

RIJKSWATERSTAAT
Directie Waterhuishouding en Waterbeweging
District Zuidwest

rapportnr. 45.002.02

Gegevens met betrekking tot de waterloopkundige toestand
op het Hollandsch Diep ter plaatse van het industrie-
terrein Moerdijk.

3.1. DE WATERBEWEGING OP HET HARINGVLIET - HOLLANDSCH DIEP

De waterbeweging op het Hollandsch Diep (voor situatie zie fig. 3.1) wordt in principe bepaald door een viertal factoren te weten:

1. de manipulaties met de Haringvlietsluizen;
2. de opperwaterafvoer van de grote rivieren;
3. de getijbeweging in zee;
4. het interne windeffect.

HET LOZINGSPROGRAMMA VAN DE HARINGVLIETSLUIZEN.

Het lozingsprogramma van de Haringvlietsluizen dat sinds november 1970 ten uitvoer wordt gebracht is gekoppeld aan de grootte van de afvoer van de bovenrivieren. Bij lage Rijnafoeren ($< 1700 \text{ m}^3/\text{sec}$) blijven de Haringvlietsluizen vrijwel gesloten waardoor op het Hollandsch Diep slechts een zeer geringe getijbeweging resteert als gevolg van de via de Nieuwe Waterweg binnendringende getijgolf. Bij Rijnafoer tussen $1700 \text{ m}^3/\text{sec}$ en $6000 \text{ m}^3/\text{sec}$ worden de Haringvlietsluizen in steeds sterkere mate geopend terwijl bij hoge Rijnafoeren ($> 6000 \text{ m}^3/\text{sec}$) de Haringvlietsluizen tijdens de ebperiode volledig geopend zijn. Onder gemiddelde getijomstandigheden in zee zal er bij Rijnafoeren hoger dan de gemiddelde waarde ($2200 \text{ m}^3/\text{sec}$) op het Hollandsch Diep vrijwel geen sprake meer zijn van een vloedbeweging (zie fig. 3.2.). Bij lagere Rijnafoer zal er een eb- en vloedbeweging optreden in verband met de vulling en lediging van het Haringvlietbekken via Spui en Kil. Het oostelijk deel van het Haringvliet zal in belangrijke mate gevoed worden vanuit de Nieuwe Merwede en Amer. Bij lage Rijnafoeren is deze vulling evenwel onvoldoende voor het bereiken van een evenwichtstoestand, vandaar dat extra vulling vanuit het Kil geschiedt. De lediging van het betrokken gedeelte van het Haringvlietbekken zal vrijwel geheel via de Dorchtsche Kil geschieden.

DE GETIJ-INVLOED VANUIT ZEE EN DE OPPERWATERAFVOER.

De grootte van de vullings- en ledigingsstromen wordt bepaald door de grootte van de opperwaterafvoer en de getijbeweging in zee. Tijdens de vullingsfase zal op het Hollandsch Diep bij lage rivierafvoeren een westgaande stroming heersen waarbij de rest van het noordelijk deltabekken in de vloedfase verkeert. Als aandrijvende kracht

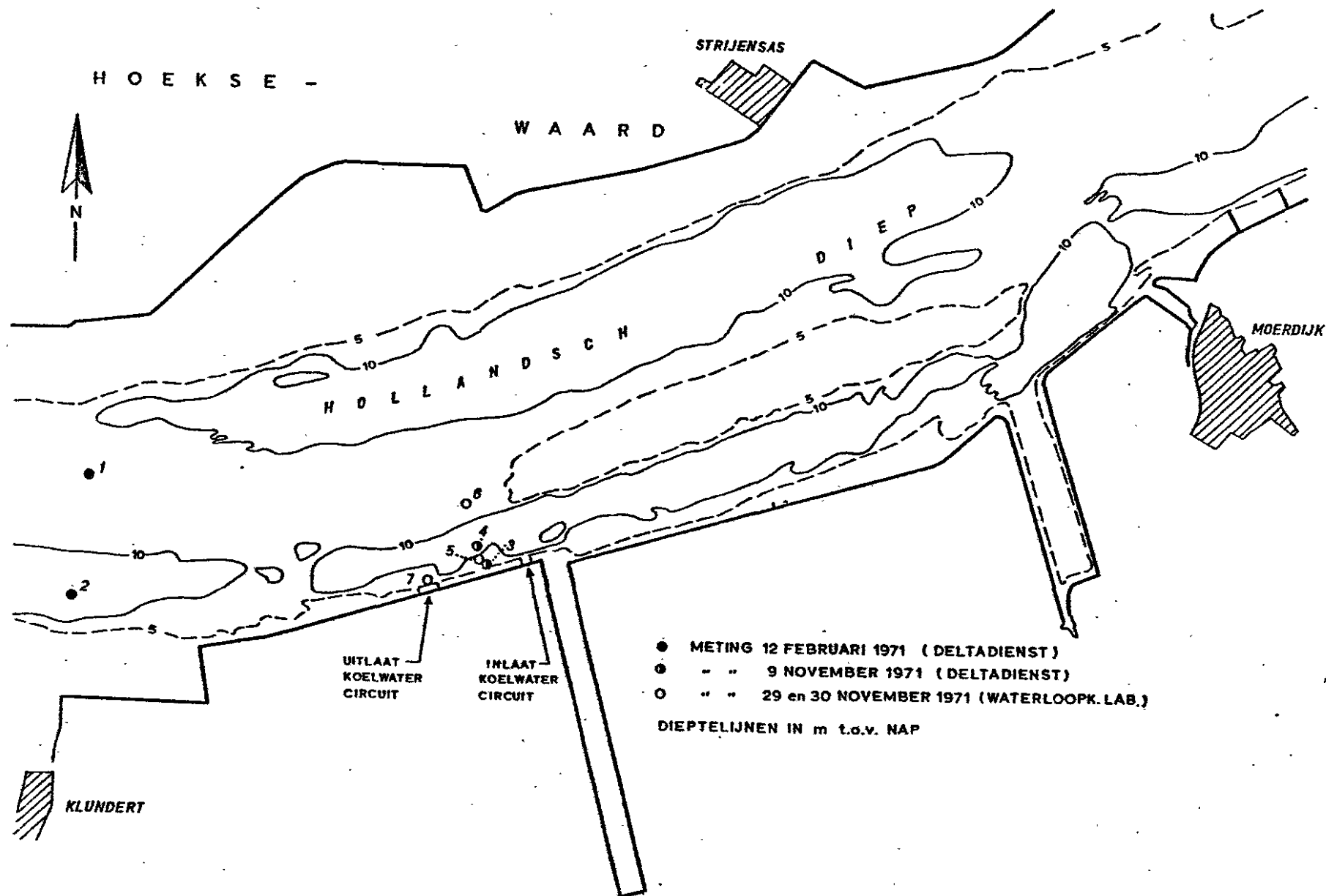


FIG. 3.1. SITUATIE INDUSTRIESCHAP MOERDIJK EN SITUERING MEETPUNTEN PROTOTYPEMETINGEN

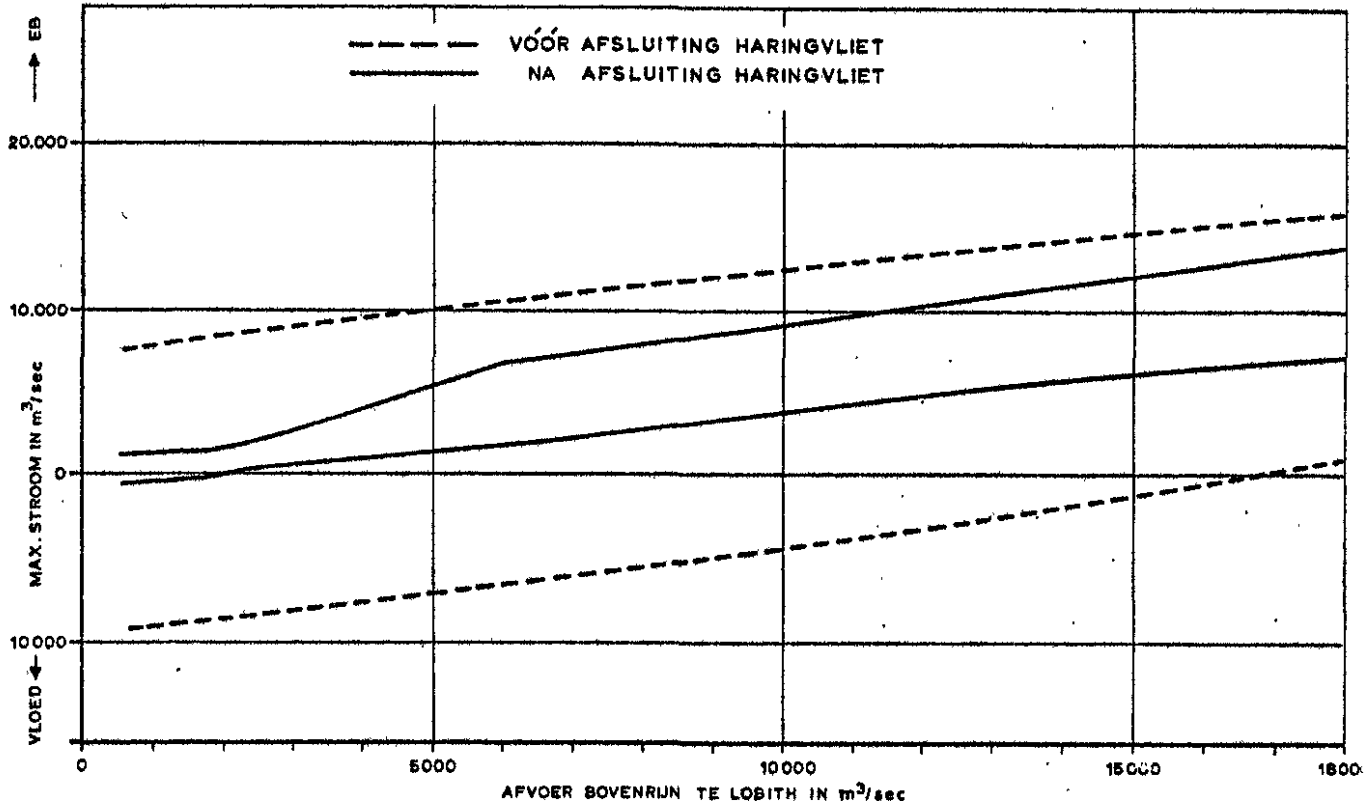


FIG : 3.2. MAXIMALE EB - en VLOEDSTROMEN NABIJ MOERDIJK BIJ GEMIDDELD GETIJ IN ZEE

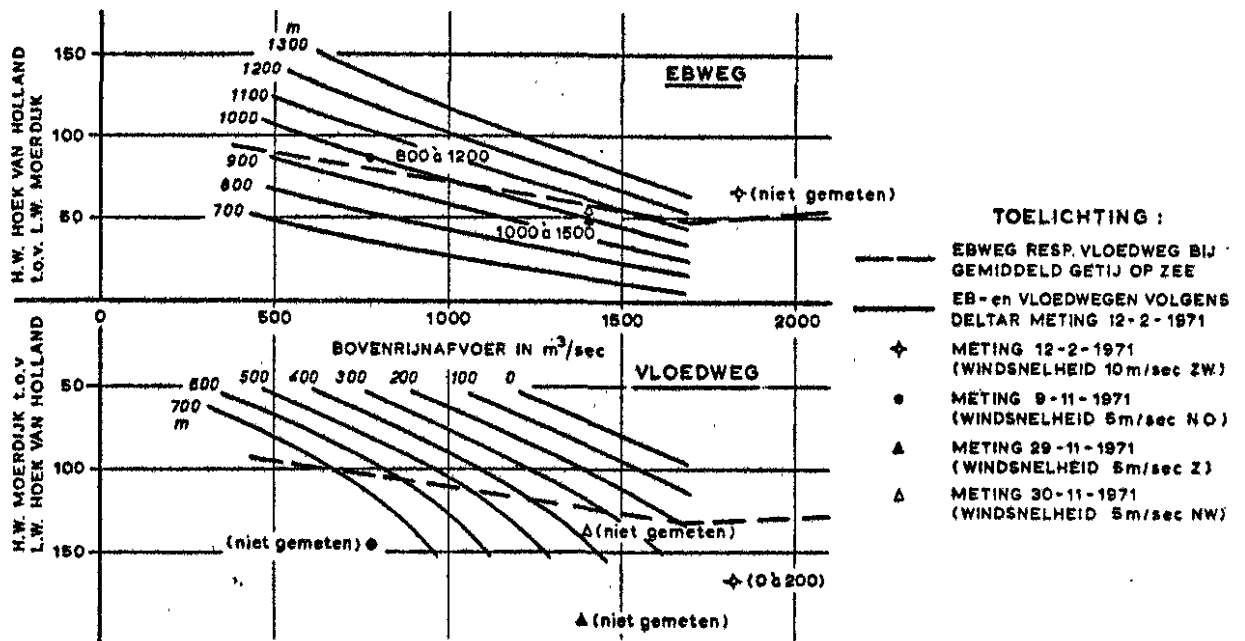


FIG : 3.3. EB - en VLOEDWEGEN NABIJ MOERDIJK VOLGENS GETIJBEREKENINGEN EN PROTOTYPMETINGEN.

voor dit mechanisme kan het verschil tussen ongeveer gelijktijdig optredende H.W.-stand te Hoek van Holland en de L.W.-stand te Moerdijk gezien worden. Tijdens de ledigingsfase op het Hollandsch Diep treedt bij lage rivierafvoeren een oostgaande stroming op terwijl de rest van het noordelijk deltabekken in de ebfase verkeert. Nu kan het verschil tussen de H.W.-stand te Moerdijk en de L.W.-stand te Hoek van Holland maatgevend voor de sterkte van deze beweging gesteld worden.

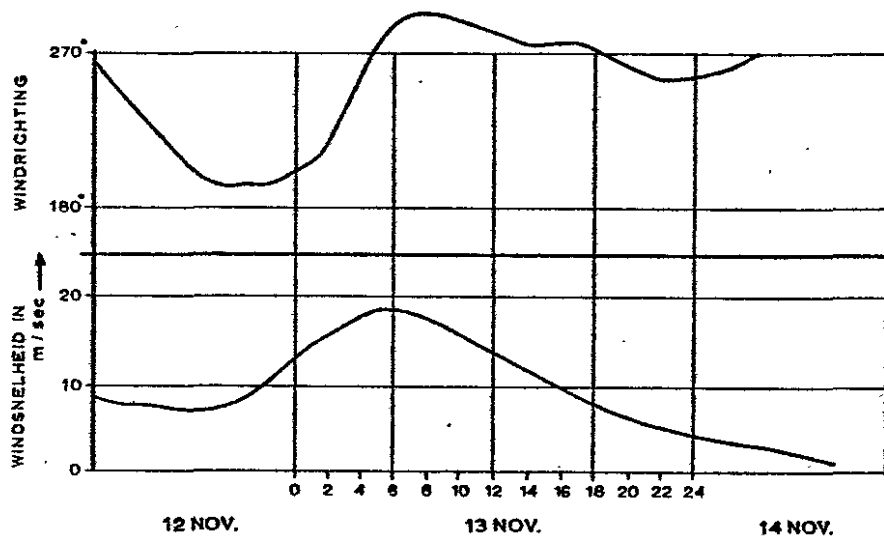
Zowel de getijbeweging in zee als de afvoer van de bovenrivieren worden in deze parameters tot uitdrukking gebracht. Met het toenemen van de rivierafvoer zullen de bovenrivieren in toenemende mate de vullingsfunctie kunnen vervullen en zelfs dusdanig dat ook bij de lediging door het grote aanbod van water geen kerende stroming op het Hollandsch Diep zal optreden. Hierbij komt dat bij hogere Rijnafoeren de ledigingsfunctie van Spui en Kil overgenomen wordt door de Haringvlietsluizen. Als gevolg hiervan zullen bij toenemende Rijnafoeren de oostwaarts gerichte stromingen afnemen en de westwaarts gerichte stromingen toenemen. Wanneer de H.W.-standen in zee verhoging ondergaan zal een versterkte vulling optreden waardoor bij lage rivierafvoeren de westgaande stromingen zullen toenemen. Bij verlaging van de L.W.-standen in zee zal de lediging van het bekken versterkt worden met als gevolg een toename van de oostwaarts gerichte stromingen op het Hollandsch Diep.

In figuur 3.3. wordt een overzicht gegeven van de eb- en vloedwegen uitgaande van de gemiddelde stroomsnelheid over het doorstroomprofiel als functie van bovengenoemde parameters. Deze figuur is samengesteld met behulp van de resultaten van getijberekeningen uitgevoerd met het elektrisch analogon "de Deltar" onder verwaarlozing van het interne windeffect. Uit deze figuur blijkt dat de ebweg (westwaarts) in het algemeen belangrijk groter is dan de vloedweg (oostwaarts).

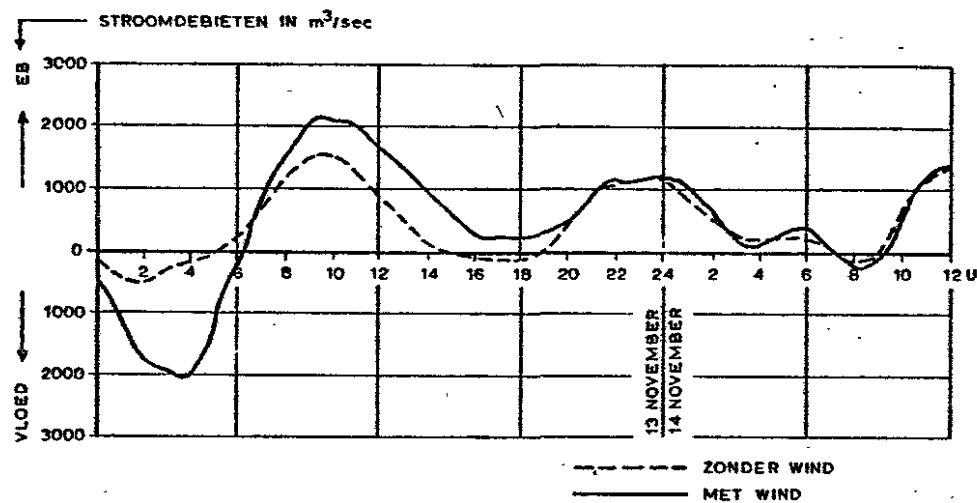
Bij zeer lage Rijnafoeren worden eb- en vloedweg echter ongeveer van dezelfde grootte.

DE INVLOED VAN HET INTERNE WINDEFFECT.

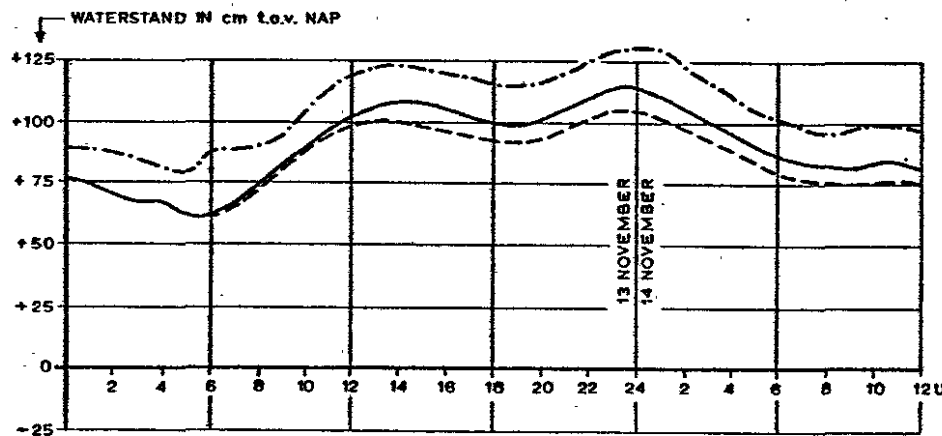
Teneinde de invloed van het interne windeffect op de waterbeweging op het Hollandsch Diep te onderzoeken, werden met elkaar vergeleken de resultaten van proeven met en zonder intern windeffect in het elektrisch analogon "de Deltar", waarin de stormvloed van 13/14 november 1972 gesimuleerd werd. Ten tijde van



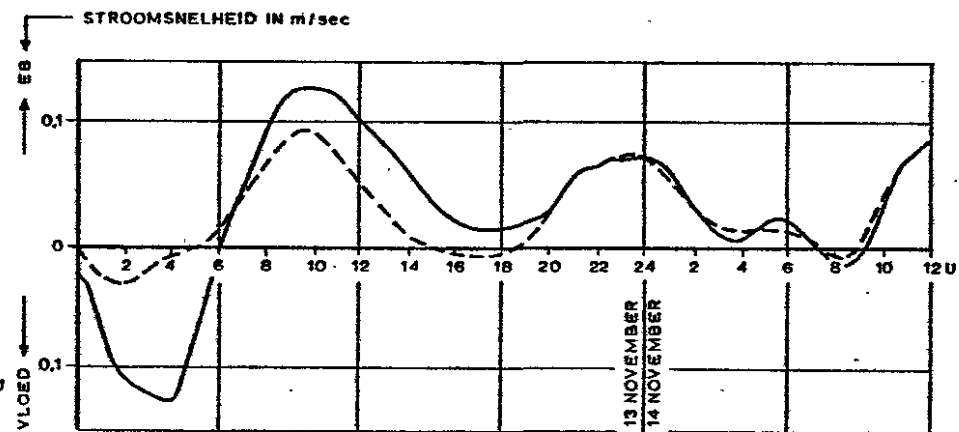
a. WINDKRACHT en WINDRICHTING OP 12, 13 en 14 NOVEMBER 1974.



c. DEBIETEN NABIJ MOERDIJK



b. VERTIKAAL GETIJ NABIJ MOERDIJK



d. STROOMSNELHEDEN NABIJ MOERDIJK

FIG. 3.4. DE INVLOED VAN INTERNE WINDEFFECTEN OP HET HORIZONTAAL EN VERTIKAAL GETIJ

deze stormvloed bedroeg de Bovenrijnafvoer $Q_{BR} \approx 1000 \text{ m}^3/\text{sec}$.
Fig. 3.4. (a) toont windsnelheid en windrichting op het
Hollandsch Diep op 12/13/14 november 1972. Hieruit blijkt dat
de windrichting gemiddeld westelijk was met een maximale snelheid
van 18,7 m/sec.

In figuur 3.4. (b) is weergegeven de verlopen van het vertikaal
getij ter plaatse van het industrieschap Moerdijk, zoals voor de
stormvloed met en zonder wind is berekend. Hieruit blijkt dat de
wind een opzet van de waterstand van maximaal 11,5 cm teweegbrengt.
Ter vergelijking met de natuur zijn tevens de waterstanden inge-
tekend zoals die geregistreerd werden door de peilschrijver ter
plaatse van Moerdijk. In fig. 3.4. (c) zijn de bijbehorende afvoer-
krommen weergegeven, zoals deze voor de storminvloed met en zonder
wind zijn berekend. Hieruit blijkt dat het maximale eb-debiet bij
afwezigheid van wind $1540 \text{ m}^3/\text{sec}$ en met windinvloed $2140 \text{ m}^3/\text{sec}$
bedraagt, terwijl het maximale vloeddebiet bij afwezigheid van
wind $480 \text{ m}^3/\text{sec}$ en met windinvloed $2040 \text{ m}^3/\text{sec}$ bedraagt.

Figuur 3.4. (d) toont de verlopen van stroomsnelheid zoals deze
voor de stormvloed met en zonder wind berekend zijn. Hieruit
blijkt dat de maximale ebsnelheid (gemiddeld over het profiel)
bij afwezigheid van wind 9,6 cm/sec en met windinvloed 12,8 cm/sec
bedraagt, terwijl de maximale vloedsnelheid (gemiddeld over het
profiel) bij afwezigheid van wind 3,0 cm/sec en met windinvloed
12,6 cm/sec bedraagt.

Uit bovenvermelde berekeningen blijkt dat het interne windeffect
afhankelijk van windkracht en richting een belangrijke invloed kan
hebben op de eb- en vloedbeweging op het Hollandsch Diep. Er zijn
echter onvoldoende gegevens beschikbaar om dit effect in rekening
te kunnen brengen in het in fig. 3.3. gegeven beeld van de
grootte van de eb- en vloedwegen.

3.2. TOETSING VAN DE BEREKENINGEN M.B.V. NATUURMETINGEN.

In 1971 zijn verschillende stroommetingen uitgevoerd in de nabij-
heid van het industrieterrein Moerdijk (zie onderstaande tabel en
fig. 3.1.).

- datum meting -

datum meting	Bovenrijnafvoer m ³ /sec	aantal meetpun- ten	gem.windsnelheid in m/sec (ter- mijnstation Hellevoetsluis)
12 febr. 1971	1847	2	ca 10
9 nov. 1971	764	2	ca 5
29 nov. 1971	1426	3	ca 5
30 nov. 1971	1415	3	ca 5

Teneinde de metingen in betere relatie tot de modelresultaten te kunnen bezien is in fig. 3.5.a een overzicht gegeven van de horizontale en vertikale getijbeweging nabij Moerdijk bij een Bovenrijnafvoer van 1000 en 1700 m³/sec en gemiddeld getij in zee. Uit deze figuur blijkt dat de maximale ebsnelheid (gem. over profiel) ca 10 cm/sec bedraagt en de maximale vloodsnelheid 2 à 3 cm/sec (gem. over profiel).

De uitgevoerde metingen hebben slechts betrekking op enkele meetpunten die vaak dicht onder de oever gesitueerd zijn. Een berekening van de gemiddelde stroomsnelheid over het gehele doorstroomprofiel is dan ook vrijwel onmogelijk. Volstaan zal moeten worden met een schatting aan de hand van de gemeten snelheidsvertikalen. In fig. 3.5. wordt tevens een overzicht gegeven van het verloop van de waterstanden te Hoek van Holland en Moerdijk benevens van de gemiddelde snelheden in de meetvertikalen tijdens de in bovenstaande tabel genoemde metingen.

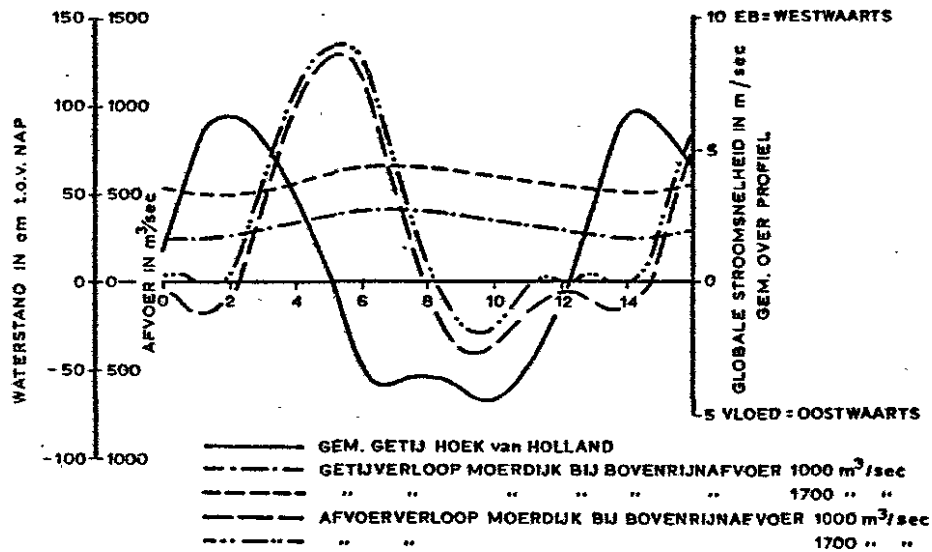
De meting van 12 februari 1971, in de in figuur 3.1. aangegeven meetpunten 1 en 2, kenmerkte zich door een zeer onregelmatig verloop van de stroomsnelheden over de vertikaal. De vrij grote windsnelheid en het aanwezige dichtheidsverschil in het water als gevolg van de zoutbelasting van de Volkeraksluizen kunnen hiervoor als oorzaak worden aangewezen. Om deze redenen zijn de oostwaarts en westwaarts gerichte stroomsnelheden in de vertikaal afzonderlijk gemiddeld. Uit fig. 3.5.b blijkt dat deze meting tijdens de vloodfase is uitgevoerd.

De meting van 9 november 1971, in de in fig. 3.1. aangegeven meetpunten 4 en 5, vond vrijwel geheel tijdens de ebfase plaats. Er werden snelheden gemeten met een maximum van ca 10 cm/sec (zie fig. 3.5.c.).

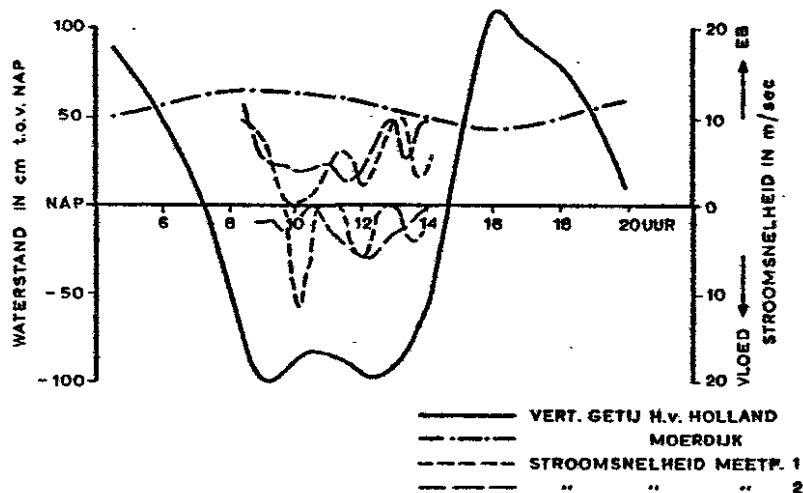
De metingen van 29 - 30 november 1971 werden verricht door het Waterloopkundig Laboratorium (Rapport nr. R 731). Tijdens deze

meting werd wél ebstroming doch geen vloedstroming geconstateerd in de in fig. 3.1. aangegeven meetpunten 5 en 6 (zie fig. 3.5.d.). Gezien de zeer kleine stroomsnelheden tijdens de vloed mag evenwel verwacht worden dat het in het algemeen moeilijk zal zijn om vloedstroming te meten. Daarnaast zal de invloed die wind op de stromingsverschijnselen heeft vaak van een dusdanige orde zijn dat een vloedbeweging moeilijk te detecteren valt.

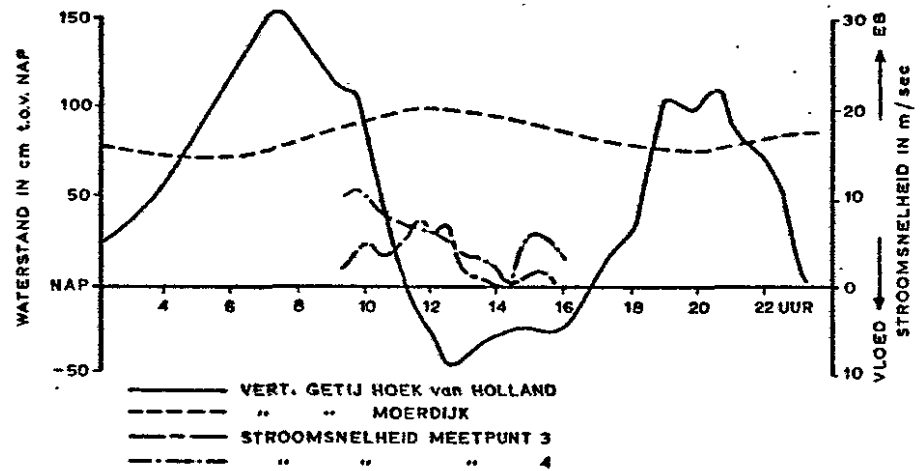
Getracht is aan de hand van bovengenoemde metingen gemiddelde eb- en vloedwegen te bepalen. Voor zover dit mogelijk bleek zijn de resultaten weergegeven in fig. 3.2. Hierbij blijkt dat er van een redelijke overeenstemming sprake is tussen natuur- en modelwaarnemingen.



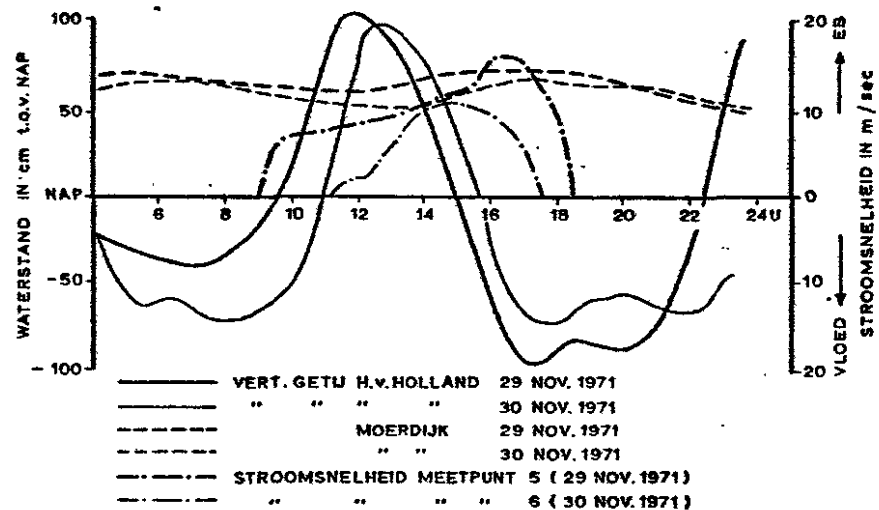
a. HORIZONTALE en VERTIKALE GETIJBEWEGING NABIJ MOERDIJK VOLGENS MODELPROEVEN



b. HORIZONTALE en VERTIKALE GETIJBEWEGING NABIJ MOERDIJK VOLGENS PROTOTYPMETINGEN OP 12-2-1971; BOVENRIJNAFVOER 1847 m³/sec



c. HORIZONTALE EN VERTIKALE GETIJBEWEGING NABIJ MOERDIJK VOLGENS PROTOTYPMETINGEN OP 9-11-71; BOVENRIJNAFVOER 764 m³/sec



d. HORIZONTALE en VERTIKALE GETIJBEWEGING NABIJ MOERDIJK VOLGENS PROTOTYPMETINGEN OP 29 en 30-11-71; BOVENRIJNAFVOER ca. 1400 m³/sec

3.3. CONCLUSIES.

1. Op grond van proeven in het elektrisch analogon "de Deltar" kan geconcludeerd worden dat bij een gemiddelde getijbeweging in zee bij Rijnafoeren lager dan het gemiddelde op het Hollandsch Diep in het algemeen sprake is van een eb- en vloedbeweging.
2. De ebbeweging is krachtiger dan de vloedbeweging en wel in toenemende mate wanneer de rivierafvoer toeneemt. Bij gemiddelde getijomstandigheden zal in het afvoertraject van $600 \text{ m}^3/\text{sec}$ tot $1700 \text{ m}^3/\text{sec}$ sprake zijn van gemiddelde ebweg die toeneemt van 900 m tot 1100 m en een gemiddelde vloedweg die afneemt van 700 m tot 200 m. De grootte van de eb- en vloedwegen zal verder bepaald worden door de getijbeweging in zee en het interne windeffect op het Haringvliet. De invloed van het getij in zee is nader gekwantificeerd in fig. 3.2.
3. De wind kan een belangrijke invloed op het stromingsbeeld hebben. Er is een globaal onderzoek uitgevoerd naar de stromingen die door wind worden opgewerkt.
4. Getracht is door middel van metingen de uit modelproeven gevormde inzichten te toetsen. Deze toetsing werd bemoeilijkt door het beperkte aantal meetpunten tijdens de uitgevoerde metingen. Daarnaast is het de vraag of de zeer kleine stroomsnelheden voldoende nauwkeurig gemeten worden. Ondanks deze moeilijkheden bleek tijdens een aantal metingen een goede overeenstemming tussen model en prototype te bestaan.