941-1950	-	+0,5	-	-	+0,3	-
1951-1960	+0,4	+0,6	+0,6	+0,2	+0,3	+0,3
1961-1970	+0,2	+0,4	+0,4	0,0	0,0	0,0
1971-1980	+0,2	+0,5	-	-	+0,1	-

10-JAARGEM. AFW. T.O.V. EIGEN NORMAAL

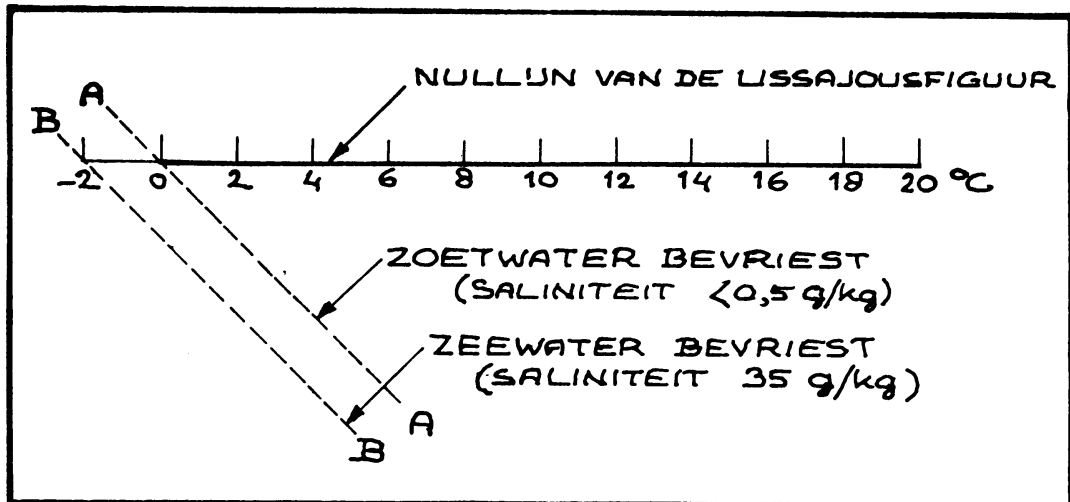
zeewatertemperaturen in 4e kwartaal
(okt + nov + dec)/3.

Op grond van deze gegevens werd aangenomen dat beide reeksen voor hun eigen geografische breedte volledig bruikbaar zijn als standaard. Daar de shifts in 2e en 4e kwartaal tegengesteld zijn, is in de jaarmiddelen vrijwel geen verschuiving terug te vinden. Aan figuren 9 en 18 t/m 25 behoeven dus geen beperkingen te worden opgelegd.

Eén van de vreemde verassingen die figuur 9 opleverde is dat de watertemperatuur blijkt samen te hangen met het zoutgehalte van het water. De temperatuur van zoetwater blijkt namelijk van nature rond een halve graad hoger te liggen dan die van zout water. Dit verschijnsel volgt met zekerheid uit de waarnemingen, maar het is op dit moment nog niet onderbouwd met een ordelijk natuurkundig rekensommetje. Hier op het KNMI houdt men het er voorlopig op dat het verschil in brekingsindex de belangrijkste oorzaak zou kunnen zijn.

Overigens ligt het hier ook voor de hand om naar ijsvorming te kijken. Rivierwater bevriest bij 0 °C en zuiver Noordzeewater (saliniteit 35 g/kg) bevriest bij -2 °C. Heeft de watermassa zich eenmaal toegedekt met een ijslaag, dan geeft deze ineens veel minder warmte af, zodat de totale warmteinhoud ervan daarna veel langzamer

afneemt. Ten opzichte van zoete wateren moet de afkoeling in de meeste open zeearmen tot anderhalve graad verder voortschrijden voor er zich een ijslaag kan vormen. Zou men in de Lissajousfiguren geen 10-jaar gemiddelden uitzetten, maar momentane waarden, dan kunnen deze in zoetwater (zie figuur 14) nooit verder dalen dan tot lijn AA. In zeewater kan de temperatuur dan nog twee graden verder zakken, tot de lijn BB.



Figuur 14

In de figuren 11 t/m 17 worden 10-jaar gemiddelden afgebeeld. Naderen deze punten (vertikaal gemeten) tot binnen 3σ van de ijslijn die voor het betreffende water geldt, dan loopt men de kans dat een deel van de waarnemingen in met ijs bedekt water zijn uitgevoerd. Het "koude" deel van de Lissajousfiguur zal daardoor een weinig ongetild worden. In figuur 15 zijn Lissajousfiguren gegeven voor Urk-haven. In de figuren zijn ook de bijbehorende ijslijnen aangegeven. In decennia 1911-1920 en 1921-1930 hebben de Lissajousfiguren de gebruikelijke elliptische vorm. Met de verzoeting van het IJsselmeer in de jaren dertig schuift de ijslijn ruim een halve graad omhoog. De Lissajousfiguur voor 1931-1940 reageert daar nog niet op, maar die voor de twee volgende decennia vertonen aan de lage kant een duidelijk "ijsneus". In de twee laatste decennia schuift de Lissajousfiguur onder invloed van koelwaterlozingen in zijn geheel een halve graad omhoog, waarmee de "ijsneus" weer verdwijnt.

Kijkt men nu even terug naar de figuren 11 en 13. Ook hierin werd voor elk station de daar geldige ijslijn met een dun stippelijntje

aangegeven. Op open zee en in de Oosterschelde blijft de Lissajousfiguur daar zover vandaan dat geen storing te vinden is. Die voor de stations aan het Veersemeer en het Brielsemeer lijken al een beetje op te buigen, en die voor de stations aan het IJsselmeer vertonen allen een fraaie "ijsneus".

Bij verzoeting van een zoetwaterbekken komt de "ijslijn" vier maal zo veel (max 2°C) omhoog dan de gemiddelde watertemperatuur (zonder ijs-effect max 0,5°C). Daardoor kan in daarvoor gevoelige gevallen de toename van de ijsbezetting een extra bijdrage leveren aan de totale verhoging van het jaargemiddelde dat na de verzoeting geconstateerd wordt. Bij de vorming van het IJsselmeer is dit vermoedelijk het geval geweest.

Al met al, het zoutgehalte blijkt van invloed te zijn op de watertemperatuur. Het is wel leuk om te merken dat dit een hele tijd geleden ook al eens iemand opgevallen moet zijn. In Den Helder heeft men namelijk van 1856 t/m 1860 temperatuur- en verdampingswaarnemingen gedaan in een tweetal verdampingspannen, die gevuld waren met resp. zoet en zout water. In het zoute water bleken verdamping en watertemperatuur beiden systematisch lager te zijn dan die in het zoete water. Op 1 januari 1861 worden de temperatuurwaarnemingen verplaatst naar twee in de grond verzonken tonnetjes gevuld met resp. zout en zoet water. Men bleef deze meting niet minder dan 30 jaar lang volhouden. Deze temperatuurwaarnemingen vertonen, hoewel minder mooi systematisch, toch ongeveer hetzelfde beeld als die in de verdampingspannen. In tabel 4 is een overzicht van de eerste twee jaar van deze verdampingswaarnemingen gegeven.

Zolang het zoutgehalte nog niet voorkomt in de energiebalansvergelijking waarmee watertemperaturen berekend worden, moet dit dus tot de nog onbegrepen zaken gerekend worden.

In de figuren 16 en 17 worden Lissajousfiguren gegeven voor Lobith en Maastricht. De stijging van de watertemperaturen door koelwaterlozingen komen ook hier evident tot uiting. Overigens is het een beetje vreemd dat de vorm van de Lissajousfiguur daarbij zo weinig verandert. Dit lijkt er namelijk op te wijzen dat de geloosde hoeveelheid afvalwarmte een vrij nauw verband met de afvoer zou bezitten en die afvoer varieert nogal.

Zeeewater

Versch Water

temperatuur

uitdamping

temperatuur

uitdamping

1856	uitdamping			temperatuur			uitdamping			temperatuur				
	dag	nacht	som	20	2	8	gem	dag	nacht	som	20	2	8	gem
jan.	6,7	3,5	10,2	2,70	5,04	4,32	4,02	13,7	6,1	19,8	2,62	5,18	4,41	4,06
feb.	18,7	4,1	22,8	3,10	5,64	4,75	4,49	8,9	5,9	14,8	2,61	4,90	4,46	3,99
mrt.	46,9	7,6	54,5	3,17	8,41	6,16	5,93	37,3	6,7	44,0	1,97	8,06	5,48	5,17
apr.	59,8	13,7	73,5	7,49	14,46	11,45	11,13	45,6	15,8	61,4	6,92	13,60	10,63	10,37
mei	76,3	20,0	96,3	10,17	16,22	12,86	13,06	65,2	19,6	84,8	10,13	15,96	12,55	12,85
jun.	95,3	20,3	115,6	14,96	21,38	18,16	18,08	88,9	20,8	109,7	14,66	21,11	17,76	17,86
jul.	101,2	23,5	124,7	15,68	21,81	19,16	18,88	92,4	20,0	112,4	15,59	21,58	18,78	18,64
aug.	84,0	21,0	105,0	16,88	22,94	20,01	19,94	78,8	24,1	102,9	16,95	22,87	20,00	19,94
sep.	55,6	17,3	72,9	12,52	18,17	15,25	15,31	47,7	17,7	65,4	12,45	18,12	15,11	15,23
okt.	21,4	8,3	29,7	9,85	15,09	13,34	12,79	21,3	5,1	26,4	9,48	14,83	13,36	12,49
nov.	18,3	5,5	23,8	4,67	7,06	6,07	5,93	14,7	3,9	18,6	4,28	6,98	5,90	5,72
dec.	13,5	12,2	25,7*	4,72	6,00	5,73	5,48	4,0	9,4	13,4*	4,38	5,70	5,23	5,10
GEM	597,7	157,0	754,7	8,80	13,52	11,44	11,25	518,5	155,1	673,6	8,50	13,24	11,14	10,96

1857	uitdamping			temperatuur			uitdamping			temperatuur				
	dag	nacht	som	20	2	8	gem	dag	nacht	som	20	2	8	gem
jan.	3,9	7,2	11,1*	2,41	3,56	2,99	2,99*	4,0	3,6	7,6*	1,87	3,17	2,52	2,52*
feb.	10,0	6,5	16,5*	3,18	8,30	6,97	6,15*	8,8	6,1	14,9*	2,42	7,98	6,44	5,61*
mrt.	24,6	10,3	34,9	3,98	8,28	6,59	6,28	19,4	8,4	27,8	3,32	8,17	6,35	5,95
apr.	42,1	15,7	57,8	7,11	13,51	10,49	10,37	41,4	12,2	53,6	6,70	13,17	10,08	9,98
mei	88,2	26,6	114,8	12,19	19,93	16,83	16,31	78,9	22,8	101,7	11,80	19,67	16,37	15,95
jun.	143,4	24,2	167,6	16,97	25,47	20,40	20,95	133,4	18,7	152,1	16,84	25,32	20,16	20,77
jul.	107,0	24,3	131,3	17,55	23,44	19,94	20,31	96,6	20,0	116,6	17,50	23,22	19,64	20,12
aug.	106,3	20,8	127,1	18,70	25,75	21,83	22,09	95,2	17,2	112,4	18,61	25,40	21,49	21,83
sep.	55,5	15,9	71,4	14,64	21,06	18,36	18,02	50,4	15,1	65,5	14,72	20,83	18,13	17,83
okt.	26,8	10,1	36,9	10,81	14,99	13,54	13,07	25,3	9,1	34,4	10,68	14,73	13,40	12,94
nov.	9,8	3,7	13,5	6,08	8,96	8,26	7,79	7,7	3,0	10,7	5,73	8,70	8,09	7,50
dec.	13,2	9,4	22,6	6,32	7,88	7,45	7,21	9,5	6,1	15,6	6,16	7,74	7,26	7,05
GEM	630,8	174,7	805,5	10,00	15,09	12,80	12,63	570,6	142,3	712,9	9,70	14,84	12,49	12,33

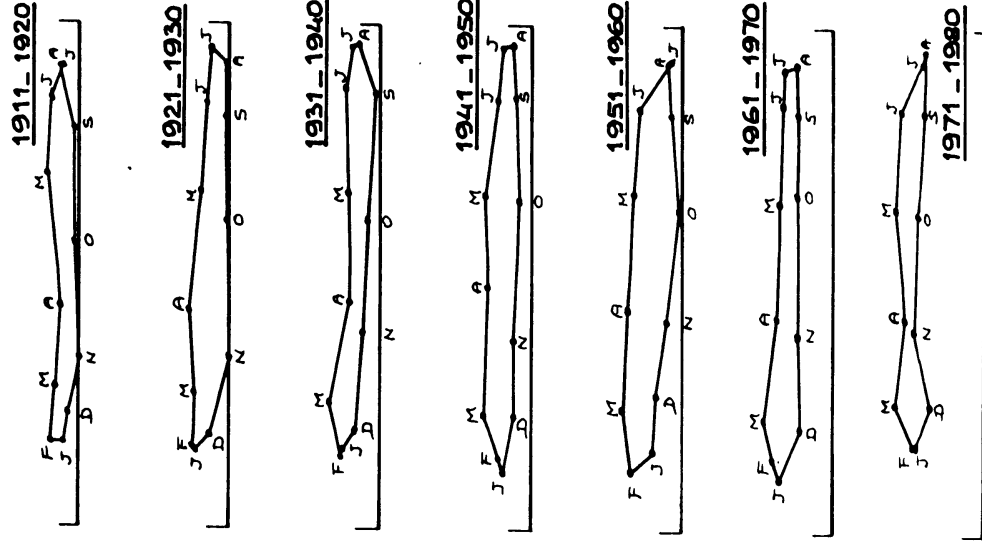
Tabel 4. Waarnemingen in verdampingspannen in Den Helder.

Uitdamping in strepen in hoogte, ofwel Nederlandsche kan per vierkante el; dit is teerling palm (of zoo men wil Nederlandsche ponden) per vierkante el.

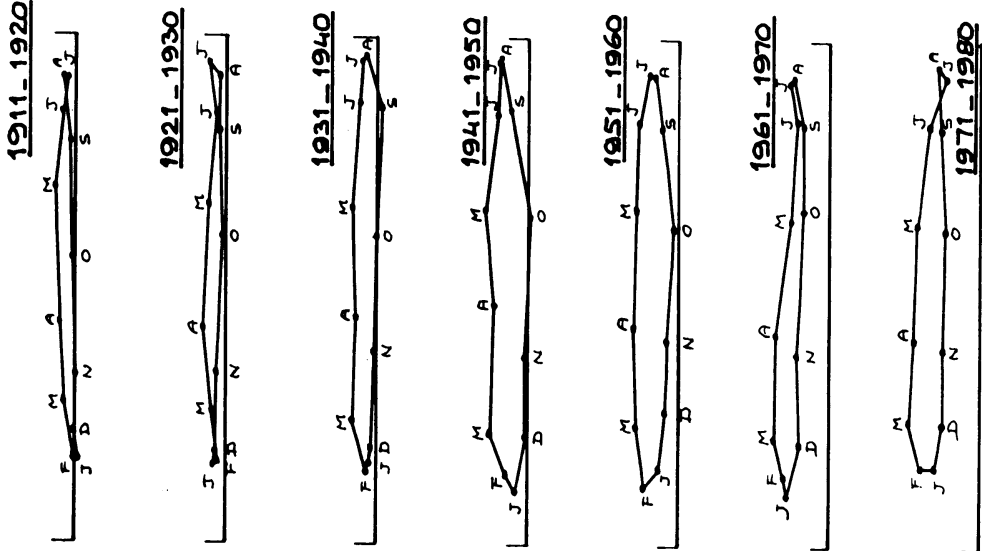
Warmtemeter in centigraden.

Telling der uren begint in Den Helder bij den noon * betekent dat de bak "bevroren" is geweest.

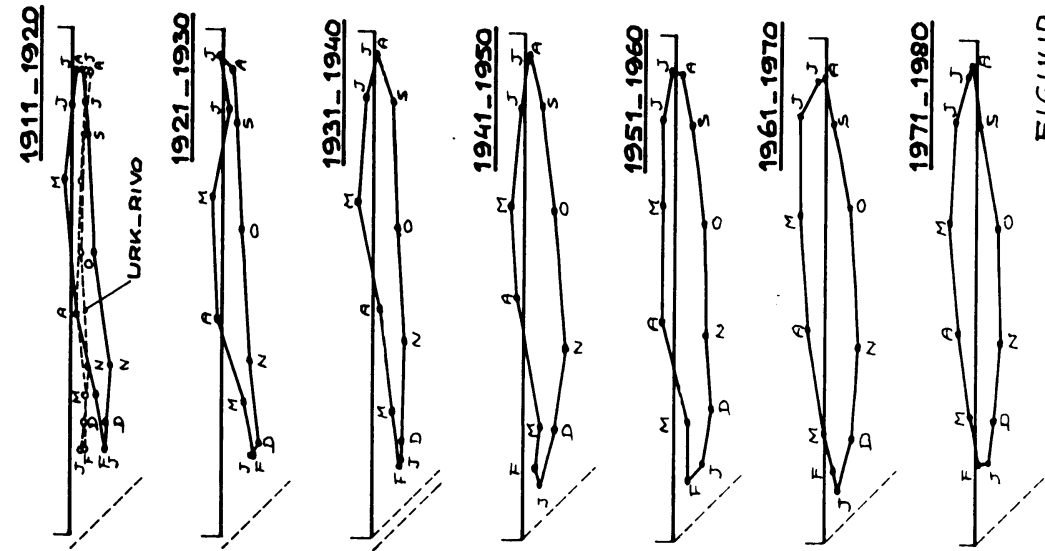
MAASTRICHT
STANDAARD:
OOSTERSCHELDEREKES



LOBITH
STANDAARD:
OOSTERSCHELDEREKES



URK - HAVEN
STANDAARD:
OOSTERSCHELDE M
URK - RIVO



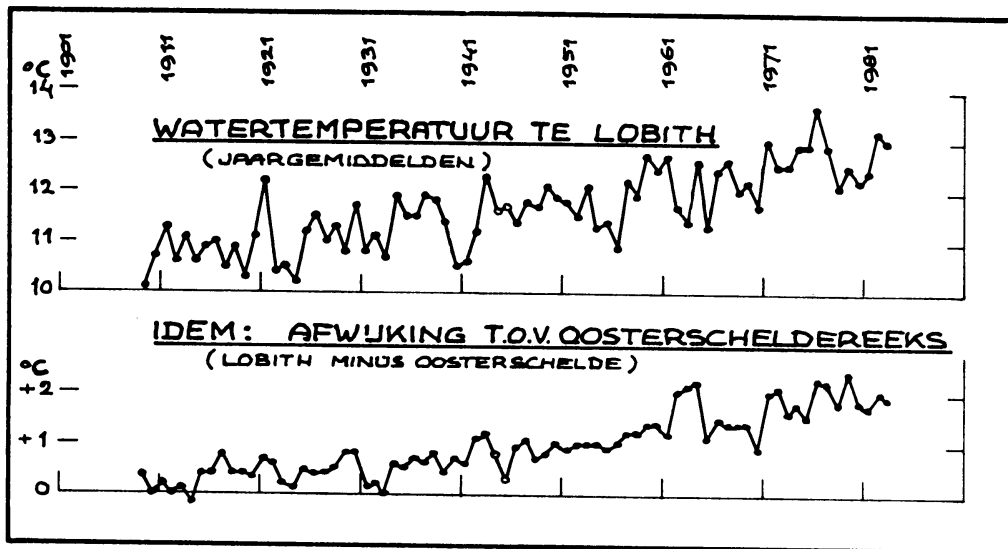
FIGUUR 17.

FIGUUR 16.

FIGUUR 15.

6. Opwarming van de binnenwateren

In figuur 18 zijn jaargemiddelden van de watertemperatuur te Lobith uitgezet. De stijgende tendens van de reeks, het gevolg van het lozen van steeds meer afvalwarmte, is ondanks de spreiding van de punten goed te onderscheiden. Dat die spreiding er is zal niemand verbazen. Er zijn nu eenmaal warme en koude jaren, en ook in de Rijntemperatuur zal men dit terugvinden.



Figuur 18

Ook hier is het nuttig om niet de temperaturen zelf, maar de afwijking te bekijken ten opzichte van een standaardreeks die ongeveer eender reageert op warme en koude jaren, en van een plaats waar geen koelwater geloosd wordt. Wederom blijkt de keuze van de Oosterscheldereeks als standaard een goede greep. Dit toont de onderste curve van figuur 18. De spreiding is goeddeels verdwenen. Daar er toch nog zaken overblijven waarop de watertemperatuur in de Oosterschelde anders reageert dan die in de Rijn (op ijsvorming bijvoorbeeld, of op afvoerwisselingen) blijft de verschilreeks nog wat uitschieters tonen. Ze zijn echter geringer in aantal, en meestal ook minder groot.

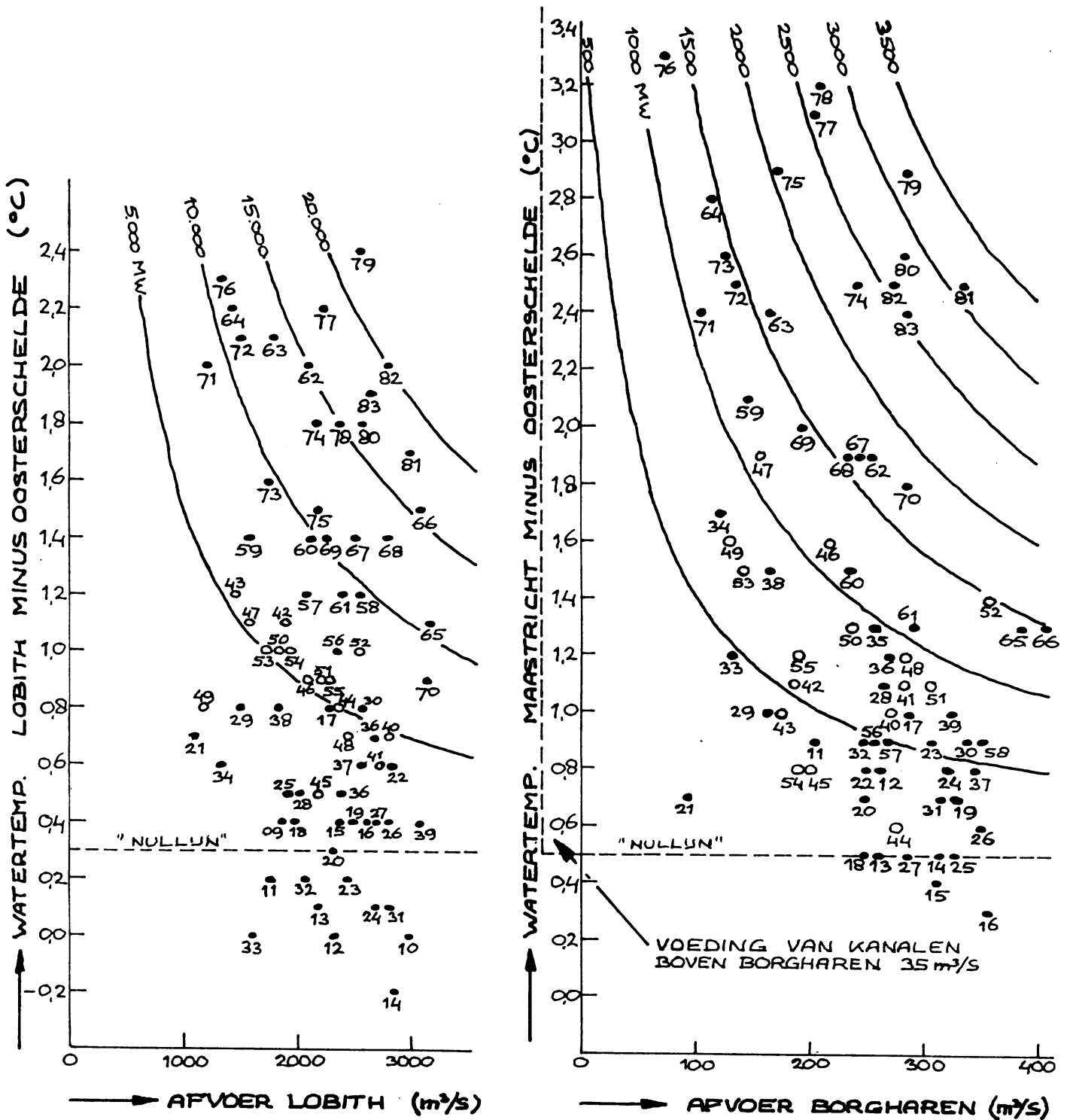
Er is trouwens nog een tweede reden om met de temperatuurreeks zelf wat voorzichtig te zijn. De koude en warme jaren zijn namelijk niet zo aselekt verdeeld als men graag zou wensen. Zo was periode 1908-1920 in zijn geheel vrij koud en 1971-1984 in zijn geheel vrij warm (zie fig. 9). Zou men dan ook uit figuur 18 de temperatuurtoename van de Rijn in

deze zestig jaren willen bepalen, dan komt men in de bovenste curve een halve graad te hoog uit, namelijk op twee graden, en in de onderste curve (èn in figuur 9!) op anderhalve graad. Straks, in fig. 20 t/m 25 komt men dergelijke krommen (afwijkingen t.o.v. Oosterscheldereeks) tegen, voor alle stations aan de grote rivieren en voor die aan IJsselmeer en Waddenzee.

Neemt men aan dat de totale per jaar geloosde hoeveelheid afvalwarmte over de jaren heen een geleidelijke toe- of afname zou vertonen, dan moet de opwarming die het gevolg van deze lozingen is, variëren met de afvoer. Immers, hoe groter de afvoer hoe geringer de temperatuurverhoging, en ook het omgekeerde geldt. In figuur 19 zijn voor Lobith en voor Maastricht de afwijking van de watertemperatuur ten opzichte van die in de Oosterschelde, uitgezet tegen de rivierafvoer daar ter plaatse. Neemt men nu aan dat beide rivieren zonder koelwaterbelasting een vast temperatuurverschil met de Oosterscheldereeks zouden vertonen. Uit figuur 21 en 20 kan men aflezen dat dit resp. voor Lobith ongeveer $+ 0,3^{\circ}\text{C}$ bedraagt en voor Maastricht ongeveer $+ 0,5^{\circ}\text{C}$. Men kan dan in beide figuren een stel gebogen lijnen tekenen, die voor een aantal gegeven warmtebelastingen het verband geven tussen de afvoer en de temperatuurverhoging (gerekend vanaf de aangenomen "nullijn"). Uit het feit dat de plotjes in sommige gevallen voor hele reeksen van jaren keurig de loop van deze lijnen volgen (zie b.v. Lobith 1940-1955 en Maastricht 1962-1973), blijkt dat boven gegeven veronderstellingen heel behoorlijk op moeten gaan. De laatste jaren zou de "invoer" van warmte uit Duitsland dus tegen de 20.000 MW kunnen liggen, en uit België rond 2500 MW. Begin zeventiger jaren lagen deze bedragen nog bij resp. 10.000 MW en 1200 MW. Deze uitkomsten komen heel behoorlijk overeen met die van Wessels en Keijman (1973) en met Wessels (1984).

Onderweg naar zee geeft de rivier deze ballastwarmte weer geleidelijk af aan de atmosfeer. De hier volgende afschatting van dit proces werd ontleend aan Wemelsfelder (1968).

Stel dat een stilstaand water met een gemiddelde diepte D op tijdstip t_0 een temperatuur bezit die een bedrag S_0 boven de natuurlijke waarde ligt. Ten gevolge van warmte-uitwisseling met de atmosfeer zal na



Figuur 19

verloop van t seconden de warmtebelasting tot $S(t)$ zijn teruggelopen volgens:

$$S(t) = S_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{D} \cdot \frac{A}{\rho c}\right)$$

Hierin is $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ soortelijke massa water, $c = 4190 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$ de soortelijke warmte, en de grootheid A de verandering van de warmte-uitwisseling met de atmosfeer bij een temperatuurverandering van $1 \text{ } ^\circ\text{C}$. Deze werd gesteld op $40 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. In het geval van een rivier met afvoer $Q(\text{m}^3/\text{s})$, breedte B (m) en diepte D (m) moet t vervangen worden door $\frac{B \cdot D}{Q} \cdot X$, waarbij de stroomafstand X de nieuwe lopende coördinaat wordt:

$$S(X) = S_0 \cdot \exp\left(-X \cdot \frac{B}{Q} \cdot \frac{A}{\rho c}\right)$$

De waarde van X waarvoor geldt dat $S(X) = \frac{1}{2} S_0$, ofwel waarvoor de exponent de waarde $-0,69$ krijgt, kan de "halveringsafstand" $X_{\frac{1}{2}}$ genoemd worden. Hiervoor geldt:

$$X_{\frac{1}{2}} = 72,3 \cdot \frac{Q}{B} \text{ km}$$

Men merke op dat de diepte van de rivier uit het probleem verdwenen is.

Voor de Rijn zijn gemiddelde waarden voor Q en B resp. $2200 \text{ m}^3/\text{s}$ en 370 m , en de stroomafstand waarover de Rijn de helft van zijn warmtebelasting kwijtraakt ligt dus in de orde van 430 km . Samenhangend met deze hoge waarde is de afkoeling onderweg gering. De in het Roergebied aan de Rijn meegegeven afvalwarmte is bij Lobith ($X = 60 \text{ km}$) dus nog voor 90% aanwezig en bij Rotterdam ($X = 180 \text{ km}$) nog voor 75% .

Voor de Maas is Q tussen Lith en Borgharen gemiddeld $290 \text{ m}^3/\text{s}$ en B ongeveer 150 m , waarmee de halveringsafstand bij 140 km komt te liggen. In deze gestuwde rivier, waarvoor de waterbreedte bij wisselende afvoer vrijwel constant blijft, staat $X_{\frac{1}{2}}$ in lineair verband met Q . Loopt Q na een droge zomer bv. teurg tot $15 \text{ m}^3/\text{s}$ dan wordt de halveringsafstand ongeveer 7 km . Hoewel zo de opwarming plaatselijk zeer veel groter wordt, raakt de rivier die warmte op een korter traject kwijt. In het

artikel van Wemelsfelder wordt veel uitvoeriger op deze zaken ingegaan.

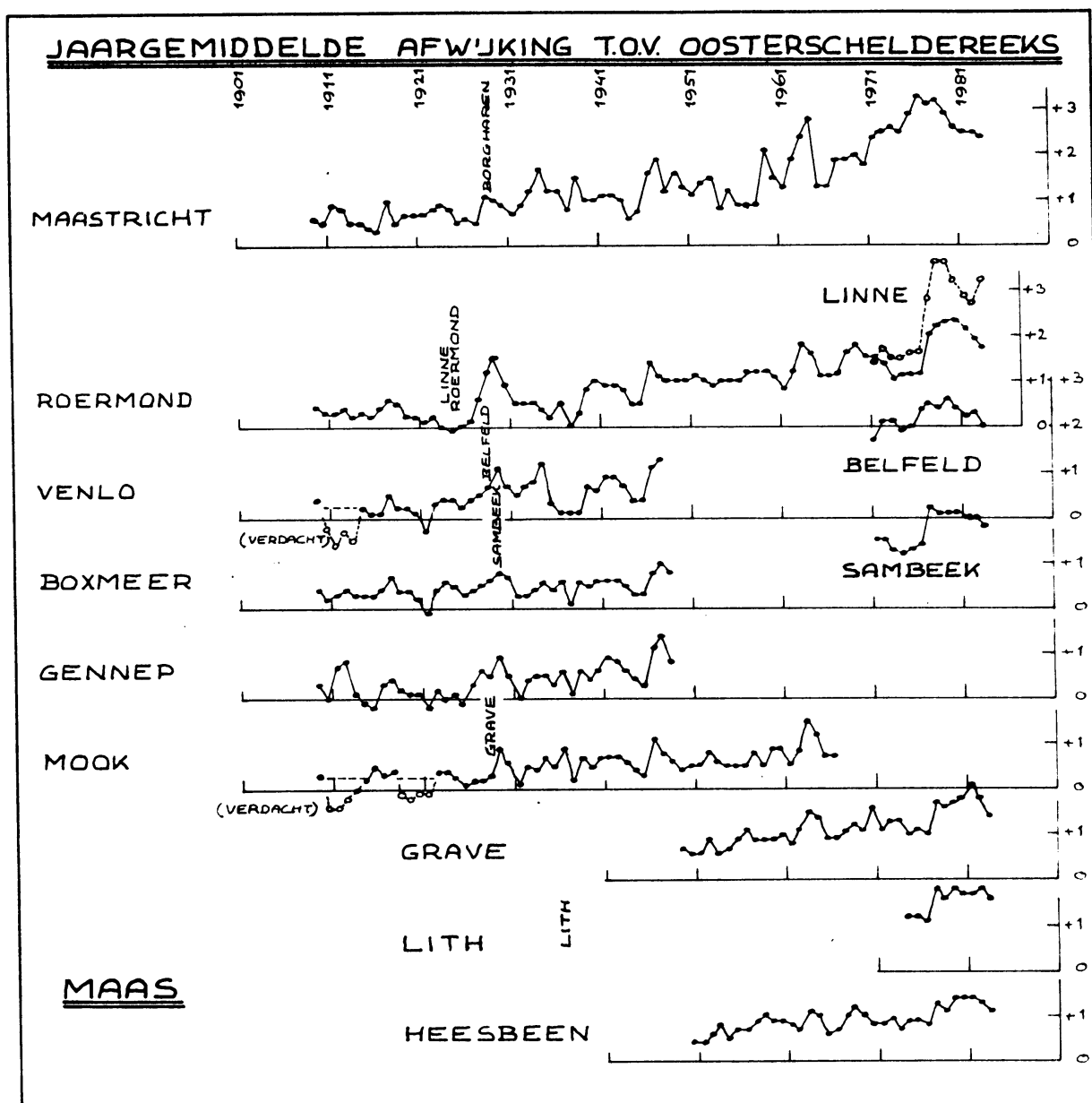
In 1977 werd ergens boven Linne een centrale opgestart. Het tabelletje hieronder toont heel aardig hoe de Maas daarop gereageerd heeft sindsdien:

Afwijking t.o.v. Oosterscheldereeks 1977-1983

Maastricht	+ 2,7 °C	beneden Maastricht:	
Linne	+ 3,1 °C	45 km	beneden Linne:
Roermond	+ 2,1 °C	50 km	5 km
Belfeld	+ 2,3 °C	70 km	25 km
Sambeek	+ 1,8 °C	115 km	70 km
Graul	+ 1,7 °C	150 km	105 km
Lith	+ 1,7 °C	175 km	130 km
Heesbeen	+ 1,3 °C	205 km	160 km
Willemsdorp	+ 1,7 °C	240 km	195 km
Moerdijk	+ 1,6 °C	240 km	195 km
Numansdorp	+ 0,9 °C	255 km	210 km

Maas

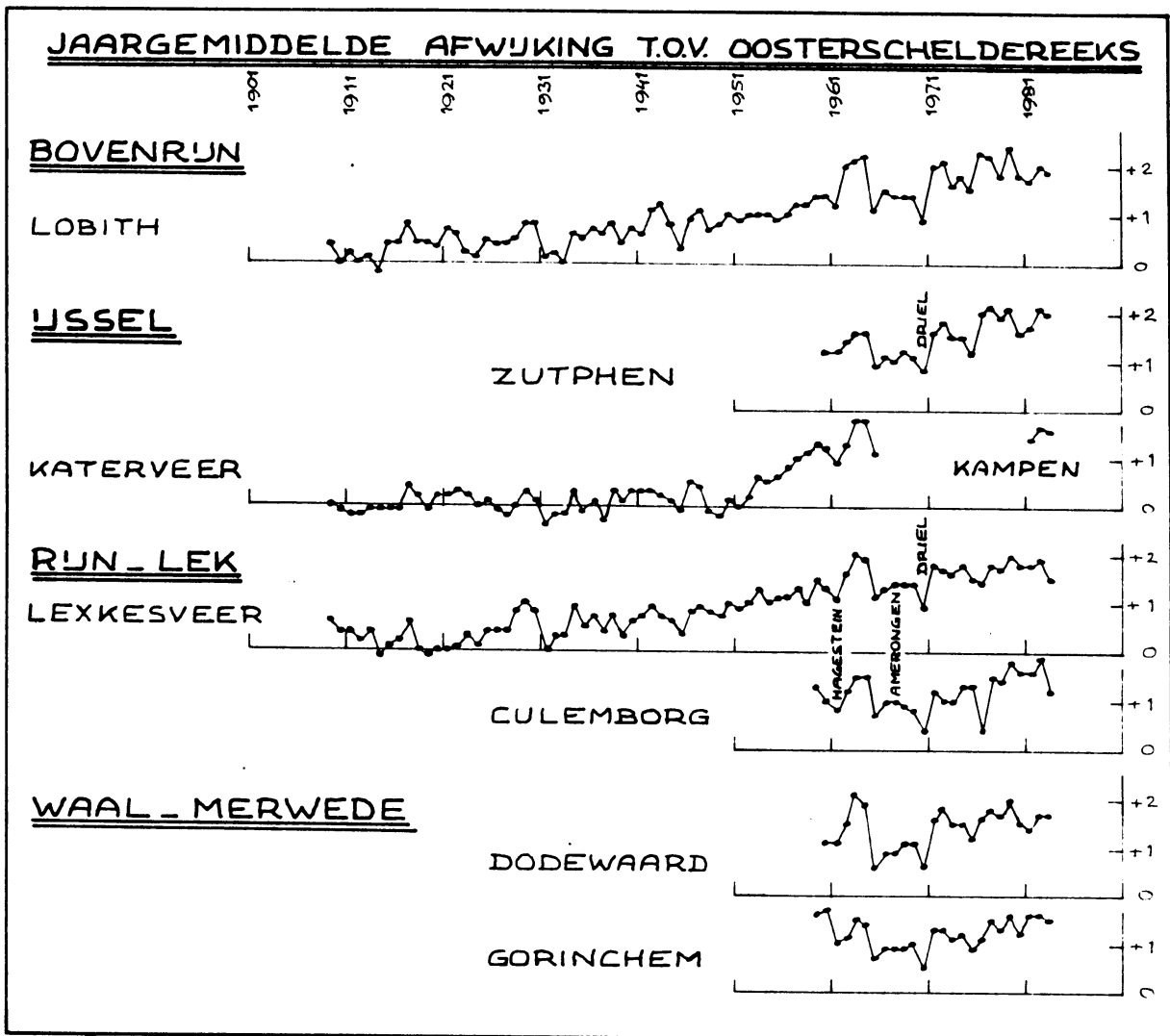
In de jaren twintig is de Maas gekanaliseerd. In fig. 20 is aangegeven wanneer elk van de stuwen in gebruik werd genomen (vertikaal bijgeschreven namen). Deze kanalisatie is nog te vroeg om al enige aantoonbare weerslag op de watertemperaturen te mogen verwachten. De piek in 1929 bij Roermond hangt samen met de strenge winter. Mogelijk is hier een stuk van de Maas (niet stroomvoerende zijtak?) eerder en langer met ijs bedekt geweest. Door de korte "halveringsafstand" en de grote opwarming is vooral in de afgelopen vijftien jaren de afkoeling onderweg goed te volgen. Zelf blijken we er ook aardig wat warmte in te lozen trouwens. Aan de opwarming tussen Maastricht en Linne, en aan die bij Willemsdorp en Moerdijk is dat goed te zien.



Figuur 20

Rijn en zijn takken

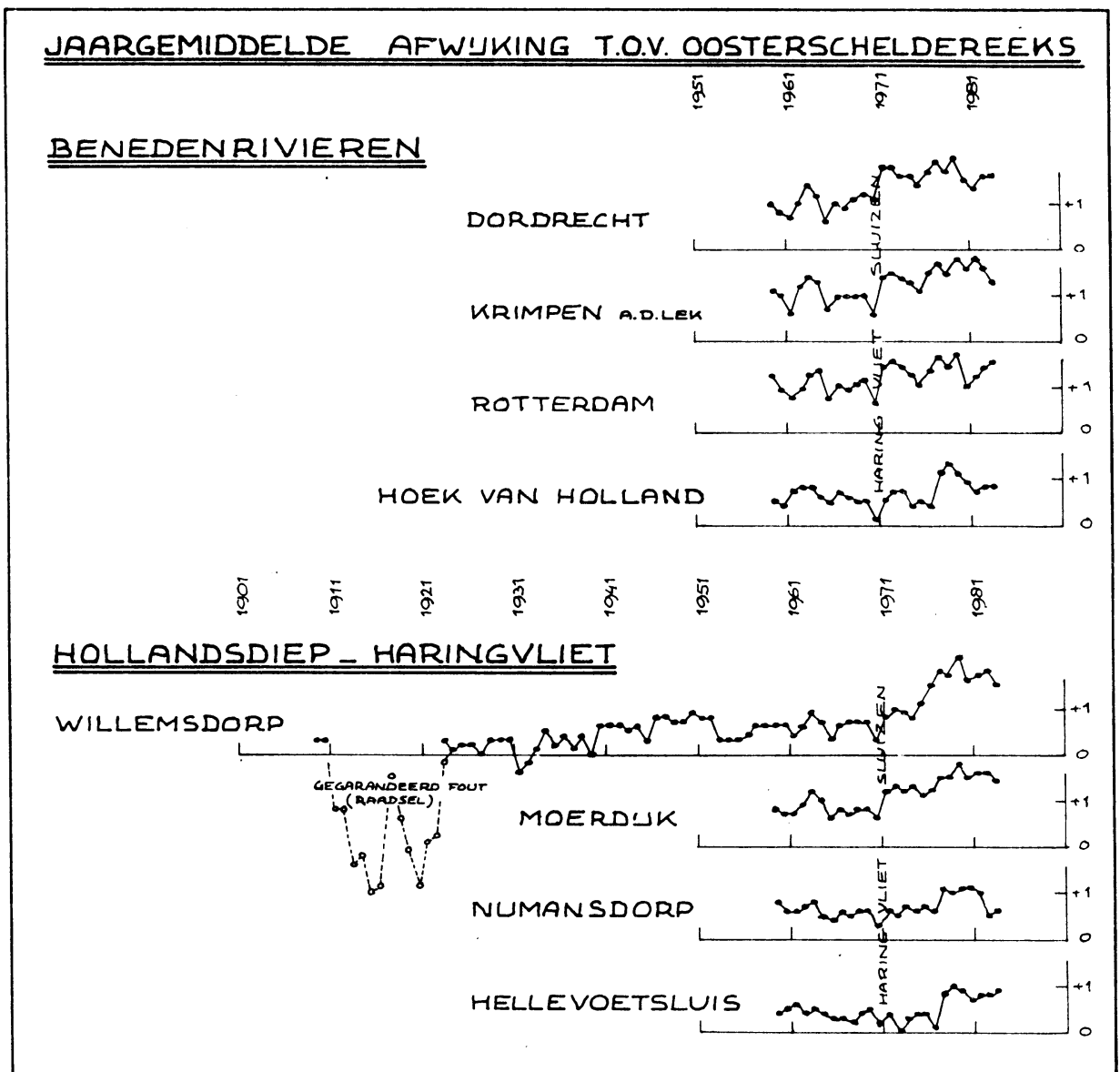
De kanalisatie van Rijn en Lek beneden Driel hangt samen met de in gebruikneming van de Haringvlietsluizen. De stuw bij Driel dient om meer water via de IJssel naar het noorden te kunnen laten afvloeien, en die bij Amerongen en Hagestein om te zorgen dat Rijn en Lek beneden Driel bevaarbaar blijven. De snellere afkoeling tussen Lexkesveer en Culemborg laat zien dat de "halveringsafstand" in deze riviertak sedert in gebruikneming van de stuw te Amerongen afnam. In de IJssel is de stroomsterkte toegenomen. Aan de warmtebelasting te Zutphen is niet erg te zien of hij veranderd is, maar hij lijkt in ieder geval niet kleiner geworden te zijn.



Figuur 21

Benedenrivieren

De Haringvlietsluizen werden gebouwd om meer rivierwater via Oude en Nieuwe Maas en Waterweg naar zee te kunnen laten afvloeien, om zo het door de Waterweg binnendringende zout weer een eind terug naar zee te kunnen werken. Dit bereikt men door de afvloeï via het Haringvliet te beperken. De "halveringsafstand" in het Haringvliet nam dientengevolge genoeg af om op de meetpunten Numansdorp en Hellevoetsluis de hele waterballast te laten verdwijnen. Ten westen van Dordrecht moeten stroomsterkte en "halveringsafstand" beide toegenomen zijn. Het is schitterend om te zien hoe tegengesteld Numansdorp en Hellevoetsluis enerzijds, en Dordrecht t/m Rotterdam anderzijds reageren bij in gebruikstelling van de Haringvlietsluizen.

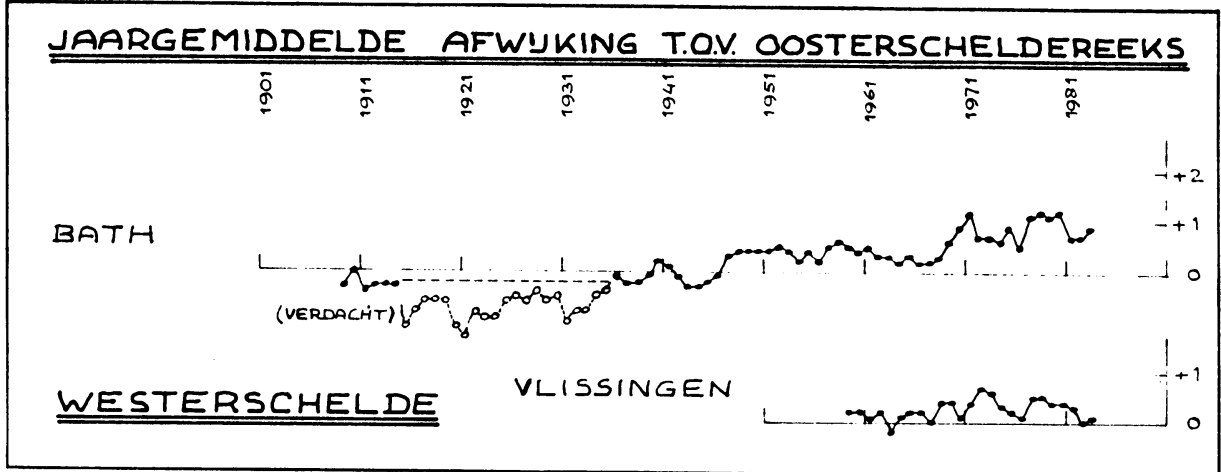


Figuur 22

Westerschelde

De reeks van Bath bevat in de jaren 1915-1935 raadselachtige "te lage" waarnemingen. Ook in de reeksen van Venlo (1909-1913), Mook (1910-1913 en 1918-1921) en Willemsdorp (1911-1923, absurd zelfs) komt men dergelijke stukken tegen. Zelf vertrouw ik ze niet, maar heb ook geen flauw idee hoe ze tot stand gekomen zouden kunnen zijn.

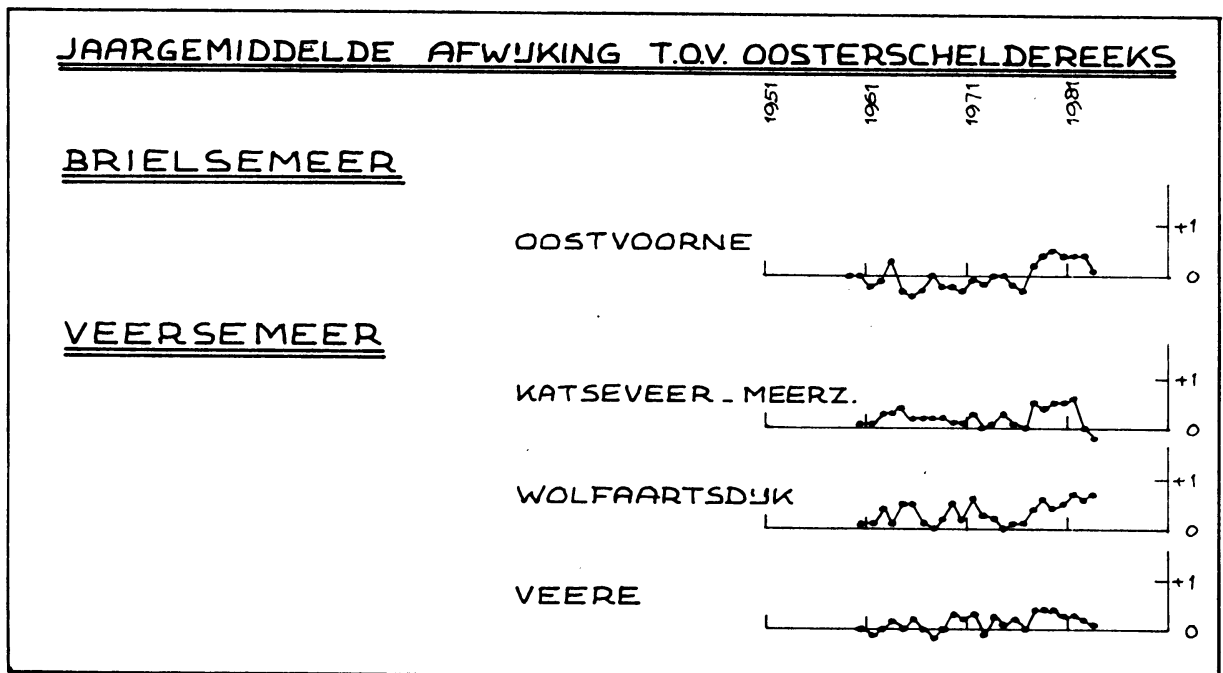
Desondanks komt uit deze reeks naar voren dat het lozen van afvalwarmte bij Bath een goed aantoonbare stijging van de riviertemperatuur tot gevolg heeft. Vlissingen blijkt nog geen tekenen in die richting te tonen.



Figuur 23

Brielsemeer en Veersemeer

In deze wateren worden geen belangrijke hoeveelheden afvalwarmte geloosd. Het is bemoedigend om dit in de curven bevestigd te zien. Dit betekent namelijk dat de Oosterscheldereeks het als standaard heel behoorlijk doet.



Figuur 24

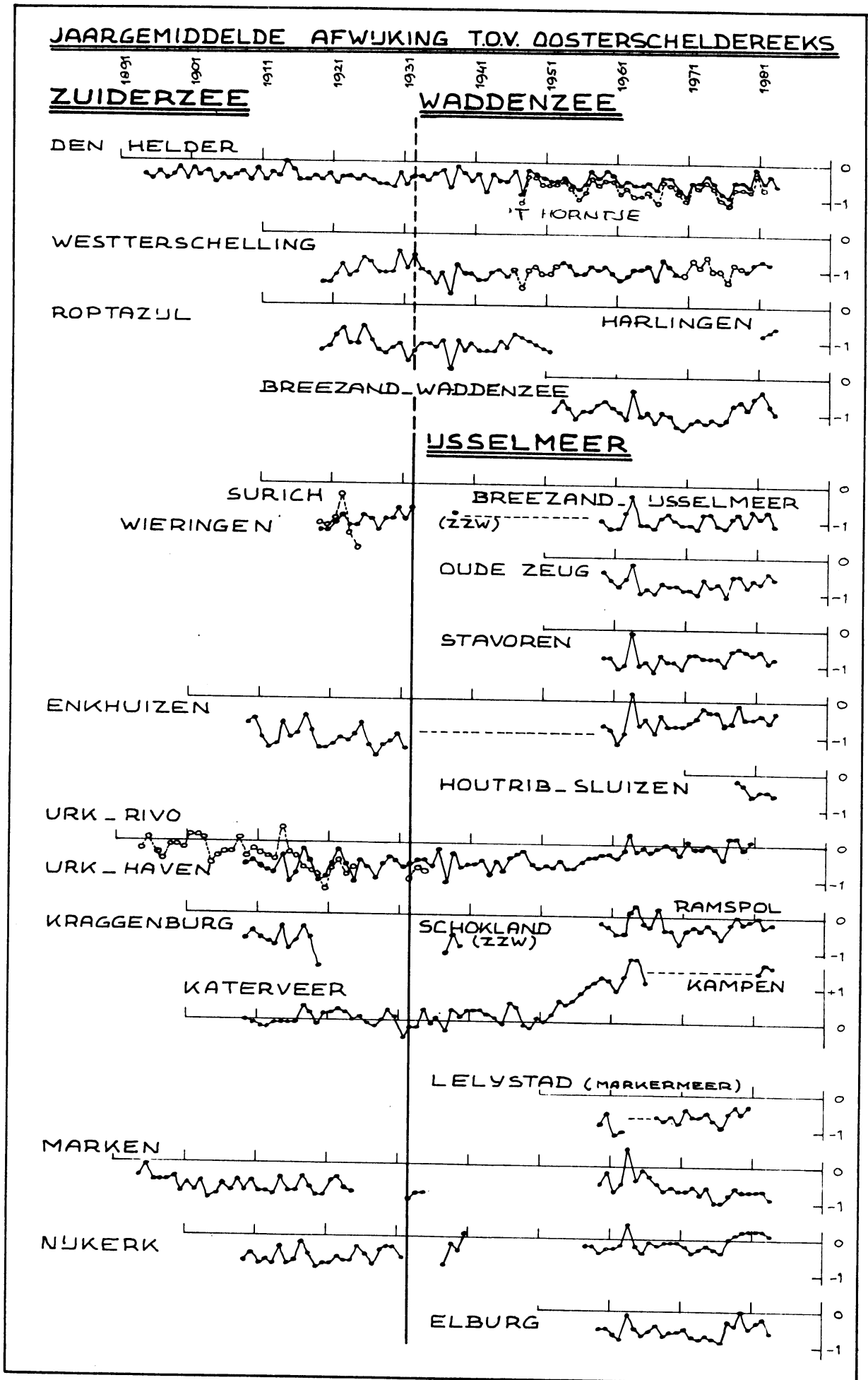
Waddenzee

Voorjaar 1932 wordt de afsluitdijk gesloten, waarna de Waddenzee in alle rust aan het werk ging om zich aan te passen aan de nieuwe toestand. Een en ander is beschreven in par. 2. Eén van de uitingen van deze aanpassing is dat Den Helder steeds zoeter wordt t.o.v. Westerschelling (zie figuur 8). Het smaller worden van de Lissajousfiguren voor Den Helder in figuur 12 (zie tekst op blz.) lijkt op het eerste gezicht in dezelfde richting te wijzen, maar met deze conclusie moet men voorzichtig zijn omdat dit minstens voor een groot deel samenhangt met gelijke veranderingen op zee. Een teken dat wat duidelijker op veranderingen binnen de Waddenzee wijst, en dat ook al in figuur 9 terug te vinden is, is dat de jaargemiddelden van Den Helder en Westerschelling sinds 1932 steeds minder zijn gaan verschillen. Het gaat hier om minieme veranderingen. Nu is op de uitkomsten van Den Helder niet veel af te dingen, in de reeks van Westerschelling daarentegen moest twee keer gecorrigeerd worden voor een verlopen ijking van een thermometer (zie WR 82-8, blz. 19 en hiernaast in fig. 25 de cirkeltjes in veertiger en zeventiger jaren). Laat men deze waarnemingen weg, dan blijft de conclusie echter ongewijzigd.

IJsselmeer

Bij de stations met lange reeksen die aan het IJsselmeer liggen zou de met de verzoeting samenhangende temperatuurverhoging van het water terug te vinden moeten zijn. Voor Enkhuizen, Urk, Kraggenburg-Ramspol, en Nijkerk lukt dit aardig. Bij Marken was het ook zichtbaar geweest wanneer de watertemperatuur afgelopen 15 jaar niet zo raadselachtig gedaald was (zie ook slot par. 4). Het station Urk vertoont sinds de vijftiger jaren een stijgende tendens. Hoewel de opwarming hier een vrij opvallende gelijkvormigheid met die van de reeks Katerveer-Kampen vertoont, gaat het hier vermoedelijk toch niet om langsstromend IJsselwater. In dat geval had de opwarming te Ramspol er tussenin moeten liggen.

De waarnemingen 1894-1916 (ruim 20 jaar) op het oude RIVO-station Urk liggen erg hoog. Hier moet weer òf sprake van een raadsel of van een fout zijn. Beide zijn even onwaarschijnlijk, en zelf spreek ik hier geen oordeel uit.



Figuur 25

7. Watertemperaturen in de Delta

Zoals in par. 4 al ter sprake kwam: Alle watertemperaturen vertonen een geringe dagelijkse gang. Het minimum daarvan valt rond 08h in de ochtend. Waar men aan de zeearmen in het Deltagebied, voorzover ze nog getij vertoonden, vóór 1981 bij dag-hoogwater en dag-laagwater waarnam, komt men dus systematisch hoger uit. Deze waarnemingen werden tot waarnemingen van 08h herleid door de halve som van HW en LW waarnemingen te corrigeren aan de hand van het te Zierikzee waargenomen verschil van de dagextremen van de luchttemperatuur:

$$T_{08} = (T_{HW} + T_{LW})/2 - F_c \cdot (V_{xn} - 3,0)$$

Waarin:

V_{xn} verschil van max. en min.
luchttemp. te Zierikzee (°C)

F_c een constante, afhankelijk
van de meetplaats gelijk aan
0,03 of 0,06 of 0,09.

In WR 84-3, blz. 78-87 werd één en ander uitvoerig beschreven. Met deze omrekening werden alle inhomogene meetreeksen in het Deltagebied herleid tot homogene reeksen van 08h-waarnemingen.

Hierna konden in fig. 26 voor alle stations in het Deltagebied Lissajousfiguren worden getekend voor tijdvak 1961-1970. Als standaard werd de ongecorrigeerde Oosterscheldereeks gebruikt. Deze is namelijk al homogeen. Indien daar aanleiding tot was werden aparte Lissajousfiguren voor HW en LW getekend. Dit werd gedaan door bij de tot 08h herleide halve som van HW en LW waarnemingen, plus of min het halve verschil van HW en LW waarnemingen op te tellen.

Afgezien van de stations aan het Veersemeer en die aan de grote rivieren, kan de weergave geacht worden de toestand vóór 1960 heel redelijk weer te geven (zie toelichting bij fig. 26). Voor toelichting van de eigenschappen van Lissajousfiguren zij verwezen naar het bijschrift bij fig. 10 en 11.

De meest in het oog vallende kenmerken van de jaarlijkse gang van de

watertemperaturen op zee en in de monden van de zeearmen in vergelijking tot die van de Oosterscheldereeks zijn:

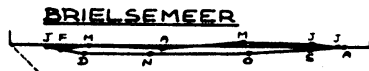
- de amplitude van de jaarlijkse gang is kleiner.
- er treedt een duidelijk herkenbare na-ijling op.

De jaarlijkse gang van de watertemperatuur in Veersemeer en Brielsemeer toont bij dezelfde vergelijking tegenstelde kenmerken:

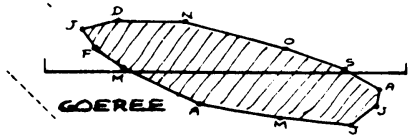
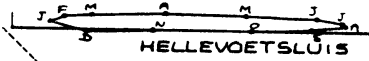
- amplitude jaarlijkse gang is groter
- er treedt vóór-ijling op.

Beide effecten, bijna altijd gezamenlijk tot uiting komend in het optreden van "helling" en "bolheid" van de Lissajousfiguren, kan men uitstekend uitdrukken in één getal, namelijk in het gemiddelde verschil van de afwijkingen in voorjaar (apr, mei, jun) en najaar (okt, nov, dec), ofwel de JAARLIJKSE GANG VAN DE AFWIJKINGEN T.O.V. DE STANDAARD. In figuur 27 zijn deze getallen geplot. Op zee, en in de open zeearmen waar het zeewater vrij toegang heeft, treft men negatieve waarden aan. Landinwaarts gaande lopen de waarden op tot rond nul in het achtereinde van de zeearmen. Hier komt de standaardreeks dan ook vandaan. Het is hoogst curieus om het bestaan van de noordwaartse reststroom door het Zijpe die via het Grevelingen naar zee afvloeide (zie par. 2), bevestigd te vinden in de watertemperaturen. Van zee uit via Zierikzee en Bruinisse naar Ouddorp gaande worden de Lissajousfiguren steeds platter, ofwel de getallen in fig. 27 gaan steeds meer naar nul toe. Door de ondiepten voor de mond heeft het zeewater van het westen uit maar moeizaam toegang tot het Grevelingen. Te Ouddorp (zie fig. 26 en 27) is daar alleen tijdens hoogwater wat van te merken. In de grote rivieren en het Haringvliet, en in de afgedamde zeearmen treft men in fig. 27 positieve getallen aan. Hoek van Holland blijkt vergelijkbaar te zijn met Vlissingen, en zelfs bij Rotterdam is in de jaarlijkse gang van de watertemperatuur nog invloed van zee aan te tonen (fig. 27). Behalve schuinstand en bolheid van de Lissajousfiguren, is het ook nog van belang om de ligging van de figuren ten opzichte van de nullijn te kennen. Dit gegeven wordt gerepresenteerd door de JAARGEMIDDELDE AFWIJKING T.O.V. DE STANDAARD. In figuur 28 zijn deze gemiddelden geplot. Ze gelden, evenals de gegevens van fig. 26 en 27, voor tijdvak 1961-1970. Het meest opvallend is de opwarming van de grote

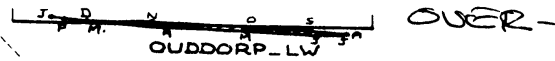
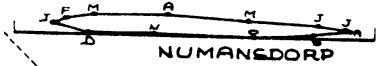
ZUIDHOLLAND



VOORNE-
PUTTEN



GOEREE-



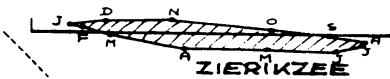
FLAKKEE



SCHOUWEN-

DUIVELAND

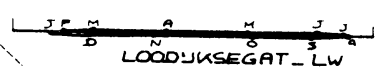
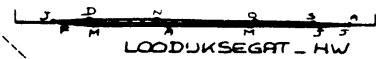
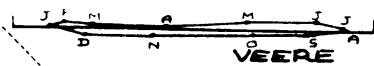
ST. PHILIPS-
LAND



THOLEN

NOORD-

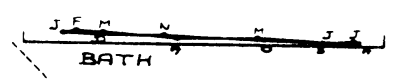
BEVELAND



WACHE-
REN

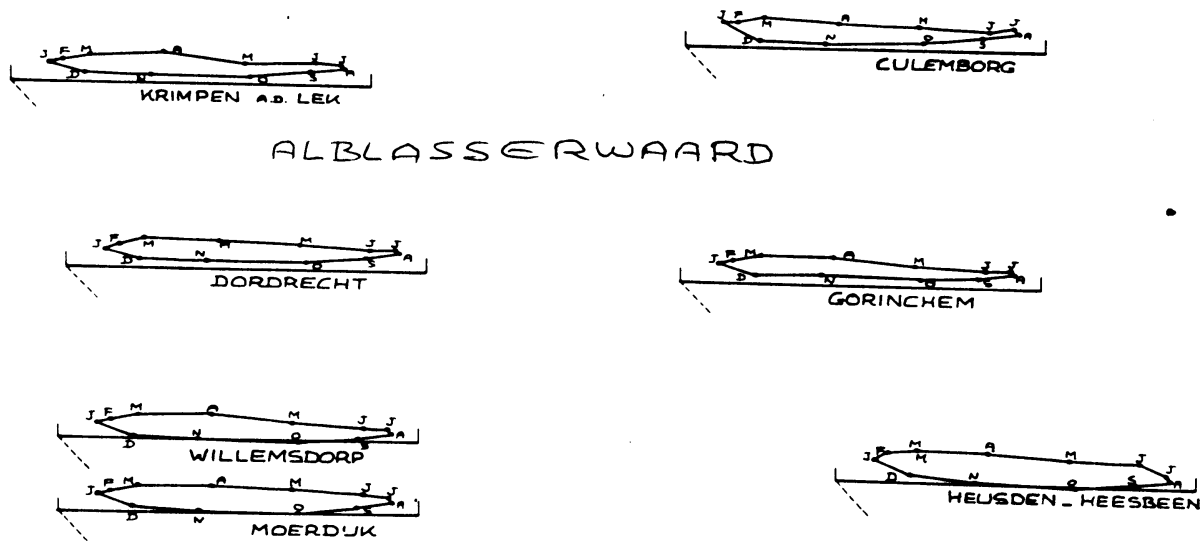


ZUID-BEVELAND



ZEEUWS - VLAANDEREN

FIGUUR 26.



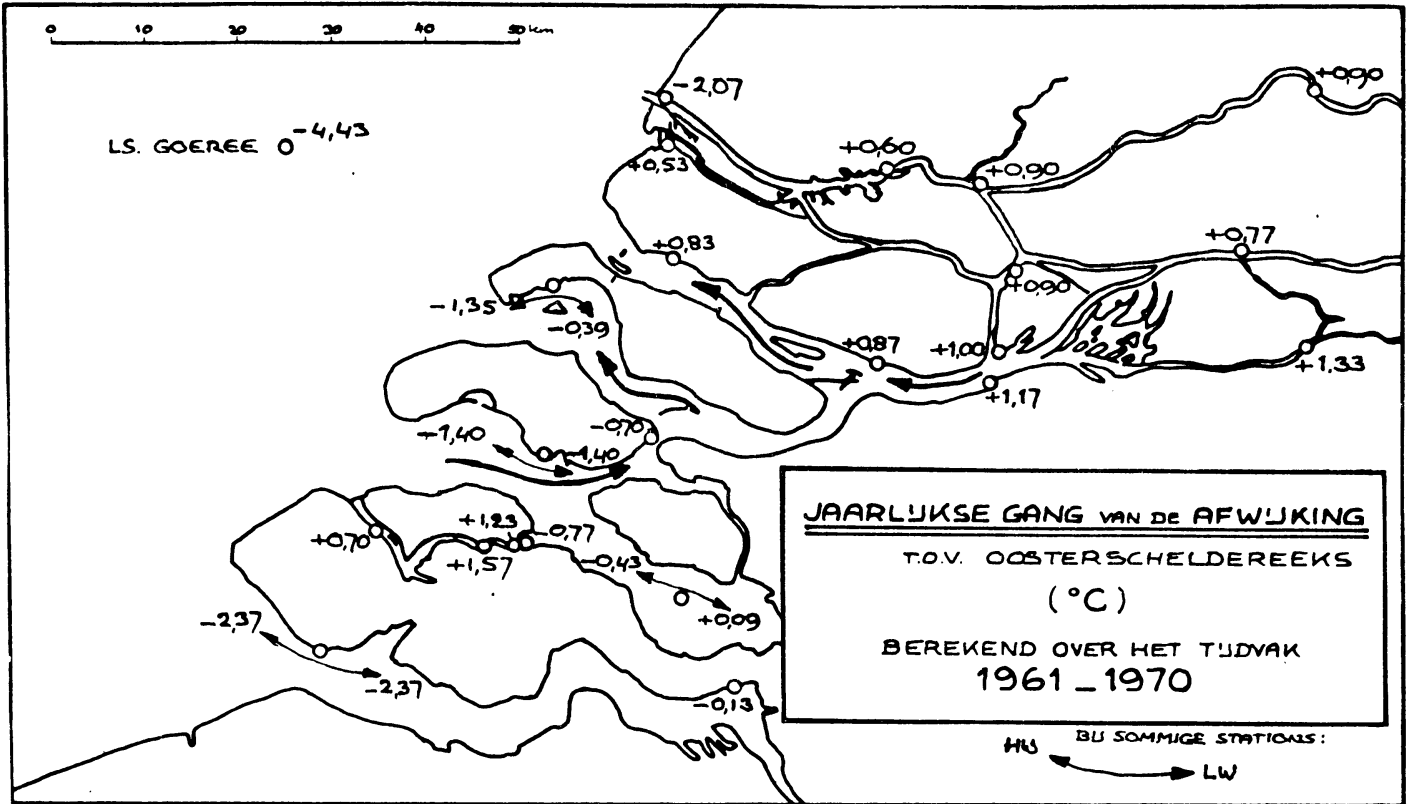
FIGUUR 26.

Lissajousfiguren voor het Deltagebied v66r 1960

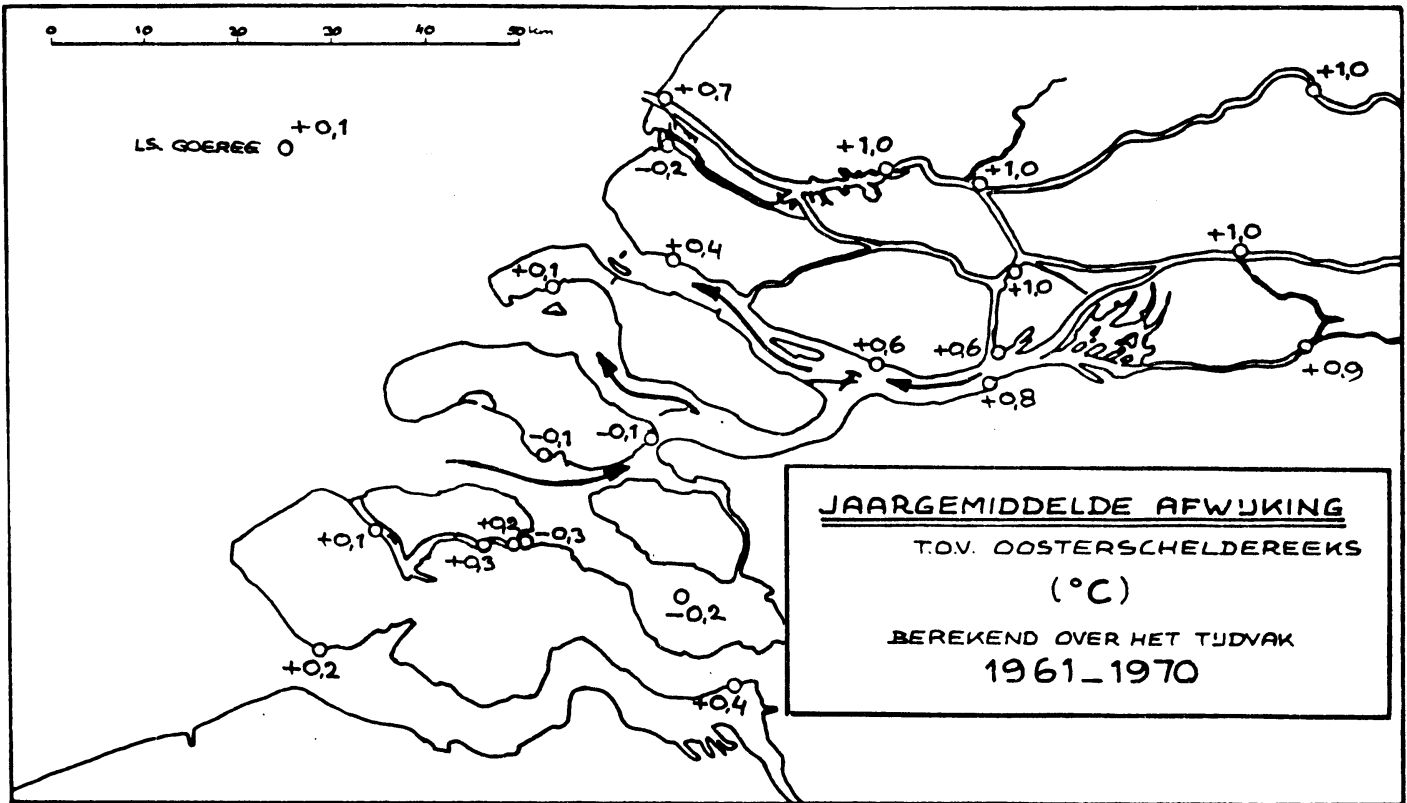
Standaard: Oosterscheldereeks
(algemene toelichting, zie bij-
schriften bij de figuren 10 en 11).

Voor samenstelling van deze figuur werden gemiddelde jaarlijkse gangen over het tijdvak 1961-1970 gebruikt. Veerseget en Zandkreek waren toen al gesloten. De sluiting van Haringvliet en Grevelingen vonden plaats resp. eind 1970 en in 1971. Deze weergave geldt dus voor afgesloten Veersemeer en voor open Grevelingen en Haringvliet.

Wel werden in deze tijd de Grevelingendam en de Volkerakdam gesloten, resp. in dec. 1964 en april 1969. De sluiting van het Grevelingen blijkt geen merkbare invloed op de watertemperaturen te Ouddorp te hebben gehad. Ook Zierikzee en Bruinisse blijken hier maar erg weinig van gemerkt te hebben. De afdamming van het Volkerak is te laat om het beeld nog belangrijk te kunnen beïnvloeden. Er is dus eigenlijk weinig tegen, om te stellen dat deze weergave, voorzover het de Delta betreft, representatief is voor de toestand v66r 1960, met als belangrijkste voorbehoud dat het Veersemeer al dicht is. De temperatuurverhogingen inde groterivieren zijn echter bepaald niet representatief voor de toestand v66r 1960, maar enkel en alleen voor 1961-1970.



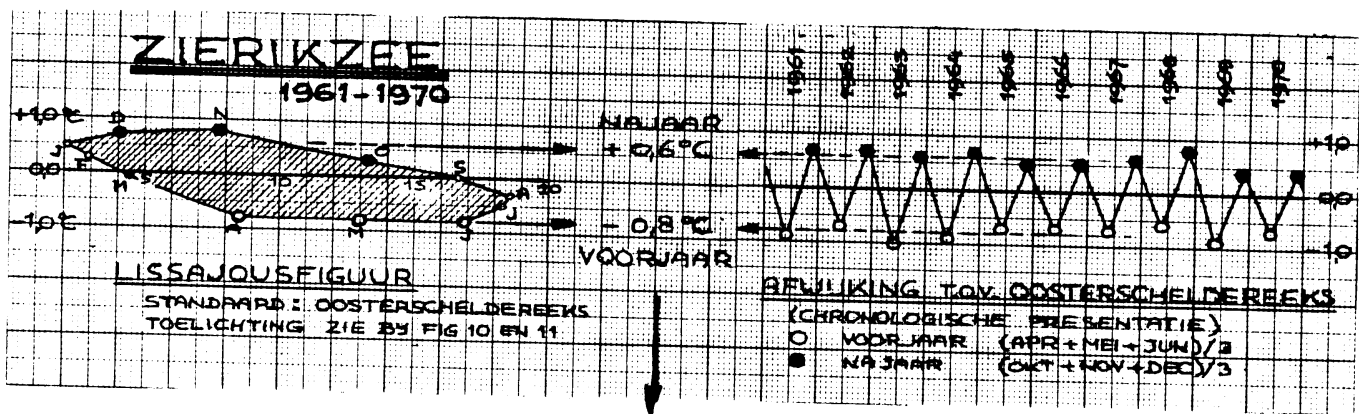
Figuur 27



Figuur 28

rivieren (zie ook par. 6). In Hollandsdiep en Haringvliet ziet men dit water op weg naar zee weer wat afkoelen. Daarnaast vindt men in deze figuur zowel de systematische temperatuurverschillen van zout en zoetwater terug (Veersemeer versus Oosterschelde) als ook de noordwaartse afname van de gemiddelde watertemperatuur met $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ per breedtegraad (Veersemeer versus Brielsemeer; zie ook par. 4, fig. 9).

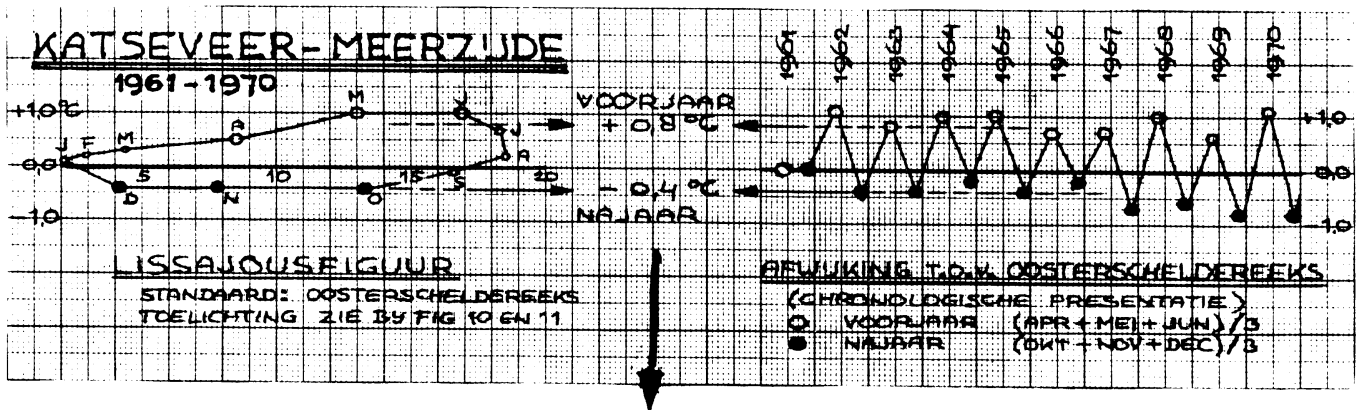
De gemiddelde afwijkingen in voorjaar en najaar kan men ook per jaar bepalen. Ze lenen zich dan voor chronologische weergave. Verbindt men de punten door een lijn, dan ontstaat een zaagtand. Liggen de najaargemiddelden (●) bovenaan, dan sluit het station meer op zee aan dan de standaard (voorbeeld Zierikzee). Liggen de voorjaarsgemiddelden (○) bovenaan, dan betreft het een station aan de binnenwateren, met een jaarlijkse gang die groter is en vóór-ijling vertoont t.o.v. de standaard (voorbeeld Katseveer-Meerzijde). De gemiddelde "tandhoogte" van de zaagtand toont het gezamenlijk effect van amplitude- en faseverschillen (getallen fig. 27). De gemiddelde hoogte van alle punten ten opzichte van de nullijn geeft meestal een keurige benadering van de jaargemiddelde afwijking t.o.v. de standaard (getallen fig. 28). In de figuren 29 en 30 wordt getoond hoe de drie presentaties samenhangen. Men realiseert zich, dat het in feite in alle drie gevallen om de Lissajousfiguren gaat.



Figuur 29

voorjaar minus najaar = $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (geplot in fig. 27)

(voorjaar + najaar)/2 = $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (=waarde in fig. 28)



Figuur 30

voorjaar minus najaar = + 1,2 °C (geplot in fig. 27)

(voorjaar + najaar)/2 = + 0,2 °C (=waarde in fig. 28)

Sedert 1960 hebben er in het Deltagebied een aantal ingrepen plaatsgevonden die invloed op de waterbewegingen hebben gehad, en de vraag is welke veranderingen de watertemperatuur daardoor onderging. Het ligt zeer voor de hand om dan naar veranderingen in vorm en ligging van de Lissajousfiguren te gaan zoeken. De in fig. 29 en 30 gegeven chronologische presentatie daarvan leent zich hier goed voor, of beter: men kan er zich heel redelijk mee behelpen.

De kwestie is namelijk dat de bijzonder hoge autocorrelatie in de reeks der dagelijkse waarnemingen veel spreiding veroorzaakt in de reeks van de maandgemiddelden, en zelfs nog in die van de seizoensgemiddelden. In par. 2.1 van het deel "Statistiek" van deze verslagenserie (WR 84-3) wordt hierop uitvoerig ingegaan. In figuren 29 en 30 is van die grote spreiding nog niet al te veel te merken. Voor deze figuren werden namelijk twee min of meer "mooie stations" genomen. Verderop komt men echter reeksen met meer spreiding tegen. Om daarmee vast te stellen hoe groot bepaalde veranderingen precies geweest zijn valt vaak niet mee. De situatie blijkt hier zelfs zodanig marginaal te zijn, dat men met zorgvuldige toepassing van statistische technieken in feite niets méér te weten komt dan men met het blote oog al zien kan. Het geringe "effectief aantal" waarnemingen, of zo men wil: het gebrek aan ongecorreleerde waarnemingen, maakt namelijk dat de meest maatgevende correlaties en spreidingen alleen naar binnen zodanig droevig wijde marge bekend worden, dat men er niet veel mee beginnen kan (zie WR 84-3, par. 2.2).

Gelukkig zijn de onderlinge verschillen in jaarlijkse gang op de

stations (lees: vorm en ligging van de Lissajousfiguren) niet het enige waarnaar gekeken behoeft te worden. Men kan er namelijk nog twee onafhankelijke gegevens naast leggen.

Met de eb en vloedbeweging stroomt het water in de zeearmen tweemaaldaags over een afstand van 10 à 15 km heen en weer. Een station dat waarneemt bij HW en LW meet dus ten opzichte van dit bewegende water op twee punten die 10 à 15 km uit elkaar liggen. Het verschil van beide metingen is representatief voor de temperatuurgradient langs de lengte van de zeearm. Zoals uit voorgaande al mocht worden verwacht blijken deze gradienten het grootste te zijn in de maanden april-mei-juni (zee kouder dan water landinwaarts) en in oktober-november-december (zee warmer dan water landinwaarts). Ook voor deze gradienten werden seizoensgemiddelden bepaald, die zich lenen voor een eendere chronologische presentatie als die in de figuren 29 en 30. De normale uitkomst is dat de najaarsgemiddelden (dichte punten) bovenaan liggen.

Wordt in een zeearm een dam gelegd, dan wordt een gradient of een stroming van weleer omgevormd tot een temperatuursprong over de dam. Zijn er waarnemingsstations aan beide zijden van de dam, dan leert men deze temperatuursprong kennen uit de onderlinge verschillen van beide stations. Bepaald werden de voorjaars- en najaarsgemiddelden van het verschil "binnen minus buiten". Ook deze lenen zich voor chronologische presentatie, en hierbij is het normaal dat de voorjaarsgemiddelden (cirkeltjes) bovenaan liggen.

Dit in de grond van de zaak vrij schaarse materiaal is het enige dat beschikbaar is, en gepoogd moet worden om desondanks toch nog tot conclusies te komen. De kunst is om daarbij al het beschikbare materiaal zoveel mogelijk gezamenlijk, en per zeearm te bekijken

- soms zal blijken dat de veranderingen zo groot zijn dat ze voor zichzelf spreken
- soms zal blijken dat het onderling verband van veranderingen in verschillende grootheden welkome bevestiging biedt
- soms zal blijken dat een verandering op de plaats waar hij gezocht wordt wèl, en overal elders niet optrad.

Het bijbehorende verhaal zal in ieder geval ook nog goed in elkaar moeten zitten. Ter waarschuwing zij er hier alvast op gewezen dat de veranderingen die moeten worden opgespoord vaak kleiner en statistisch minder significant zullen zijn dan die in fig. 31.

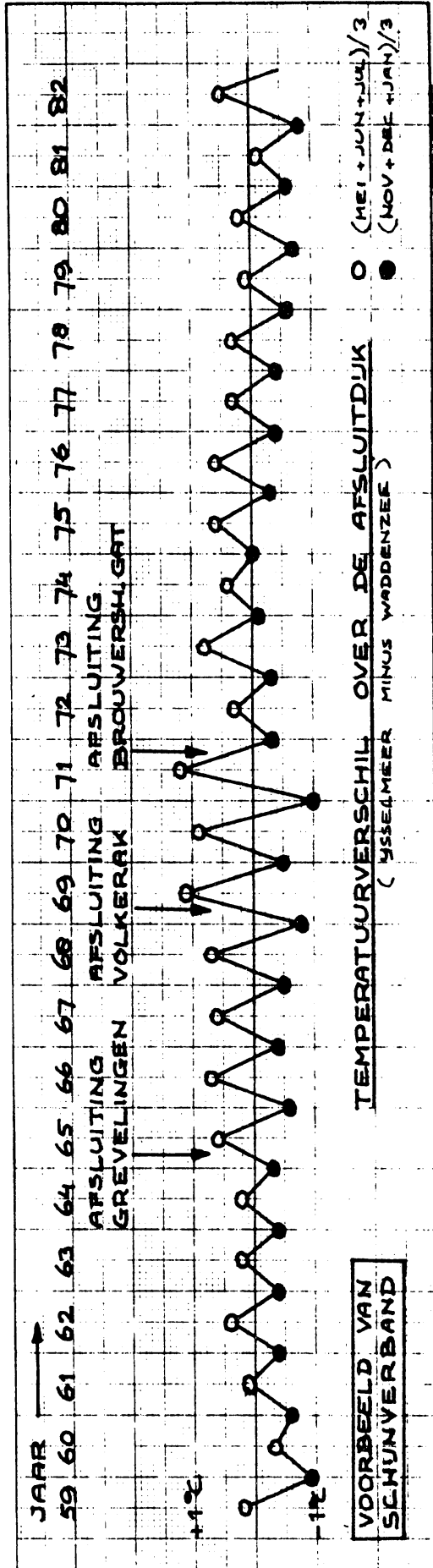


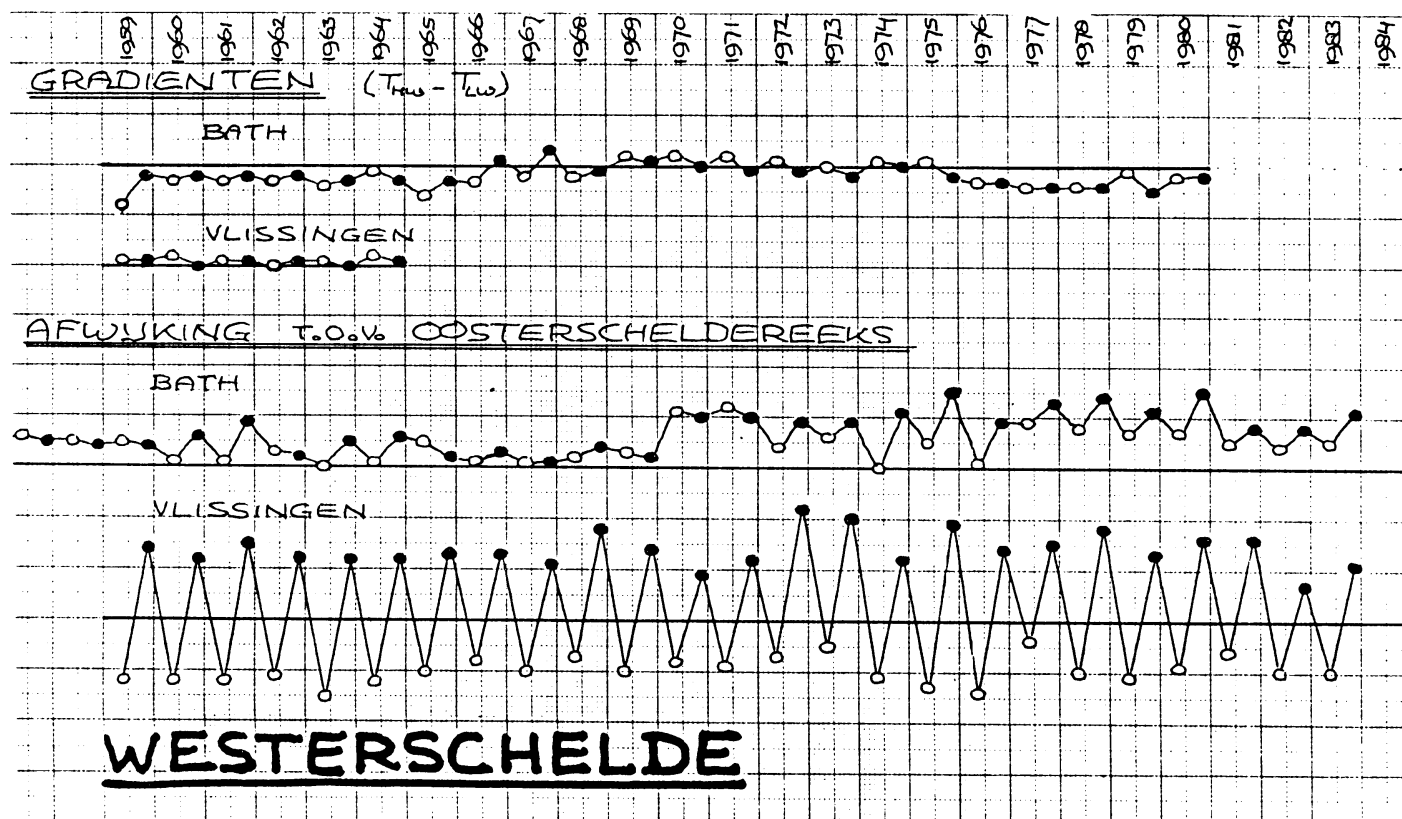
fig. 31.

Het temperatuurverschil over de Afsluitdijk had een jaaramplitude van ruim een halve graad. Na afdamming van het Grevelingen verdubbelde het en met de afsluiting van het Volkerak nam het nog verder toe tot het drievoudige. Met afsluiting van het Brouwershavense Gat kwam de natuur blijkbaar weer in evenwicht want de jaaramplitude keerde weer terug naar het bedrag dat gold voordat het Grevelingen dicht ging... vandaar dat de oesters het zo goed doen in het Grevelingen.

Westerschelde (fig. 32)

De watertemperaturen in Vlissingen sluiten meer aan op die in zee dan die van de Oosterschelde (najaarsafwijkingen positief). In 1965 stopte men in Vlissingen de laagwaterwaarnemingen omdat men storing vreesde van de PZEM-centrale die zijn koelwater loost in de binnenhaven. Tijdens het spuien zouden de laagwaterwaarnemingen daardoor te hoog kunnen worden, en dus $T_{HW}-T_{LW}$ te laag. In figuur 32 is echter geen enkele aanwijzing in de richting te vinden. De laagwaterwaarneming gaf hier overigens nog meer bezwaren. Er is een tijverschil van ongeveer 4 m, en men meet hier, juist in de mond van de haven, vanaf een steiger in het verlengde van de nieuwe havendam. Met behulp van een puts aan een verschrikkelijk lang touw moest men ongeveer 10 l water ophalen en de temperatuur daarvan meten. Een moeilijkheid daarbij was dat bij erg laag water de voet van de steiger nogal eens droog liep.

Bath ligt veel verder naar binnen dan Vlissingen. Het systematisch verschil van voorjaars- en najaarsgemiddelden is bijna weggefallen (vrijwel platte Lissajousfiguren in fig. 26). De afwijkingen t.o.v. de



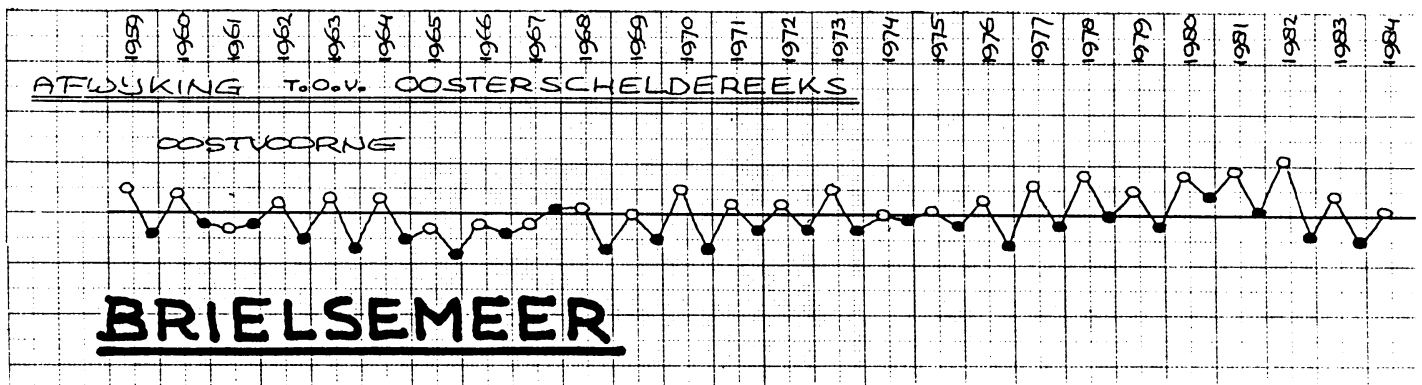
Figuur 32

Oosterscheldereeks vertonen hier een zelfde stijgende tendens als ook in figuur 23 tot uiting kwam, en behalve dat, ook een fors aantal onregelmatigheden.

Bij Vlissingen werden, zoals ook mocht worden verwacht (sterke getijstroom en "brakwatervorming", zie par. 3) geen temperatuurgradienten van enige betekenis waargenomen. De gradient te Bath is overwogen licht-negatief, hegeen goed samen kan hangen met koelwaterlozingen bovenstrooms. Overigens toont ook de gradient nogal wat (niet erg grote) onregelmatigheden.

Brielsemeer (fig. 33)

In het Brielsemeer hebben zich in de waarnemingsperiode geen waterstaatkundige veranderingen voorgedaan. Men merke op dat de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks desondanks een vrij onregelmatige jaarlijkse gang blijken te bezitten.



Figuur 33

Oosterschelde (fig. 34)

In figuur 34 blijkt men vooralsnog meer problemen dan klimaatveranderingen tegen te komen. Zoals mocht worden verwacht is alleen bij Loodijksegat een systematische en behoorlijk aantoonbare temperatuurgradient waargenomen. Bij Zierikzee werd nog nooit een gradient waargenomen. Dit weerspiegelt het grote getijvolume en de brakwatervorming aldaar. De gradient te Katseveer is ook klein en niet erg regelmatig. Bij dit station kan men trouwens moeilijk spreken van "gradient" omdat het zich helemaal achterin het restant van de Zandkreek bevindt.

Kijkt men om te beginnen even niet naar de jaren 1965-1968 en naar het station Yerseke, dan laten de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks van de drie overige stations redelijk regelmatige curven zien. Voor Loodijksegat zijn de voor dagelijkse gang gecorrigeerde Waterstaatsgegevens gepresenteerd, zodat voor laagwater en hoogwater aparte curven kunnen worden gegeven. Voor Loodijkstegat-laagwater krijgt men een zwakke zaagtand met cirkeltjes boven; voor Loodijksegat-hoogwater hetzelfde met dichte punten boven. Door vergelijking met de niet voor dagelijkse gang gecorrigeerde Oosterscheldereeks (= Loodijksegat LW en HW gemengd), ligt het zwaartepunt van de zaagtand-curve een weinig onder de nullijn. Verder zeewaarts gaande werden de curven steeds breder (in feite hetzelfde als men in fig. 26 en 27 te zien kreeg).

In tijdvak 1965-1968 wordt Loodijksegat-LW ineens maritiemer dan de Oosterscheldereeks en de HW-waarnemingen véél maritiemer dan de Oosterscheldereeks (nog steeds: Loodijksegat-gemengd en ongecorrigeerd). Het is een raadsel hoe deze uitkomst tot stand kwam. De verhouding van de aantallen HW en LW-waarnemingen kan in ieder geval nooit genoeg veranderd zijn om het daarmee te verklaren. Een andere verklaring zou gezocht kunnen worden in de verwerking bij Rijkswaterstaat. De gescheiden verwerking van HW- en LW-waarnemingen maakt namelijk dat men meer dan de helft van de gegevens moet aanvullen om de maanden compleet te krijgen. Men zou zich kunnen voorstellen dat in deze jaren, waarin (zie par. 3) tweemaal zoveel zoetwater via de Oosterschelde afvloeide als in de jaren daarvoor en daarna, iets misgegaan is met dit aanvullen

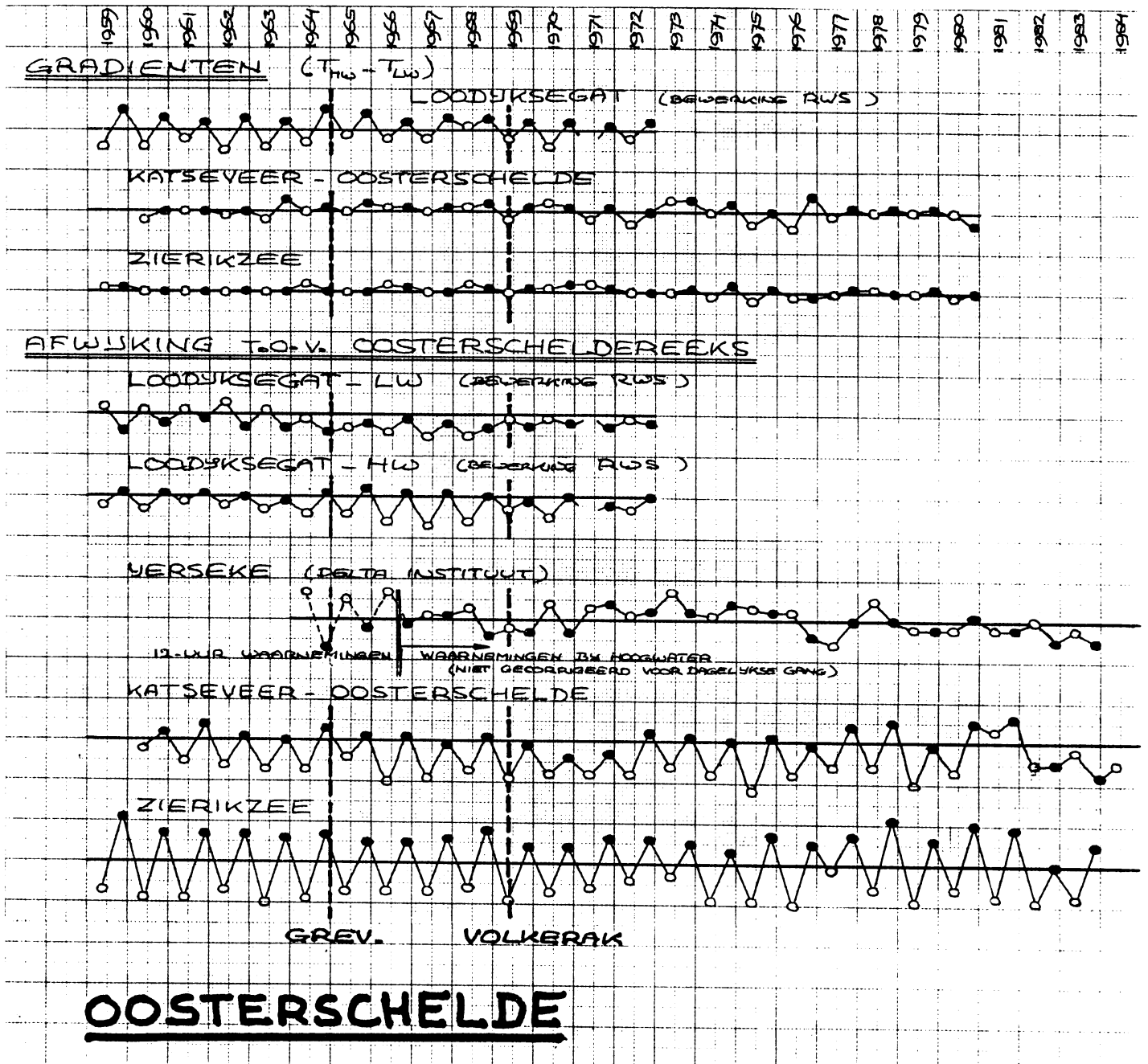
van de gegevens. Het station dat de aanvullingen leverde kan gestoord geweest zijn. Ook dit kan overigens moeilijk waar zijn, want geen enkel station in de buurt is in deze jaren maritiemer geworden dan in de tijd ervoor en daarna. Zelf zie ik geen kans nog andere oorzaken aan te wijzen, waarmee deze vraag dus verder open blijft.

Katseveer lijkt zich noch van de afsluiting van het Grevelingen, noch van de afsluiting van het Volkerak iets aangetrokken te hebben. Zierikzee lijkt in de jaren 1965-1968 iets minder maritiem te zijn geweest. Beide reeksen lijken na 1968 wat meer spreiding zijn gaan vertonen.

Daar een en ander keurig aansluit bij wat men op grond van de waterbewegingen zou mogen verwachten, wordt er hier voorlopig van uitgegaan dat de standaardreeks zelf (de op het KNMI bewerkte Loodijksegatwaarnemingen) homogeen gebleven is.

In Yerseke trad een bijzonder duidelijke "klimaatverandering" op toen men overging van 12h-waarnemingen bij de haven, op hoogwaterwaarnemingen bij de oesterputten.

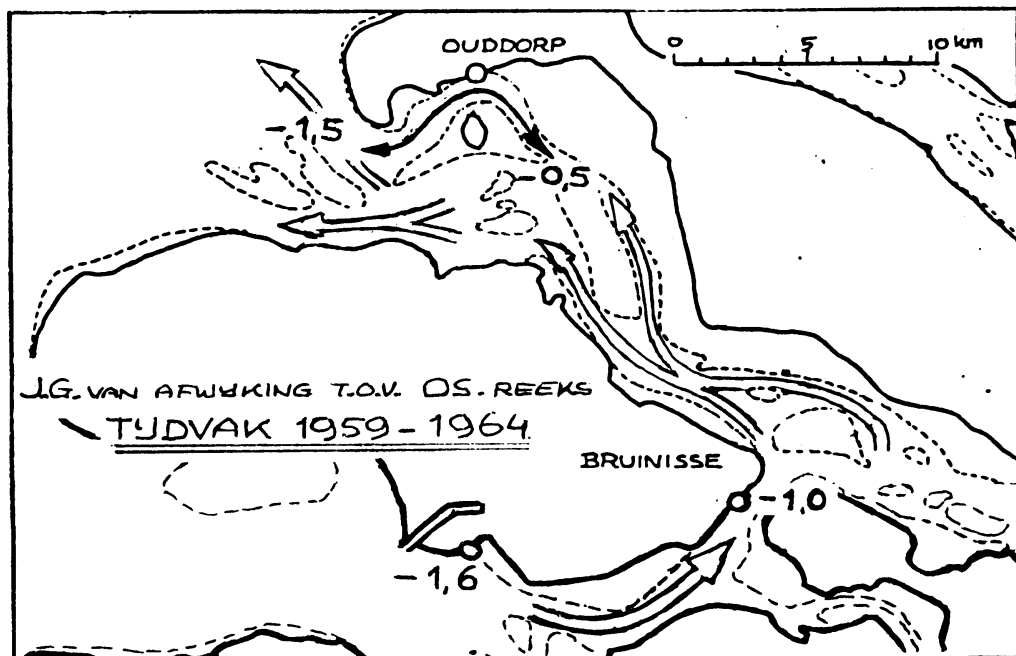
Het is erg jammer dat de reeks na die overgang nog zoveel spreiding vertoont. Was dit niet het geval geweest, dan was dit station een prima dekking voor de Oosterscheldereeks geweest.



Figuur 34

Grevelingen (fig. 38)

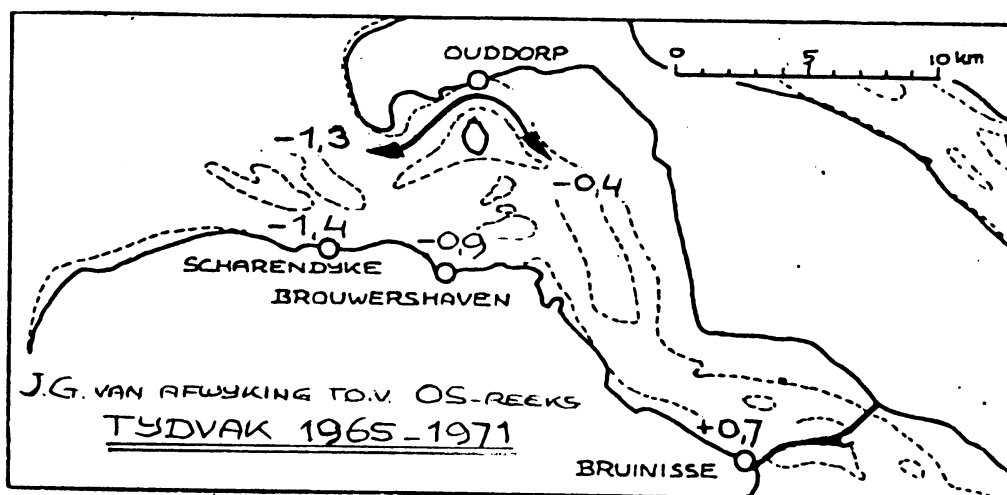
Vóór 1964 werd met het vloedoverschot van het Zijpe ongeveer 40 miljoen m^3 /getij aan Oosterscheldewater naar het Krammer gevoerd, vanwaar het via het Grevelingen afvloeide naar zee. Volgt men de stroomrichting, dan blijkt men Bruinisse "vóórin" het Grevelingen aan te treffen, en Ouddorp "achterin". De jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks (gemiddeld verschil van voorjaars- en najaarsgemiddelden) ziet men dan ook steeds minder negatief worden. Voor tijdvak 1959-1964 geldt Zierikzee - 1,6 °C, Bruinisse - 1,0 °C (beide dus iets lager dan in fig. 27) en Ouddorp tijdens laagwater - 0,5 °C. Gehinderd door de ondiepten voor de mond kon het zeewater tegen deze uitgaande stroom in niet blijvend in het Grevelingen doordringen. Hier ontstond een vrij smalle zone met grote gradient. Bij hoogwater is de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks - 1,5 °C, ofwel nog pas gelijk aan die te Zierikzee, dat van de koppen van de eilanden af gerekend toch wel heel wat verder naar binnen ligt. In figuur 35 is één en ander weergegeven.



Figuur 35

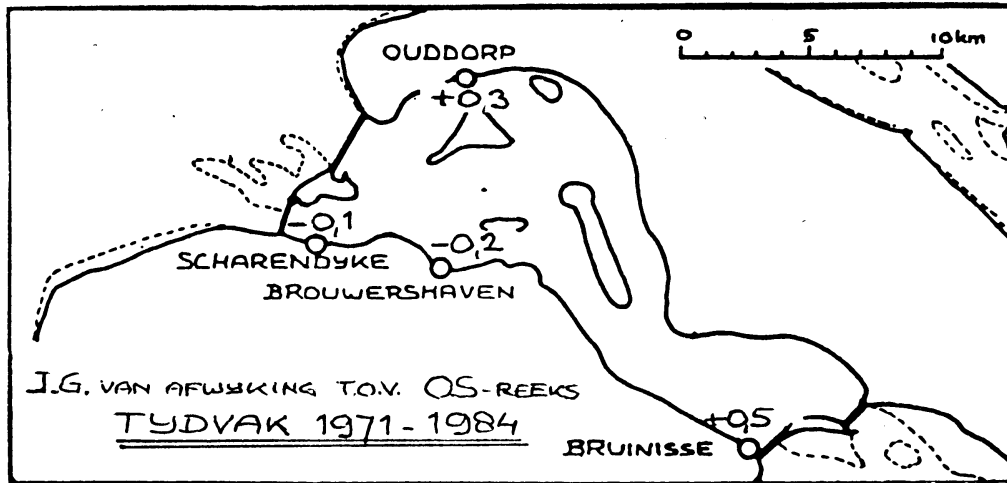
In december 1964 wordt de Grevelingendam gesloten. Het Grevelingen veranderde toen van een brakwater-rivier in een baai aan de Noordzee.

Hoewel de zoutgradient voor de mond van dit bekken verdween, veranderde de temperatuurgradient hier niet essentieel van grootte en plaats. Ook bleef te Ouddorp, dat sinds deze ingreep "voorin" de zeearm kwam te liggen, de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks vrijwel onveranderd. Bij Bruinisse, dat sedert 1965 "achterin" de zeearm lag, nam de jaarlijkse gang van de afwijkingen met ruim anderhalve graad toe tot + 0,7 °C. De twee jaar waarnemingen van de stations Scharendijke en Brouwershaven laten een beeld zien dat goed past bij $(HW + LW)/2$ te Ouddorp. In figuur 36 is de toestand 1965-1971 weergegeven.



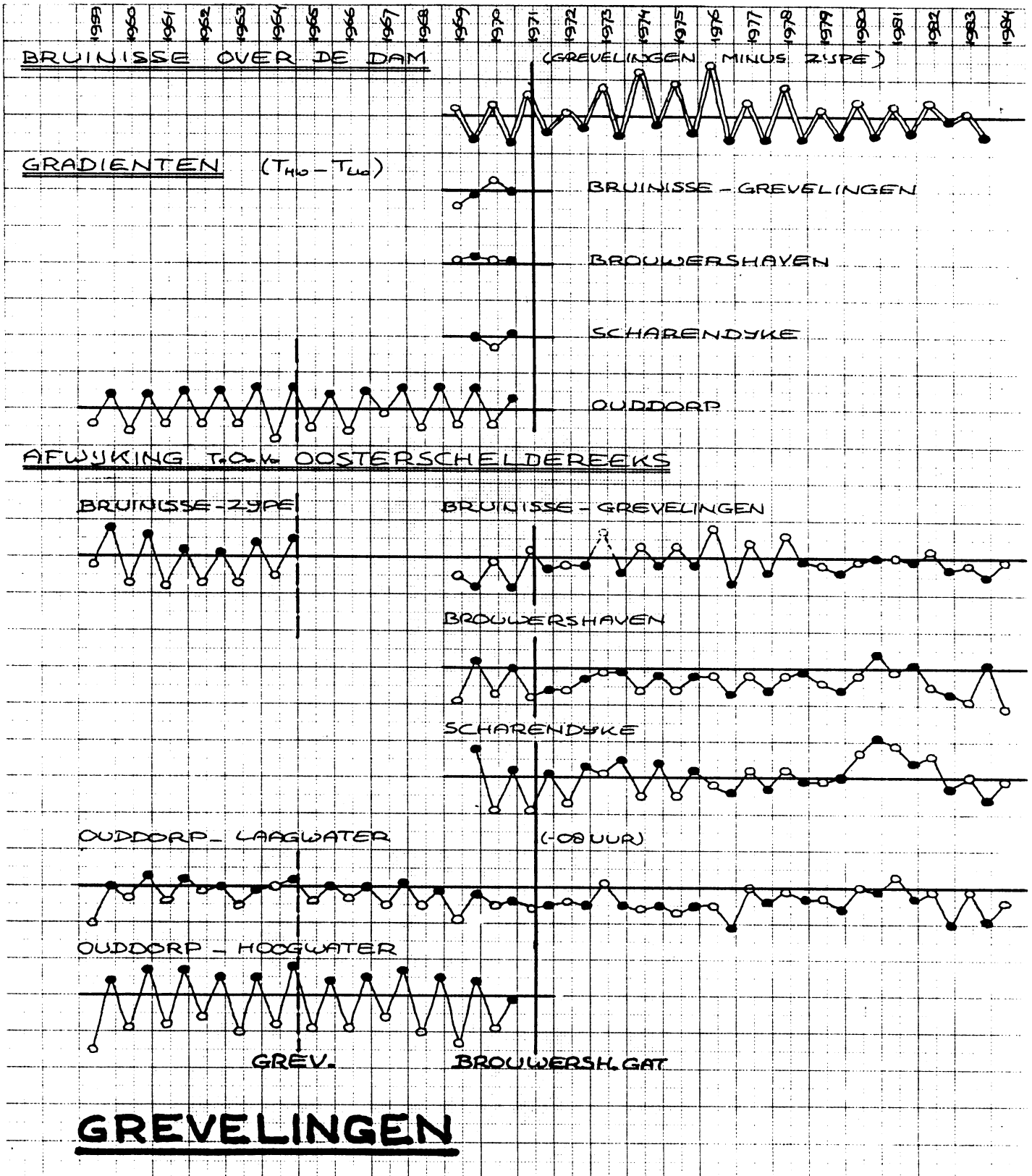
Figuur 36

Na afsluiting aan de zee kant in 1971 werd het Grevelingen een zout meer, en de watertemperaturen gingen een eigen leven leiden. Die te Bruinisse deden dat blijkbaar al, want die bleven gewoon gelijk aan wat ze waren (+ 0.7 en + 0,5 verschillen niet essentieel). Te Ouddorp, Scharendijke en Brouwershaven verdween echter alle invloed van zee, en nam de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks af tot bijna nul. Deze toestand, of beter gezegd de toestand van dit ogenblik is weergegeven in figuur 37.



Figuur 37

Ten opzichte van de oorspronkelijke toestand is de jaarlijkse gang dus overall groter geworden: Ouddorp-HW nam toe van $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (representeert het water vlak bij de dam), Ouddorp-LW nam toe van $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (representeert wat meer het midden van het bekken), en Bruinisse nam toe van $-1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Omdat het zoutgehalte maar weinig veranderde kwamen deze toenamen ongeveer half om half voor rekening van verhoging van de voorjaarsgemiddelden en verlaging van de najaarsgemiddelden.



Figuur 38

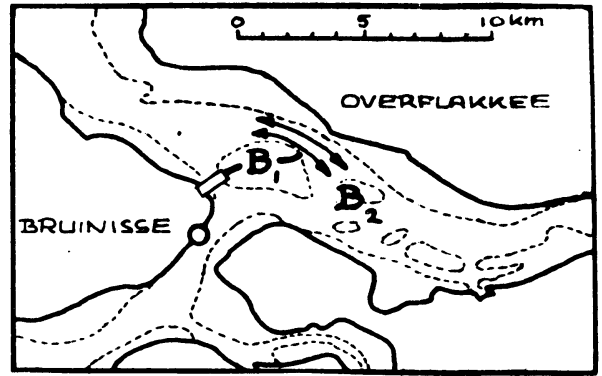
Volkerak-Zijpe (fig. 40)

Vóór 1964 (zie ook par. 3) had het Zijpe een vloedoverschot dat werd afgevoerd via het Grevelingen. Van 1965 tot 1969 had het een veel kleiner vloedoverschot dat werd afgevoerd via het Volkerak. In beide tijdvakken trad hier de sterkste "brakwatervorming" van het gehele Deltagebied op, d.w.z. dat gedreven door de zoutgradient een grote hoeveelheid zoetwater tegen het vloedoverschot in tot in de Oosterschelde dóórtrok. Na afsluiting van het Grevelingen verdubbelde tijdelijk de hoeveelheid zoetwater die in de Oosterschelde terecht kwam. Per april 1969, met de sluiting van de Volkerakdam, kregen Volkerak en Zijpe zoveel minder zoetwater te verwerken, dat de zoutgradienten die tot dan als aandrijving voor krachtige uitwisselingen gediend hadden grotendeels wegvielen.

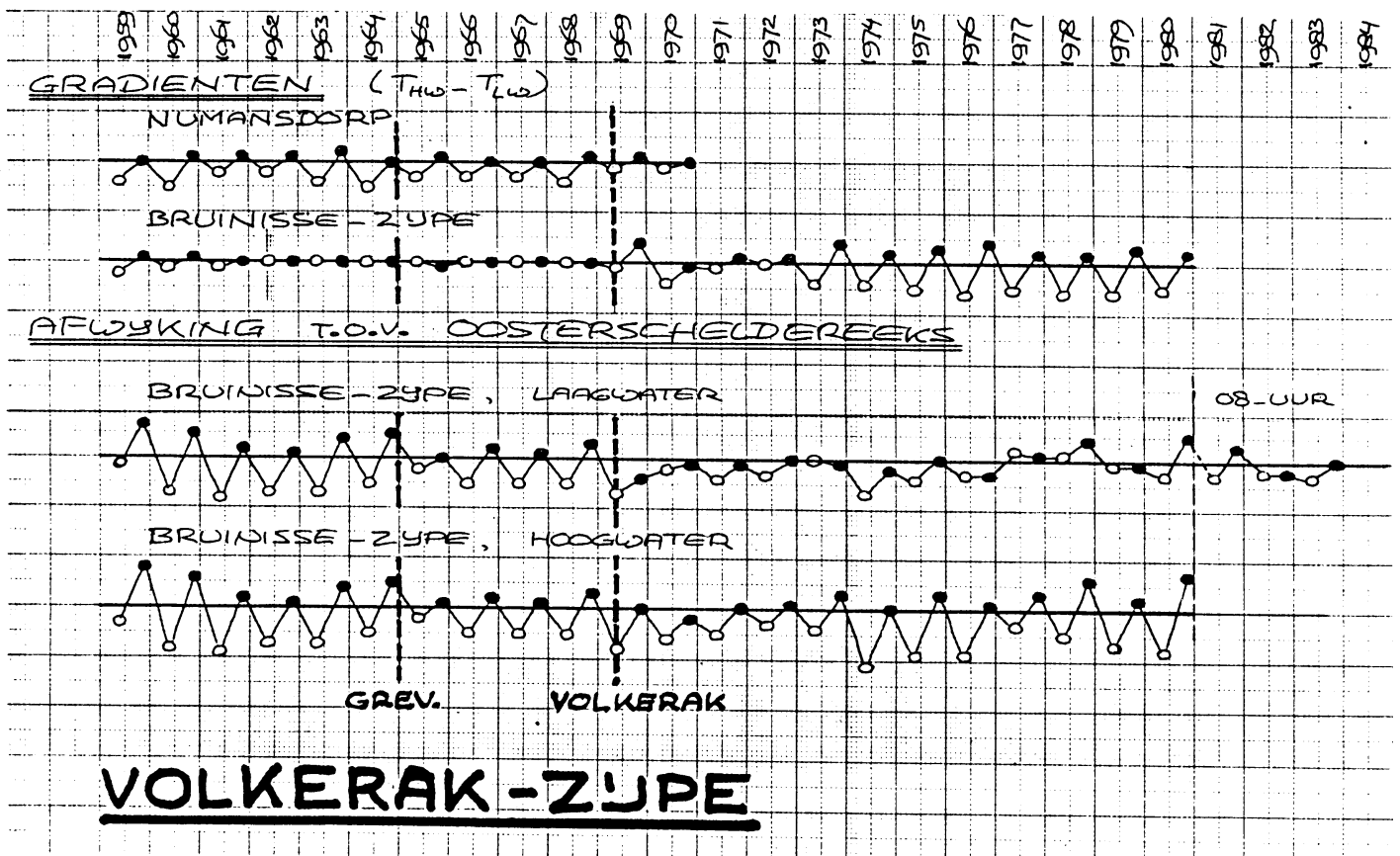
Parallel aan dit gebeuren ziet men met de sluiting van de Grevelingendam met de watertemperaturen te Bruinisse niet zo veel gebeuren. Gradient was er daar niet (véél te sterke zoet- en zoutwaterwisselingen). De afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks lijken in tijdvak 1965-1969 alleen een jaarlijkse gang te hebben vertoond die iets minder negatief was, hetgeen zeer wel samen kan hangen met de verdubbeling van de hoeveelheid zoetwater die naar de Oosterschelde afstroomde.

Na voorjaar 1969, met het grotendeels wegvallen van de zwaartekrachtstromen blijken zich ter hoogte van Bruinisse temperatuurgradienten te kunnen opbouwen die vóór die tijd niet voorkwamen. Op hetzelfde moment ziet men te Numansdorp eenzelfde gradient juist verdwijnen. Bij hoogwater lijken de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks wat meer spreiding te zijn gaan vertonen, maar verder bleven ze van gelijke grootte. Bij laagwater echter, blijken de watertemperaturen vrijwel gelijk aan die van de Oosterscheldereeks te zijn geworden.

De Grevelingendam werd niet ineens geheel gesloten, Het zuidelijk sluitgat bij Bruinisse ging al dicht in voorjaar 1962. Het gevolg van deze afsluiting is geweest (zie figuur 39) dat het zwaartepunt van het gebied waar de stromen uit de drie zeearmen gemengd werden, verplaatste van de plaat van Oude Tonge (B_1) naar een punt dat 5 km verder naar het oosten lag (B_2), waardoor het Volkerak blijkbaar "juist buiten het zicht" van Bruinisse kwam te liggen. Zwakke gradienten die voordien wél optraden kwamen na voorjaar 1962 niet meer voor.



Figuur 39



Figuur 40

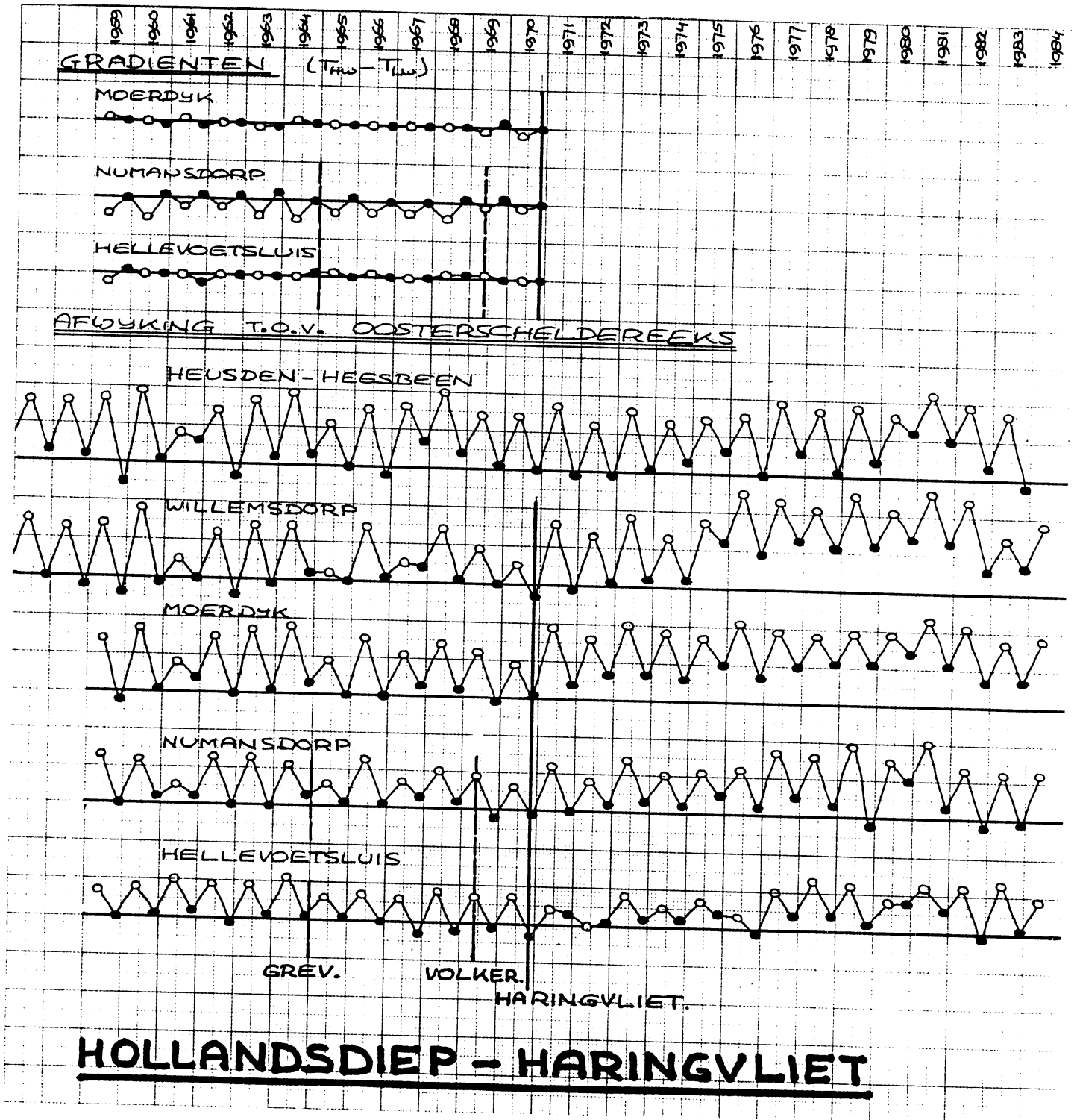
Hollandsdiep-Haringvliet (fig. 41)

In de oorspronkelijke toestand kan het Hollandsdiep met het Haringvliet gekenschetst worden als een zoetwaterrivier die zijdelings (vanuit het Volkerak) geïnjecteerd werd met zout water. Gehinderd door ondieptes vóór de mond kan het zeewater van het westen uit tegen de stroom in niet blijvend in het Haringvliet doordringen. Aan de gradient te Hellevoetsluis is te zien dat het zeewater dit meetpunt zelfs bij hoogwater niet bereikt.

Na afdamming van het Volkerak werd het Haringvliet definitief zoet, maar in het temperatuurregime is niet veel verandering te vinden. Het enige nog redelijk aantoonbare effect was dat de verschillen van de hoog- en laagwatertemperaturen te Numansdorp afnemen, wat al ter sprake kwam bij behandeling van het Zijpe.

Na de sluiting van de primaire dam bleef niets meer gelijk. De getijbeweging viel weg, de afvoerverdeling wijzigde grondig, en in Dortse Kil en Spui draaide de stroomrichting om. Bij lage afvoer staakt men het spuien zelfs en valt op het Haringvliet de stroom helemaal weg. Aan de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks valt van dit alles niet veel terug te vinden. De verschillen van voorjaar- en najaargemiddelden (zie fig. 27) bleven zich met nogal veel spreiding tussen 1,3 °C (Heesbeen) en 0,8 °C (Hellevoetsluis) bewegen. De belangrijkste verandering is hier echter dat door de afname van de afvoer van het Haringvliet, het water bij de stations Numansdorp en Hellevoetsluis een groot deel van de warmtelast kwijtraakt, en dat deze stations dus maar zeer ten dele meededen aan de algemene temperatuurverhoging van de jaren zeventig. Overigens komt dit in figuur 22 beter tot uiting dan in figuur 41.

Bij Numansdorp heeft zich vermoedelijk nog een aantoonbare verandering afgespeeld in februari 1959 bij sluiting van de dam tussen Overflakkee en de Hellegatsplaten. Dit moet namelijk tot gevolg gehad hebben dat het zwaartepunt van het menggebied op deze driesprong, van punt A in figuur 4, enige kilometers naar het oosten opschoof en vlak tegen Numansdorp kwam te liggen. Het begin van de waarnemingen valt echter samen met dit tijdstip.



figuur 41

Veersemeer (figuur 45)

Vóór 1960 bezaten Veerseгат en Zandkreek een goed ontwikkeld geulenstelsel met diepten tot 20 m. Het getijvolume in de mond van het Veerseгат was 140 miljoen m³/getij en in de Zandkreek bij Katseveer 15 miljoen m³/getij. Ergens binnen 3 km ter weerszijde van Wolfaartsdijk lag een "wantij", waar het water niet veel anders deed dan op en neer gaan. Hier komen ondiepten voor. De preciese plaats van dat wantij kon wat wisselen door windeffecten.

De grote moeilijkheid bij de interpretatie van de waarnemingen in deze zeearmen is dat ze pas in december 1959, d.w.z. nog geen vijf maanden vóór de eerste afsluiting begonnen zijn. Van de watertemperaturen in de open zeearmen zijn dus op zijn best niet meer dan een paar kenmerkende bijzonderheden bewaard gebleven. De figuren 42, 43 en 44 waarin resp. zijn gegeven de toestand vóór 1960 zonder dammen, die van april 60 - april 61 met alleen de Zandkreekdam, en die na april 61, de huidige toestand met twee dammen, zullen om die reden in omgekeerde volgorde behandeld moeten worden.

De eerste stap is dan niet zo ingewikkeld. In tabel 5 zijn voor Katseveer-buiten en de drie stations aan het Veersemeer gemiddelde waarde en spreiding van resp. voorjaars- en de najaarsgemiddelden uit figuur 34 en figuur 45 gegeven, en het gemiddelde verschil van die twee.

(22 jaar)	Afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks (°C)				
	Voorjaar		Najaar		Vershil
	gem.	σ	gem.	σ	gem.
Katseveer-OS (zie fig. 34)	-0,67	0,30	+0,03	0,34	-0,70
Katseveer-MZ	+0,86	0,26	-0,41	0,34	+1,27
Wolfaartsdijk	+1,02	0,41	-0,48	0,39	+1,50
Veere (zie fig. 45)	+0,42	0,28	-0,25	0,24	+0,67

Tabel 5

De afgeronde einduitkomsten, ofwel de gemiddelde jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks werden geplot in figuur 44. Omdat dit straks nodig zal blijken werd ook nog een schatting gemaakt van deze gemiddelde jaarlijkse gang voor een punt vlak achter de Veerseгатdam (werd gelijk gesteld aan Veere), en op een punt midden tussen Veere en Wolfaartsdijk (werd op + 1,0 °C geschat). Het is wel prettig dat de uitkomsten maar zo weinig afwijken van die in figuur 27, die op wat minder zorgvuldige wijze tot stand kwamen.

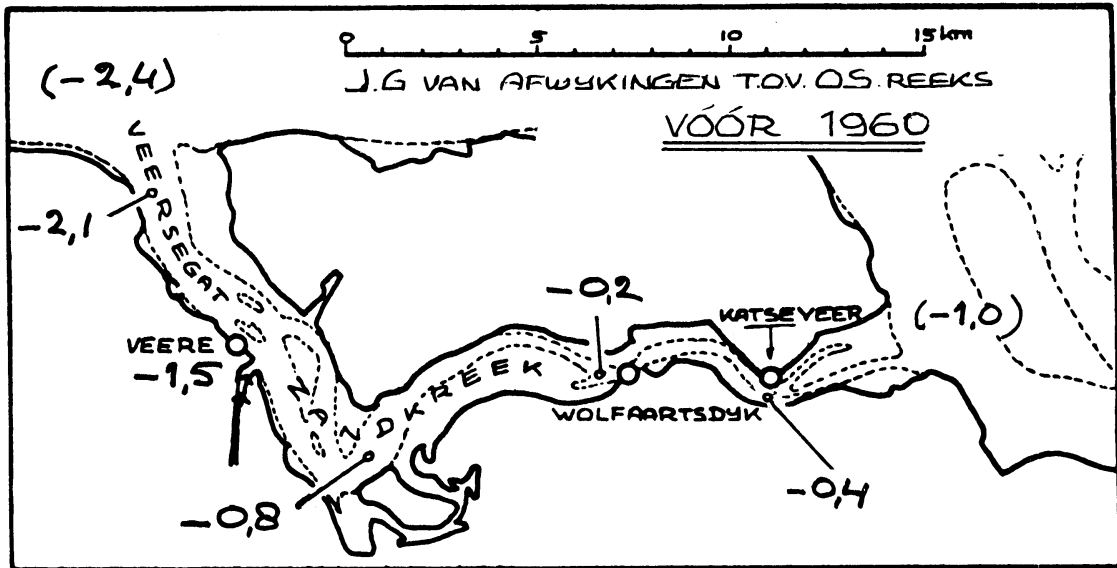
In april 1960 werd bij Katseveer, ongeveer midden tussen het wantij en de Oosterschelde de Zandkreekdam gesloten. Over de gevolgen van deze ingreep op de watertemperaturen kan men stellen dat die niet alleen het grootste, maar ook direkt meetbaar moeten zijn geweest ter plaatse van de dam. Uit figuur 45 kan men aflezen dat die verschillen klein bleven. Bij Katseveer-Oosterschelde moet de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks zich meteen ingesteld hebben op de waarde die ook daarna gold. Dit is + 0,7 °C. Figuur 34 (één na onderste curve) spreekt dit niet tegen. De temperatuurverschillen over de dam bleven dit jaar zeer klein. Na wat de Grevelingendam in de jaren 1965-1969 op dit punt liet zien (zie fig. 38) mag zelfs gezegd worden dat de verschillen over de Zandkreekdam verbazend klein bleven. Zouden we de waarnemingen van Katseveer-Meerzijde moeten geloven (fig. 45), waar de jaarlijkse gang van de afwijkingen dat jaar 0,2 °C geweest is, dan zouden de temperatuurverschillen over de dam een jaarlijkse gang van 0,5°C moeten hebben getoond. En daar dit er met enige welwillendheid nog van gemaakt kan worden ook (voorjaar 1961 meenemen en verschil naar boven afronden), lijkt het het beste om het hierop maar te houden, dus: Katseveer-Oosterschelde - 0,7 °C en Katseveer-Meerzijde - 0,2 °C.

Het getijvolume van het Veerseгат moet na de afdamming van de Zandkreek ongeveer 10% gegroeid zijn, en er moest via dit zeegat ook wat meer warmte uitgewisseld worden dan voordien. Men mag dan aannemen dat de toestand te Veere vrijwel ongewijzigd bleef. Bij de hoogwaterwaarnemingen lag de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks dus blijkbaar in de buurt van - 2,1 °C, bij de laagwaterwaarnemingen bij iets als - 0,8 °C en dus gemiddeld $(HW + LW)/2$ bij - 1,5 °C. Gaat men uit van de middenstand, dan moet het water dat bij HW voor Veere komt te liggen nabij het tracé van de Veerseгатdam

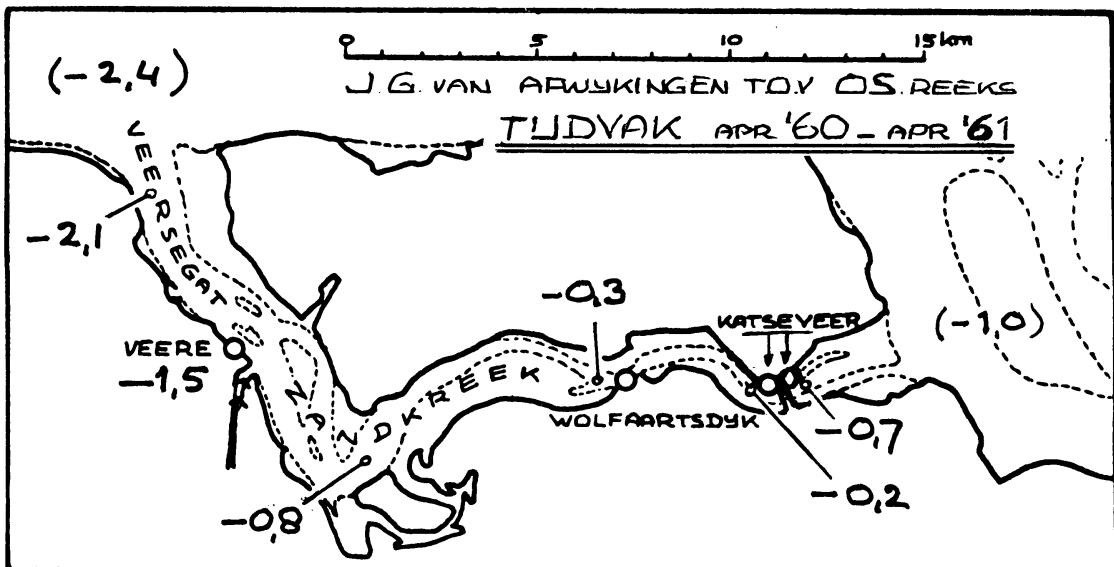
gezocht worden, en het water dat bij LW voor Veere komt te liggen ergens halverwege Wolfaartsdijk. De drie gevonden jaarlijkse gangen werden geplot in figuur 43 en in figuur 42. Het is aardig om nu even terug te kijken naar figuur 27. De jaarlijkse gang van de afwijkingen te Vlissingen ($- 2,4$ °C) zal niet alleen gelden voor de mond van de Westerschelde, maar ook voor die van de Oosterschelde. Dit past uitstekend bij de gevonden waarde van $- 2,1$ °C voor mond van het Veersegat. De waarde $- 0,3$ °C die in figuur 44 ingevuld werd bij Wolfaartsdijk is geschat. Deze moest kleiner (meer negatief) zijn dan die te Katseveer en groter dan de waarde $- 0,8$ °C bij het Sloe. Hij past niet goed bij figuur 45, maar men kan zich troosten met de gedachte dat deze reeks de meeste spreiding vertoont (zie tabel 5).

Kijkt men nu naar de toestand vóór 1960 (fig. 42), dan is het redelijk om te stellen dat de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks in de open Zandkreek bij Katseveer midden tussen $0,7$ °C en $0,2$ °C (zie fig. 43) gelegen kan hebben. Men komt dan uit op $- 0,4$ °C. Die voor Veere werden al ingevuld, en die voor Wolfaartsdijk mag verwacht worden bij ongeveer $- 0,2$ °C gelegen te hebben.

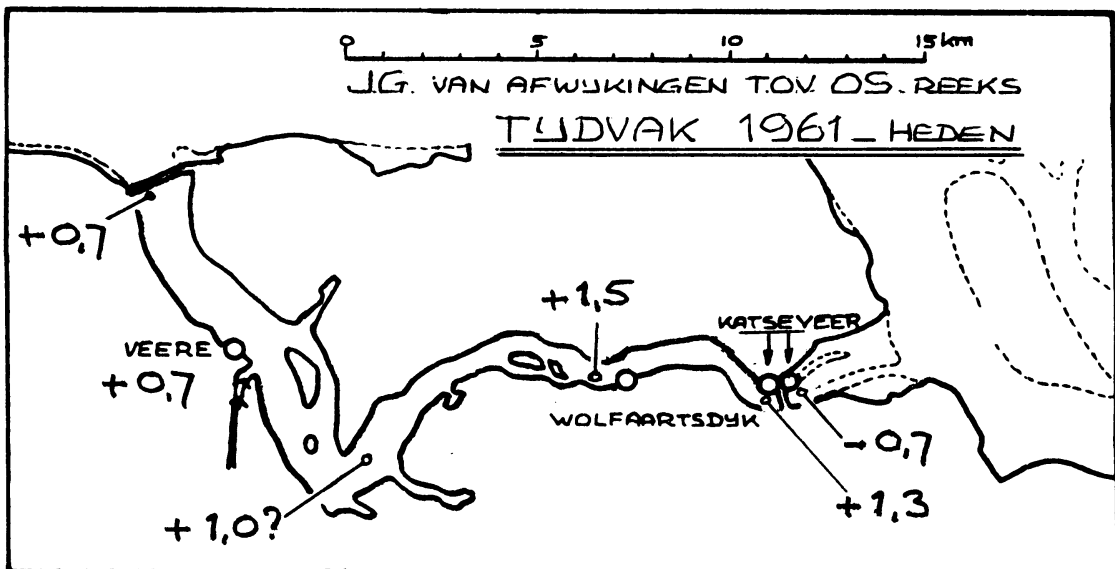
Met deze reconstructie zal men het moeten doen. Het is wel leuk om de figuren 42, 43 en 44 nu eens te vergelijken. Het leggen van de Zandkreekdam zou alleen helemaal achterin de Zandkreek een zeer geringe invloed op de watertemperatuur gehad hebben. Na de sluiting van het Veersegat nam de jaarlijkse gang van de afwijkingen t.o.v. de Oosterscheldereeks in het gehele Veersemeer toe. Ten opzichte van de oorspronkelijke toestand zou de toename in de Zandkreek $+ 1,7$ °C, vóór Veere $+ 2,2$ °C en vlak achter de Veersegatdam $+ 2,8$ °C bedragen hebben. De voorjaarsgemiddelden werden hoger en de najaarsgemiddelden lager. Neemt men in aanmerking dat het water na de afdamming ook zoeter geworden is, dan moet de toename van de voorjaarsgemiddelden ($1,0$ °C à $1,6$ °C) groter geweest zijn dan de afname van de najaarsgemiddelden ($0,6$ °C à $1,2$ °C). De waarnemingen lijken dit te bevestigen.



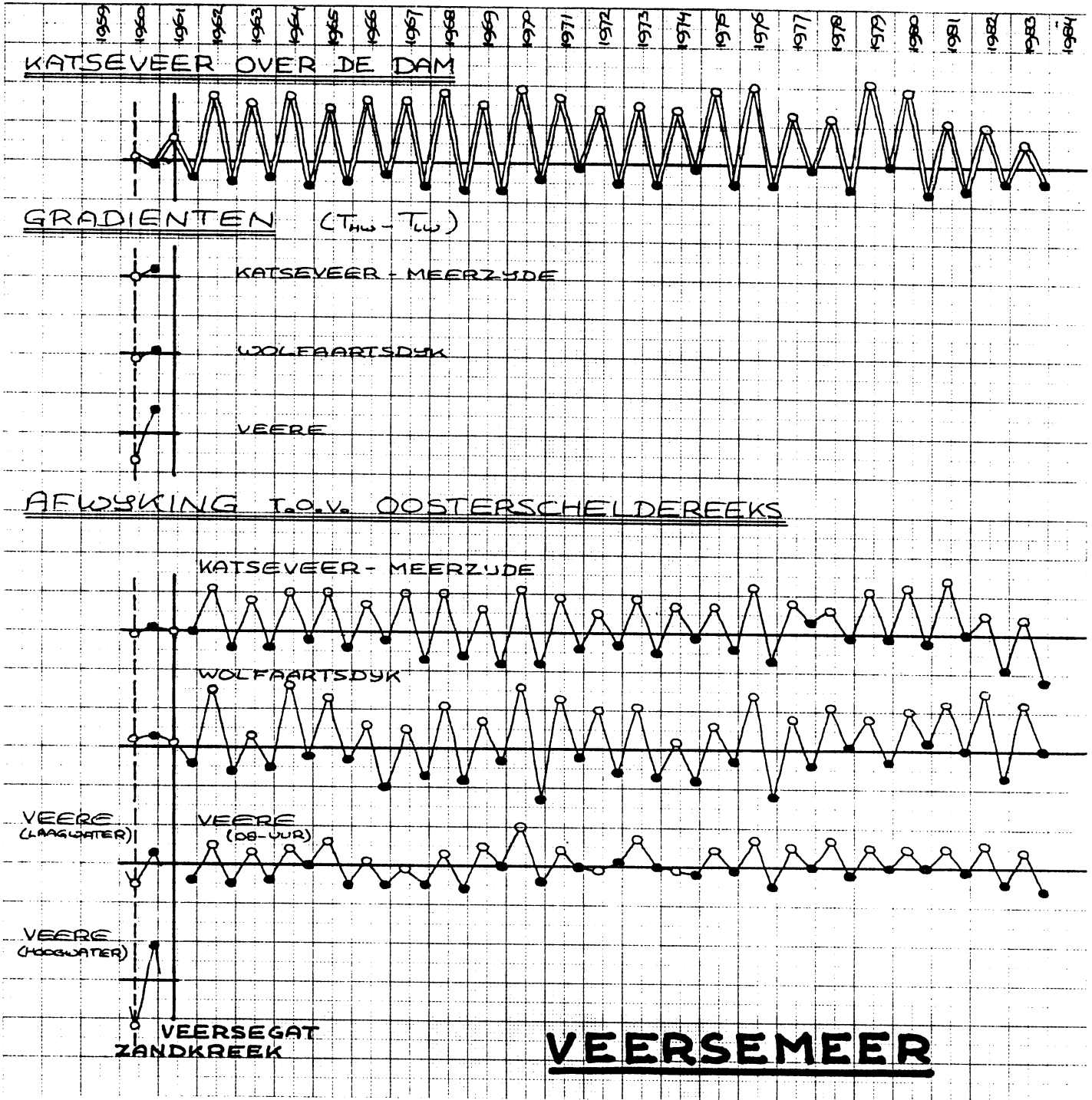
Figuur 42



Figuur 43



Figuur 44



Figuur 45

Het is nu 24 jaar geleden dat het Veersemeer met de afsluiting van het Veersegat zijn bestaan begon. De reeksen 08 h-waarnemingen zijn daarmee ook allang boven het stadium van "korte reeks" uitgekomen. Een van de kwaliteiten van dit soort langere reeksen is dat men meer zicht krijgt op de spreiding ervan. Bezieet men de afwijkingen to.ov. de Oosterscheldereeks (en tabel 5), dan blijkt die spreiding niet gering te zijn. ook het onderling verband van de (langzamerhand met minder wantrouwen bekeken) "uitbijters" op de verschillende meetpunten is soms aanwezig, maar soms ook helemaal niet aanwezig. Legt men daar de figuren 33, 38 en 41 naast, dan blijkt dit ontstaan van wanorde één van de vaste bijverschijnselen te zijn van de afdammingen. Het ligt zeer voor de hand dat dit samen zou kunnen hangen met toename van de gelaagdheid in water waaruit de getijstroomen wegvielen. Hierover kunnen anderen u meer vertellen. Het doet me veel genoegen om "de rails" hier te kunnen vastschroeven aan twee KEMA-rapporten (profielonderzoek IJsselmeer) en een aantal rapporten van de Universiteit van Amsterdam (profielonderzoek in de Maarsseveenseplassen) die precies op dit punt beginnen, en die u van hieruit nog een heel eind verder voeren.

- EINDE -

8. Klimatologische gegevens dienen te worden beschouwd als een onderdeel van 's lands rijkdom

Guide to Clim. Pract. pag. IV.3

Met de samenstelling van het watertemperatuurverslag is het eerst twee keer misgegaan. Toen het voor de derde keer klaar was schoot er op het RIVO een kelderkast open, waaruit 500 stationjaar vergeten waarnemingsmateriaal tevoorschijn kwam, later nog eens aangevuld met een kleine 100 stationjaar waarnemingen uit de Oosterschelde. Daar dit materiaal twee standaardreeksen bleek te bevatten waar deerlijk gebrek aan was, mag dit bijna "strategisch materiaal" genoemd worden. Zo kon met dit werk voor de vierde keer van voren af aan overnieuw begonnen worden. Deze laatste ronde heeft in totaal acht verslagen opgeleverd (zie opsomming inleiding, plus dit verslag). De gezamenlijke kosten kwamen daarmee op rond 8000 uur te staan. Kort gezegd diende deze inspanning om van twee en een half duizend stationjaar onbekeken en deels ontoegankelijke waarnemingen, twee en een half duizend stationjaar bekeken en toegankelijke waarnemingen te maken. Het is zeker verantwoord hier een poging te wagen om aan te tonen dat het om een kostbaar stuk maatschappelijk bezit gaat. Tabel 6 kan een eerste indruk geven van de omvang van dit materiaal.

	statjr.	aant. waarn.	tijd/wn	man-uren
Visserijonderzoek (RIVO) (watertemp en zout)	600	400.000	6 min	40.000
Lichtschepen (Loodswezen) (watertemp, soms zout)	370	950.000	2 min	30.000
Meetreeksen KNMI/RWS	1600	650.000	3 min	30.000

Tabel 6

De in tabel 6 ingevulde tijden voor één waarneming zijn beslist geen hoge schattingen. Een zo massieve consistentie van het gehele waarnemingsmateriaal als in het voorgaande tot uiting komt, kan namelijk onmogelijk tot stand komen wanneer niet het overgrote deel van de waarnemers hun taak altijd zeer serieus opgevat zouden hebben. De waarnemers van het RIVO moesten allemaal in getij-

water waarnemen. Bij laagwater is het dan voor sommige waarnemers een hele toer om bij de stroom te komen. Bovendien moesten ze in het opgeschepte water een lastige gecombineerde temperatuur en zoutmeting verrichten. De waarnemers aan de binnenwateren hebben het in de meeste gevallen veel gemakkelijker gehad. Toch geldt ook hier, dat alleen de waarneming zelf, wanneer hij geduldig en met zorg uitgevoerd wordt, al bijna de opgegeven tijd vergt. De mensen van het Loodswezen woonden bovenop hun werk, en moeten er per waarneming de minste tijd aan kwijt geweest zijn. Zij hebben echter met elkaar bijna de helft van het totale aantal waarnemingen voor hun rekening genomen. Het doel van tabel 6 is slechts om te laten zien dat men zo al op een totale investering van 100.000 manuur terecht komt.

De hoeveelheid werk die aan de waarnemingen besteed werd zegt overigens in feite nog niets over de waarde van die waarnemingen. Een vrij beschamend voorbeeld is dat we de waarnemers van Den Helder dertig jaar lang (1860-1890, zie blz 37) driemaaldaags de watertemperatuur in een tonnetje zoutwater en een tonnetje zoetwater hebben laten meten. Dit leverde ~~een~~ prachtige en goed verzorgde reeksen op, maar het ziet er thans AD 1985 nog steeds niet naar uit dat iemand die waarnemingen ooit nog eens uitvoerig zal gaan bewerken.

De werkelijke waarde van de twee miljoen waarnemingen in de Nederlandse wateren moet eerder gezocht worden in de wijze waarop we er gezamenlijk in geslaagd zijn om met die waarnemingen de kennis van een veranderende werkelijkheid vast te houden over een tijdsverloop van een eeuw. Welnu, in dit verslag geluisterd hebbend naar wat die waarnemingen allemaal te vertellen hebben, kan alleen nog maar geconcludeerd worden dat dit meetnet al die tijd voortreffelijk zijn werk gedaan heeft. We mogen daar als land best trots op zijn.

Waarnemingen hebben iets onvergankelijk in zich. Voor dit verslag, dat alleen maar wat commentaar op die waarnemingen geeft, geldt dat bijvoorbeeld niet. Over een jaar of wat, wanneer de één of andere slimmerik met een goed werkend afvoer-zout-temperatuur-weer-gelaagdheidsmodel voor de dag komt, is het verouderd en merkt op z'n best nog eens iemand vriendelijk op: "Grappig dat ze dat toen ook al bijna dóór hadden". Over de waarnemingen zelf zal men echter heel anders blijven spreken. Ook voor hen vormen deze de hele basis van hun werk. Voor alle generaties die na hen komen blijft gewoon hetzelfde gelden. Goede waarnemingen blijven om die reden tot in lengte van dagen hun

waarde behouden;

... tenminste, zolang ze er nog zijn. Waarnemingen blijken uit zichzelf bepaald niet het eeuwige leven te bezitten. Vooral zolang ze nog in enkelvoud verkeren zijn er beslist goede "mens-bewaarders" nodig om op die waarnemingen te passen. Waarnemingen die tot heden nog in dit gevaarlijke stadium zijn blijven steken zijn er in groten getale. Dat de hele zaak nu bewerkt is, en nu dus alle maandgemiddelden een stadium van gezamenlijk veelvoud bereikt hebben, dat doet nog niets af van de waarde van de originele (maand-)lijsten met de dagelijkse waarnemingen. Een zuur voorbeeld geldt de waarnemingen 1858-1885 van Noordhinder. Ze werden door Van der Stok voorbeeldig bewerkt. Alleen berekende hij voor de watertemperatuur geen maandgemiddelden. De reeks was eerst 3 x daags, toen een jarenlang hiaat, en daarna 6 x daags. Nu kunnen de maandgemiddelden niet meer worden berekend want de journaals zijn verdwenen. Was dit niet het geval geweest, dan had bijlage 2 van WR 84-4 nog zes bladen verder terug kunnen lopen, hetgeen in dit geval dan ook nog een aanvulling op, en bevestiging van de waarnemingen van Den Helder had ingehouden. Eeuwig jammer! De reeksen die momenteel nog in dit stadium van eenzaam enkelvoud verkeren, maar dit moment nog aanwezig zijn, zijn de volgende:

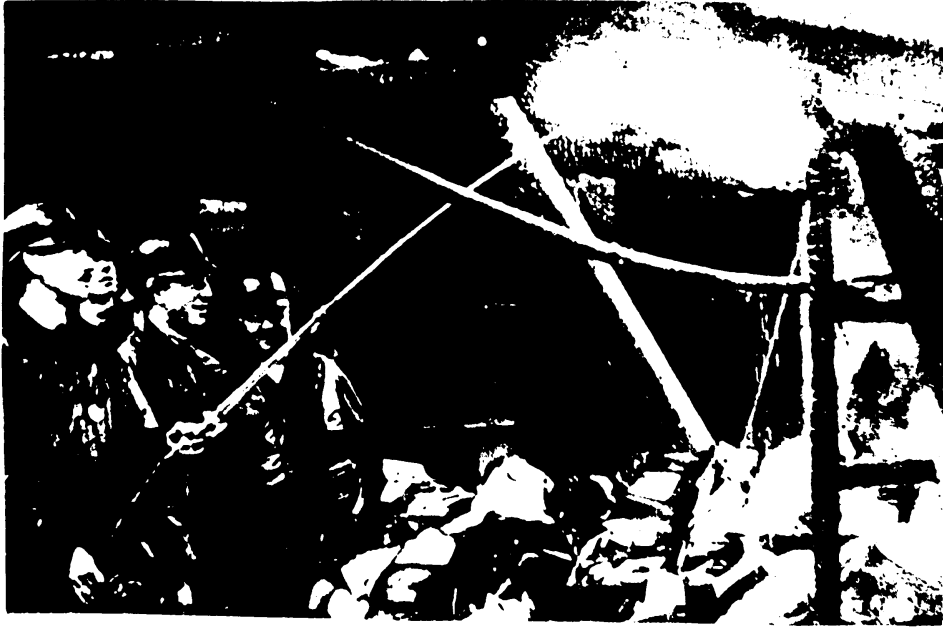
Stations	Tijdvak	Plaats
Den Helder	1860-1903	KNMI
Lichtschepen	1886-1910	KNMI
Alle RIVO-stations (waaronder Den Helder)	1918-1981	Alkmaar (zie ref)
Kraggenburg	1908-1919	RWS-WaWa
Venlo, Boxmeer, Gennep	1908-1948	RWS-WaWa

Tabel 7

Alle waarnemingen voor het Visserijonderzoek 1894-1918 zijn volledig gepubliceerd. De lichtschipwaarnemingen na 1910 en alle resterende gegevens van het meetnet van watertemperatuurstations van KNMI en Rijkswaterstaat staan wèl beschermd en wèlgedekt op schijf bij KNMI en RWS-WaWa. Alle waarnemingen Loodijksegat 1936-1982 kregen een dekking in de vorm van een complete copie op

microfilm. Van Den Helder 1947-1972 liggen afschriften op KNMI en RWS-WaWa, en volledigheidshalve, van Den Helder 1900-1932 ligt nog een afschrift bij RWS-Huisduinen.

Een beetje beveiliging is echt wel goed besteed aan deze waarnemingen. Ze blijken namelijk zo af en toe bepaald wel een roekeloos bestaan te leiden: Een voorbeeld betreft het KNMI, dat in 1932 (in de crisistijd) met veel moeite gedaan had weten te krijgen dat er een centrale verwarming zou worden aangelegd, daar het stoken van losse kacheltjes op den duur veel te veel gevaar voor brand zou geven. Welnu, 4 oktober 1932 om 9 uur Amsterdamse tijd vloog de zolder waar het hele archief was ondergebracht in brand, omdat men bij de aanleg van het pijpenstelsel, buiten de in het bestek gestelde voorwaarden nogal druk met snijbranders en lasapparaten werkte. Het KNMI had echter het geluk dat één van haar ambtenaren tevens brandweercommandant van De Bilt was. Hij sloeg onmiddellijk alarm en men ging er daarna meteen met de brandslang op af, maar door "een verstikkenden rook van brandend papier" kon men aanvankelijk weinig uitrichten. Even later arriveerden de brandweren uit De Bilt, Bilthoven en Utrecht, en opgewekt door het veelstemmig koor van sirenes en een prachtige rookpluim kwamen ook nog "talrijke vrijwilligers" uit het dorp binnenhollen die allemaal meteen aan het werk gezet werden. De brand kon beperkt worden tot de zolder. De kap werd grotendeels vernield. Echte instortingen konden evenwel worden voorkomen. De verdiepingen onder de brand, die in snel tempo ontruimd werden, kregen alleen wat waterschade aan de stoffering. Na de brand trof men op zolder een onbeschrijfelijke bende aan die voorzichtig uit elkaar werd gehaald. Men is drie maanden bezig geweest met het opnieuw ordenen van het archief, en met het zoveel mogelijk herstellen van de schade. Deze bleek verbazend mee te vallen omdat goed gestuwde rijen boeken en gebundelde registraties alleen oppervlakkig brandbaar zijn. De werkelijk onvervangbare verliezen bleven beperkt tot een gering deel van het archief van diagrammen van Den Helder. Overigens hebben ook de journalen van de lichtschepen (vanaf 1910 nog onbewerkt) er warmpjes bijgelegd. De jaargang 1930 van Noordhinder en van Schouwenbank werden zo beschadigd dat ze opnieuw ingebonden moesten worden. De eerste tien bladen van beide journalen zijn, hoewel ze helemaal bruin verschroelden en vrij bros werden, nog intact en goed leesbaar gebleven. Verder komt men bij deze en voorafgaande jaargangen nog meer of minder stevig aangebrande hoeken en verbrande ruggen tegen, en veelal duidelijke waterschade langs de onderrand.



Figuur 46 Ingezakte stelling met berg archiefmateriaal.
Best mogelijk dat de Lichtschip-journalen op
deze foto staan.

Een tweede bedreiging was in januari 1945. Toen werden 20.000 scheepsjournalen uit de periode 1840-1940 met de 8.000.000 ponskaarten die daaruit vervaardigd waren door de bezetter weggehaald en naar Duitsland afgevoerd. Na de oorlog vond men de 8.000.000 ponskaarten terug in een U-bootschool te Neustadt. In februari 1946 werden ze terugontvangen. De journalen zijn nimmer teruggevonden. Er bestaan vage aanwijzingen dat ze vervoerd zouden worden naar Greifswald (thans Russische zone). De lichtschipjournalen (nog steeds: vanaf 1910 onbewerkt) ontsprongen deze dans. Men heeft nooit de moeite genomen om daar een verslag van te maken; mogelijk had men te veel de pest in over al het andere verdwenen materiaal. Nu kon men in die dagen veel beter niet dan wèl van dergelijke zaken afweten, met het gevolg dat niemand alles wist. Veel van die mensen zijn allang overleden. Thans is van deze onderneming niet veel meer te achterhalen. Vast staat alleen, dat toen men ging vermoeden dat er van de zijde van de bezetters verkeerde belangstelling ging ontstaan, een paar van onze mensen ook heel verkeerde gedachten begonnen te krijgen. Of men het met een boerenkar deed, of dat men er brutaalweg een auto voor liet rijden weet niemand meer, maar de lichtschipjournalen, tezamen met een stel andere (meest zeer oude) journalen verdwenen met de Noorderzon. Na de oorlog kwamen ze weer tevoorschijn uit een werfkelder in Utrecht.

Het op een haar na verloren gaan van goed waarnemingsmateriaal kan ook minder grof in zijn werk gaan:

In 1954 wilde men op de weerdienst, in verband met mistverwachtingen voor Noord-Nederland, kunnen beschikken over geregelde waarnemingen van de watertemperatuur in de Waddenzee. Den Helder kreeg opdracht om dagelijks bij hoogwater en laagwater (later alleen bij laagwater) de watertemperatuur te meten en die dóór te bellen naar De Bilt. In de weerkamer werden deze gegevens met nog een paar andere watertemperaturen dagelijks bijgeschreven in een schriftje. Als het schriftje vol was gooide men het weg en begon men in een nieuw schriftje. In 1978 "lekte" het bestaan van deze gegevens uit buiten de weerdienst. Na informeren in Den Helder bleek de bewaarder hier al die tijd klaarwakker gebleven te zijn. Vanaf 1947, toen hij hoofd van de dienst in Den Helder werd, had de heer Tabeling van alle waarnemingen die daar waren verricht, op de dienst een afschrift achtergehouden. Hierdoor is het enige reeksdeel in Nederland bewaard gebleven, waarbij zowel bij hoog- en laagwater als om 08-uur was waargenomen.

Laatstgenoemde 08-uur waarnemingen, uitgevoerd voor het RIVO in IJmuiden bleken de weg te wijzen naar nog eens 600 stationjaar waarnemingen die sedert de dertiger jaren helemaal in de vergetelheid geraakt waren. Hiervoor blijkt zelfs een simpele en vaak met succes toegepaste techniek te bestaan: Toen het Rijksinstituut voor Hydrologisch Visserijonderzoek te Den Helder in de veertiger jaren werd verplaatst naar IJmuiden, waar het opging in het RIVO, had men bibliotheek en archief netjes overgedragen. Het voorraadje oude waarnemingen had men echter onder eigen beheer gehouden. Men borg ze op in een stevige kelderkast. En omdat er daarna geen mens ooit meer naar die waarnemingen gevraagd had, was het na verloop van een jaar of dertig erg stil geworden rond die kast. Het vinden van de laatste mensen die die waarnemingen nog wisten te liggen is geen geringe opgave geweest. Toen het eindelijk zover was, was het wèl erg prettig om te merken dat er ook hier mensen moeten zijn geweest die goed op de waarnemingen gepast hebben, want -voorzover het hun standaardstations betreft- kwam er een volmaakt compleet en zeer redelijk bewerkt stuk waarnemingsmateriaal te voorschijn, bestaande uit watertemperatuur en zoutgehalte waarnemingen van Den Helder en een aantal andere stations. Hoewel vergelijking met Den Helder aan het licht bracht dat er af en toe thermometers met verlopen ijkingen gebruikt waren, bleek dit materiaal toch uitermate bruikbaar en belangrijk te zijn.

Nu kan men, zoals hiervóór bleek, met bewerkte waarnemingen direkt "in gesprek treden". Ze laten dan per ommekeer zien wat ze waard zijn. Onbewerkte waarnemingen kunnen dit niet, en hebben dan ook geen enkel verweer tegen een te laag aanzien, met alle gevolgen van dien:

In de zeventiger jaren was een reeks bij hoog- en laagwater verrichte temperatuur en zoutgehaltewaarnemingen 1921-1939 uit de Oosterschelde tevoorschijn gekomen (dissertatie Korringa). De waarnemingen waren verricht door de Visserijpolitie. Daar het gewenst was om een paar vreemde waarden nog eens na te trekken werd een speurtocht opgezet naar de originele gegevens van deze reeks. In juli 1981 tenslotte terechtkomend bij de inspecteurs G. Zondervan (gepensioneerd) en C.F.F. Vermeirssen (dienstdoend), kreeg ik tot mijn stomme verbazing te horen dat die waarnemingen nog steeds verricht werden en dat men nog afschriften van voorgaande jaren aan boord had. Dit bleek te bestaan uit een 10 cm dik stapeltje schoolschriften die "vanaf heden" helemaal terug liepen tot in november 1936. Uit de overlap met de reeks van Korringa bleek dat het daar inderdaad om dezelfde waarnemingen ging. Oorlogshiaten had de reeks bijna niet. Voor mei 1940 en oktober 1944 moet men precies weten wanneer daar gevochten is om ze terug te kunnen vinden. Het enige was dat er twee schriftjes zoekgeraakt waren. Dit kon echter gerepareerd worden met waarnemingen van het KNMI-station te Bath. De waarnemingen bleken te worden verricht op verzoek van het RIVO. Men stuurde daar elke-zoveel-tijd een afschrift naar toe. Daar werd er onder dankzegging gebruik van gemaakt, waarna ze (opgeruimd staat netjes, zelfde motief en zelfde stijl als bij onze eigen veerdienst, zie vorige blz.) werden weggegooid. Naar eerst thans blijkt, heeft men daarbij over het hoofd gezien dat men deze meting heeft laten verrichten op zo ongeveer de best mogelijke lokatie van het hele land. Op het KNMI is de reeks in bewerking genomen, en hoewel de waarnemingen noch van één plaats, noch erg regelmatig verricht waren, bleek de reeks dit zeer wel toe te laten. Bij het RIVO was er nog een tweede reeks uit de Oosterschelde tevoorschijn gekomen, en wel van het station Gorishoek op Tholen. Op dit meetpunt hebben drie generaties van de familie Larooy, die daar de veerdienst op Yerseke onderhielden, gedurende het gehele tijdvak 1894-1932 driemaaldaags water-temperatuur en zoutgehalte waargenomen. Om duistere redenen was ook deze reeks nog nooit bewerkt, hetgeen eveneens alsnog op het KNMI werd uitgevoerd. Beide reeksen lieten zich uitstekend samenvoegen, en vanaf het moment dat hij hanteerbaar werd is de gecombineerde reeks onder de naam "Oosterscheldereeks" als standaard voor het gehele land gaan dienen. Elke toepassing bracht succes.

Dit is nu zover doorgedaan, dat men in het hier voorgaande bijna geen bladzijde meer tegenkomt waar deze reeks niet genoemd of gebruikt wordt. Ik heb dit met nog verder stijgende verbazing tot stand zien komen. We mogen vanaf deze plaats tegenover de mensen van de Zeeuwse Visserijpolitie dan ook zeer zeker van buitengewone erkentelijkheid getuigen voor het feit de men het zo onwaarschijnlijk lang achtereen heeft weten op te brengen om afschriften van de waarnemingen te maken, en deze te bewaren.

Bovendien is dit natuurlijk een hele mooie plaats, en daar mag dan ook familie Larooy bij betrokken worden om u te feliciteren met de bijzondere betekenis die die waarnemingen van u hebben weten te verwerven. Alle waarnemingen van het watertemperatuur-meetnet van onszelf en Rijkswaterstaat zijn zelfs door het "boven water" komen van uw reeks in waarde gestegen. Bij mijn weten is zoeits nog niet vaak vertoond. Opmerkelijk is dat u het daarbij heeft moeten opnemen tegen het eveneens uitzonderlijk gunstig gelegen station Den Helder, waar onze eigen waarnemers vanaf 1860 een schitterend gave, en ook verder in alle opzichten onberispelijke reeks waarnemingen verzameld hebben. Bij het zoeken naar de temperatuurveranderingen in alle binnenwateren heeft deze reeks het echter tegen die van u moeten afleggen omdat het meetpunt 200 km te noordelijk en te dicht bij zee gelegen is.

Overigens heeft ook de reeks van Den Helder het land buitengewone diensten bewezen. Behalve dat hij een volkomen onmisbaar hoofdbestanddeel van het RIVO-meetnet bleek te zijn geworden (WR 82-8, WR 84-3, blz. 49), ligt de waarde van deze reeks toch voornamelijk in het feit dat de waarnemingen zo prachtig samenhangen met de watertemperaturen buitengaats. Dit is het verhaal van WR 84-3, par. 2.2, 2.3 en 3, en van WR 84-4. Hoewel de Oosterscheldereeks ook hier een bijdrage leverde, heeft vooral het toegankelijk worden van de reeks van Den Helder het mogelijk gemaakt, om de dertigduizend manuur watertemperatuurwaarnemingen van de lichtschepen tot een gaaf en samenhangend geheel te verenigen. Draait men dit om, dan volgt daaruit ook dat thans, nu alle lichtschepen binnengehaald zijn, Den Helder blijkt te kunnen voorzien in een heel redelijke "noodopvolging" van deze reeksen. Daar is veel vraag naar. Naast de lange stoet van waarnemers van het oude KNMI-station Den Helder, hebben ook die van NIOZ-station 't Horntje en van RWS-station Huisduinen hun bijdrage tot dit succes geleverd.

Het zou jammer zijn een dermate gevarieerd verhaal niet te beëindigen met een paar samenvattende CONCLUSIES:

1. Het doel van het instellen van regelmatige waarnemingen is om een bepaald aspect van een vergankelijke werkelijkheid vast te leggen. De keuze van goede meetpunten en een goede meetroutine is van alles overheersend belang.
2. Het instituut dat de waarnemingen laat verrichten moet kwaliteit en ijking van de verstrekte meetinstrumenten te allen tijde kunnen garanderen.
3. Goede waarnemingen blijven hun waarde tot in lengte van dagen behouden.
4. Het instituut dat de waarnemingen laat verrichten dient behalve voor een veilige vastlegging van de gegevens, ook te zorgen voor datareductie (bv. berekening van decade- of maandgemiddelden) en voor bekendstelling daarvan. Verwaarloost men de laatste twee zaken, dan heeft verder niemand meer wat aan die waarnemingen en men zal er zo evenmin ooit achter komen wat de reeks in groter verband waard is. De kans dat men deze waarnemingen dan na verloop van tijd ook nog kwijtraakt, wordt zo wel erg groot.

Buiten voorgaande punten blijken soms ook nog meer verborgen zaken mee te spelen, namelijk dat langer wordende reeksen nogal eens een betekenis blijken te krijgen die ver boven de oorspronkelijke doelstellingen uitrijzen. Het beherend instituut krijgt daarmee een verantwoordelijkheid toegeschoven waar het nooit om gevraagd heeft, maar die daarom nog niets minder reëel is:

5. Het siert een instituut dat waarnemingen laat verrichten, wanneer het metterdaad bereid blijkt om zorg te dragen voor de continuïteit van meetreeksen die (ook) voor anderen van belang zijn geworden.

KNMI De Bilt, juni 1985

Werkgroep Fysische Klimatologie en Landbouwcontacten.

Referenties

Redeke, H.C., 1982: Flora en Fauna in de Zuiderzee; Monografie van een Brakwatergebied (hoofdstuk: Aantekeningen over de hydrografie).

In dit boek worden de uitkomsten van een stel onderzoekstochten besproken. Het originele waarnemingsmateriaal daarvan bestaat nog (Prov. Archiefbewaarplaats Min. v. L en V te Alkmaar, "afk. 24-7-79 van RIVO stuk n° 11").

Lorenz, H.A. et al, 1926: Verslag Staatscommissie Zuiderzee.

Redeke, H.C., 1939: The effect of the closure of the Zuiderzee on fish and fisheries. Journal du Conseil international pour l'exploration de la mer, vol. XIV, no. 3, 1939.

Thijsse, prof. J.Th., 1972, Vijftig jaar Zuiderzeewerken.

Wemelsfelder, P.J., 1956: Een onderzoek naar de warmtebalans in een rivier gedurende vorst. De Ingenieur jaarg. 68 (1956), no. 8.

Wemelsfelder, P.J., 1968: Wordt warmtelozing door centrales in de toekomst een probleem? De Ingenieur, jaarg. 80 (1968), no. 51.

Wessels, H.R.A., 1973: Verandering van de Rijntemperatuur; een meteorologische analyse. De Ingenieur, jaarg. 85 (1973), no. 5.

Keijman, J.Q., Wessels, H.R.A., 1973: A method for calculating natural water temperatures applied to the estimation of the artificial warming of the river Rhine. WMO-paper, KNMI memo MO 73-507 [unpublished].

Wessels, H.R.A., 1984: De temperatuur van de Rijn 1911-1984, H₂O jaarg. 17 (1984), no. 18.

Burgh, P. van den, 1968: Experimenteel verziltingsonderzoek. Driemaandelijks Bericht Deltawerken, no. 45, 46 en 50.

Burgh, P. van den, 1972: Ontwikkeling van een methode voor het voorspellen van de zoutverdeling in estuaria, kanalen en zeeën. Rapport Deltadienst 01-72 (109 pag, 63 ref).

Dit is de voornaamste bron van par. 3.

Zimmerman, J.T.F., 1976: Mixing and flushing of tidal embayments in the western dutch Wadden Sea. Proefschrift V.U. te Amsterdam.

Bennekom, A.J. van, 1976: Rivierwater in Noordzee en Waddenzee. Communicatie NIOZ-KNMI.

Anonymus, 1977: Zout- zoetwaterproblematiek van het Oosterscheldebekken. Driemaandelijks Bericht Delatwerken, no. 79.

Sweers, H.E., Vaessen, R.J. Verspuij, B., 1984: Temperatuurmetingen in IJmeer en IJsselmeer in de jaren 1975-1982. Overzicht meetresultaten, KEMA-rapport KN 84.06.

Dit rapport toont resultaten en eenvoudige analyse van langdurige waarnemingen van het verticale temperatuurprofiel op het Enkhuizerzand, nabij Urk, onder de Ketelbrug, in de IJssel nabij Kampen, en in een drietal diepe putten (Flevopot, IJmeerput-I en -II).

Visser, H., 1984, Statistische technieken ter bepaling van de kans op extreem hoge watertemperaturen. Een toepassing op metingen van Rijkswaterstaat rond het IJsselmeer, KEMA-rapport KN 84.05.

In dit rapport worden een aantal statistische technieken beschreven ter beantwoording van de vragen
 - wat is de kans op extreem hoge watertemperaturen
 - hoe kan men nauwkeurige overschrijdingskansen bepalen op basis van korte meetreeksen.

De technieken zijn toegepast op temperatuurregistraties rond het IJsselmeer.

Limnological research in the Maarsseveen lakes, edited by J. Ringelberg, dept. of aquatic ecology, Univ. of Amsterdam (1981).

Hierin de volgende twee bijdragen:

Kersting, K., 1981, Oxygen and temperature measurements in lake Maarsseveen-I (pp. 19-40, 2 ref.).

Kersting, K., 1981, Oxygen and temperature measurements in lake Maarsseveen-II (pp. 41-55).

We blijken in Nederland een aantal "diepmere" rijk te zijn waarin het water onderin 's zomers niet warmer wordt dan 6 à 7 °C. Hier een reproductie van fig 4 uit de tweede bijdrage van Kersting:

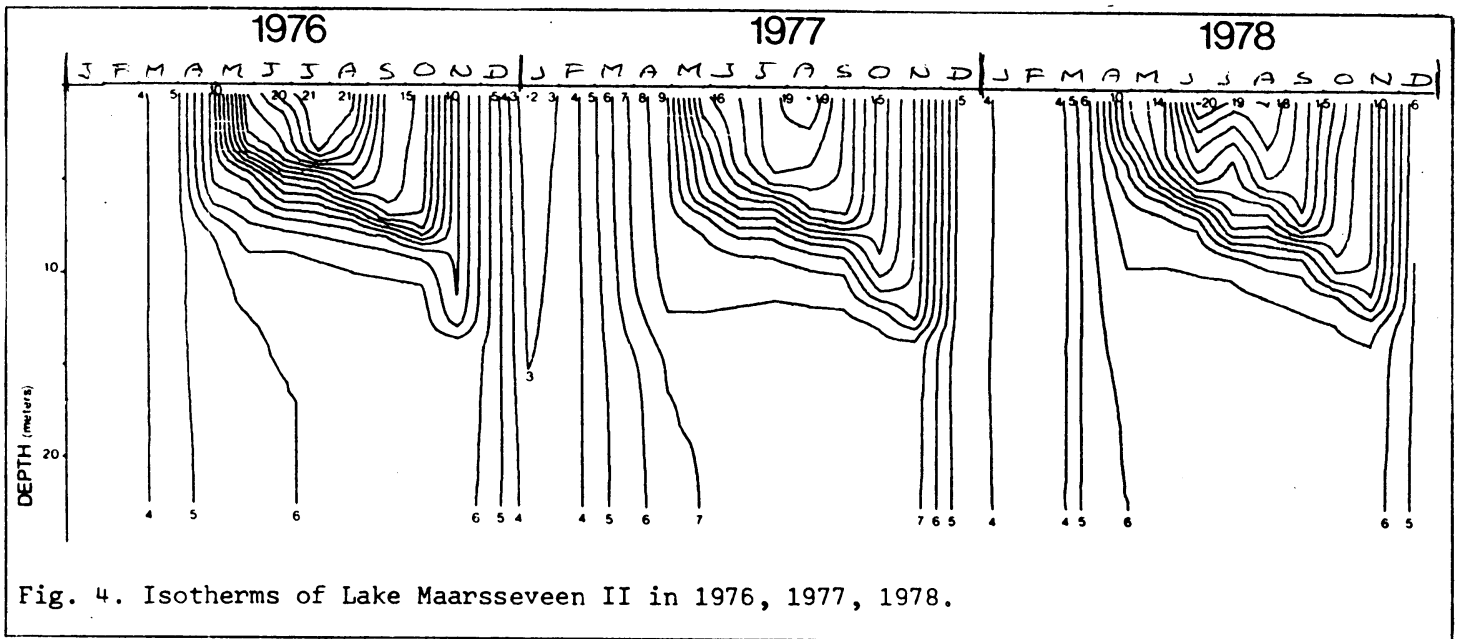


Fig. 4. Isotherms of Lake Maarsseveen II in 1976, 1977, 1978.

Dezelfde figuren komt men tegen in:

Kersting, K., 1981, Annual and dial oxygen and temperature regime of the lakes Maarsseveen, Hydrological Bulletin, vol. 15 (dd 1981), pp. 10-28, 14 refs.

Malde, J. van, 1984: Voorlopige uitkomsten van voortgezet onderzoek naar de gemiddelde zeeniveaus in de Nederlandse kustwateren. Nota WW-WH 84.08.

Tenslotte nog een paar berichtjes

Een deel van de zoutwaarnemingen genoemd in WR 83-12, blz. 43, kan men terugvinden in een stel verslagen die bijna geheel bestaan uit grote gelichtdrukte grafieken waarin de waarnemingen chronologisch uitgezet zijn: Jac. Haring, jaarverslagen 1959 t/m 1969, De uitkomsten van de chloorgehaltemetingen verricht door de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst op vaste meetplaatsen.

Een verslag dat min of meer als opvolging van de verslagenserie van Haring kan worden beschouwd is: D. Begeman, 1982, Overzicht zoutregistraties 1972-1978 kust, zuidelijk Deltabekken en Oosterschelde, Deltadienst Nota DDWT-82.013.

Een recente publikatie over de zoutgehaltemetingen in de Waddenzee is: ir. H.D. Rakhorst, 1983, Zoutgehaltemetingen Waddenzee, enige bewerkingen, Nota Adviesdienst Hoorn WWK2-83.H003.

Er is sprake van geweest dat het waarnemingsmateriaal van het RIVO zou worden overgenomen door Rijkswaterstaat, afd. Waterhuishouding en Waterbeweging in Den Haag. Dit is niet doorgegaan. Het waarnemingsmateriaal is verhuisd naar: Provinciaal Archief van het Ministerie van L en V te Alkmaar.

Verder zou ik hier nog eens de aandacht willen vestigen op een tijdschrift dat langzamerhand weer buitengewoon interessant begint te worden: Mededelingen over Visscherij, jaargangen 1894 t/m 1918, Tijdschrift onder redactie van P.P.C. Hoek en H.C. Redeke.

10.

DOCUMENTBESCHRIJVINGENToelichting:

Sinds het begin van de jaren zeventig is het in Nederland op ruime schaal mogelijk om met behulp van een terminal, die interactief met een computersysteem via de telefoonlijn wordt verbonden, referenties uit aanvankelijk voornamelijk wetenschappelijke en technische literatuur systematisch op te sporen. In verband met de opkomst van deze bibliotheeksystemen zijn ook de zgn. Documentbeschrijvingen in gebruik geraakt. Hierin worden namelijk alle gegevens die in de Bibliotheekcomputers moeten worden ingevoerd ordelijk verenigd. Hierachter treft men dergelijke formulieren aan voor de hele serie watertemperatuurverslagen.

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF WR 82-8 Scientific Report		SECURITY CLASS. unclassified	
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.				
TITLE Observations of surface watertemperature and salinity, State Office of Fishery Research (RIVO), 1860-1981				
PRESENTED AT				
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.		DATE 1982	PP 118	REF 16
LANGUAGE in Dutch; English summary				
KEY WORDS Monthly means 1860-1981 Watertemperature series Salinity series Rhine discharges Precipitation Zuiderzee Evaporation Zuiderzee Series Den Helder 1860-1981 Watermovements				
ABSTRACT <p>The purpose of this report is to publish some 200 stationyears of salinity observations by the Dutch light vessels during the period 1906-1981, as well as some 450 stationyears of almost forgotten observations of surface watertemperature and salinity in the Dutch Shallows and the Zuiderzee from 1860 till present. From these data homogeneous and all but perfectly complete series of surface watertemperatures and salinities from 1860 till present for the station Den Helder have been derived. Surface water observations in the former Zuiderzee were made from 1894 until three years after the enclosure in 1932, and those in the Dutch shallows from 1919 till present.</p> <p>In order to present a manageable survey of the available data only monthly and annual means have been given in this report. The time of observation is 07^h or 08^h (Amsterdam time or MET) unless other wise stated.</p>				

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF Technical Report TR-40		SECURITY CLASS. unclassified
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.			
TITLE Observations of surface watertemperature and salinity in the eastern part of the Easerscheldt, 1921 till present.			
PRESENTED AT			
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T. Muijsert, J.	DATE 1983	PP 64	REF 7
LANGUAGE in Dutch; English summary			
KEY WORDS Monthly means 1921-1983 Watertemperature series Salinity series Series Loodijksegat 1921-1983 Easterscheldt			
ABSTRACT At the turn of the century service regulations issued by the board of Fisheries on The Zealand Tidal Streams to the staff of the waterpolice contained instructions to keep a record of weather and wind while on patrol. At the beginning of 1921 these observations were extended - probably in request by the Bacteriological Laboratory for Shell-fish culture - to include measurements of watertemperature and salinity. The times of observation were fixed at day-time high and low slack tides. All obser- vations considered in this report were taken in the south-eastern part of the Oosterschelde. They have been continued up to present. At the KNMI we have taken great pains to process the entire series of watertempera- tures and salinities. The purpose of this report is to publish the monthly means, and to show the consistence of the data.			

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF WR 83-12 Scientific Report			SECURITY CLASS. unclassified
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.				
TITLE Observations of surface Watertemperature and Salinity in the Esterscheldt 1894-1982.				
PRESENTED AT				
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.		DATE 1983	PP 94	REF 37
LANGUAGE in Dutch; English summary				
KEY WORDS Monthly means 1894-1983 Watertemperature series Salinity series Series Easterscheldt 1894-1983 Rhine discharges Meuse discharges Scheldt discharges Watermovements.				
ABSTRACT <p>During the last few years a considerable amount of unprocessed observational data for fisheries research has been refound, and rescued from oblivion by processing on KNMI. It handles about watertemperatures and salinities in the Easterscheldt.</p> <p>A fixed station <u>Gorishoek</u> on the isle of Tolen observed three times a day in the year 1894-1924. The Zealand Waterpolice made more or less regular observations at day high tide and day low tide at varying places in and around the <u>Loodlike-inlet</u> from 1921 up to present. The Delta Institute of Hydrobiological Research in <u>Yerseke</u> observed every two days at high tide at a fixed place at one of the oysterponds from 1964 up to present. The watertemperature series of Gorishoek and Loodlike-inlet were permitting <u>conjunction</u>, yielding a homogeneous and all but perfectly complete series <u>Easterscheldt 1894 up to present</u>. Exept the limited area 1927-1935 the series proved to be of a surprisingly good quality.</p>				

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF WR 84-3 Scientific Report		SECURITY CLASS. unclassified
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.			
TITLE Observations of surface watertemperatures in the Netherlands from 1860: Statistics.			
PRESENTED AT			
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.	DATE 1984	PP 127	REF 13
LANGUAGE in Dutch; English summary			
KEY WORDS Watertemperatures Seawatertemperatures Autocorrelations Correlations Completing missing data Error hunting Proving climatic changes Changing station positions Changing observation times			
ABSTRACT <p>In the observational series of watertemperature a considerable redundancy exist, both in time (chap. 2.1), and in space (chap. 2.2). This redundancy forms a basis on which series can be made comparable by completing missing observations (chap. 2.3), and which makes it possible to trace mistakes (chap. 2.4), and to show impacts of cooling water discharges or interferences in the watermovements (chap. 2.5).</p> <p>Completing the absent data om the lightvessel series was made possible by the equality of simultaneous departures of the own normals. However, this presupposes the knowledge of normals for all positions the lightvessels have occupied, or, as in this report is done, one must be able to reduce the observations of non-standard positions to that of the standard positions. This is the subject of chapter 3.</p> <p>The watertemperature observations in the inland waters, especially those in the Delta area of the southwest Netherlands have their own problems. Here the question was to match the effect of changing the time of observation. This is the subject of chapter 4.</p>			

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF WR 84-4 Scientific Report		SECURITY CLASS. unclassified	
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.				
TITLE Observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860: tablebook lightvessels.				
PRESENTED AT				
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.		DATE 1984	PP 117	REF 10
LANGUAGE in English, in Dutch				
KEY WORDS Monthly means 1881-1984 Seawatertemperature series Lightvessels Delayed series Den Helder 1860-1984 Delayed series Easterscheldt 1894-1984 Departures from own normals Positions lightvessels.				
ABSTRACT <p>In this report the monthly means derived from the observations of the Dutch Lightvessels are listed. Short interruptions in the series and the almost full standard 10-year periods were completed. Further, for each lightvessel all observations were derived to one standard position. In this way the completed and homogeneous rows of annexes 4 thru 9 were generated.</p> <p><u>Annex 1</u> provides a listing of all positions of the lightvessels <u>Annexes 2 and 3</u> give a graphical representation of the departures of the own 60-year normals for the monthly means and seasonal means respectively. <u>Annexes 4 thru 11</u> provide observational data. Existing requests made it necessary to supply the data in more than one format. Given are the monthly and seasonal means themselves. The departures of the own 60-year normal and the same departures normalised by the standard deviation of the relevant monthly means are also given. The definition of the seasons follows the custom of oceanography (january-march, april-june, july-september, october-december).</p>				

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF WR 84-5 Scientific Report		SECURITY CLASS. unclassified	
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.				
TITLE Observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860: Series from KNMI-RWS.				
PRESENTED AT				
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.		DATE 1984	PP 83	REF 6
LANGUAGE in English, in Dutch				
KEY WORDS Monthly means 1908-1984 Watertemperature series Series Den Helder 1860-1984 Series Easterscheldt 1894-1984 Meuse Canalisation Rhine Canalisation Zuidersea works Delta works.				
ABSTRACT <p>In this report monthly means are listed of watertemperatures provided by a set of stations founded by KNMI in 1908. At that time it included 14 stations. In 1957 the care for the stations and observations was handed over to Rijkswaterstaat (RWS).</p> <p>Two years later the network counted 35 stations. About 1970 Breezanddijk-Waddenzee (working for fishery research) was included and seven new stations along the river Maas and in the Delta-area were started.</p> <p>In 1981 the station Westerschelling was taken over from the fishery research and five new stations around the Waddenzee, and Kampen along the river IJssel were set up.</p> <p>Also both long watertemperature series Den Helder 1860-1984 and Easterscheldt 1894-1984 are presented.</p>				

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF Technical Report TR-75		SECURITY CLASS. Unclassified	
ORIGINATOR Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands				
TITLE Observations of surface water temperature in The Netherlands from 1860: Description of data file. Watertemperatuurwaarnemingen in Nederland sedert 1960: Beschrijving van de band met gegevens.				
PRESENTED AT				
AUTHORS Van der Hoeven, P.C.T.		DATE aug. 1985	PP 22	REF 7
LANGUAGE in Dutch, English Summary				
KEY WORDS Data Water temperature Salinity River discharge Precipitation Tape description				
ABSTRACT Files of monthly means have been made of all available observations of water temperature in The Netherlands up from 1860. Also files are made of background data as river discharges, precipitation, salinity and air temperature of some stations. All files have been dumped on tape. The matching documentation is given in this report.				

DOCUMENT CONTROL SHEET

	ORIGINATORS REF.		SECURITY CLASS.																
	WR 85-6 Scientific Report		unclassified																
ORIGINATOR																			
Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), P.O. Box 201, 3730 AE DE BILT, The Netherlands.																			
TITLE																			
Observations of surface watertemperature in the Netherlands from 1860: The temperature regime and the changes in it.																			
PRESENTED AT																			
AUTHORS	DATE	PP	REF																
Van der Hoeven, P.C.T.	1985	90	17																
LANGUAGE in Dutch; English summary																			
KEY WORDS																			
<table> <tr> <td>Watermovements</td> <td>Meuse temperatures</td> </tr> <tr> <td>Seawatertemperature</td> <td>Dammings</td> </tr> <tr> <td>Watertemperature</td> <td>Watertemperature changes</td> </tr> <tr> <td>Lissajous figures</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Influence of salinity</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Influence of latitude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cooling water discharges</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rhine temperatures</td> <td></td> </tr> </table>				Watermovements	Meuse temperatures	Seawatertemperature	Dammings	Watertemperature	Watertemperature changes	Lissajous figures		Influence of salinity		Influence of latitude		Cooling water discharges		Rhine temperatures	
Watermovements	Meuse temperatures																		
Seawatertemperature	Dammings																		
Watertemperature	Watertemperature changes																		
Lissajous figures																			
Influence of salinity																			
Influence of latitude																			
Cooling water discharges																			
Rhine temperatures																			
ABSTRACT																			
<p>In this report a analysis is given of the behaviour of watertemperatures presented in six former reports. The most significant results are:</p> <p>Cooling water discharges caused a rise in Rhine temperatures (in annual means at Lobith up to 2,0°C caused by 20000 MW in the late seventies), and in Meuse temperatures (in annual means at Maastricht up to 2,7°C caused by 3000 MW about 1980). Cooling downstreams and the effect of some of our own cooling water discharges are shown.</p> <p>In salt water (salinity 30 g/kg) the watertemperature is about 0,5°C lower than in fresh water (refractive index?).</p> <p>In lakes and other waters with long residence time, the annual means show a decrease of 0,8°C per degree latitude.</p> <p>In the Waddensea very slow and long-term changes are taking place after the construction of the "Enclosure Dike" in 1932.</p> <p>In the Delta region of the southwest Netherlands, for five of the great inlets, close relation could be shown between impacts on the watermovements and changes in the regime of watertemperatures.</p>																			