

deltawerken

mei 1965 nummer 32



deltawerken

REDACTIE: DELTADIENST
VAN HOGENHOUCKLAAN 60,
'S-GRAVENHAGE

ABONNEMENTEN,
VERKOOP LOSSE NUMMERS:
STAATSUITGEVERIJ, CHR. PLANTIJNSTRAAT - 'S-GRAVENHAGE

De prijs bedraagt f 6,- per jaar of f 2,- per nummer

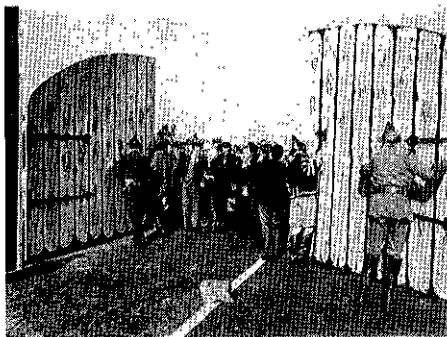
A. De werken van het Deltaplan

- 59 Openstelling voor het verkeer van de dam door de Grevelingen
- 60 Enkele beschouwingen over de bepaling van de hoogte van zeedijken
- 67 De aanpassing van scheepswerven aan de waterloopkundige veranderingen op de Deltawateren
- 77 Stromen en ongrondingen gedurende de afsluiting van het noordelijk sluitgat van de Grevelingen
- 91 Constructie van de geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen
- 96 Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

- 101 Aanleg van het dijkgedeelte onder de Friese kust
- 105 Vorderingen

Watergeuzen openen de poort voor de hoge gasten
die de dam in gebruik hebben gesteld.



De dam door de Grevelingen gezien van de Schouwense kant.



Openstelling voor het verkeer van de dam door de Grevelingen

Op donderdag 1 april is de dam door de Grevelingen op plechtige en feestelijke wijze voor het verkeer opengesteld. Nauwelijks vijf maanden nadat de kruin van de dam door het noordelijk sluitgat boven water kwam kon Schouwen-Duiveland, het laatste echte eiland van de Zeeuwse archipel, met het vasteland worden verbonden. De meeste bewoners van het eiland voelen, zo blijkt uit steekproeven die de kranten namen, deze aansluiting wel als de opheffing van een ongewenst isolement. Vandaar dan ook dat in de toespraken bij de officiële opening al meteen naar voren kwam hoezeer men uitziet naar voltooiing van de brug over de Oosterschelde en dat een vaste verbinding over de Westerschelde direct daarna op de lijst der verlangens staat.

De Commissaris van de Koningin in de provincie Zuid-Holland, mr. Klaasesz, vestigde er in zijn toespraak de aandacht op dat dit de tweede maal binnen een jaar tijds was, dat de Minister van Verkeer en Waterstaat naar het Deltagebied was gekomen om een vaste oeververbinding in gebruik te stellen en daarmee een gedeelte van het eilandengebied uit zijn isolement te verlossen. De eerste maal betrof het de brug over het Haringvliet; nu werd een dam die in de eerste plaats een functie heeft in het beveiligingssysteem van het Nederlandse Deltagebied, in gebruik genomen als verkeersweg. Dank zij de nieuwe weg is de rijafstand van Rotterdam naar Zierikzee met 18 km bekort, terwijl bovendien geen oponthoud meer zal worden veroorzaakt door enig veer; de tijdwinst is dus aanzienlijk. Zelfs de reis van Schouwen naar St.-Philipsland zal door het totstandkomen van de verbinding over de Grevelingendam in veel gevallen minder tijd gaan kosten; men verwacht dat het veer Zijpe-Anna Jacobapolder sterk ontlast zal worden, zodat voorheen wel voorkomende wachttijden van vijf en zes uur gedurende het zomerseizoen tot het verleden zullen behoren.

De kabelbaan staat nog opgericht langs het noordelijk deel van de sluitdam; een herinnering aan de experimenten die de sluiting van het noordelijk gat uit waterbouwkundig oogpunt zo belangwekkend maakten, al verliep dit experiment aanvankelijk niet zonder tegenslagen en oponthoud. Het werken met de kabelbaan heeft echter zoveel belangwekkende gegevens opgeleverd, dat de proef geslaagd kan worden genoemd.

Voor Schouwen-Duiveland luidt de vaste oeververbinding een heel nieuw tijdperk in. De bevolking, die de laatste jaren enigszins is teruggelopen, zal zich naar alle waarschijnlijkheid gaan uitbreiden. Maar de grote sociologische veranderingen die het voormalig eiland te wachten staan zullen pas optreden als de Oosterschelde is afgesloten en de dam door de Grevelingen zijn derde functie gaat uitoefenen door de achterste afsluiting te vormen van het toekomstige Grevelingenbekken.

Enkele beschouwingen over de bepaling van de hoogte van zeedijken

Generaties waterbouwkundigen hebben zich afgevraagd hoe hoog een dijk moet worden aangelegd om het achtergelegen land tegen overstroming te beschermen. Vroeger gaf men op deze vraag een eenvoudig antwoord: een dijk moet zo hoog zijn, dat de hoogst bekende stormvloedstand kan worden weerstaan. Dit is echter een gevaarlijke maatstaf gebleken. Niet alleen kan ook deze stormvloedstand overschreden worden, zoals overstromingen getuigen, maar bovendien stijgt de zeespiegel en daalt het land, waardoor het verschil tussen de zeestand en de kruin van de dijk in de loop van de tijd steeds kleiner wordt. Een dijk biedt dus met het verstrijken der jaren steeds minder veiligheid.

De belangrijkste factor bij het bepalen van de kruinhoogte van dijken is de kans, dat stormvloeden zullen voorkomen hoger dan een bepaald peil; vanwege andere factoren, zoals de golfoploop, de zeespiegelrijzing en de kruindaling moet de dijk echter nog hoger dan die bepaalde stormvloedstand worden aangelegd. In de laatste jaren, vooral na de stormvloed van 1953, zijn deze factoren intensief onderzocht. Mede op grond van deze studies heeft de Deltacommissie een aantal criteria opgesteld, die bij het bepalen van de dijkhoogte in rekening moeten worden gebracht. Deze criteria worden hieronder besproken.

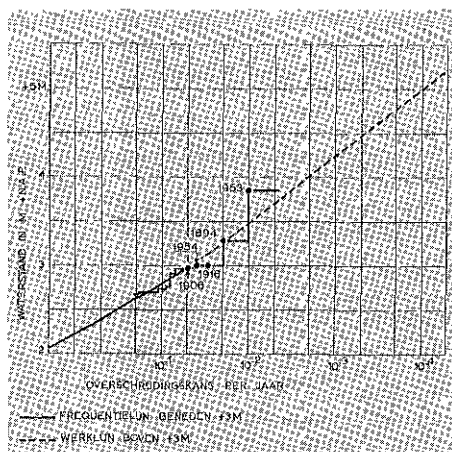
De overschrijdingskans van stormvloedstanden

Een dijk dient zo hoog te worden aangelegd, dat hij hoge stormvloeden kan keren. Nu doet zich dadelijk de vraag voor van welke stormvloedstand men voor de toekomst moet uitgaan om verlies aan mensenlevens door overstromingen zoveel mogelijk te voorkomen. Aan de andere kant spelen ook economische overwegingen een rol, omdat de bouw van hoge dijken zeer duur is.

De moeilijkheid bij het vaststellen van de optimale hoogte van dijken is dat, hoewel een stormvloed theoretisch niet onbeperkt hoog kan worden, het toch niet mogelijk is nauwkeurig te bepalen, waar de maximale hoogte van stormvloeden ligt.

De hoogte van een stormvloed is namelijk afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de windkracht en de windrichting op zee, de duur van de storm, de verplaatsingsrichting van de stormdepressie, het getij, en de eventueel resterende waterstandsverhoging langs de kust, veroorzaakt door een storm die enige dagen tevoren is opgetreden.

Zeer hoge stormvloeden treden op als de grootste opstuwing, veroorzaakt door zeer grote windkrachten boven de Noordzee uit noordwestelijke richting, samenvalt met het hoog-



Overschrijdingskansen van de stormvloedstanden te Hoek van Holland

water tijdens een springvloed en grote afvoer van de bovenrivieren. Een dergelijke stormvloed heeft een bepaalde kans van voorkomen. Veelal zal de maximale opstuwing echter niet samenvallen met hoog water bij springtij en zal de stormvloed een geringere hoogte bereiken.

De Deltacommissie heeft de kans van optreden van verschillende stormvloedstanden trachten te bepalen. De kans dat een bepaalde stormvloedstand overschreden zal worden, werd afgeleid uit te Hoek van Holland in de periode 1859–1959 waargenomen stormvloedstanden. Nagegaan werd, hoeveel malen bepaalde stormvloedstanden werden overschreden. Deelt men dit aantal door het aantal waarnemingsjaren – 100 – dan krijgt men de kans van overschrijden per jaar. Deze waarden – op logarithmische schaal – zijn in een grafiek tegen de bijbehorende waterstanden – met lineaire schaal – uitgezet. Beneden de waterstand van N.A.P. + 3 m bleken de waarnemingen zich rond een rechte lijn te groeperen. Boven N.A.P. + 3 m is het aantal geregistreerde waterstanden te gering om het verloop van de lijn nauwkeurig te kunnen bepalen. Deze lijn werd daarom gekozen als een voortzetting, een extrapolatie, van de lijn die geldt voor de standen van N.A.P. + 1,7 m tot N.A.P. + 2,4 m.

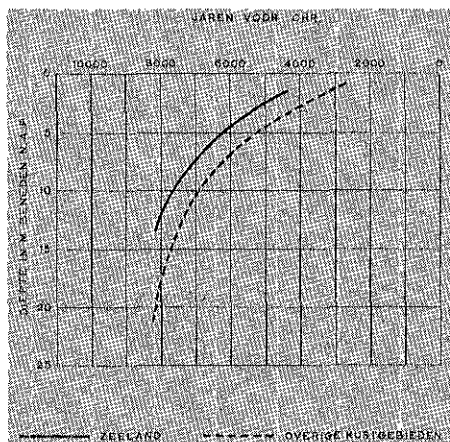
Teneinde de mensen een hoge mate van veiligheid te verzekeren binnen de grenzen van wat economisch aanvaardbaar is – het zogenaamde decisieprobleem – heeft de Deltacommissie besloten voor het vaststellen van de dijkhoogten uit te gaan van stormvloedstanden met een overschrijdingskans van gemiddeld eens per tienduizend jaar, daarbij wijzigingen in het klimaat en relatieve zeespiegelrijzing buiten beschouwing latend.

De hier bedoelde stormvloedstand bedraagt N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland of ongeveer 4 m boven gemiddeld hoog water. Dit peil is als uitgangspunt genomen voor de bepaling van de dijkhoogten langs de gehele Nederlandse kust. Voor elke plaats werd een basispeil bepaald, dat dezelfde overschrijdingskans van gemiddeld 1 : 10 000 per jaar heeft als voor Hoek van Holland geldt. Rekening houdend met de wijzigingen die de getijbeweging door de uitvoering van de Deltawerken zal ondergaan, en na eventuele toepassing van een economische reductie, werd het z.g. ontwerppeil vastgesteld.

De waterhoogte die aan dit basispeil beantwoordt, varieert langs de kust door verschillen in hoogwaterstanden en plaatselijke waterstandsverhogingen door opwaaiing.

Relatieve zeespiegelrijzing vóór het begin van onze jaartelling

Oude peilmerken te Amsterdam



De N.A.P.-daling

Het basispeil wordt uitgedrukt ten opzichte van het N.A.P.-vlak. Stijgt de zeespiegel ten opzichte van het N.A.P.-vlak, dan zal daarmee de overschrijdingskans van het basispeil toenemen. Het is daarom van belang de relatieve rijzing van de zeespiegel ten opzichte van het N.A.P.-vlak te kennen. De relatieve zeespiegelrijzing is enerzijds afhankelijk van de werkelijke stijging van het zeeniveau en anderzijds van de daling van het land. Deze daling kan veroorzaakt worden door daling van de diepere ondergrond van ons land en door het in elkaar geperst worden, zogenaamd inklinken, van geologisch jonge klei- en veenlagen.

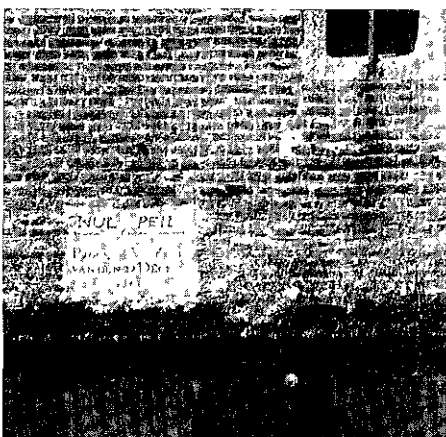
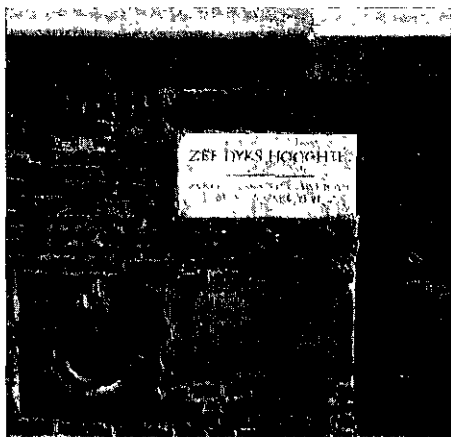
De daling van de diepere ondergrond is voor het zuidelijk gedeelte van Zeeland waarschijnlijk nihil. Verder naar het noorden neemt de daling echter toe. Voor Noord-Nederland wordt zij op 2 tot 4 cm per eeuw geschat.

Van veel groter belang is de inklinking van jonge klei- en veenlagen in de bodem. Vers gevormde veenlagen kunnen namelijk voor 80% uit water bestaan. Kleilagen in de polders bevatten 40 à 50% water. Nu kan het watergehalte van dergelijke pakketten in de loop van de tijd sterk afnemen. De bodemlagen worden compacter en dunner en het bodemoppervlak daalt: de bodem klinkt in.

De vermindering van het watergehalte in dit soort lagen is een gevolg van de belasting met het gewicht van later afgezette lagen, waardoor de onderliggende klei- en veenlagen worden uitgeperst. De lagen kunnen eveneens water verliezen als het grondwaterpeil zakt, bijvoorbeeld door bemaling. In veenlagen heeft de verlaging van de grondwaterstand nog een ander effect. Er kan dan meer zuurstof tot deze lagen toetreden, waardoor de organische stof in het veen verteert. Alleen al hierdoor kan het oppervlak van veenlanden zo'n 10 cm per eeuw dalen.

De totale inklinking op een bepaalde plaats hangt af van de dikte van de veen- en kleilagen in de bodem, het gewicht van de bovengelegen lagen en de ontwatering van het gebied. Aangezien deze factoren van plaats tot plaats sterk verschillen, zal ook de inklinking variëren. Uit onderzoekingen is gebleken dat de inklinking in de kernen van de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden, waar dikke veenlagen in de ondergrond voorkomen, sinds het begin van onze jaartelling 1 à 2 meter is geweest. In de omringende zeekleipolders, waar het veen grotendeels verdwenen is, bedroeg de inklinking over deze periode slechts 20 tot 60 cm.

Het N.A.P.-vlak is gekoppeld aan N.A.P.-merken te Amsterdam. De N.A.P.-stenen zakken



als gevolg van de absolute bodemdaling en de inklinking. Peilmerken die elders in het land zijn opgesteld en die door middel van waterpassingen op de N.A.P.-stenen zijn aangesloten, dalen sneller of minder snel dan die te Amsterdam, afhankelijk van de mate van inklinking.

Men heeft gevonden, dat de daling van de N.A.P.-stenen te Amsterdam ten opzichte van de gemiddelde waterstand van het Buiten IJ in de periode van 1870 tot heden rond 17 cm per eeuw bedraagt. In het onderstaande zullen wij zien, dat deze daling gedeeltelijk moet worden verklaard uit rijzing van de zeespiegel en gedeeltelijk uit inklinking van de bodem. Over de zeespiegelrijzing kan het volgende worden opgemerkt.

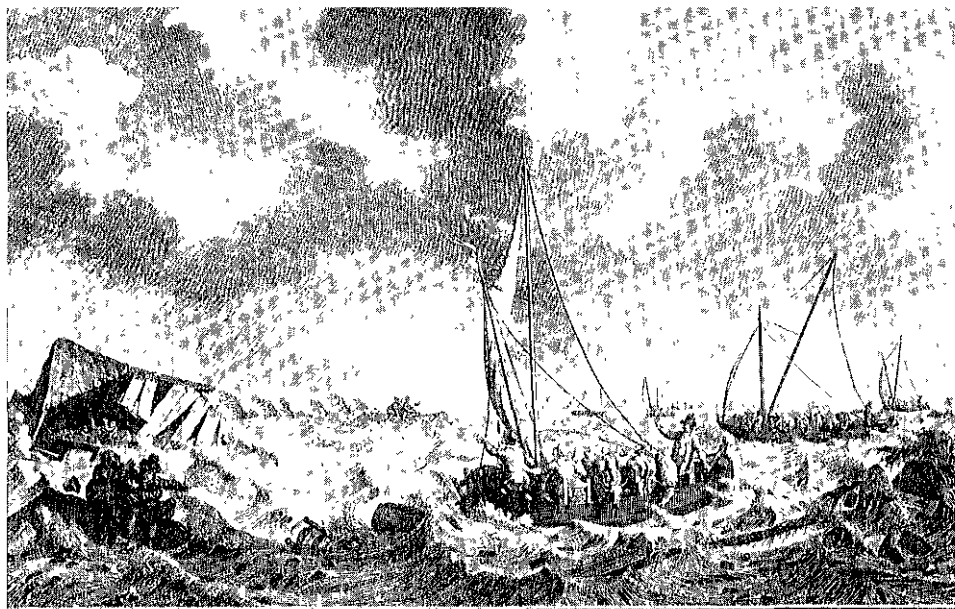
Naar alle waarschijnlijkheid is de hoeveelheid water op aarde in de geologische geschiedenis vrijwel constant. Water kan echter zowel voorkomen in vloeibare als in vaste toestand. *Neemt door klimaatsveranderingen de hoeveelheid ijs op aarde toe, dan vermindert dienovereenkomstig de hoeveelheid vloeibaar water.*

Tijdens de laatste ijstijden hadden de poolkappen en gletsjers zich enorm uitgebreid, zodat er veel water in de vorm van ijs was vastgelegd. Als gevolg daarvan was de zeespiegel over de gehele aarde ongeveer 100 m lager dan thans. Toen na de ijstijd de temperatuur ging stijgen, *smolt het ijs geleidelijk af, waardoor de zeespiegel weer begon te rijzen.* Deze rijzing zet zich tot op heden voort.

Aan het einde van de laatste ijstijd was het huidige Nederlandse kustgebied een grote, in de richting van Engeland hellende zandvlakte. Door de verhoging van het zeeniveau verdwenen steeds hoger gelegen gedeelten van dit vlak onder water. In de kuststrook zal de grondwaterstand in het zandpakket tenminste even hoog zijn geweest als het hoogwaterniveau op zee. In het vlakke kustgebied moet het grondwater op vele plaatsen praktisch aan het oppervlak gelegen hebben.

Er ontstonden daar meren en poelen, waarin zich een moerasvegetatie ontwikkelde. De resten hiervan zijn als veen bewaard gebleven. Het veen is dus ongeveer op hoogwaterniveau of iets daarboven ontstaan. Bij stijgende zeespiegel werd dit veen op steeds hoger gelegen plaatsen gevormd. Verzamelt men thans veenmonsters die op de oude zand-ondergrond liggen en bepaalt men de ouderdom van deze venen, dan kan men de zeespiegelrijzing in de tijd reconstrueren.

De ouderdom van het veen kan vrij nauwkeurig worden vastgesteld met de zogenaamde C 14-methode. Deze methode is gebaseerd op het gegeven, dat koolzuurgas in de



GEZIGT IN DE KOSKOEK, BY KAMPEN, IN DE OVERSTROOMING, DEN 18^{ten} NOVEMB. 1775.

lucht een uiterst gering percentage radioactieve koolstof C 14 bevat. Deze radioactieve koolstof wordt door de planten opgenomen en vastgelegd. De hoeveelheid C 14 vermindert in de loop van de eeuwen in een bekend tempo. Door de hoeveelheid radioactieve koolstof in een veen te meten en deze te vergelijken met de hoeveelheid die in levende planten voorkomt, kan men de ouderdom van het veen berekenen.

Uit studies van de Geologische Stichting is gebleken, dat de zeespiegelrijzing na de laatste ijstijd aanvankelijk zeer sterk was, namelijk in de omgeving van 75 cm per eeuw. In latere perioden nam de stijging geleidelijk af. Ongeveer 4000 jaar geleden bedroeg zij nog ongeveer 15 cm per eeuw. Over de laatste 2000 jaar zijn geen gegevens beschikbaar, omdat geen betrouwbare veenmonsters voorhanden zijn. Extrapoleert men echter de gevonden curven tot in de huidige tijd, dan resulteert een gemiddelde zeespiegelrijzing van 10 cm per eeuw. Over de toekomstige stijging valt geen voorspelling te doen, omdat de zeespiegelveranderingen nauw samenhangen met de klimaatsomstandigheden op aarde. Zouden deze gelijk blijven dan zal de zeespiegelrijzing zich in afnemende mate voortzetten.

Opgemerkt wordt, dat de genoemde bedragen van de zeespiegelrijzing gelden ten opzichte van de pleistocene zandvlakte.

Uit het voorgaande volgt, dat de N.A.P.-daling, dat is het toenemend hoogteverschil tussen N.A.P.-stenen en de gemiddelde zeestand, ten dele moet worden toegeschreven aan rijzing van de zeespiegel en ten dele aan inklinking van de bodem bij het N.A.P.-merk. Voor het ontwerpen van zeedijken heeft de Deltacommissie aanbevolen voor de N.A.P.-daling 20 cm per eeuw in rekening te brengen.

De kruindaling

De daling van de kruin van een dijk is afhankelijk van de volgende factoren:

de zetting van het dijklichaam zelf;

de inklinking of het in elkaar persen van de ondergrond.

De inklinking onder een dijk is groter dan elders, omdat door het gewicht van de dijk de ondergrond extra wordt belast. Ook de klei die in de dijk verwerkt is, klinkt in. De totale kruindaling kan dus aanzienlijk groter zijn dan de bodemdaling in het omringende land.

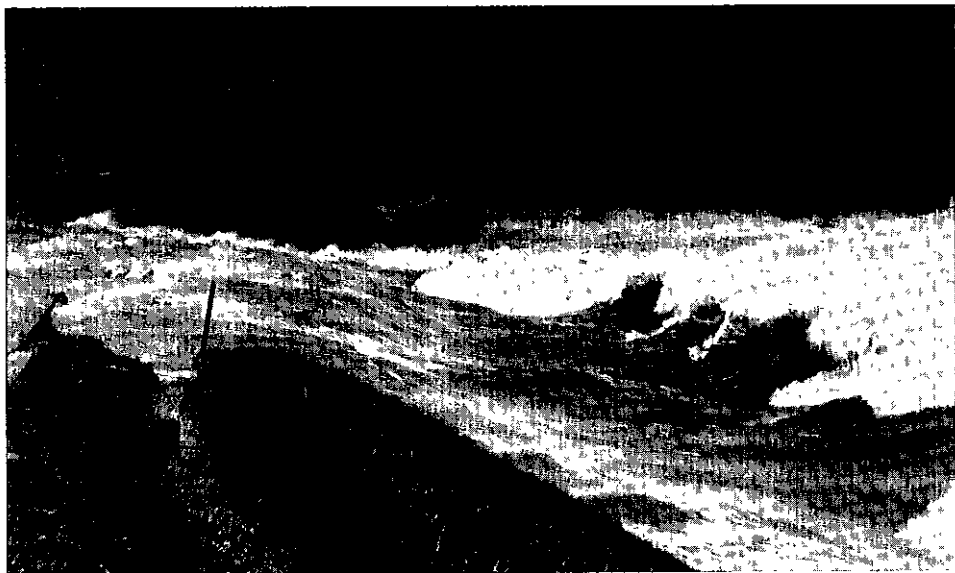
Men heeft vastgesteld, dat de gemiddelde kruindaling van onze dijken ongeveer 50 cm per eeuw bedraagt. Op sommige plaatsen wordt echter ook de uitzonderlijke waarde van 3 m per eeuw gevonden.

De Deltacommissie heeft aanbevolen bij verhoging van de zeedijken in het algemeen rekening te houden met een kruindaling van minimaal 50 cm per eeuw. Plaatselijke omstandigheden, bijvoorbeeld het voorkomen van dikke klei- of veenlagen onder de dijk, kunnen echter een grotere overhoogte noodzakelijk maken.

Bij de afsluitdammen door de zeegaten zal de invloed van de inklinking van de bodem op de verlaging van de kruin kleiner zijn dan bij de oudere dijken het geval is. In de zeegaten immers liggen diepe geulen, waarvan de loop vaak verandert. In het gebied van de toekomstige dammen is het veen dan ook geheel verdwenen. Wel komen hier en daar kleilagen voor, doch deze zijn vaak bedekt door metersdikke zandlagen en dientengevolge reeds belangrijk ingeklonken.

De kruindaling van dijken kan tegenwoordig redelijk nauwkeurig voorspeld worden. Deze voorspellingen berusten op grondmechanische proeven, waarbij de toekomstige belasting van een klei- of veenlaag in het laboratorium op monsters wordt nagebootst, waarna de inklinking gemeten wordt. Bij deze proeven is onder meer gebleken, dat de inklinking de eerste jaren na de aanleg van een dijk groot is, doch in de loop van de tijd sterk af-

Dijkdoorbraak tijdens de watersnood van 1953



neemt. Bij de aanleg van een dijk kan men dus al zoveel overhoogte geven, dat de initiële inklinking gecompenseerd wordt.

Golfoploop

Tijdens stormen kunnen hoge wind- en deiningsgolven tegen de dijk oplopen en er over heen slaan. Hierdoor kan het voorkomen, dat de dijk niet alleen aan de buitenzijde, maar ook aan de binnenzijde wordt aangetast. In 1953 is dit op vele plaatsen gebeurd.

Om aan deze golfoploop weerstand te kunnen bieden moet de dijk nog eens extra verhoogd worden. De studie ter bepaling van een significante hoogte van windgolven tijdens stormvloed in verband met de golfoploop tegen dijken, is de laatste jaren met kracht ter hand genomen. Het probleem hierbij is, dat de Noordzeegolven bij de nadering van ondiep water allerlei veranderingen ondergaan door breken, refractie en diffractie. Deze veranderingen worden in sterke mate beheerst door de waterdiepte. In zeegaten met grote diepteverschillen — diepe geulen naast hoge platen — ontstaan ingewikkelde golfpatronen en daarmee samenhangend aanzienlijke variaties in de golfhoogten. Deze golfpatronen zijn verschillend bij onderscheiden voortplantingsrichting en hoogte van de Noordzeegolven (zie Driemaandelijks Bericht nr. 2 en nr. 25). Een ander probleem is, dat er nog maar weinig waarnemingen zijn van het karakter van de golven op ondiep water tijdens zware golfgang. Mede met het doel hierover meer gegevens te verkrijgen is in het delta-gebied een aantal golfmeetpalen opgericht (zie Driemaandelijks Bericht nr. 3 en nr. 19). Uit het bovenstaande volgt, dat de extra verhoging van de zeedijken, nodig voor het opvangen van de golfoploop, van plaats tot plaats nogal kan variëren en door middel van golfstudies moet worden vastgesteld.

Bui-oscillaties en buistoten

Beziet men de curve van een continu registrerende peilschaal, dan blijken de waterstanden bij storm onderhevig aan variaties met perioden van enkele minuten tot een half uur. Deze waterstandvariaties blijken samen te hangen met weersinvloeden. Zij kunnen samenhangen met tijdelijk sterk toenemende windsnelheid gedurende regenbuien. Dit verschijnsel wordt bui-oscillatie genoemd indien het plaatselijk optreedt, buistoot, als het over grotere afstand langs de kust te volgen is. Deze waterstandsveranderingen zijn gesuperponeerd op de stormvloedstanden. Bij de aanleg van dijken dient dus ook hiervoor een extra overhoogte te worden aangebracht. In het eindverslag van de Deltacommissie zijn tabellen opgenomen, die voor verschillende plaatsen langs de kust de mogelijke grootten van deze waterstandsveranderingen aangeven.

In het voorgaande zijn de factoren beschouwd, die ter bepaling van de hoogte van zeedijken in rekening moeten worden gebracht. Het basispeil werd zodanig vastgesteld, dat de overschrijdingskans slechts 1 : 10 000 per jaar bedraagt. Belangrijke extra-verhogingen moeten worden aangebracht vanwege de golfoploop en de bui-oscillaties en -stoten. Ook zal men bij de aanleg reeds rekening dienen te houden met de N.A.P.-daling en de kruindaling. Tevens is een doeltreffende controle op de hoogte van de aangelegde dijk in de loop van de tijd noodzakelijk. Deze controle geschiedt door middel van zogenaamde bodemdalingspeilmerken, die op een aantal plaatsen langs de kust zijn opgesteld. Deze peilmerken zijn zo diep in de ondergrond gefundeerd, dat ze niet meer zakken door inklinking, wel echter door de absolute daling van de diepere ondergrond van ons land. De stijging van het gemiddeld hoogwatervlak ten opzichte van het land en de kruindaling kunnen zo nauwkeurig worden bepaald.

De aanpassing van scheepswerven aan de waterloopkundige veranderingen op de Deltawateren

In de nrs. 22 en 30 van deze Berichten is er onder meer op gewezen, dat de te verwachten veranderingen in de waterstanden en in de waterbeweging op de Deltawateren gevolgen zullen hebben voor scheepswerven, scheepsreparatiebedrijven, scheepssloperijen en andere met bepaalde werken aan de Deltawateren gebonden bedrijven.

Vele bedrijven in het Deltagebied zijn namelijk in sterke mate ingesteld op de ter plaatse voorkomende waterstanden en waterbeweging. Deze bedrijven zijn vaak sterk vergroeid met de plaatselijke situatie; van het terrein tussen de dijk en de rivier maken zij een maximaal gebruik. Veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging zullen dergelijke bedrijven veelal dwingen tot aanpassing. De aard van het bedrijf, de ligging in het Deltagebied, de plaatselijke toestand en de bedrijfsomstandigheden bepalen de aard van de vereiste aanpassing. Soms volstaat een wijziging in de bedrijfsvoering; in andere gevallen zullen bovendien bepaalde werken moeten worden uitgevoerd van werktuigkundige of waterbouwkundige aard.

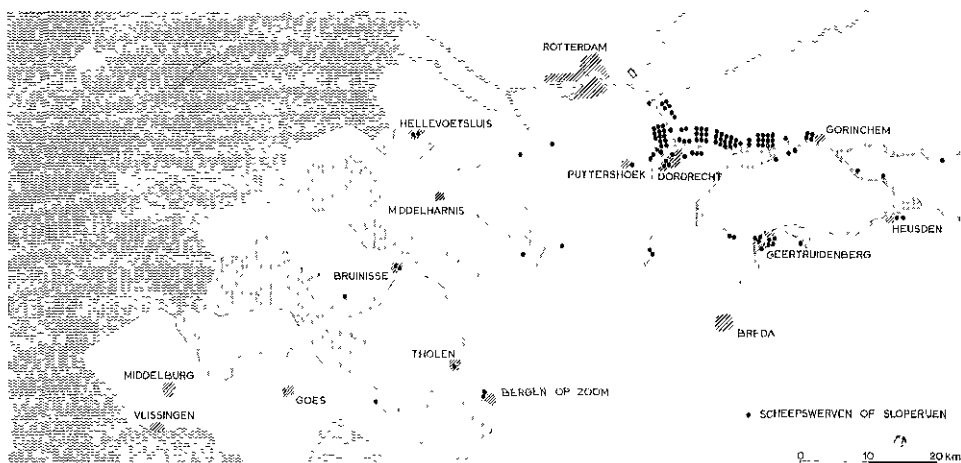
De vraag, of en in hoeverre voor een bedrijf aanpassingen nodig zijn, kan het beste worden beantwoord indien de belanghebbende weet welke waterstanden en stroomsnelheden, met bijbehorende frequenties, in de bestaande toestand een efficiënte bedrijfsvoering mogelijk maken.

Voor een scheepswerf zijn vooral die waterstanden van belang die de gemiddelde toestand ter plaatse karakteriseren en verder de meer zeldzame standen, die vanwege hun duur en/of kans van voorkomen toch nog als maatgevend moeten worden beschouwd voor de vereiste aanpassingen. Voor een scheepswerf zijn dus de volgende waterstanden van belang:

1. in het algemeen: de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen;
2. voor het ophalen en te water laten van schepen: de lage H.W.-standen;
3. Voor het werken op de helling: de hoge L.W.-standen.

Bij de bepaling van deze standen op de benedenrivieren ten noorden van de Volkerakdam wordt uitgegaan van een gemiddeld getij op zee; er wordt dus geen rekening gehouden met standen die beïnvloed zijn door op- of afwaaiing van het gemiddelde zee-niveau, aangezien deze op- en afwaaiingseffecten in verband met de duur waarmee ze optreden niet van doorslaggevend belang zijn.

Het 'laag' of 'hoog' zijn van bepaalde hoog-, respectievelijk laagwaterstanden is dus afhankelijk van betrekkelijk zeldzame hoge of lage opperwaterafvoeren. De waterstanden



op de benedenrivieren ten noorden van de Volkerakdam zullen na de afsluiting van het Haringvliet, die naar verwachting in 1969 zal plaatsvinden, meer dan thans worden bepaald door de oppervlaktewaterafvoer, en wel voornamelijk door de afvoer van de Rijn en de afhankelijkheid daarvan in te stellen kunstmatige oppervlaktewaterverdeling, en veel minder door het getij op zee. Op de Deltawateren ten zuiden van de Volkerakdam zullen in de toekomst min of meer vaste zomer- en winterpeilen worden ingesteld. Het is dus te verwachten dat voor een groot aantal scheepswerven de maatgevende standen betrekkelijk grote veranderingen zullen ondergaan.

In verband met het hellingen of de stapelloop van schepen kunnen voor bepaalde scheepswerven veranderingen in de minimale stroomsnelheden of stroomkenteringen van belang zijn. Het is in deze gevallen in de eerste plaats van belang vast te stellen wat in dit opzicht maatgevend moet worden geacht voor elk van de betrokken bedrijven.

Uit het vorenstaande volgt reeds dat elke scheepswerf zijn eigen problemen heeft. De meest voorkomende typen kunnen hier dan ook slechts sterk schematiserend worden besproken. Daarbij zal onderscheid worden gemaakt tussen nieuwbouw- en reparatiehellingen, terwijl beide categorieën onderscheiden worden in langs- en dwarshellingen.

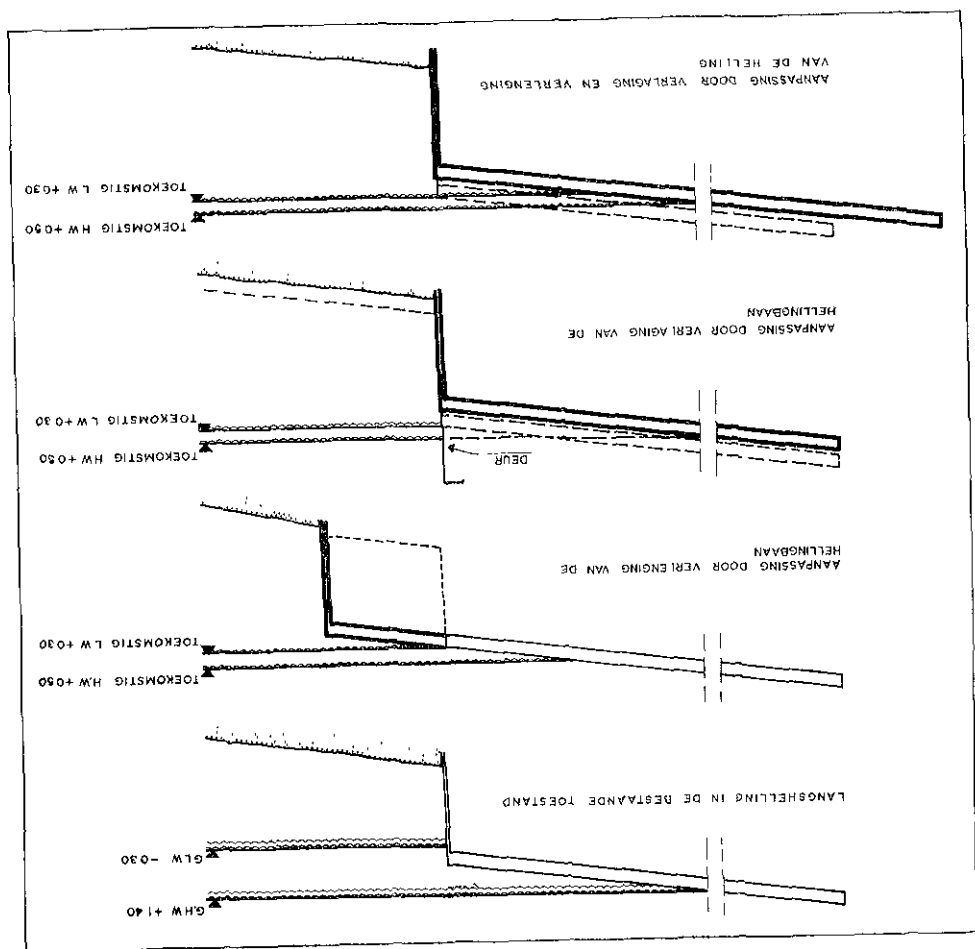
Nieuwbouwhellingen

Een nieuwbouw-langshelling is een schuin aflopend terreingedeelte al dan niet voorzien van een vaste hellingbaan, waarop nieuwe schepen worden gebouwd en te water gelaten. In zijn meest eenvoudige vorm is de helling een grondzate. Meestal omvat de helling evenwel een al dan niet gewapende en/of onderheide betonconstructie, die de goten draagt waarin de sleden kunnen bewegen waarop het nieuwe schip wordt gebouwd. Verder omvat de helling meestal een vaste werkvloer, bijvoorbeeld van betontegels of betonplaten, mogelijk geflankeerd door een kraanbaan.

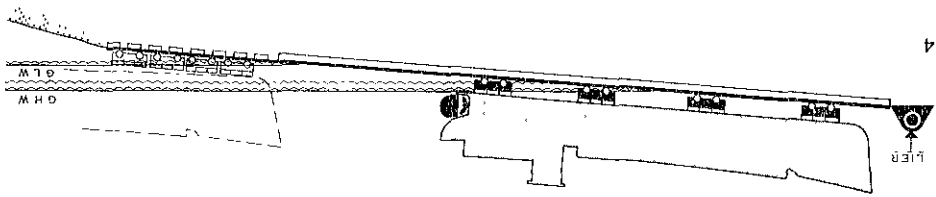
Naar gelang van de grootte van het te bouwen schip varieert het afschot van de helling van ongeveer 1 : 20 voor grote schepen tot 1 : 12 voor kleine vaartuigen. Bij een tewaterlating dient het afschot voldoende groot te zijn om het schip, nadat de laatste borg is verwijderd, uit zichzelf in beweging te doen komen. De kiel van het schip krijgt vaak iets meer afschot. Afhankelijk van het type en de grootte van het schip in relatie tot de

Ligging van scheepswerven en scheepssloperijen in dat gedeelte van het Delta-gebied waar de maatgevende waterstanden na afsluiting der zeegeen wijziging kunnen ondergaan

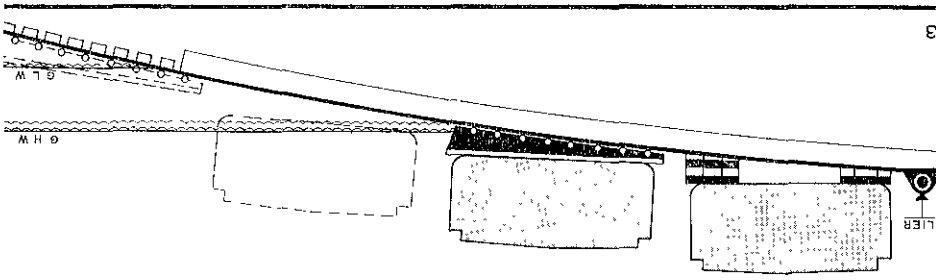
Aanpassing van langsheellingen. De gegeven waterstanden zijn fictief



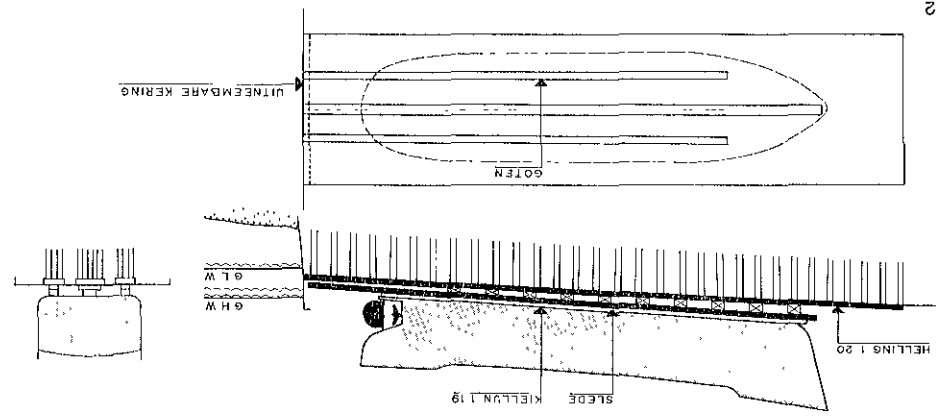
4



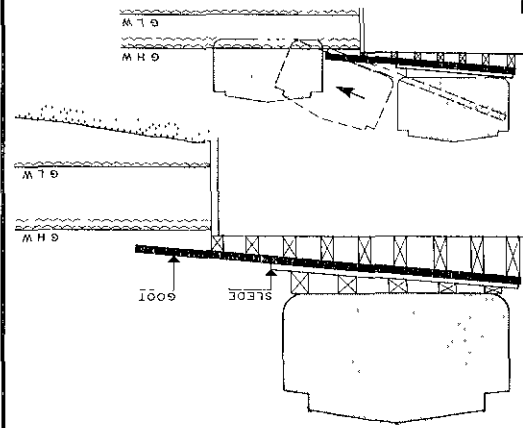
3



2



1



4 LANGSHELLING VOOR REPARATIE

3 DWARSHELLING VOOR REPARATIE

2 LANGSHELLING VOOR NIEUWBOUW

1 DWARSHELLING VOOR NIEUWBOUW

eigenschappen van de helling stelt de scheepsbouwer, vaak op grond van ervaring, het afschot voor het te bouwen schip vast.

Het ondereinde van de helling bevindt zich op een zodanige diepte, dat het schip gedurende de stapelloop bij H.W. een voldoende opdrijvend vermogen verkrijgt, zodat het niet dompt en anderzijds geen ontoelaatbare druk op de helling uitoefent. De diepte van dit punt is bovendien enigermate afhankelijk van de voorkomende L.W.-standen, in die zin, dat gedurende een redelijk lange tijdsduur tijdens laagwater werkzaamheden aan de achtersteven moeten kunnen worden verricht. Om praktische redenen bedraagt de afstand van de kiel tot de helling aan het ondereinde zelden minder dan 1 m, zodat, afhankelijk van het type en de grootte van het schip dat men op de helling wil kunnen bouwen, de vorm van de helling hierdoor vaststaat. Wil men grotere schepen bouwen of ongeacht de waterstanden aan het achterschip kunnen blijven werken, dan kan een bak of dokhelling, die tijdens de bouw van het schip wordt afgesloten door een deur, uitkomst bieden.

Indien als gevolg van de uitvoering van de Deltawerken de voor stapelloop bij een werf nodige H.W.-stand 50 cm zou dalen, dan moet het ondereinde van de helling eveneens 50 cm worden verlaagd om op dezelfde wijze schepen van dezelfde typen en grootten te kunnen blijven bouwen. Heeft de helling een afschot van 1 : 20 dan moet ze 10 m rivierwaarts worden verlengd of de gehele helling moet 50 cm omlaag worden gebracht. Als bovendien de maatgevende L.W.-stand ter plaatse van dezelfde werf hoger wordt, dan kan het nodig blijken daarvoor de helling landwaarts te verlengen. Deze voorzieningen vergen dus ruimte, die vaak bezwaarlijk is te vinden, omdat de meeste werven hun terrein tussen de dijk en de rivier reeds zeer intensief gebruiken. Kan alleen rivierwaarts worden verlengd, dan moet de helling waarschijnlijk verbouwd worden tot dokhelling. Maakt echter de scheepvaart ter plaatse ook een rivierwaartse verlenging onaanvaardbaar, dan kan in het uiterste geval de aanpassing worden gezocht in een verlaging van de gehele helling, hetgeen bij een gefundeerde betonnen helling uiteraard geen eenvoudige zaak is; het einde van de helling zal dan eveneens afgesloten moeten kunnen worden door een deur.

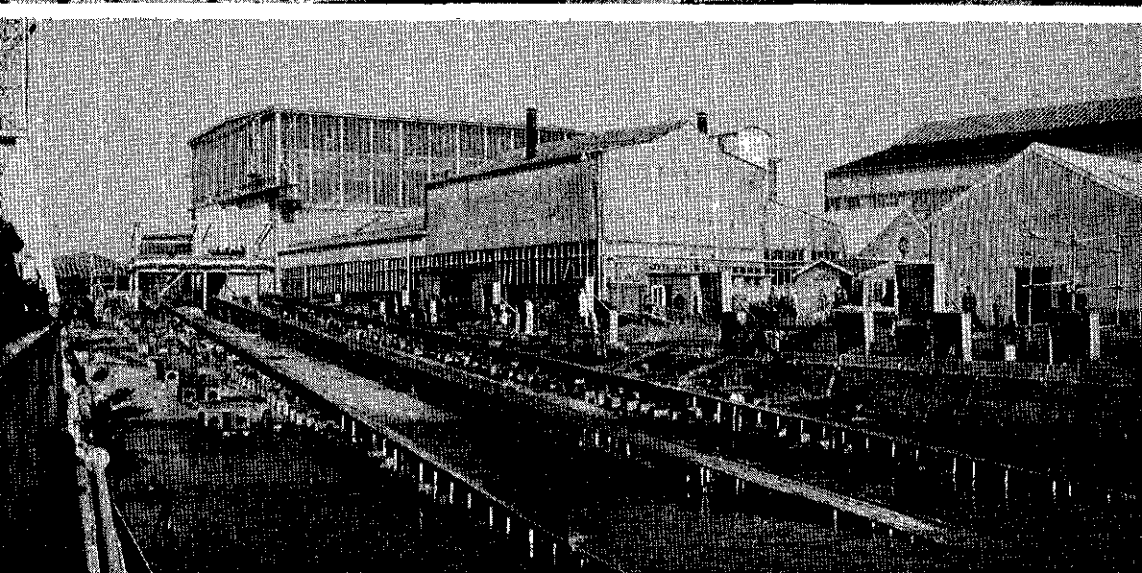
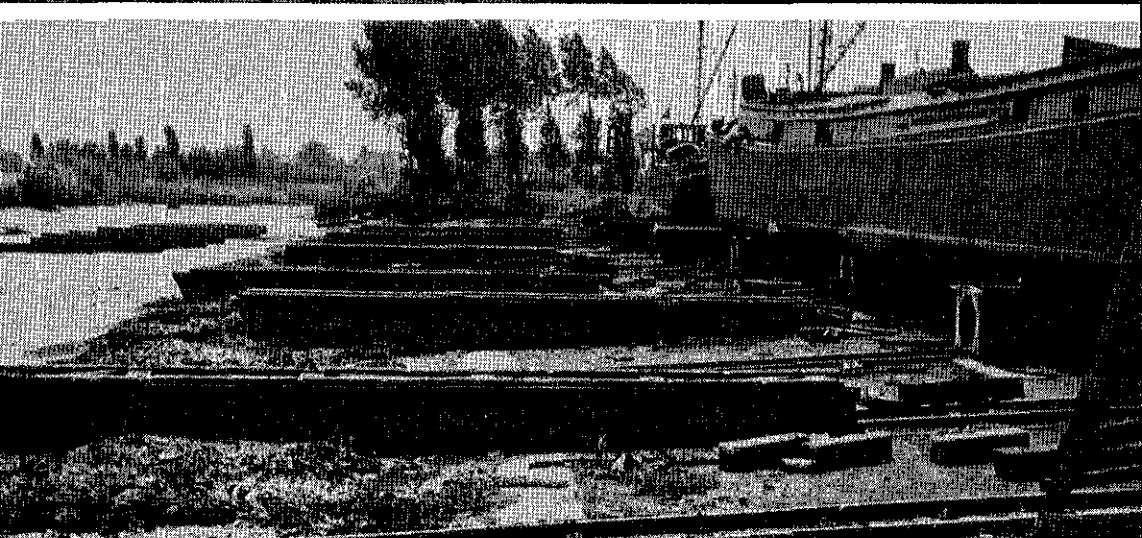
Behalve de veranderingen in de waterstanden kan ook de mindere frequentie van bepaalde kleine stroomsnelheden of van stroomkenteringen bij hoogwater voor nieuwbouw-langshellingen problemen opleveren.

Een nieuwbouw-dwarshelling bestaat uit een hellend plateau met een serie afloopbanen, waarop het schip evenwijdig aan de waterlijn wordt gebouwd. Bij sommige kleinere dwarshellingen bevindt het gehele plateau zich boven water, zodat het schip bij stapelloop min of meer te water valt.

Nieuwbouw-dwarshellingen leveren als regel minder problemen op dan langshellingen. De werkdiepte loodrecht op de waterlijn is kleiner en het afschot van de helling is meestal iets groter, zodat het ruimte-probleem bij aanpassing minder dringt. Ook hier zal evenwel bij een verlaging van de maatgevende H.W.-stand een waterwaartse verlenging of een verlaging van de gehele helling nodig kunnen zijn. Verhoging van de L.W.-stand en veranderingen in de minimale stroomsnelheden en stroomkenteringen hebben op dit soort hellingen meestal minder invloed. Vaak is zo'n helling in een haven of inham gelegen, zodat de stroomsnelheden op de rivier toch al niet van invloed zijn.

Reparatiehellingen

Een reparatie-langshelling bestaat in zijn meest eenvoudige vorm uit een hellende grondzate, waarop rails zijn aangebracht op dwars- of langsliggers. Over deze rails kunnen twee of meer hellingwagens rijden die men door middel van lieren omhoog trekt of in het water laat zakken. Beneden de gemiddelde L.W.-stand rusten de door dwarsdragers



Langshelling voor reparatie

Dwarshelling voor reparatie

Langshelling voor nieuwbouw

gekoppelde rails al naar gelang van de draagkracht van de bodem zonder meer op de zate of liggen, voorzien van een verbreed draagvlak van bijvoorbeeld gelaste stalen platen, op de afgevlakte rivieroever. Langs de Deltawateren vindt men veel van dergelijke, soms enigszins primitief aandoende reparatiehellingen. Bij de grotere bedrijven is de gehele helling meestal voorzien van een doorlopende gewapend betonnen constructie, al dan niet onderheid. Deze werven bezitten dan meestal ook geheel verharde werkterreinen. Het afschot van deze hellingen varieert van 1 : 16 tot 1 : 10.

Moet een schip ter reparatie voor inbouw van een motor of voor andere werkzaamheden op de helling worden gehaald, dan laat men de hellingwagens zakken tot ze geheel onder water zijn verdwenen. Boven de laatste hellingwagens moet bij hoogwater zoveel water staan, dat het te hellingen schip er met de voorsteven boven kan komen. Terwijl het schip op de goede plaats en in de juiste richting wordt gehouden trekt men dan langzaam de hellingwagens omhoog, zodat eerst de voorsteven in de voorste wagen komt te rusten en vervolgens het gehele schip op de wagens uit het water wordt getrokken. Het schip kan daarna met blokken en wiggen worden onderstept, waarna de nodige werkzaamheden kunnen beginnen; bij laagwater aan de achtersteven, bij hoogwater aan de overige delen of in het inwendige.

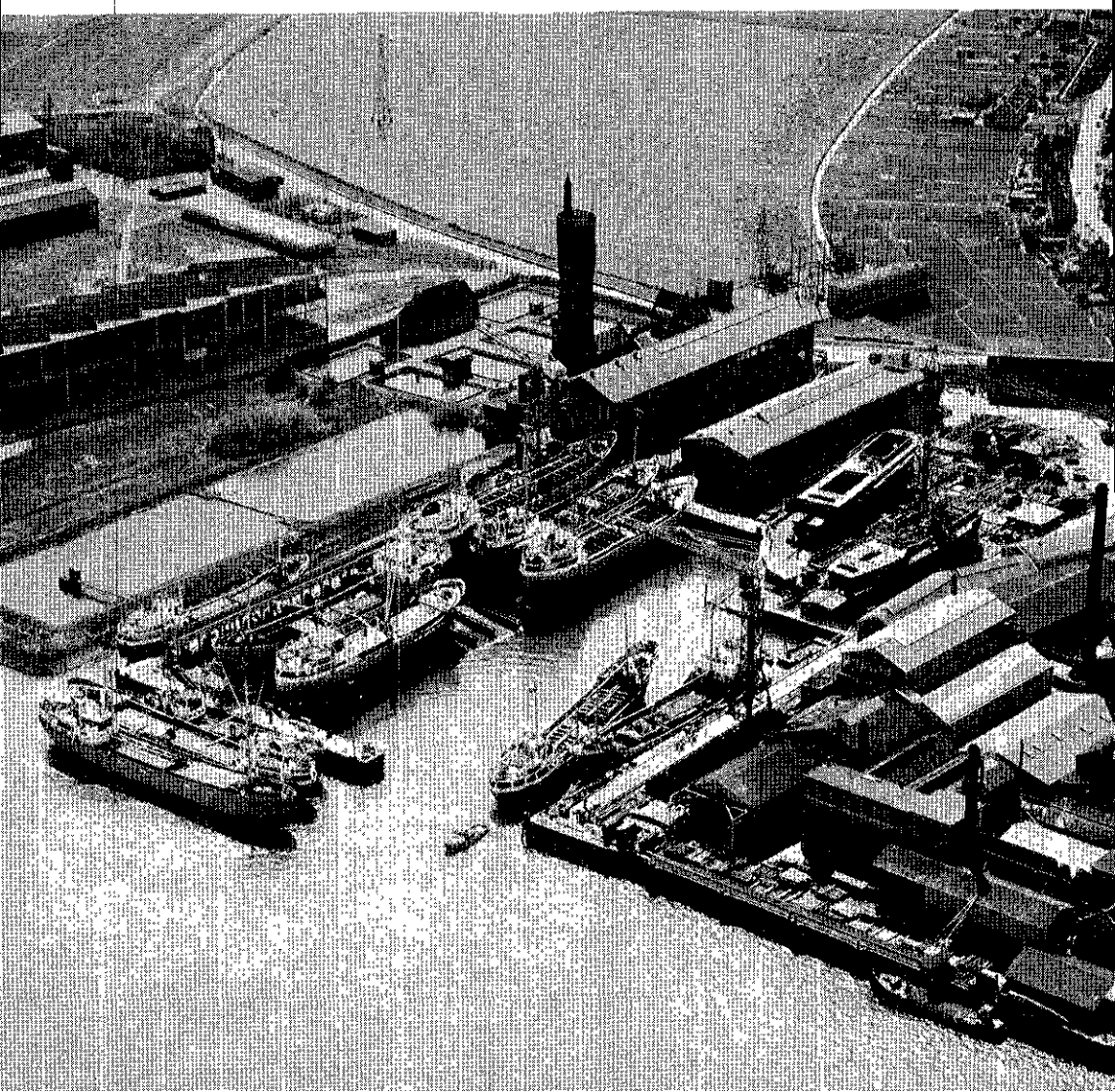
De tewaterlating vindt op overeenkomstige wijze plaats: de achterste hellingwagens verdwijnen bij hoogwater in de rivier, het achterschip gaat opdrijven en als er voldoende water boven de hoogste hellingwagen staat komt ook de voorsteven vrij.

Aangezien een reparatie-langshelling veel ruimte rivierwaarts vraagt, wordt de helling soms iets bol aangelegd, zodat de wagens eerder en dieper onder water verdwijnen. Op zo'n helling kunnen meestal echter niet meer dan twee wagens rijden, waarvan het bovenvlak bovendien moet scharnieren. Alleen vrij kleine schepen kunnen dus op deze hellingen worden getrokken.

Door veranderingen in de maatgevende waterstanden ontstaan voor een reparatiebedrijf soortgelijke moeilijkheden als voor de nieuwbouw-langshelling. Ook hier moet bij lager worden van de maatgevende H.W.-stand de helling rivierwaarts worden verlengd, respectievelijk in zijn geheel worden verlaagd; bij hoger worden van de maatgevende L.W.-stand moet de helling landwaarts worden verlengd. Verlenging van de helling noodzaakt er toe de kettingen of kabels voor het bewegen van de wagens langer te maken. Een bak met een wegneembare dokdeur kan ook voor dit type helling worden overwogen.

Ligt de helling direct aan de rivier dan kunnen veranderingen in de minimale stroom-

Scheepswerf met twee langshellingen voor nieuwbouw en een dwarshelling voor reparatie



snelheden of stroomkenteringen problemen veroorzaken bij het ophalen en tewaterlaten van schepen.

Een reparatie-dwarshelling bestaat uit een hellend plateau met een serie rails en bijbehorende hellingwagens, waarmee een schip evenwijdig aan de waterlijn uit het water wordt gehaald.

Al naar gelang de lengte van het te repareren schip viert men een rij hellingwagens totdat ze alle op de gewenste diepte onder water staan en het schip er bij hoogwater boven kan komen. Zakt het water, dan komt het schip op de wagens te rusten en met synchroon werkende lieren wordt het geheel omhooggetrokken. Nagenoeg op dezelfde wijze als bij een reparatie-langshelling wordt het schip onderstopt en opgewigd, zodat de wagens weer beschikbaar komen voor een volgend schip. Bij grotere dwarshellingen kunnen wel drie schepen naast elkaar worden gezet, de bovenste twee op onderstop-pingen, het onderste op de wagens. Indien mogelijk worden schepen met in hoofdzaak kiel-, roer- en schroefreparaties het eerst opgehaald en vaartuigen met mankementen op grotere hoogte later.

Bij de reparatie-dwarshellingen past men over het algemeen een groter afschot toe dan bij de langshellingen, namelijk van 1 : 12 tot 1 : 7. Een gebogen hellingbaan komt bij reparatie-dwarshellingen vrij veel voor, omdat die bij een dwarshelling geen extra voorzieningen noodzakelijk maakt, terwijl men er alle voordelen van geniet; op deze wijze wordt vlugger diep water bereikt en het boven water gelegen hellinggedeelte biedt meer ruimte.

Dwarshellingen vragen meer oeverlengte maar minder diepte dan langshellingen; de rails behoeven niet verder het water in te gaan dan het punt waar bij de langshelling de hoogste hellingwagens komt.

Verlaging van de maatgevende H.W.-stand kan ook hier weer een verlenging van de helling en aanpassing van de lieren vereisen; verhoging van de maatgevende L.W.-stand zou kunnen betekenen dat niet meer twee of drie schepen naast elkaar op de dwarshelling kunnen worden behandeld, waardoor een landwaartse verlenging van de helling gewent wordt. Een kleiner tijverschil tenslotte maakt het hellingen tot een gevoeliger operatie, doordat minder speling in de vaardiepte boven de hellingwagens voorkomt. Veranderingen in de minimale stroomsnelheden of stroomkenteringen zijn op deze werven niet van grote invloed.

In het Deltagebied wordt nog een andere werkwijze toegepast die het mogelijk maakt in tijhaventjes en andere niet stromende tijwateren onderhouds- en kleine reparatiewerkzaamheden te verrichten aan kleinere schepen. Het schip wordt tijdens hoog water boven een zate, al dan niet voorzien van een zogenaamde bankstelling gevaren, waarop het bij laagwater droogvalt. Het is duidelijk dat de bruikbaarheid van dit type voorzieningen zeer sterk achteruit gaat bij veranderingen in de waterstanden.

Een algemeen vraagstuk dat zich bij alle categorieën scheepswerven voordoet, betreft de invloed van de veranderingen van de waterstanden op de bereikbaarheid over water in het algemeen, en meer in het bijzonder op de bevaarbaarheid van het water langs de oevers. Een aantal kleinere werven ligt aan getijwatertjes of getijhaventjes die binnenkort alleen nog door kleinere schepen of zelfs in het geheel niet meer kunnen worden bevaren tenzij er voorzieningen worden getroffen. Dit geldt trouwens ook voor vele andere bedrijven en bedrijfjes in het Deltagebied. Voorzieningen in dezen kunnen bestaan uit een verdieping van de betreffende wateren en havens met bijbehorende oeverwerken, maar kunnen ook neerkomen op verplaatsing van een bedrijf, omschakeling op andere middelen voor aan- en afvoer van produkten, enzovoort. Ook in dit opzicht zal elk bedrijf op zijn eigen moeilijkheden en mogelijkheden moeten worden onderzocht.

Sloperijen

Een goede bedrijfsvoering van een in het Deltagebied veel voorkomende vorm van scheeps-sloperij hangt af van een normaal optredend tijverschil; bedrijven die zich hiermee bezig houden zijn dan ook voornamelijk gelegen aan rustig, diep water met een flauw hellende oever, op plaatsen waar het tijverschil gunstig is.

Het te slopen schip wordt bij hoogwater naar zijn plaats gesleept en zover gesloopt dat de geringere diepgang toelaat het vaartuig bij hoogwater dichter naar de oever te brengen. Zo gauw het water zakt en het schip op de bodem rust, wordt het bij lagere waterstanden verder gesloopt, waardoor het opdrijvend vermogen toeneemt en het casco weer dichter bij de oever kan komen. Deze werkwijze herhaalt zich totdat de kiel bij laagwater vrijkomt en in stukken naar de opslagplaats kan worden gebracht.

Zou het maatgevende tijverschil dalen van bijvoorbeeld 1,5 m tot 30 cm dan wordt deze werkwijze zeer tijdrovend of zelfs onmogelijk. Dan zal moeten worden gezocht naar een andere wijze van slopen. Het onderste deel van het schip zal daarbij waarschijnlijk de meeste moeilijkheden opleveren.

In het vorenstaande is aangenomen dat de voorzieningen die een bedrijf behoeft voor het volledig herstel van zijn huidige mogelijkheden ook metterdaad worden getroffen. In de praktijk is dit niet altijd het geval. De kosten van de aanpassing moeten in een redelijke verhouding staan tot de schade die er door wordt bespaard. Het is waarschijnlijk dat langs de benedenrivieren wel enkele kleinere werfjes liggen waar de aanpassing meer zou kosten dan liquidatie van het gehele bedrijf.

Verschillende bedrijven zullen evenwel tamelijk ingrijpende voorzieningen moeten treffen, en zij moeten dan ook zorgvuldig overwegen of dit moment wellicht geschikt is voor invoering van bepaalde verbeteringen in het bedrijf, van een gewijzigde bedrijfsvoering of van andere produktiemethoden, van concentratie of produktiespreiding over een aantal bedrijven. Ook zal men bij de thans uit anderen hoofde in het bedrijf te verrichten investeringen rekening moeten houden met de consequenties van de te verwachten veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging. Behalve voor de bedrijven zelf kan er wat dit betreft ook voor anderen aanleiding zijn zich te beraden op de toekomstige nieuwe situatie; dit geldt met name voor de gemeenten waarin de bedrijven gelegen zijn. De ligging van veel vooral kleinere bedrijven temidden van de overige bebouwing is dikwijls zeer ongelukkig; de voorzieningen in verband met de uitvoering van de Deltawerken kunnen misschien met voordeel door de belanghebbenden worden aangegrepen om tot een sanering van dergelijke situaties te komen.

Artikel 8 van de Deltawet opent de mogelijkheid tot het verlenen van tegemoetkomingen door het Rijk in schade die ontstaat door de afsluiting van de zeegaten; bij afzonderlijke wet zullen hiervoor regels worden opgesteld.

Het zal duidelijk zijn dat de tegemoetkomingen geen betrekking kunnen hebben op de extrakosten van verbeterings- en saneringsmaatregelen; deze kosten zullen in elk geval door de bedrijven zelf moeten worden gedragen.

De verschillende langs de Deltawateren gelegen bedrijven dienen in de eerste plaats elk voor zich na te gaan welke gevolgen de veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging op deze wateren voor hun bedrijf zullen hebben en of, en zo ja hoe hun bedrijf daaraan dient te worden aangepast.

Voor inlichtingen omtrent de te verwachten veranderingen in de waterstanden en de waterbeweging kan men zich wenden tot de Deltadienst, afdeling Waterhuishouding c.a., Van Hogenhoucklaan 60 te 's-Gravenhage.

Stromen en ontgrondingen gedurende de afsluiting van het noordelijke sluitgat van de Grevelingen

In het Driemaandelijks Bericht nr. 30 werd reeds melding gemaakt van de vele metingen die verricht werden gedurende de geleidelijke dichting van het noordelijke sluitgat van de Grevelingendam.

Deze metingen beoogden hoofdzakelijk het verzamelen van twee groepen van gegevens, die vooral interessant waren omdat het hier een nieuwe methode van sluiting betrof.

In de eerste plaats ging de belangstelling uit naar de hydraulische veranderingen gedurende het gestadig rijzen van de damkruin. Hiertoe werden op de reeds in nr. 30 beschreven wijze uitgebreide snelheidsmetingen verricht.

Voorts was het noodzakelijk om de door de waterbeweging en de daarbij optredende wervelingen veroorzaakte ontgrondingen in hun verloop te volgen. Een nauwgezet peilprogramma was hiertoe vereist.

Waterlopkundige waarnemingen

Het uitvoeren van de stroommetingen werd door het zeer onregelmatige lengteprofiel van de dam bemoeilijkt. Het was daarom niet gemakkelijk om voldoende betrouwbare gegevens te krijgen. Toch is men erin geslaagd een goed inzicht te verkrijgen in de ontwikkeling van de waterlopkundige situatie.

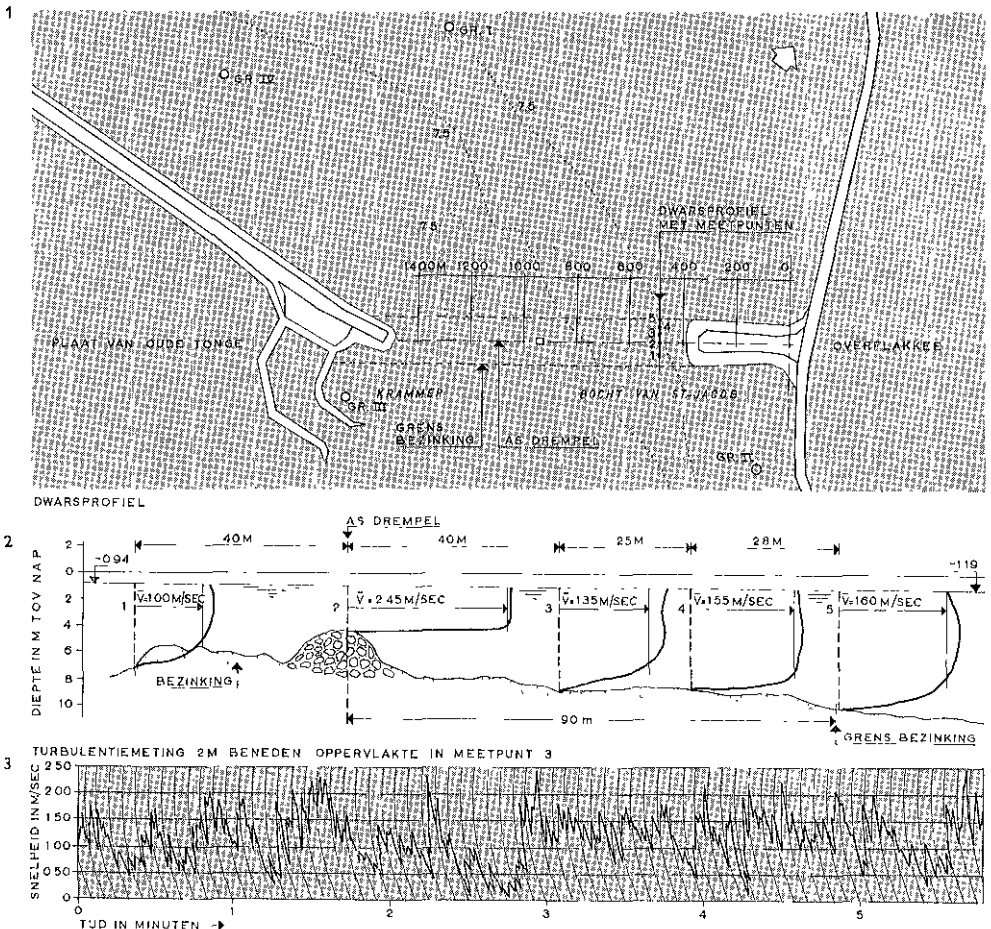
Om veiligheidsredenen konden uitgebreide simultane metingen, dat zijn metingen die op verscheidene plaatsen in het sluitingsgebied tegelijkertijd verricht worden, alleen uitgevoerd worden als de kabelbaan niet in werking was. Men was dus aangewezen op de weekeinden.

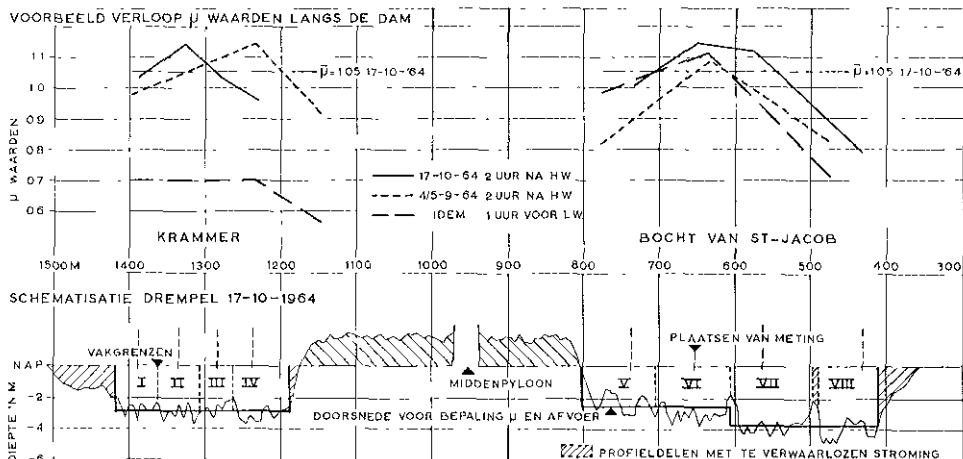
In de maand september 1964, toen de meetvletten zich nog zonder gevaar boven de drempel konden bewegen, zijn hier dan ook uitgebreide simultane metingen uitgevoerd en wel in de nacht van 4 op 5 september en voorts op de 26ste. Deze metingen strekten zich uit over een volledige getijperiode, dat is bijna 13 uur.

Begin oktober echter was de dam zo hoog opgestort dat bij een waterstand van N.A.P. — 0,5 m of lager de meetboten op meer dan één plaats gevaar liepen op beschadiging van huid of schroef. Van toen af kon de stroom slechts gedurende een gedeelte van het getij gemeten worden en wel zolang het watervlak niet beneden N.A.P. zakte. Uiteraard was men in deze periode ook aan de weekeinden gebonden. Gedeeltelijke, doch wel uitgebreide metingen werden uitgevoerd op 3, 17, 24 en 31 oktober.

Verloop van de μ -waarden in de Krammer en de
Bocht van St.-Jacob, die daaronder in vakken
verdeeld zijn weergegeven

- 1 Situatie der meetpunten Gr(evelingen) I tot IV en van de meetraai dwars op de os van de drempel
- 2 Snelheidsverticaal in de dwarsraai
- 3 Turbulentiemeting in meetpunt 3 van de dwarsraai, 2 m beneden het oppervlak





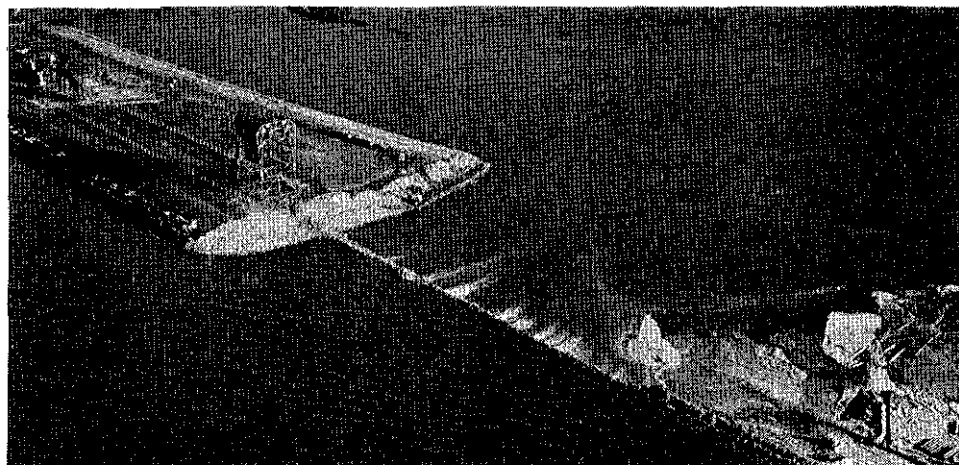
Al deze uitgebreide metingen in de maanden september en oktober zijn te beschouwen als de grondslag waarop het schema van de verdere metingen en studies is opgebouwd.

In de maand november was het niet meer mogelijk zich met een meetboot boven de dam te begeven. De boten werden nu voortaan op ongeveer 40 m bovenstrooms van de drempel verankerd, terwijl met behulp van een lier een meetvlot met de stroom mee werd afgevoerd om daarna weer ingehaald te worden. Onderaan dit vlot was een Ottmolen bevestigd. Met behulp van dit toestel, dat op een vastgestelde diepte hing, kon via een elektrische kabel op de meetboot de stroomsnelheid in de betreffende raai en op de gegeven diepte geregistreerd worden.

Op deze wijze zijn tot 8 december zowel in de Krammer als in de Bocht van St.-Jacob vele metingen gedurende gedeelten van het getij verricht. Men was bij deze metingen niet zo nauw gebonden aan dagen dat het kabelbaanbedrijf stil lag.

Een eerste belangwekkend gegeven werd verkregen uit de uitgebreide metingen van september en oktober in de vorm van een stroomsnelheidsdiagram in het verticale vlak, kortweg de snelheidsverticaal genoemd. De normale gedaante van zo'n verticaal, die op iedere diepte de stroomsnelheid weergeeft en waaruit dan een gemiddelde waarde berekend kan worden, is nogal buigig. Het diagram van de op de Grevelingendam gemeten snelheden is echter rechthoekig, hetgeen zeggen wil dat de stroomsnelheden op iedere diepte vrijwel even groot zijn. Deze snelheden werden telkens op zes diepten gemeten.

De verticalen aan de boven- en benedenstroomse zijde van de drempel hebben een meer normaal verloop. Er moet echter opgemerkt worden dat de benedenstroomse diagrammen geen zuiver beeld geven, daar door de voortdurende veranderingen van stroomrichting de meetschepen nogal aan zwaaien onderhevig waren. Dat wijst op heftige turbulenties, en er zijn dan ook met behulp van turbulentiemeters op verschillende dagen, zowel bij vloed als bij eb, op benedenstroomse punten op drie diepten van de verticaal turbulentiemetingen uitgevoerd. Hierbij werd de snelheid als functie van de tijd op millimeterpapier geregistreerd. Om een indruk te geven van de snelheidsfluctuaties tijdens de ebperiode op 6 november is een gedeelte der registratie weergegeven die betrekking heeft op een meetpunt op 40 m uit de as en 2 m beneden het wateroppervlak. Daaruit blijkt dat snelheidsvariaties van 1 à 1,5 m/sec binnen enkele seconden geen zeldzaamheid zijn; en dat terwijl de gemiddelde snelheid ongeveer 1,35 m/sec bedroeg.



We zullen nu wat dieper ingaan op de werkwijze die gevolgd is om te geraken tot het gestelde doel: een algemeen inzicht te krijgen in de stromen en getijvolumen en de verandering daarvan in de loop van de damopstorting. De verrichte metingen kunnen in twee groepen worden verdeeld.

In de eerste plaats is gebruik gemaakt van de uitgebreide simultane metingen in de maanden september en oktober om de doorstromende volumina te bepalen. Dit gebeurde door zo lang het meten mogelijk was uur na uur de stroomsnelheden te registreren, er een gemiddelde van te bepalen en dat te vermenigvuldigen met de corresponderende plaatselijke diepte en de breedte van het beschouwde stroomvak. Hiermee werd bereikt dat ieder uur de afvoer van het ogenblik in dat stroomvak, uitgedrukt door het symbool Q , in m^3/sec bekend was. Na vermenigvuldiging van deze grootheid met de tijd gedurende welke ze optrad, vond men door optelling over alle stroomvakken van het getij het totale doorgestroomde volume van het sluitgat.

Voegde men de aldus voor het sluitgat gevonden volumewaarden bij elkaar dan kreeg men het volume van de totale afvoer door het sluitgat over een eb- of vloedperiode.

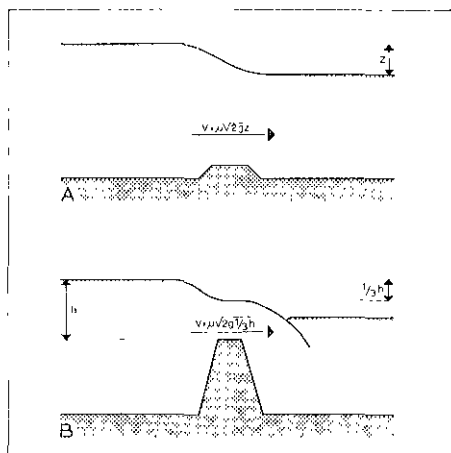
De theorie van de hydraulica leert dat de waargenomen overstortingsnelheden afhankelijk zijn van de wortel van het produkt van het verval en twee maal de versnelling van de zwaartekracht; in symbolen uitgedrukt afhankelijk van $\sqrt{2gz}$. Als gevolg van de grote oneffenheden in de drempel, insnoeringsverliezen van de waterstroom bij de koppen en nog andere oorzaken, moet die uitdrukking nog worden vermenigvuldigd met een correctiecoëfficiënt, die in de vaktaal afvoercoëfficiënt wordt genoemd en volgens aangenomen gewoonte door μ wordt weergegeven.

Daar nu bij bovengenoemde metingen ook de vervallen simultaan zijn vastgesteld, en wel tussen de punten GR I en GR II en ook tussen GR III en GR IV, was men in staat een inzicht te krijgen in de waarde van deze coëfficiënt μ .

Men kon nu dus buiten de uitgebreide metingen om uit de ieder uur gemeten vervallen de stroomsnelheden berekenen met behulp van de empirisch gevonden waarde μ , en wel volgens de formule $v = \mu\sqrt{2gz}$; daaruit werden verder als eerder beschreven de totaal doorgevoerde watervolumina afgeleid.

Om de uitvoering van de berekeningen praktisch mogelijk te maken werden de volgende werkregels in acht genomen.

2

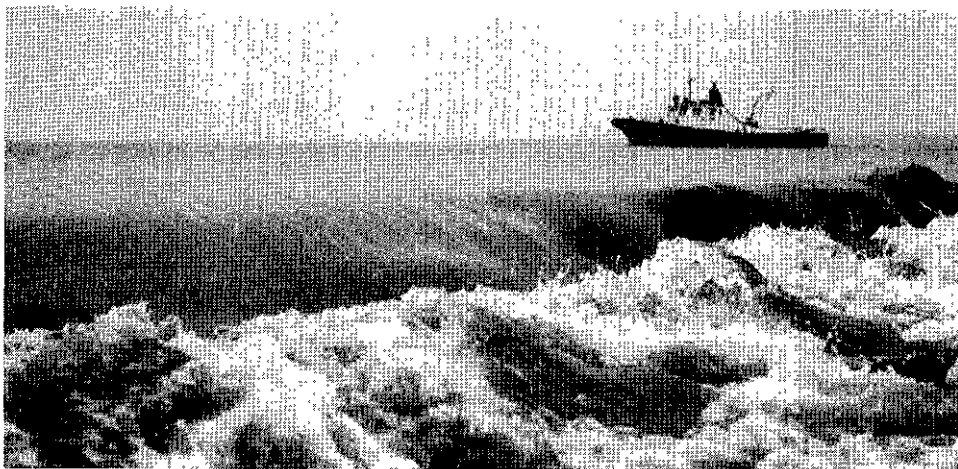


1 De dam door het noordelijk sluitgat van de Grevelingen gedeeltelijk opgespoten

2 Formule voor de berekening van de stroomsnelheid
A. bij onvolkomen, B. bij volkomen overlaat

3-4 Stroombeelden in het sluitgat

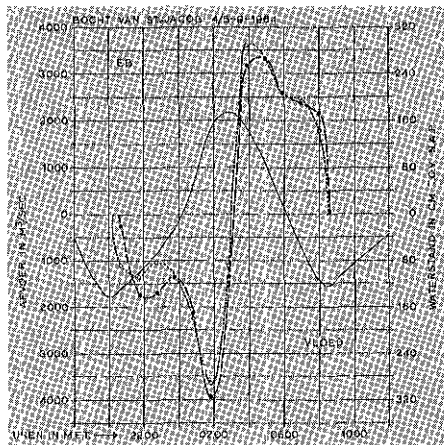
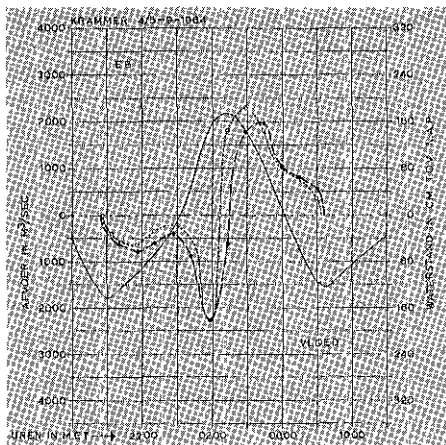
3



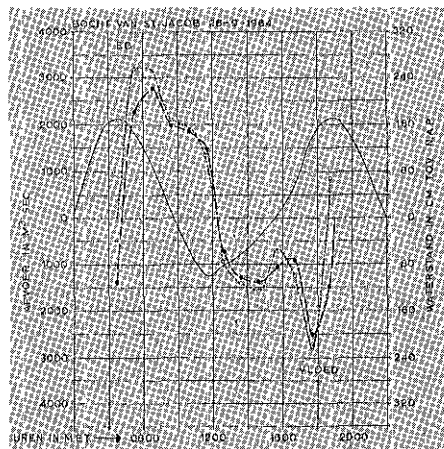
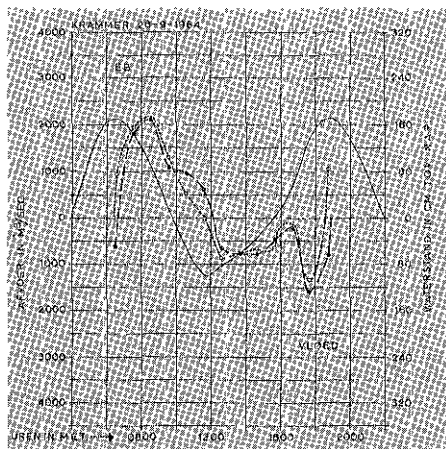
4



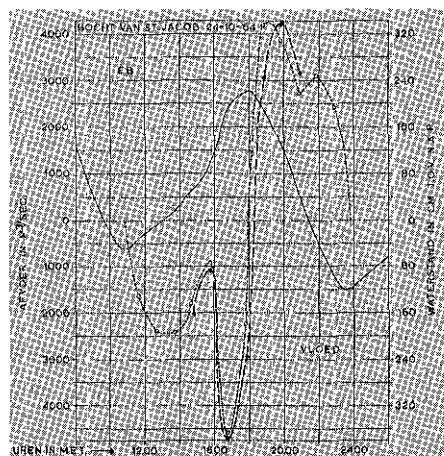
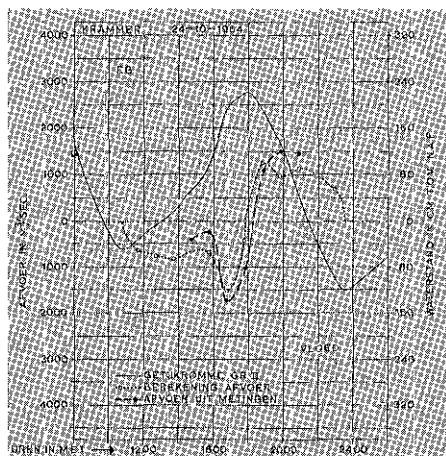
a



b



c



Afvoeren door het noordelijk sluitgat volgens metingen en berekeningen

- a. in de nacht van 4 op 5 september 1964
- b. op 26 september 1964
- c. op 24 oktober 1964

1e. De onregelmatig opgestorte drempel werd overlangs in verschillende vakken onderverdeeld. Deze onderverdeling werd zodanig gekozen, dat volgens de ervaring voldaan werd aan de voorwaarde dat de stromingstoestand in elk vak een voldoende regelmatig verloop had.

2e. Ter plaatse van die stortpieken die belangrijk boven de gemiddelde drempelhoogte lagen en evenzo in de hooggelegen vakken aan beide zijden van de middenpyloon en in het vak bij de damkop op de Plaat van Oude Tonge werd de waterafvoer verwaarloosd vanwege de contractie en de turbulentie die op die plaatsen optraden.

3e. De gemiddelde waterhoogte boven de drempel werd afgeleid uit de waarnemingen van de peilschalen ter weerszijde van het sluitgat, te weten GR I, GR II, GR III en GR IV.

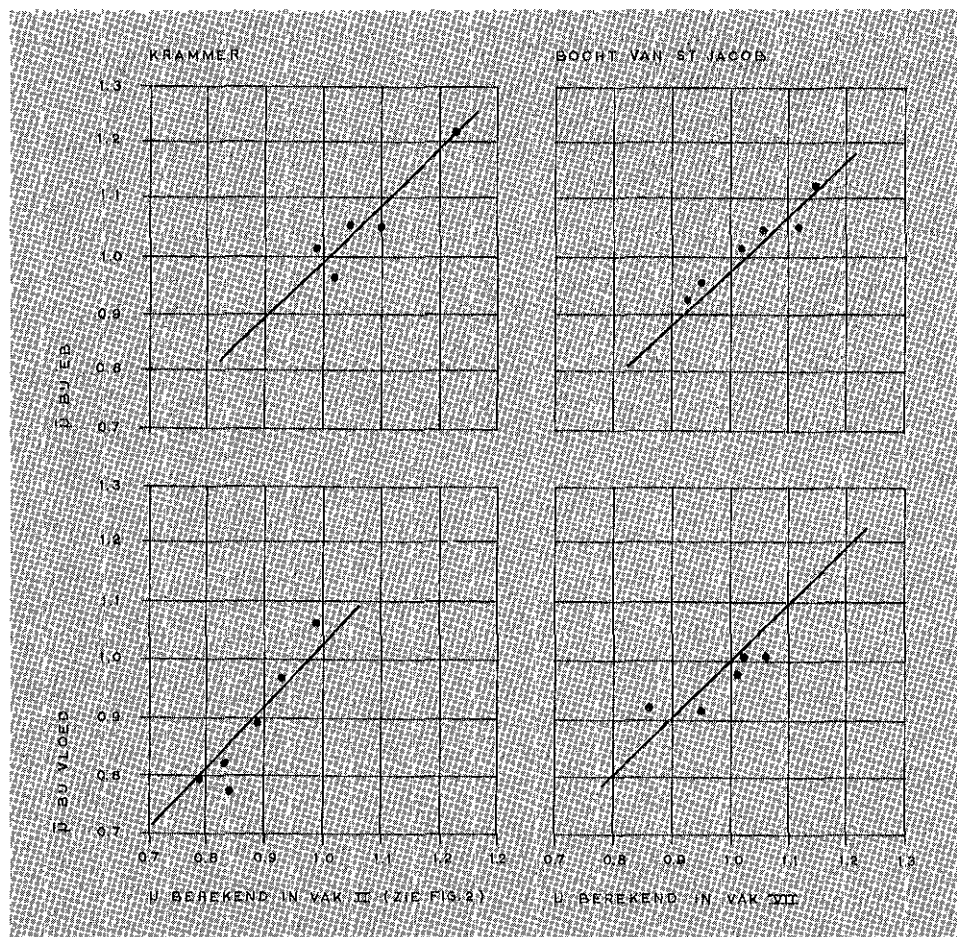
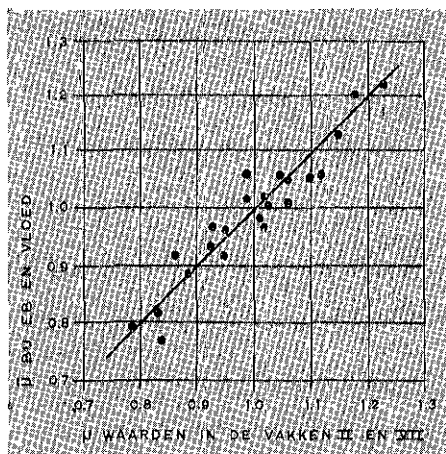
4e. Bij de hydraulische berekeningen beschouwde men de stroming als gaande over een onvolkomen overlaat, hetgeen door de geometrie van een raai dwars op de dam gedurende de maanden september en oktober volkomen gerechtvaardigd werd. Waar hier en daar hoge stortpieken waren en er dus tijdelijk sprake van een volkomen overlaat zou kunnen zijn geweest, werden de desbetreffende afvoeren toch verwaarloosd volgens het gestelde in 2e.

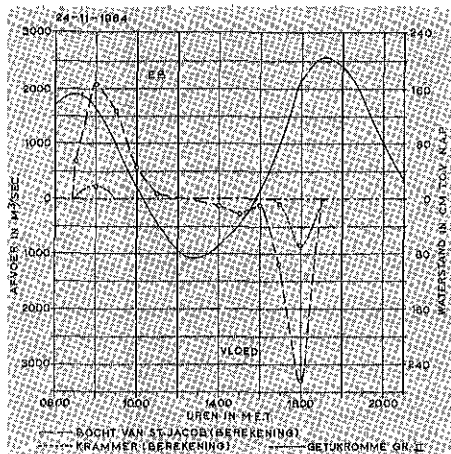
In alle deelvakken werd dus ieder uur het produkt van gemiddelde snelheid, diepte en breedte berekend, hetgeen de afvoer van zo'n vak op een bepaald moment opleverde. Door sommatie werd zodoende de totale afvoer Q , in m^3/sec , door het sluitgat gevonden. Dan werd met behulp van deze variabele waarden een afvoerkromme opgemaakt. Met behulp van een planimeter werd uit zulk een kromme dan het totale eb- en vloedvolume berekend. Deze berekening werd voor alle uitgebreide metingen uitgevoerd.

Zoals eerder vermeld werd, is bij deze metingen ook het verval geregistreerd en is daarvan uitgaande met gebruikmaking van de kennis van een simultaan optredende stroomsnelheid boven de drempel de waarde van de afvoercoëfficiënt μ bepaald; wij herinneren hierbij aan de formule $v = \mu \sqrt{2gz}$. Deze waarden μ verschillen van vak tot vak en veranderen eveneens met de tijd in de loop van het getij. De berekening van μ werd telkens verricht bij maximumsnelheid en maximaal verval.

Hierbij moet zijdelings opgemerkt worden dat vaak enig verschil in tijd voorkwam tussen deze maxima in verband met het feit dat de peilschalen op enige afstand stroomopwaarts en -afwaarts van de drempel stonden. Daardoor traden vooral bij de kentering wel eens

De betrekking tussen de afvoercoëfficiënt μ in de deelvakken II en VII en de algemene waarde $\bar{\mu}$ voor het gehele sluitgat





Afvoeren door het noordelijk sluitgat op 24 november 1964

traagheidseffecten op. Deze verschillen bedroegen hoogstens 10 minuten. Die fluctuaties zijn echter bij de berekeningen verwaarloosd.

Zowel bij vloed als bij eb traden 2 maximale vervallen op. Bij vloed $\pm 1\frac{1}{2}$ uur na L.W. en ± 1 uur voor H.W.; bij eb $\pm 1\frac{1}{2}$ uur na H.W. en ± 1 uur voor L.W. Voor de Bocht van St.-Jacob werd het maximumverval bepaald uit de getijlijnen GR I en GR II en voor de Krammer werd hetzelfde gedaan uit de getijlijnen GR III en GR IV. Voorts werden de berekende afvoercoëfficiënten van ieder meetpunt in de vakken als functie van zijn plaats op de drempel grafisch uitgezet. Dit werd gedaan voor ieder tijdstip waarop een meting werd verricht.

In de Krammer zijn ten tijde van L.W. zeer lage μ -waarden waargenomen, namelijk gemiddeld $\mu = 0,65$. Deze zijn toe te schrijven geweest aan onregelmatige stromingen.

Met behulp van de bedoelde diagrammen werd een gemiddelde, voor het gehele sluitgat geldende waarde bepaald, die – alweer volgens gewoonte – wordt aangegeven met $\bar{\mu}$.

Nu werd het rekenprocédé omgekeerd en met behulp van deze gemiddelde afvoercoëfficiënt $\bar{\mu}$, uit de vervallen tussen de getijlijnen (GR I GR II en GR III GR IV) voor de Bocht van St.-Jacob en de Krammer de snelheden berekend. En daaruit weer kon men op de reeds bekende wijze door vermenigvuldiging met het bijbehorende stroomprofiel en door middel van planimetrering en optelling het totale eb- respectievelijk vloedvolume opmaken.

De volgens beide methoden bepaalde volumina zijn daarna vergeleken.

In detail blijken beide methoden nog wel verschillen op te leveren maar de uiteindelijke totale vloed- en ebvolumina stemmen voldoende met elkaar overeen om het gebruik ervan als toelaatbaar te beschouwen. Over het algemeen geven de berekende afvoerkrommen hogere waarden dan die van de meer exacte gemetene van de uitgebreide meetcampagnes. De berekende volumina voor de Bocht van St.-Jacob zowel als voor de Krammer liggen wat de vloed betreft 7% en voor de eb 10% hoger dan de gemetene. Dit is te verklaren uit het feit dat de gemiddelde coëfficiënten $\bar{\mu}$ werden afgeleid uit stromingen ten tijde van maximumsnelheden. Bij lagere waterstanden en snelheden zijn deze coëfficiënten ook veel lager, zodat door het gebruik van de gemiddelde waarde $\bar{\mu}$ een fout werd ingevoerd die te hoge waarden opleverde.

Het grote voordeel van deze proefberekeningen was dat men voortaan, in de periodes dat geen uitgebreide directe metingen meer mogelijk waren, volgens deze rekenmethode

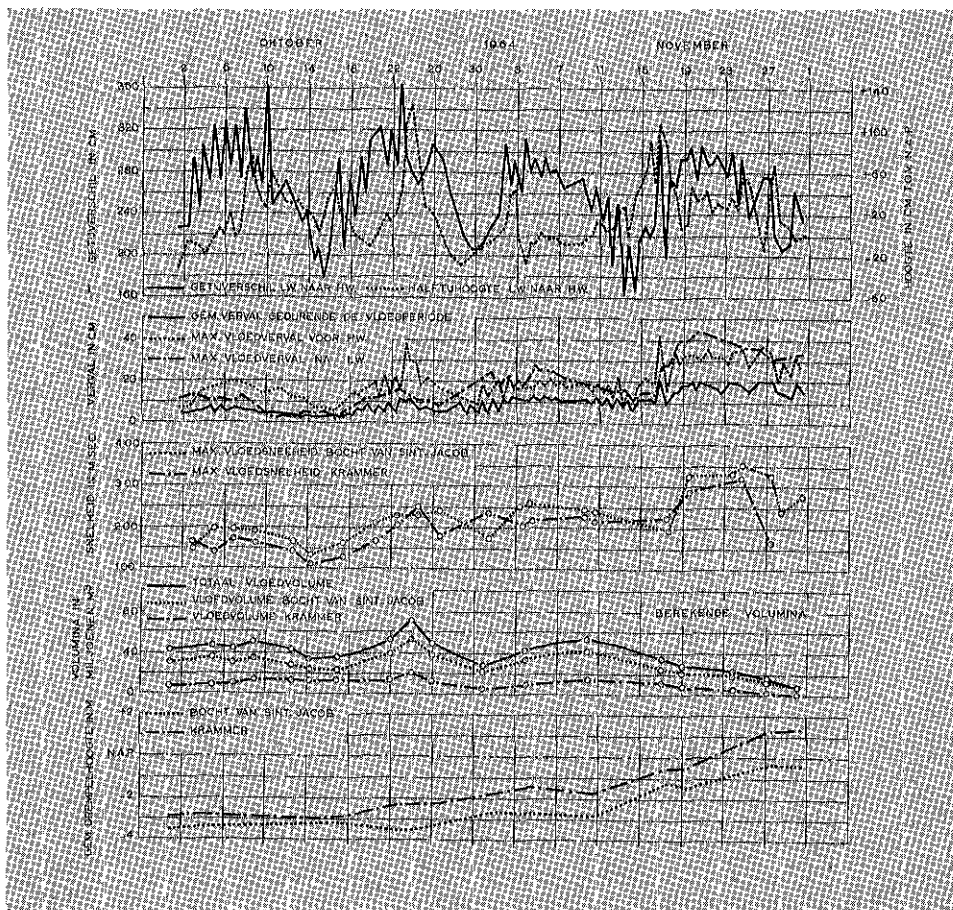
de vloed- en ebhoeveelheden kan becijferen mits de bovenvermelde percentages in mindering werden gebracht.

Er zijn op de dagen van de uitgebreide metingen, toen boven de drempel alleen nog maar met vlotten snelheidsmetingen konden worden uitgevoerd, pogingen in het werk gesteld om in de vakken II en VII het verband te bepalen tussen de μ -waarde van het betreffende vak en de $\bar{\mu}$ -waarde van het gehele sluitgat. Uit de grafieken blijkt dat zowel voor de Bocht van St.-Jacob als voor de Krammer en zowel voor vloed als voor eb dit verband zonder in grove fouten te vervallen door een rechte lijn kan worden voorgesteld.

Van dit empirisch gebleken lineaire verband is daarna gebruik gemaakt om gedurende de latere periode, waarin geen uitgebreide simultane metingen meer mogelijk waren, door snelheidsmeting met een vlot in vak II en VII een waarde $\bar{\mu}$ voor het totale sluitgat af te

De geschiedenis van de damopstorting, zoals die valt op te maken uit meetresultaten en berekeningen; verloop van getijverschillen, halfijstanden, vervallen, stroomsnelheden, volumina en drempelhoogte.

Metingen en berekeningen bij vloed

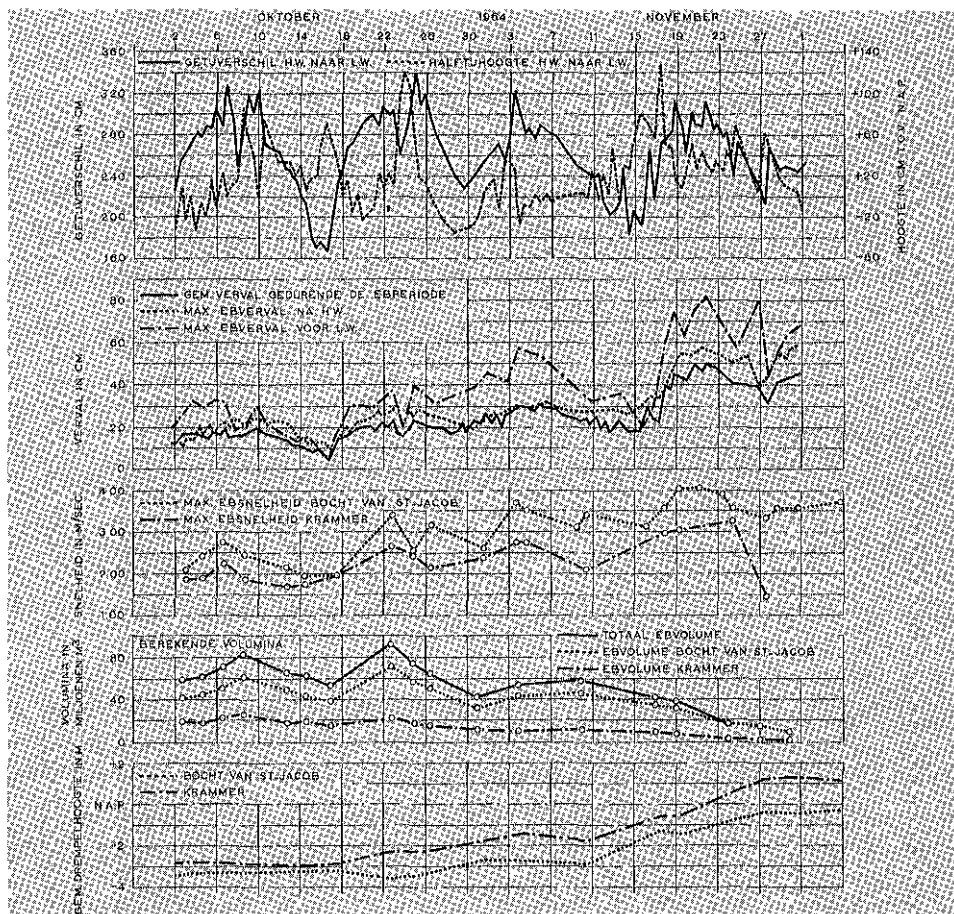


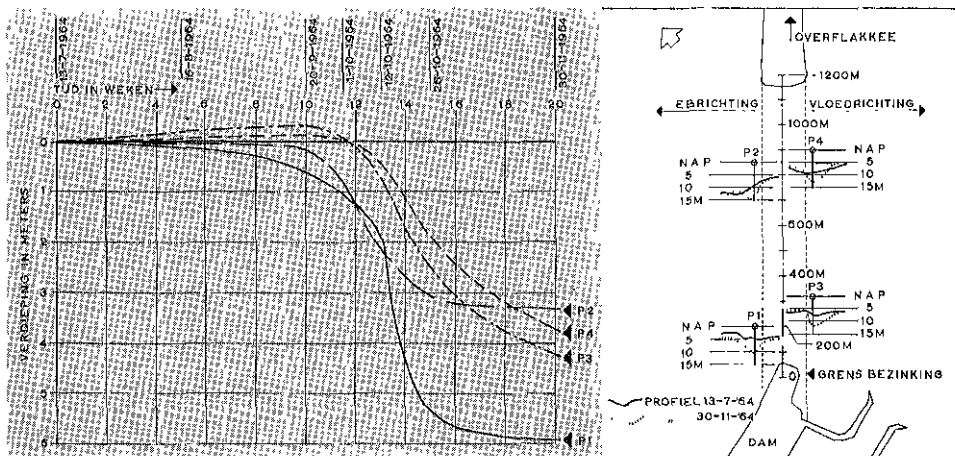
leiden. Uitgaande van het verval tussen de peilschalen worden dan berekeningen verricht als boven beschreven, waarna op de uitkomsten reducties van 7% en 10% voor vloed- en ebvolumina worden toegepast.

Er zij hier nadrukkelijk op gewezen dat deze metingen en berekeningen alléén plaats vonden en van toepassing waren zolang de drempel nog laag genoeg was om hem als een onvolkomen overlaat te beschouwen.

Bij het rijzen van de damkruin komt er een ogenblik waarop de drempel als volkomen overlaat gaat werken. Dit doet zich voor als de waterdiepten boven de kruinlijn boven- en benedenstrooms van de drempel zich verhouden als 3 : 2. Deze toestand is de grens tussen een onvolkomen en een volkomen overlaat. Het is onder deze omstandigheden dat de overlaat een maximumdebiet afvoert. Zakt bij handhaving van het peil bovenstrooms de

Metingen en berekeningen bij eb





waterspiegel aan de benedenstroomse zijde dan heeft dit toch geen vergroting van de afvoer ten gevolge. Stijgt het benedenpeil boven de kritische diepte dan verloopt de stroming weer volgens de wetten van een onvolkomen overlaat.

De hydraulica leert dat de onveranderlijke stroomsnelheid over een volkomen overlaat wordt berekend uit de wortel van het produkt van een derde deel van de waterdiepte boven de kruin bovenstrooms en het tweevoud van de versnelling van de zwaartekracht; in symbolen uitgedrukt uit $1/2g^{1/3}h$. Ook aan deze term dient gelijk in het geval van een onvolkomen overlaat een correctiefactor toegevoegd te worden, die eveneens afvoercoëfficiënt genoemd wordt en door μ wordt voorgesteld, zij het dan ook dat deze coëfficiënt een andere waarde heeft. De formule van een stroomsnelheid bij volkomen overlaat is dus $v = \mu/2g^{1/3}h$.

Na half november vorderde het werk snel en kwam de kruin al spoedig grotendeels boven NAP - 1 m te liggen. Vanaf dit ogenblik was bij elk getij de formule van de volkomen overlaat gedurende zekere gedeelten van de eb van toepassing. Ofschoon het meetvlot nog tot 8 december heeft dienst gedaan was het voor metingen op plaasten waar de volkomen overlaat optrad niet meer te bruiken, en zo is het eigenlijk nooit mogelijk geweest de stroomsnelheden boven de volkomen overlaat precies te meten. De desbetreffende afvoeren zijn berekend door aflezing van de peilen bij GR II en GR III en door toepassing van de formule onder invoering van een afvoercoëfficiënt $\mu = 1$. Waarschijnlijk heeft deze waarde iets hoger gelegen.

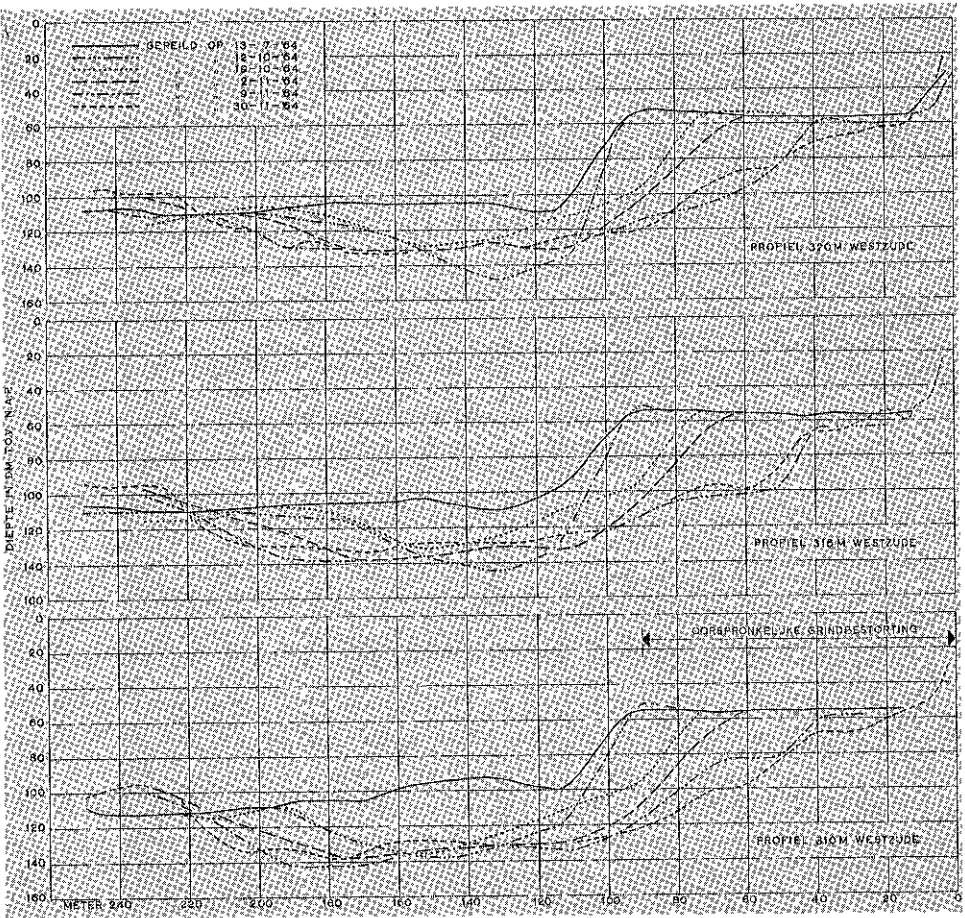
Uit de grafieken valt duidelijk af te lezen dat in de beginperiode, tot ongeveer 17 oktober, zolang het stortwerk niet bijzonder vorderde, de volumina tussen springtij en doortij varieerden volgens het gewone patroon. Hetzelfde was het geval met de halftijstand.

Na 18 oktober ging het storten sneller. De volumina namen oorspronkelijk uiteraard wat af; toch werden op 24 oktober de grootste volumina gemeten die ooit zijn voorgekomen, namelijk 70 miljoen m³ gedurende de vloedperiode en 90 miljoen m³ voor de daaropvolgende ebfase. De oorzaak hiervan was waarschijnlijk een bijzonder hoge halftijstand van N.A.P. + 1,2 m, die veroorzaakt werd door een noordwestelijke wind, kracht 8, die die dag het water opzette.

Op 11 november bereikte de damkruin grotendeels bijna het peil van N.A.P. - 1 m en won verder snel aan hoogte. We zien daarna de volumina gestadig afnemen.

Verdiepingen in enkele punten aan weerszijden van de dam

Ontgrondingen op de Krammerplaat aan de westzijde van de dam



Ontgrondingsmetingen

Het was van het grootste belang de ontgrondingen op de voet te volgen. Bovendien is de gelegenheid aangegrepen om verband te zoeken tussen deze ontgrondingen en de stroomsnelheden en debieten. De punten P_1 tot en met P_4 , die ter weerszijden van de dam juist buiten de bezinking lagen, werden het meest aangetast. De verdiepingen van deze punten zijn op een der grafieken in functie van de tijd uitgezet. Duidelijk blijkt hiervan dat de verdiepingen in deze punten zich pas begin oktober begonnen te ontwikkelen en geleidelijk aan in betekenis toenamen, in het bijzonder in de periode van 12 tot 22 oktober. Een en ander heeft waarschijnlijk zijn oorzaak gehad in het feit dat in de periode tussen 3 en 17 oktober de dam op de Krammerplaat tot boven hoogwater werd opgestort, hetgeen bij eb in het bijzonder in de Krammer aanleiding heeft gegeven tot verhoogde intensiteit van wervelstraten.

In deze periode waren de snelheden en volumina niet hoger dan in voorafgaande, terwijl onmiddellijk na deze periode, toen de snelheden en volumina wel belangrijk groter waren, de verdiepingen bleven toenemen, zij het niet meer zo snel als aanvankelijk.

In het tijdvak tussen 3 oktober en 3 november nam bij de punten P_1 en P_2 de diepte met respectievelijk 4,5 en 2,5 m toe, en bij de punten P_3 en P_4 met 3 m en 2,5 m. De meest plotselinge achteruitgang in deze punten vond plaats omstreeks 14 oktober bij betrekkelijk geringe snelheden en volumina. Na 26 oktober kwamen bij de punten P_1 en P_2 aan de westzijde geen vordere noemenswaardige verdiepingen meer voor. Wel nam de diepte van de punten P_3 en P_4 aan de oostzijde onder invloed van de vloedstromingen nog steeds toe. Er moet hierbij opgemerkt worden dat uit proefboringen is gebleken dat het zand daar ter plaatse heel weinig weerstand bood aan de conusvormige boorkop. Deze lage conuswaarde kan zeer wel op geringe dichtheid van dat zand wijzen, hetgeen enige verklaring geeft voor de doorgaande ontgrondingen.

Voorts is nog bijzondere aandacht besteed aan de ontgraving aan de westzijde van de dam op de Krammerplaat omdat zich in dat gebied moeilijkheden met de grindbezinking hebben voorgedaan. Dit blijkt uit een drietal dwarsprofielen, respectievelijk op 310 m, 315 m en 320 m uit het nulpunt dat zich op de kop bij het zuidelijke einde van het sluitgat bevindt. In het tijdvak van 13 juli tot en met 20 september zijn praktisch geen ontgrondingen voorgekomen. Tussen de 20ste september en de 12e oktober echter traden buiten de bezinking verdiepingen op, zoals hiervoren reeds ter sprake is gekomen. De rand van de bezinking, die 90 m uit de as van de dam ligt, bleef echter gedurende deze laatste periode onaangetast. Ernstiger werd het, toen in de periode van 12 tot en met 19 oktober de bezinking wel uitgespoeld werd ten spijt van het feit dat de ebsvolumina niet groter waren dan voorheen en de ebsnelheden slechts weinig waren toegenomen. De oorzaak is waarschijnlijk te vinden in de omstandigheid dat een en ander samenviel met het laatste deel van de opstorting van de dam op de Krammerplaat, waardoor volgens de verwachting bij eb heftiger wervelstraten in de Krammer optraden.

In de periode van 19 oktober tot en met 2 november nam de achteruitgang weliswaar af, doch ze bleef doorgaan. Het zij opgemerkt dat ondertussen de stroomsnelheden ten gevolge van de verhoging van de drempel in de Krammergeul waren toegenomen. Na 2 november werd de toestand weer ernstiger door sterkere toeneming van de stromen. Dit duurde tot 9 november. Nadien heeft men, om verdere aantasting te verhoeden, een zinkstuk aangebracht, dat in de periode tussen 9 en 30 november hier en daar zelfs aanleiding tot aanwas heeft gegeven.

In een vorig, meer algemeen artikel (Driemaandelijks Bericht nr. 31, februari 1965) over de vormgeving van de geleidewerken voor de Volkeraksluizen werd reeds uiteengezet dat bij de constructie ervan terdege rekening moest worden gehouden met de duwvaart, zonder dat echter de belangen van de conventionele scheepvaart daardoor in het gedrang kwamen. Bij het ontwerpen van de geleidewerken is er steeds van uitgegaan dat op dit moment wellicht nog niet alle eisen waaraan het geleidewerk zal moeten voldoen, bekend zijn. De praktijk immers kan uitwijzen dat de aan de hand van modelproeven vastgestelde vorm nog correctie behoeft. Men moet de geleidewerken daarom zo bouwen dat ze op een eenvoudige en snelle manier kunnen worden veranderd en aangepast. Gelukkig bleek dat het meest economische ontwerp ook het eenvoudigst gewijzigd kon worden, zodat uit de eis van de aanpasbaarheid geen grotere kosten voortvloeien.

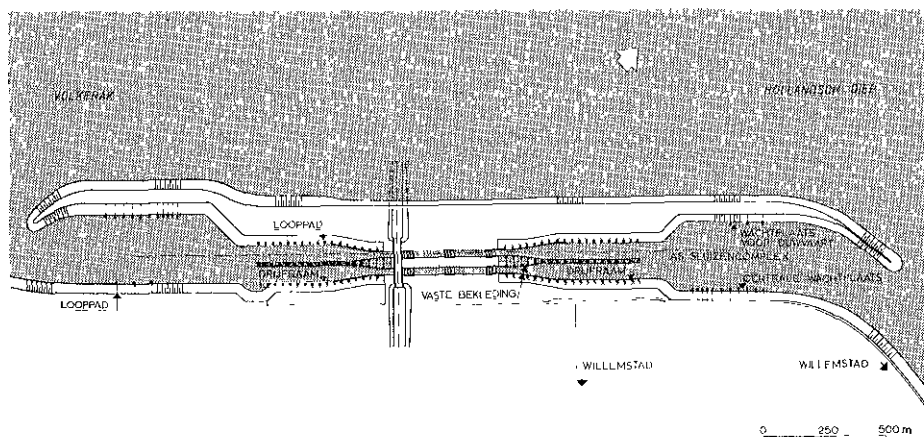
Voor elke sluis afzonderlijk zal steeds opnieuw de meest economische vorm moeten worden bepaald, omdat de bepalende factoren: waterdiepte, waterstandsvariaties en bodemgesteldheid, van geval tot geval verschillen. Voor de Volkeraksluizen gelden de volgende gegevens:

De bodem van de voorhaven aan de Hollandsch-Diepzijde ligt op N.A.P. - 6 m, de bodem aan de Volkerakzijde op N.A.P. - 7 m. De ondergrond bestaat vanaf de bodemlijn tot ongeveer N.A.P. - 10 m in hoofdzaak uit klei- en veenlagen met weinig weerstand tegen vervorming in verticale en horizontale richting. Vanaf N.A.P. - 10 m benedenwaarts bestaat de grond uit zand met een grotere weerstand tegen vervormingen, hoewel de zandlaag van N.A.P. - 10 m tot N.A.P. - 12 m mogelijk een lossere pakking heeft met een iets kleinere hoek van inwendige wrijving.

Bij de grondmechanische berekeningen kan met voldoende veiligheid worden aangenomen dat vanaf N.A.P. - 10 m een goede zandlaag aanwezig is. De steundruk van het kleiveenpakket boven N.A.P. - 10 m werd bij de berekeningen verwaarloosd.

Krachten en energie van scheepsstoten

Indien een geleidewerk bestaat uit op zichzelf staande elementen op zekere afstand van elkaar, dan moet de energie die een dergelijk element opneemt bij een scheepsbotsing evenredig worden gesteld met het arbeidsvermogen van beweging $\frac{1}{2} mv^2$, waarbij m de massa en v de snelheid van het schip is. Indien men echter geen losse elementen plaatst,



maar daartussen een doorgaande geleiding aanbrengt, wordt de botsingsenergie over meer elementen verdeeld en wordt elk element afzonderlijk minder zwaar belast. Bovendien zal van een frontale botsing bij een doorgaand geleidewerk vrijwel nooit sprake zijn; ook dat beïnvloedt het totale krachterspel gunstig. Voor de wachtplaatsen waar de schepen des nachts blijven liggen, of waaraan bij slecht weer of voor het doen van in- kopen gemeerd wordt, is een doorlopende geleiding minder noodzakelijk, omdat de schepen hier met veel kleinere snelheden komen aanvaren.

Bij het ontwerp dient tevens in acht te worden genomen dat de geleidewerken vrijwel noord-zuid liggen en dus ongunstig ten opzichte van de overheersende westenwind. Door beplantingen of windschermen kan het ongunstig effect hiervan worden verminderd. In een afzonderlijk artikel in deze aflevering wordt behandeld welke maatregelen in dezen mogelijk zijn.

In ieder geval moeten de schepen kunnen afmeren zowel aan de wachtplaatsen als bij de geleidewerken. Bij ongunstige combinaties van trossen van duwvaartelementen moet met troskrachten van ongeveer 60 ton worden gerekend. Tenslotte moet de constructie zo worden ontworpen dat de botsingskrachten beperkt blijven, teneinde beschadiging van de schepen en van de constructie zelf te voorkomen. De constructie moet dus voldoende 'zacht' of wel veerkrachtig zijn.

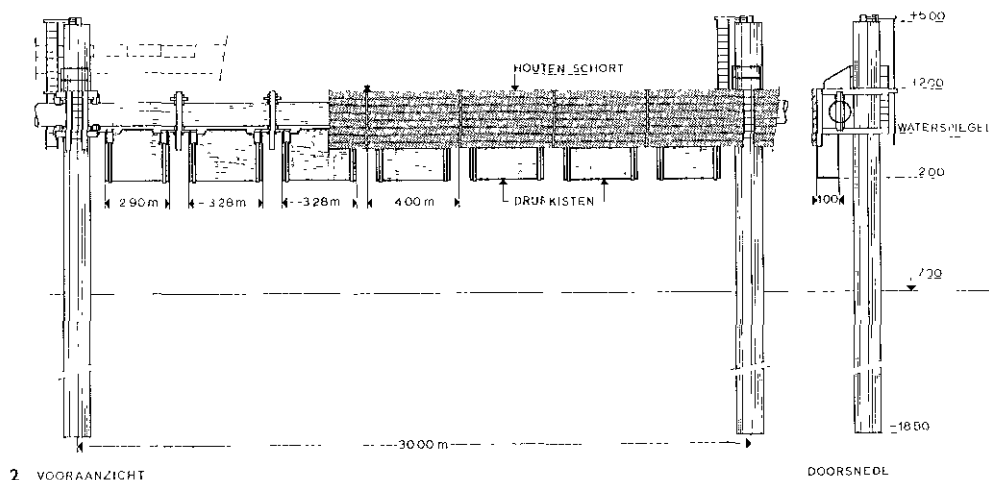
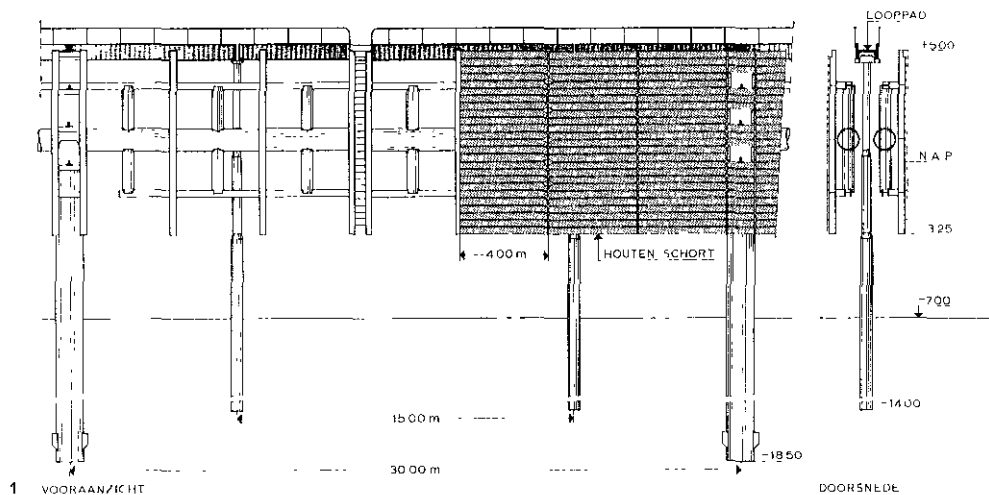
Programma van eisen

Ten aanzien van de constructie der geleidewerken voor de Volkeraksluizen kan een elftal concrete eisen worden geformuleerd.

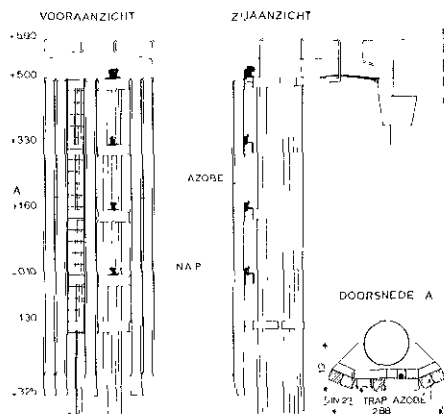
1. De constructie moet in staat zijn op ieder punt een energie op te nemen van 12 tonmeter zonder blijvende vormveranderingen te ondergaan. De spanningen moeten dan nog 15% van de vloegrens verwijderd zijn. Deze energieopneming kan variëren tussen 60 ton bij 40 cm uitwijking en 150 ton bij 16 cm uitwijking, maar steeds onder voorwaarde dat $\frac{1}{2} \times \text{kracht} \times \text{weg} = 12 \text{ tonmeter}$. Er behoeft slechts te worden gerekend op één stoot per 100 m op hetzelfde moment.
2. Aan de Volkerakzijde moet, in verband met mogelijke schommelingen in de waterstand, de kracht volgende uit deze energie, kunnen aangrijpen op elk punt tussen N.A.P. - 3,25 m en N.A.P. + 5 m; aan de Hollandsch-Diepzijde tussen N.A.P. - 1,75 m en N.A.P. + 3 m.

De gelerdewerken en de wachtplaatsen voor het
schutsluizencomplex in het Volkerak

- 1 Vooraanzicht en doorsnede van de vaste constructie
- 2 Vooraanzicht en doorsnede van de drijvende constructie



Dukdalf in de centrale wachtplaatsen



3. Bij drijfraamconstructies is voor duwconvoien een geleiding tot 2 m boven de water-spiegel gewenst, omdat de afgeschuinde kop van een leeg duwconvoi bij scheef aanvaren over de geleiding heen steekt. In het ontwerp is een afstand van 1 m loodrecht op de geleiding vrij van obstakels gehouden.
4. Aan de zuidzijde van de sluizen zal de peilschommeling na afsluiting van de Ooster-schelde aanzienlijk verminderen. Hier dient een constructie te worden gekozen die een-voudig aan de nieuwe omstandigheden kan worden aangepast.
5. De mogelijkheid tot verplaatsing bij uitbreiding van het complex of bij wijziging van de bestemming ervan moet nu reeds in het ontwerp worden opgenomen.
6. De constructie moet eenvoudig te onderhouden en gemakkelijk bereikbaar zijn.
7. De middenconstructie moet zo smal mogelijk worden uitgevoerd om zoveel mogelijk ruimte voor de schepen te houden. De totale breedte ervan mag niet groter zijn dan 3,5 m.
8. De kopconstructies voor de middengeleidewerken fungeren als bescherming. Zij moeten een twee maal zo grote energie kunnen opnemen.
9. Alle looppaden dienen bij elastische uitvoering van de geleidewerken los van de verende constructie te worden gebouwd, willen ze veilig begaanbaar zijn.
10. De bekledingen der geleidewerken en wachtplaatsen moeten gemakkelijk verwisselbaar zijn, zodat ze tijdens het gebruik vernieuwd kunnen worden zonder stremming van de scheepvaart.
11. De gehele constructie moet in den natte worden aangebracht.

Keuze van het ontwerp

Aan de hand van deze eisen zijn de verschillende mogelijke oplossingen met elkaar ver-geleken en tegen elkaar afgewogen. Voor de Volkeraksluizen kwam men tot de volgende conclusies.

Voor zware duwvaarteenheden kan men goedkoper verende geleidewerken bouwen dan starre, vaste constructies.

Verende geleidewerken beperken de grootte van de stootkrachten en veroorzaken minder schadevaring aan geleidewerken en schepen dan starre constructies.

Gezien hun prijs, onderhoud, eenvoud en verplaatsbaarheid zijn verende constructies met Mannesmannbuizen economischer dan andere verende constructies. Mannesmannbuizen zijn ronde buizen waarvan dikte en kwaliteit variëren, afhankelijk van de optredende buigende en/of wringende momenten.

Beschrijving van de constructie

De geleidingen die aansluiten op de sluisen zullen worden uitgevoerd als een vaste constructie. De wachtplaatsen van de geleidingen tussen de beide sluisen worden eveneens vast, vanwege de geringe beschikbare constructiebreedte. De wachtplaatsen van de zijgeleidingen worden voorzien van drijfrahmen. De constructie wordt opgebouwd uit segmenten van 30 meter. Een kostenvergelijking tussen secties van verschillende lengte wees namelijk uit, dat die lengte het voordeligst uitkomt. De vaste constructie zal bestaan uit een stelsel van stalen buizen, voorzien van hardhouten beschermingsschorten. De constructie van stalen buizen dient voor het opnemen van traskrachten en het opvangen van stoten der schepen. De hardhouten schorten vormen een bescherming zowel voor de constructie als voor de schepen, terwijl zij tevens een gesloten wand vormen voor de geleiding van de schepen. Om de 30 meter worden stalen buizen met een diameter van ruim een meter in de grond geheid. Deze buizen zijn in de lengterichting van variërende dikte en materiaalsoort, zulks in aanpassing aan het optredend momentenverloop. De buizen worden met zand gevuld. Op de buizen worden vervolgens 30 meter lange liggers gelast. De liggers zijn opgebouwd uit een stalen buis waardoorheen verticale naadloze buizen zijn gemonteerd. Op deze staanders wordt een raamwerk van DIN-profielen gemonteerd ter op-hanging van de houten beschermingsschorten. De liggers worden op de constructiewerkplaats gemaakt en in secties van 30 meter op het werk aangevoerd.

De stalen constructie wordt op het werk voor het heien gestaalstraald, en daarna – ter bescherming tegen corrosie – voorzien van een laag epicote-teer.

De constructie van de drijvende geleiding is in principe dezelfde als die van de vaste. Hier wordt echter de doorgaande ligger niet op de buizen gelast maar er langs geleid. De ligger dient dan als wringvast drijfraam, terwijl drijflichamen zorgen voor het drijfvermogen. Deze drijflichamen bestaan uit styropor – een schuimplastic met gesloten cellen, waarin dus het water niet doordringt, en met soortelijk gewicht 0,03 – waarop hardboardplaten zijn gelijmd. Het geheel wordt beschermd door een met glasvezel gewapende polyesterlaag.

De ongeveer 4 meter brede beschermingsschorten bestaan uit een horizontale, gesloten azobé beplanking. De schorten kunnen gemakkelijk gedemonteerd worden en zijn onderling verwisselbaar.

In de centrale wachtplaatsen zal een aantal dukdalven worden geplaatst. Ze zullen bestaan uit in de grond geheide stalen buizen, voorzien van een hardhouten bekleding. Een gedeelte van de dukdalven krijgt een verbinding met de vaste wal.

In verband met de grote maximale uitbuiging der geleideconstructie worden de looppaden geheel los gehouden van de geleiding. Deze looppaden, gelegen achter de zijgeleiding en de terzijde gelegen wachtplaatsen en tussen de middengeleiding en de middelste wachtplaatsen, worden gefundeerd op paaljukken van voorgespannen beton, voorzien van een deksloof. Op de sloof worden dan de H-vormige, gewapendbetonnen looppaden geplaatst. Zij worden in lengten van 15 meter kant en klaar op het werk aangevoerd. Door middel van bordessen zal om de 30 meter een aansluiting tot stand worden gebracht op de ladders in de geleiding. De looppaden zullen alleen vanaf het sluisterrein bereikbaar zijn.

Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

Dwarswind verplaatst een varend schip zijwaarts. De grootte van de winddruk is evenredig met het door de wind getroffen oppervlak en met het kwadraat van de windsnelheid. Ook de vorm van het schip speelt hierin een rol.

De schipper corrigeert de zijdelingse verplaatsing van het schip met het roer. Om de gewenste koers te behouden wordt de boeg van het schip schuin tegen de wind ingedraaid; de lengte-as van het schip maakt dan een hoek met de vaarrichting.

De grootte van deze hoek is afhankelijk van de ligging van het stuwpunt van de winddruk t.o.v. het zwaartepunt van de tegendruk die het water op de natte langsdoorsnede van het schip uitoefent bij zijdelingse verplaatsing. Om de juiste koers te kunnen handhaven mag de snelheid van het schip ten opzichte van het water niet te gering zijn, daar anders onvoldoende druk op het roer wordt uitgeoefend.

Op brede, ruime waterwegen zal het meestal wel mogelijk zijn hinderlijke harde zijwind op te vangen. Op smalle waterwegen echter, en ook bij het passeren van schutsluizen kunnen zich moeilijkheden voordoen. Bij het invaren van een schutkolk zal de snelheid van een schip niet groot zijn en de ruimte om te manoeuvreren beperkt. Vooral voor onbeladen duwconvoien, die hoog op het water liggen, wordt het invaren van een schutkolk bij harde zijwind een moeilijke opgave. Het moet niet uitgesloten worden geacht dat een duwconvoi bij scheve invaart volledig klem loopt.

Het zal duidelijk zijn, dat het verminderen van de windinvloed door het aanbrengen van boombeplantingen of van kunstmatige windschermen het invaren aanzienlijk vergemakkelijkt en de kans op schadevaring beperkt.

Om het effect van kunstmatige windschermen of boombeplantingen bij de Volkeraksluizen na te gaan, werd in een windtunnel van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart-Laboratorium dienaangaande een nader onderzoek ingesteld.

Voor dit doel werden door de Rijkswaterstaat twee modellen vervaardigd. Het eerste model, schaal 1 : 500, geeft de gehele situatie in de onmiddellijke omgeving van de beide schutsluizen weer. In het model bevinden zich aan beide oevers open geleidewerken, terwijl het middelste geleidewerk als een dichte constructie is uitgevoerd, die aan de Hollandsch-Diepzijde tot N.A.P. + 3 m en aan de Volkerakzijde tot N.A.P. + 5 m reikt.

De totale breedte ter plaatse van de invaarkanalen bedraagt op N.A.P.-hoogte ca 200 m. Het terrein aan weerszijden van deze invaarkanalen kan met bomen worden beplant.

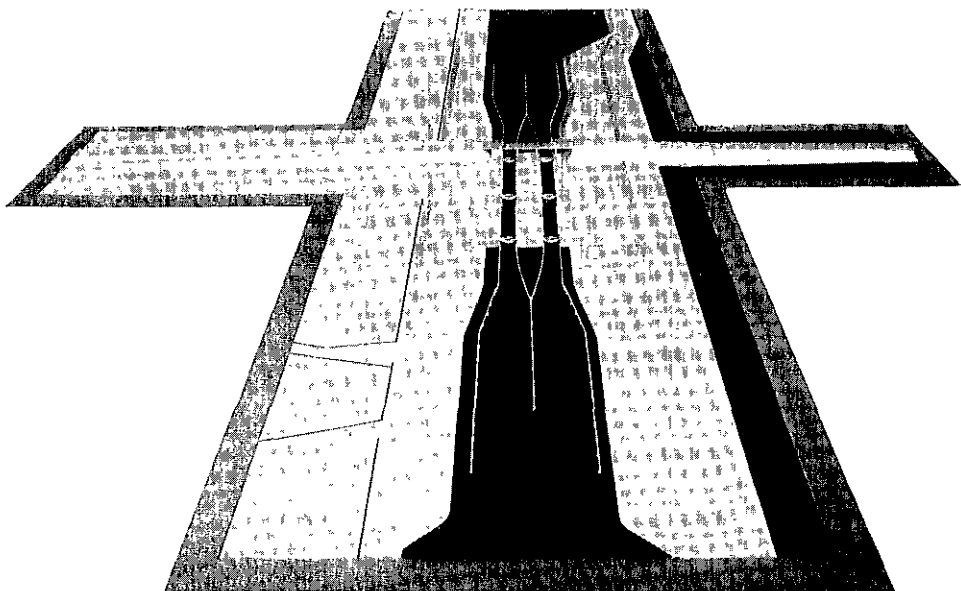
In dit model werd de algemene luchtbeweging onderzocht met behulp van windvaantjes.

Daar het te klein was om metingen met windschermen uit te voeren, werd een tweede model gebouwd dat slechts een gedeelte van de invaarkanalen met de geleidewerken weergeeft. De schaal is 1: 100.

Bij het onderzoek werd allereerst nagegaan, welke invloed een boombeplanting op de luchtstroom boven de invaarkanalen heeft en in hoeverre de winddruk er mee kan worden verminderd. Het was moeilijk voor dit gedeelte van het onderzoek een 'modelboom' te maken die de doorlatendheid en de weerstand van een bepaalde boomsoort op schaal weergeeft. Door takjes aan te brengen die op schaal enige gelijkenis met populieren vertoonden, kon men metingen uitvoeren.

Uit het onderzoek bleek, dat één enkele bomenrij met een ondergroeiing een beter resultaat geeft dan een paar rijen bomen achter elkaar. De breedte van het afgeschermd gebied bedraagt ongeveer zeven maal de boomhoogte, hetgeen niet voldoende is om de volle breedte van de invaarkanalen af te schermen.

Onderzoekingen in het buitenland hadden reeds uitgewezen, dat een dichte beplanting geen goede afscherming geeft. Achter het scherm ontstaan dan namelijk bij de grond turbulente luchtstromingen, waarin snelheden voorkomen die vrijwel gelijk zijn aan die van de ongehinderde wind. Een nadeel van een natuurlijk windscherm is daarenboven, dat de doorlatendheid van bomen wisselt met de seizoenen.



Model van het Volkeraksluizencomplex

planken gelijk is aan de plankbreedte.
Bij een windrichting loodrecht op het scherm zijn de resultaten van de verschillende typen vrijwel gelijk. Bij schuine aanstroming — nagebootst door het model in de windtunnel te draaien — wordt bij ieder type de breedte van de strook waarin de winddruk voldoende wordt gereduceerd, geringer. De windhinder voor de scheepvaart is echter bij

Een windscherm bestaande uit horizontale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken gelijk is met de hoogte.

Een windscherm bestaande uit verticale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken diameter.

Een windscherm met verticale ronde spijlen op onderlinge afstanden gelijk aan de spijlenafstand.

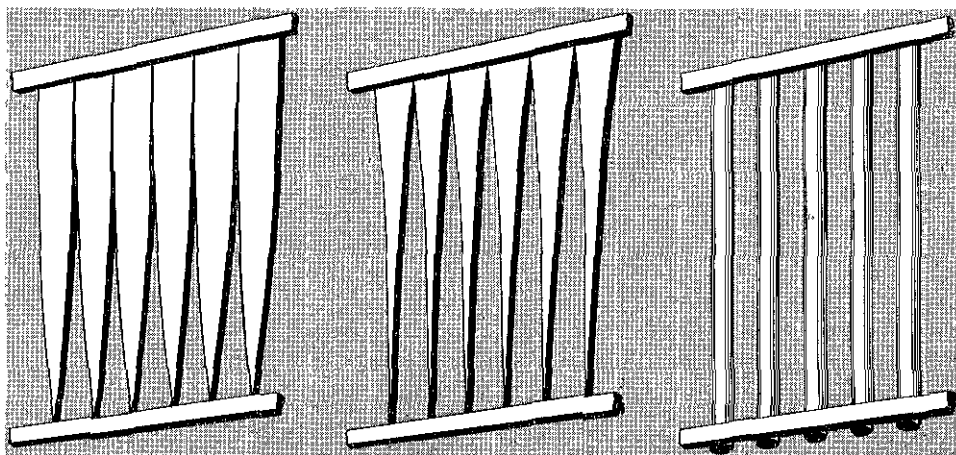
Onderzocht werden drie verschillende typen windschermen.

gevoonden resultaat bij de natuurlijke windschermen.
Eigen onderzoek bevestigde dit. Deze conclusie stemt dus in beginsel overeen met het
tuur was bekend dat de beste resultaten worden bereikt met half-doorlatende schermen.
Het onderzoek omvatte ook enige proeven met kunstmatige windschermen. Uit de litera-

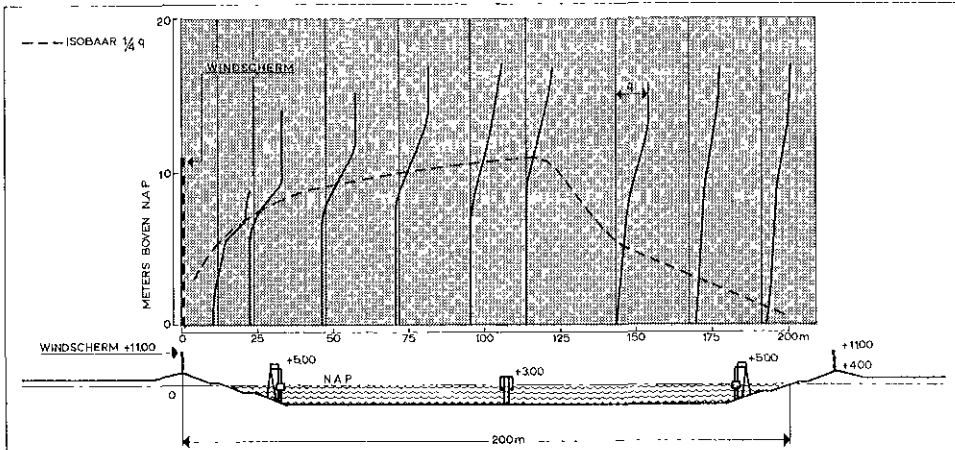
2-3 Winddrukverdeling achter de windschermen aan de
Volkerakzijde van de sluisen. De waterstanden in
het kanaal beïnvloeden de winddrukverdeling

1 Winddrukverdeling achter de windschermen aan de
Hollandsch-Diepsijde van de sluisen. q is de onge-
stoorde winddruk. De isobaar begrenst het gebied
waarbinnen de winddruk tot $\frac{1}{4}$ van zijn oorspron-
kelijke waarde is teruggebracht

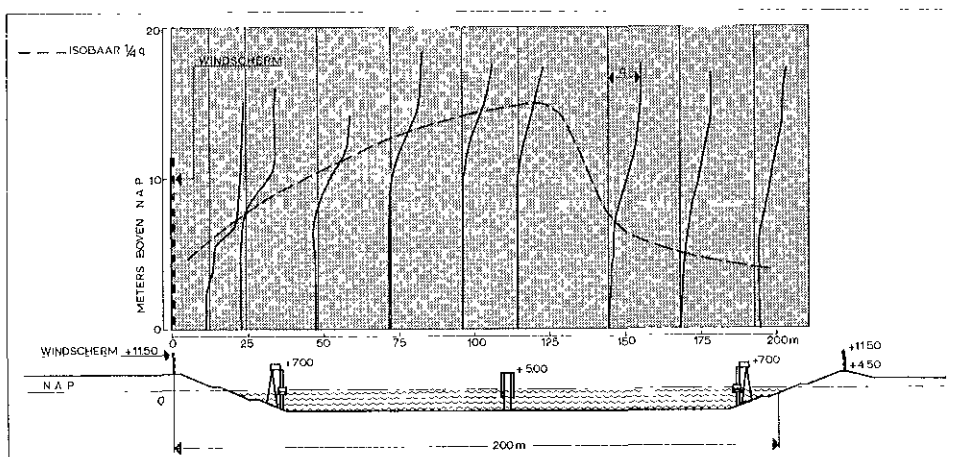
Schetsen van beproefde windschermen



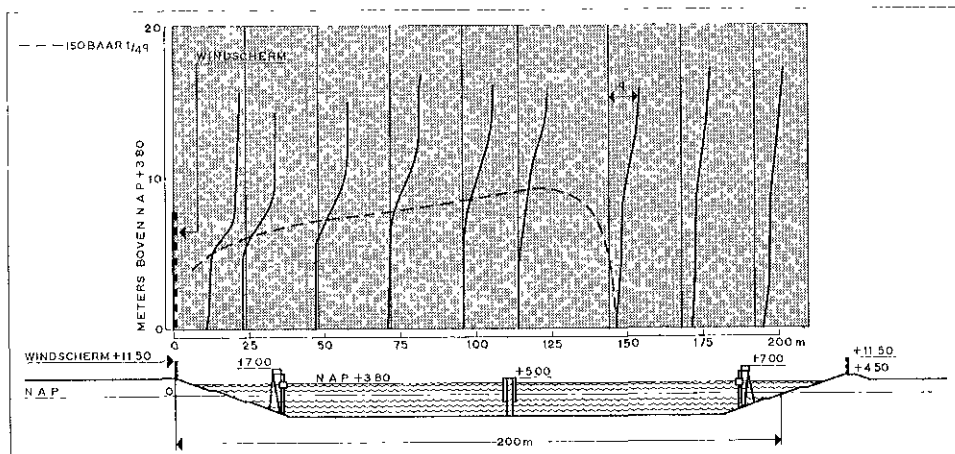
1



2



3



schuine aanstroming ook geringer. Het bleek, dat het type met horizontale beplanking bij schuine aanstroming betere resultaten geeft dan de andere typen. De doorlatendheid ervan blijft bij schuine aanstroming dezelfde, terwijl het windafschermend effect van verticale stijlen bij schuin invallende wind minder gunstig wordt.

Bij een schermhoogte van ca. N.A.P. + 11 m aan de Hollandsch-Diepzijde en van ca. N.A.P. + 11,5 m aan de Volkerakzijde kan met een horizontale beplanking onder normale getijomstandigheden voldoende *reductie van de windsnelheden over de gehele kanaalbreedte* worden verkregen. Aan de Volkerakzijde is het resultaat dan nog iets beter dan aan de Hollandsch-Diepzijde, daar het middelste geleidewerk aan de Volkerakzijde 2 m hoger is. Bij hogere waterstanden vermindert het effect van het windscherm. In deze gevallen, waarbij het Volkerak meestal wordt getroffen door een harde zijwind uit N.W.-richting, wordt de gehele kanaalbreedte bij een schermhoogte van N.A.P. + 11,5 m niet meer volledig afgeschermd. Na de afsluiting van het Volkerak en vóór de afdamming van de Oosterschelde worden de hoogwaterstanden ten zuiden van de Volkerakdam aanzienlijk verhoogd. Het grenspeil, dat nu een waarde van N.A.P. + 3 m heeft, zal dan verhoogd worden tot N.A.P. + 3,8 m. Voor deze veelvuldig voorkomende waterstand werd met een scherm ter hoogte van N.A.P. + 11,5 m een onderzoek verricht.

Na afsluiting van het Haringvliet worden op het Hollandsch Diep niet meer veelvuldig hoge waterstanden verwacht. Het peil van N.A.P. + 3 m heeft daar dan een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 10^{-4} .

Vermoedelijk zullen dus de windschermen aan de Volkerakzijde hoger gemaakt moeten worden dan de voorlopig aangehouden waarde van N.A.P. + 11,5 m.

Het is ook denkbaar dat men aan de windhinder zal trachten te ontkomen door aan de scheepvaart ter plaatse bepaalde regels op te leggen. Zo zou men lege duwvaartboten onder moeilijke omstandigheden via de best afgeschermd sluishoek kunnen schutten. Een beslissing dienaangaande is echter nog niet genomen.

Het in dit artikel besproken onderzoek is nog niet afgesloten. Onder meer zal nog onderzocht worden of bij horizontale beplanking, waarbij de afstand tussen de planken met de hoogte toeneemt, nog een beter resultaat kan worden verkregen.

Voordat een definitieve keuze uit de verschillende oplossingen gedaan kan worden, moeten de resultaten van het verdere onderzoek worden afgewacht. Overwegingen van landschapsarchitectuur zullen daarbij zeker niet buiten beschouwing worden gelaten.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Aanleg van het dijkgedeelte onder de Friese kust

Van de dijk ter afsluiting van de Lauwerszee kwamen in de afgelopen jaren het werkeiland met een aangrenzend dijkvak van 1,5 km oostwaarts en een dijkvak van 3,5 km aan de Groninger kust gereed. Daartussen bevindt zich nog een opening van 3,5 km breedte. Aanleg van een dam in dit gat zal de doorstroming van de Ballastplaat naar het Oort en het Vierhuizergat blokkeren, en de stroming door het Nieuwe Robbengat, ten zuiden van het werkeiland, vergroten. Teneinde het werken in de omgeving van het sluitgat naar vermogen te vergemakkelijken heeft men besloten de 3,5 km brede opening in een zo laat mogelijk stadium van de afsluitingswerken te dichten, zodat de versterkte stroming door het Nieuwe Robbengat slechts over een korte periode zal optreden.

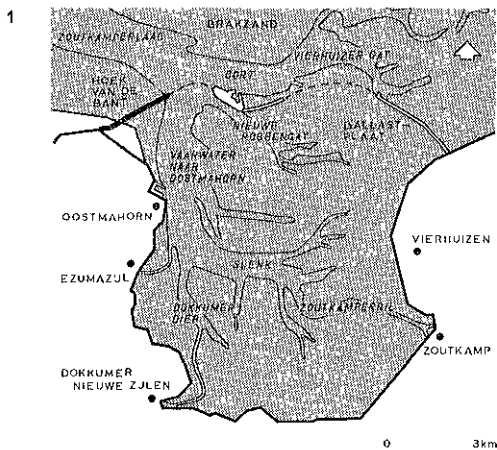
Aan de Friese zijde van het Vaarwater naar Oostmahorn – de hoek van de Bant – zijn tot dusver geen werken uitgevoerd. Dit uitstel werd gemotiveerd door de mening, dat aanleg van werken op de Hoek van de Bant grote invloed zou uitoefenen op het stroombeeld daar ter plaatse en in het aangrenzende sluitgat. Uitvoerige metingen en berekeningen echter hebben uitgewezen dat de overtrek van water uit de Lauwerszee via de Hoek van de Bant naar de Zoutkamperlaag zoveel geringer is dan werd vermoed, dat dijkwerken hier geen bijzondere moeilijkheden zullen ontmoeten en ook geen ingrijpende gevolgen zullen hebben voor het stroombeeld in het sluitgat.

Bij de Lauwerszeewerken is tot dusverre gebruik gemaakt van hulpeilanden die aan voor het baggermaterieel bevaarbare geulen zijn gelegen. Het voornaamste steunpunt bij de aanleg van de werken is wel het werkeiland aan het Oort, waarop ook het werkkamp 'Lauwersoog' ligt. De losplaats aan het Vierhuizergat is eigenlijk niet anders dan een dijkvak ter lengte van bijna 500 meter dat nog niet onder definitief profiel is gebracht en in vlakke toestand goede diensten doet als haventerrein. Toen deze losplaats in 1963 was aangelegd kon men in het daaraanvolgend jaar met gebruikmaking van alle faciliteiten die het eiland bood, zeer snel het dijkvak aanleggen dat aansluit op de Groninger kust. Dat de dijkbouw hier voorspoedig verliep is te danken aan het gunstige zomerweer en aan de grote capaciteit van het door de aannemer gebezigde materieel.

Dit jaar wordt een dijkvak aangelegd dat aansluit op de Friese kust. Ook hier denkt men uit te gaan van een zeewaarts van de dijk gelegen steunpunt, in dit geval een losplaats op de Hoek van de Bant.

De voornaamste redenen voor deze keuze zijn, dat de materialen zand en bekledingsklei nabij of in de Lauwerszee zullen worden gewonnen en dus over het water moeten worden

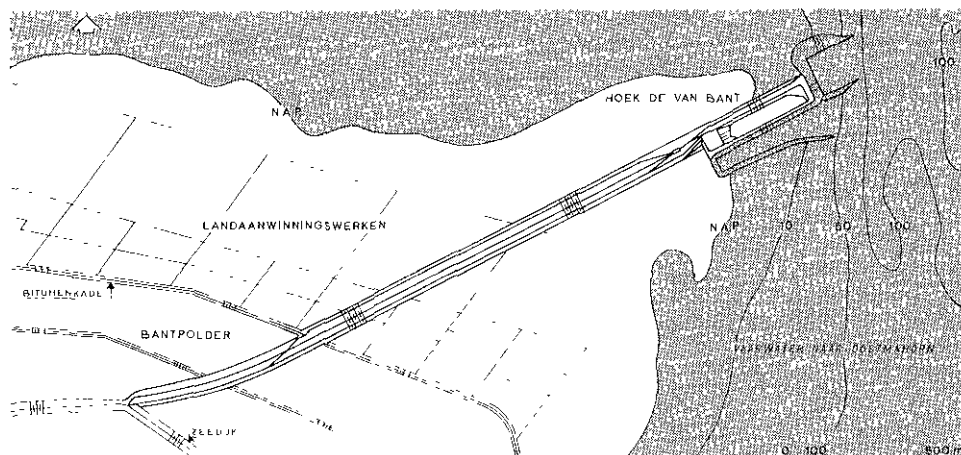
- 1 Situatie van de dijk ter afsluiting van de Lauwerszee
- 2 Het dijkgedeelte aan de Friese kust



aangevoerd. Het zand zal dan verder door een pijpleiding worden geperst; de klei zal op het werkeiland worden gelost en verder per as langs de dijk in aanbouw worden vervoerd. De hiervoor benodigde werkweg kan later als onderhoudsweg in gebruik blijven. Vooral economische en organisatorische overwegingen hebben er dus toe geleid dat de voorkeur werd gegeven aan dijkbouw vanuit zee boven aanleg vanaf de landzijde.

Aanvankelijk is nog overwogen, de losplaats op de Hoek van de Bant een jaar eerder te bouwen dan het erop aansluitende dijkvak. Dit betekent echter dat met het eiland zou moeten worden overwinterd, en dat terwijl het, in tegenstelling tot de losplaats aan het Vierhuizergat, vrij sterk blootstaat aan golfslag. Om de kosten die de nodige voorzieningen tegen golfaanval en uitschuring zouden meebrengen uit te sparen is besloten de losplaats en het dijkvak toch maar binnen één werkseizoen te maken, hoewel dat uitvoeringstechnisch hoge eisen stelt. Voor de derde en laatste maal wordt er dus dit jaar een dijkvak vanuit een in zee gelegen steunpunt aangelegd. De verdere werken zullen alle aansluiten op reeds bestaande dijkvakken. Het oostelijk uiteinde van het dijkgedeelte aan de Friese kust vormt tevens de westelijke begrenzing van het sluitgat. De plaats hiervan is bepaald na proefnemingen in het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst. Bij die proeven bleek dat een meer oostelijke ligging van de damkop een sterkere contractie van de stroom in het vaarwater naar Oostmahorn zou veroorzaken, die ongetwijfeld tot grote uitschuring zou leiden. Zo'n sterk kopeffect moet vooral vermeden worden omdat het sluitgat nog enkele jaren moet overwinteren alvorens het voorgoed kan worden geblokkeerd. Anderzijds moet het westelijk landhoofd van het sluitgat reeds vroeg worden aangelegd, wil men in 1966 de drempel voor het sluitgat kunnen maken. Om een goede, rustige haven langs de losplaats te verkrijgen is het van belang dat de dijk zover als mogelijk is in de richting van het diepe water wordt doorgetrokken. Het oostelijk einde van het nieuwe dijkvak komt ongeveer ter plaatse van de dieptelijn van N.A.P. - 1 m.

Tengevolge van deze ligging moet voor de kop van het dijkvak enig baggerwerk worden verricht om de bodemverdediging van de drempel voor het sluitgat te kunnen aanbrengen. Het is voor het vervolg der werken van groot belang of op deze drempel aanzanding zal optreden doordat de natuur tracht de ingebaggerde oever weer in zijn ongeschonden staat te herstellen, dan wel of hier - doordat de doorgang voor het water over de Hoek van de Bant is geblokkeerd - voldoende stroom om de damkop zal trekken om aanzandingen te voorkomen. De kans op aanzanding wordt verkleind door het feit dat de oever ter plaatse



ten gevolge van vroegere aanzandingen vrij ver naar voren is geschoven, zodat het te maken werk de oever weer een geleidelijk verlopende vorm zal gaan geven. Doordat de drempel van het sluitgat niet in één maal op zijn uiteindelijke hoogte wordt gebracht, bestaan hier bovendien nog mogelijkheden om eventuele aanzandingen te verwijderen zonder dat de bodemverdediging beschadigd wordt.

De losplaats en het dijkvak

De stroom die bij afgaand water ten zuiden van het nieuw ontworpen dijkvak over de plaat trekt, zal de neiging hebben zich in de haven te concentreren en bodemmateriaal mee te voeren. Om dit te voorkomen is een steendepot ontworpen in de vorm van een los gestorte stenen dam langs de west- en zuidzijde van de havenkom. Deze dam moet de stroom rechtstreeks naar het diepe water afleiden.

Aan de noordwestzijde wordt de losplaats beschermd door net zulke bekledingen als in het definitieve dijkvak zullen worden aangebracht. Sechts het hoogste gedeelte van het buitenbeloop en de kruin boven N.A.P. + 6 m ontbreken hier. Het in de beschutting van dit verdedigde buitenbeloop gelegen gedeelte van de losplaats is zoveel mogelijk vlak of onder flauwe hellingen afgewerkt. Een eenvoudige voorlopige bekleding aan de zuidoostzijde beschermt het dijklichaam langs de havenkom tegen wegspoelen. Onder deze bekleding is een kleine kade van mijnsteen ontworpen om te voorkomen dat het zand tijdens het opspuiten van het zandlichaam in de pas gebaggerde havenkom wegvloei. Met deze constructie zijn goede resultaten bereikt bij het bouwen van de losplaats aan het Vierhuizergat.

Het profiel van het eigenlijke dijkvak komt overeen met dat van de reeds gemaakte gedeelten. Men vindt dit profiel beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 25, augustus 1963. De zeer beschutte ligging onder de Friese wal maakt het mogelijk dit dijkvak aan de Lauwerszezijde van een eenvoudige tijdelijke bekleding te voorzien. De voorlopige afdekking zal bestaan uit een 40 cm dikke kleilaag met daaroverheen een polyae-theenmat met rijshouten betuing, waartussen per m² 300 kg stortsteen met een stukgewicht van 10 tot 60 kg zal worden gelegd. Een soortgelijke bekleding is met goed gevolg geplaatst op andere weinig aangevallen gedeelten van de Lauwerszeewerken.

Het oostelijk gedeelte van de dijk ligt op een zandplaat, het middengedeelte doorkruist

de landaanwinningswerken van de voormalige waterschappen 'De Anjummer en Lioessen-serpolder' en de 'Contributie Zeedijken van Oostdongeradeel', die thans zijn opgenomen in het waterschap 'Eastergoa's Sédiken', en het meest westelijke gedeelte ligt in de Bantpolder, een zomerpolder die vooral bekend is als overwinteringsplaats van tienduizenden brandganzen. Er is nog een tijd lang een tracé overwogen waarbij de zomerpolder niet zou worden doorsneden, maar waarbij de zomerdijk van de polder zou worden gevolgd tot Paesens. Echter, dit tracé zou duurder uitkomen, zonder dat daar voldoende voordelen tegenover stonden. Volgens het huidig ontwerp zal het dijkvak totaal 2500 meter lang worden, waarvan 400 meter in beslag wordt genomen door de losplaats.

De ondergrond van het nieuw te maken gedeelte bevat in het algemeen meer klei dan die van de vorige vakken. Het Grondmechanisch Laboratorium voorspelt hier zettingen tot 1 meter.

Even ten westen van de losplaats is een dijkovergang ontworpen om de onderhoudsberm aan de buitenzijde van de afsluitdijk voor vrachtauto's bereikbaar te maken. Ook ter plaatse van de zogenaamde bitumenkade, die als toegangsweg dient tot de zomerpolder, zal een dijkovergang komen. Bij de aansluiting op de zeedijk is een voorlopige overgang voor vee en landbouwwerktuigen voorzien, ten dienste van de exploitatie van de zomerpolder.

De aansluiting van de ontworpen dijk op de reeds bestaande zeedijk wordt zo uitgevoerd, dat na de toekomstige verhoging van de zeedijk de overgang van de ene dijk naar de andere vloeiend blijft verlopen. De afwatering van de beide gedeelten waarin de Bantpolder nu zal worden verdeeld wordt geregeld middels duikers in de bitumenkade; vier van die duikers liggen er al. De tijd zal moeten leren of de suatiegeul door de zandplaat voor de afwatering voldoende diepte zal blijven behouden. Verzanding van de thans bestaande geul zou de natuurlijke afwatering van het oostelijk gedeelte van de Bantpolder in gevaar brengen. Ten zuidoosten van het werkeiland en het daarop aansluitende dijkvak zijn onder soortgelijke omstandigheden aanslibbingen opgetreden die weinig hoop geven voor het voortbestaan van de natuurlijke geul door de Hoek van de Bant.

A. De werken van het Deltaplan

De ontgraving voor de stortbedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

De ontgravingen in de bouwput vonden goede voortgang. Aan het einde van de verslagperiode was een hoeveelheid van 2 130 000 m³ ontgraven en in hoofdzaak buiten de bouwput gereden.

Met het oppersen van zand in de dijk ten westen van de haven van Dirksland werd voortgegaan. Het zand werd met een baggermolen uit het depot ontgraven. Aan het einde van de periode is rond 1 000 000 m³ specie in deze dijk verwerkt.

Ter afronding van de afsluiting van het Zuiderdiep aan de Oostzijde werd begonnen met het maken van kaden. Waar voor het maken van deze kaden niet voldoende specie aanwezig is spuit men eerst een laag zand, tot N.A.P. + 2,5 m.

De filterconstructie van het stortbed kwam aan de zeezijde bijna gereed; het verwerken van stortsteen is nog niet beëindigd, echter wel zover gevorderd, dat op de bouwput geen voorraad meer aanwezig is.

De bouw van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In deze verslagperiode zijn de werkzaamheden aan de uitwateringssluizen en aan

de stortbedden vóór de sluizen grotendeels klaargekomen. Zo werd op 31 maart het laatste beton voor de uitwateringssluizen gestort, terwijl de laatste paal voor de stortbedden op 25 februari werd ingeheid.

Op 27 mei kwam het laatste stortbedvloervak geroed.

In totaal werd voor de uitwateringssluizen en voor de stortbedden 691 705 m³ beton gestort. Van deze hoeveelheid beton is 67 730 m³ in betonpalen, 14 962 m³ in werkvloeren, 508 989 m³ in gewapend beton, 40 921 m³ in onderwaterbeton en 59 103 m³ in de nabliggers verwerkt.

De schutsluizen in het Volkerak

De afbouw van het tussenhoofd is nagenoeg gereedgekomen. Enkele aangrenzende wanden waarin deurenkasten worden uitgespaard, moeten nog worden gestort. De belangrijkste werkzaamheden zijn thans het maken van het buitenhoofd met aangrenzende fuik- en deurenkaswanden aan de Hollandsch-Diepzijde.

De afbouw van het viaduct werd voortgezet. De fabricage van de 24 m lange voorgespannen liggers voor de aanbrug is voltooid. Omdat de oplegpunten op de basculekelder nog niet gereed zijn wor-

De laatste m³ beton voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet wordt gestort



den de liggers op het sluseiland onder het viaduct opgeslagen.

De verdere opbouw van de basculekelder tot N.A.P. + 12,65 m is bijna gereed. Men hoopt dit onderdeel dan ook medio april te voltooien.

De grondaanvullingen van beide sluizen werden voortgezet.

Onderhands werd met de Combinatie Schutsluizen Volkerak te Willemstad een overeenkomst gesloten tot het maken van stortebedden en dijken aansluitend op het sluizencomplex voor de prijs van f 860 900. Inmiddels is met deze werkzaamheden een aanvang gemaakt.

De noordelijke voorhaven en de oostelijke oprit van de Volkeraksluizen te Willemstad

Zoals reeds in nr. 31 van deze Berichten kon worden aangekondigd, is de ontgraving van de noordelijke voorhaven tot aan het veen-klei-pakket nog in februari voltooid. De cutterzuiger is voor reparatiewerkzaamheden tijdelijk afgevoerd. Na zijn terugkeer zal worden begonnen met de verdere verdieping van de voorhaven tot N.A.P. - 6 m.

Inmiddels is de aannemer bezig met het egaliseren, profileren en bekleden met klei van de in de ruwe vorm gespoten

oostelijke oprit. Door diverse omstandigheden zijn deze werkzaamheden vertraagd, in verband waarmee de eerste oplevering van het gehele werk 3 maanden moest worden uitgesteld, d.i. tot 1 mei 1965.

Rest nog te vermelden, dat het opspuiten van het weglichaam door de Oude Heyningsche Haven heen vlot is verlopen en geen bijzondere moeilijkheden heeft opgeleverd. Daarna kon de oprit worden aangesloten op de bandijk. In het volgende Bericht zal een overzicht van de werkzaamheden worden gegeven.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

In de bouwsleuven voor de filterglooiingen zijn de werkzaamheden tijdens de afgelopen periode voortgezet, zodat de glooiingen thans zijn opgetrokken tot N.A.P. + 0,75 m. Daarboven is men bezig met het maken van glooiingen van Portugees graniet op een grindbed van grind 3-8 cm met een dikte van 20 cm, waaronder zich nog een kleilaag van 35 cm bevindt.

Aanvoer en lossing van de granietblokken vindt plaats in de gemeentehaven van Willemstad. Vandaar naar het werk, een

afstand van ongeveer 3 km, worden de blokken vervoerd per vrachtauto.

De zuigers 'Amsterdam I' en 'Holland XVIII' zijn doorgestaan met hun cutterwerk in het tegen de bouwput gelegen haven-gedeelte.

In de voor het grondstort ten zuidoosten van de sluizen te maken ringdijk wordt specie geperst; zo ook in het stort van de afsluitdijk tussen de bouwput en de Oude Heyningsche Haven en in het stort van de terreinen gelegen tegen de geul van Maltha.

Zoals reeds in het vorige Bericht werd medegedeeld, zijn al deze werkzaamheden vertraagd door de minder gunstige weersgesteldheid en doordat de buitenpolder Maltha opnieuw enige malen onder water liep. Het was vooral ook de onvoldoende capaciteit van de cutterzuiger 'Amsterdam I' die de voortgang van het werk ongunstig beïnvloedde. Een en ander leidde tot een achterstand op het schema van ruim 100 000 m³ zand. Door met de zuiger 'Holland XVIII', die de verwachte produktie overtreft, dag en nacht door te werken had men de achterstand medio maart teruggebracht tot 30 000 m³. De afsluiting van de mond van de Oude Heyningsche Haven vindt begin april plaats.

Ten behoeve van de uitbreiding van de terreinen gelegen langs de geul van Maltha zijn de bestaande belopen gedeeltematig ontmanteld en is de afkomende steen in depot opgeslagen. Nadat reeds in de herfst van 1964 de bodembezinking werd aangebracht is men thans bezig in de geul van Maltha zand te klappen tot een hoogte van N.A.P. - 1,5 m; ter afdekking worden daarop zinkstukken gezonken. Hierna wordt mijnsteen gestort en daarna wordt achter de gevormde mijnsteendam zand gespoten, zodat vervolgens de glooiing aan de buitenzijde verder kan worden afgewerkt.

Ten behoeve van het zandklappen is een winzuiger, de zuiger 'Drechterland', aan de westzijde van de Malthageul gelegd.

De produktie hiervan bleek onvoldoende. Bijgevolg trad aanvankelijk ook bij het zinkbedrijf ernstige stagnatie op, zoezeer dat de produktie van 3000 m³ per week terugliep tot 1000 m³, of wel tot één zinkstuk per week.

Daar het duidelijk was dat bij deze gang van zaken ook het mijnsteenbedrijf en het daarop volgende zandbedrijf gevaar liepen belangrijk te worden vertraagd, werd een extra winzuiger ingezet.

Werkzaamheden aan de afsluiting van de noordelijke geul van de Grevelingen

Eind december 1964 werd het continubedrijf van de kabelbaan beëindigd. Vanaf begin januari 1965 werd de stenen sluitdam uitsluitend in dagdienst verder opgehoogd terwijl nog slechts twee of drie gondels werden ingezet. Daarbij werd alleen op de westelijke kabel gereden. De stortcapaciteit bedroeg bij dit systeem van werken gemiddeld 2000 ton per week. Ten gevolge van de storm van 16 en 17 januari 1965, waarbij de kruin van de dam, voor zover nog niet gesteund door het opgespoten zand, door golfslag ongeveer 1,5 m werd verlaagd, was het nodig een hoeveelheid van ruim 3000 ton te storten om het kruinpeil van voor de storm weer te bereiken. Op 9 februari kon het steenstorten worden beëindigd. De dam had toen een hoogte tussen N.A.P. + 2,5 m en + 3 m.

De totale hoeveelheid gestort materiaal bedroeg ongeveer 170 000 ton.

Na beëindiging van de stortwerkzaamheden werd de kabelbaan nog gebruikt voor het vervoer van grind- en mijnsteen. Deze materialen werden verwerkt in een filter achter de stenen dam, om te beletten dat het zand van het opgespoten dijklichaam door de dam zou treden.

Het dijkvak ter plaatse van de noordelijke geulen

Op 1 december 1964 was reeds een begin



Opbouw van het damlichaam door het noordelijk sluitgat van de Grevelingen

gemaakt met het persen van zand tegen de stenen sluitdam voor de opbouw van het damlichaam.

Het zand werd gewonnen zowel aan de westzijde als aan de oostzijde van de dam. Vanaf de westzijde spoot de H.A.M. 209 door een drijvende leiding met een doorsnee van 70 cm rechtstreeks zand in het werk. Oostelijk van de dam werkte de 'Beverwijk 37' op dezelfde manier. Beide zuigers brachten ongeveer $2\frac{1}{4}$ miljoen m³ zand in het werk.

In het wingebied van de 'Beverwijk 37' werd een deel van het gewonnen zand weer aangeklapt met zand dat door de

grondzuiger 'Mark' was gewonnen in het Noordslaak. Overigens werd ook een deel van het door de 'Mark' gewonnen zand rechtstreeks in het damlichaam geklapt. In het geheel werd 2 700 000 m³ zand in het dijkvak verwerkt. Op 5 maart 1965 werd het persen van zand in de dijk beëindigd.

In januari werd een begin gemaakt met de aanvoer van mijnsteen voor verwerking in de oostelijke teenkade en in de aansluiting op de beide dijkkoppen aan de westzijde.

Eind maart kwam dit werk klaar; er was toen $\pm$ 60 000 ton verwerkt.

In het eerste kwartaal van 1965 werden regelmatig kraagstukken aangebracht, die ter weerszijden van het damvak het be-
loop in de zone van het L.W. moeten be-
schermen. Eind april zullen alle kraag-
stukken gelegd zijn.

In de maanden februari en maart werd
de ruw opgestorte dam met grind en mijn-
steen opgevuld.

Begin maart werd eveneens een begin
gemaakt met de aanvoer van klei voor
de afdekking van het zandlichaam.

Wegverbinding en openstelling voor het verkeer

In februari werd een begin gemaakt met
de aanleg van de parallelweg op het
dijkvak die uiteindelijk bestemd zal zijn
voor langzaam verkeer. Deze weg bestaat
uit drie lagen van ieder 6 cm grindasfalt-
beton en heeft een breedte van 6 m. Voor-
uitlopend op de ingebruikneming van de
nog aan te leggen snelverkeersweg over
het dijkvak door de noordelijke geulen
heeft de Minister van Verkeer en Water-

staat, Z. E. J. van Aartsen, met behulp van
enkele moderne Watergeuzen de snel ge-
reedgemaakte parallelweg op 1 april
1965 voor het verkeer opengesteld.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

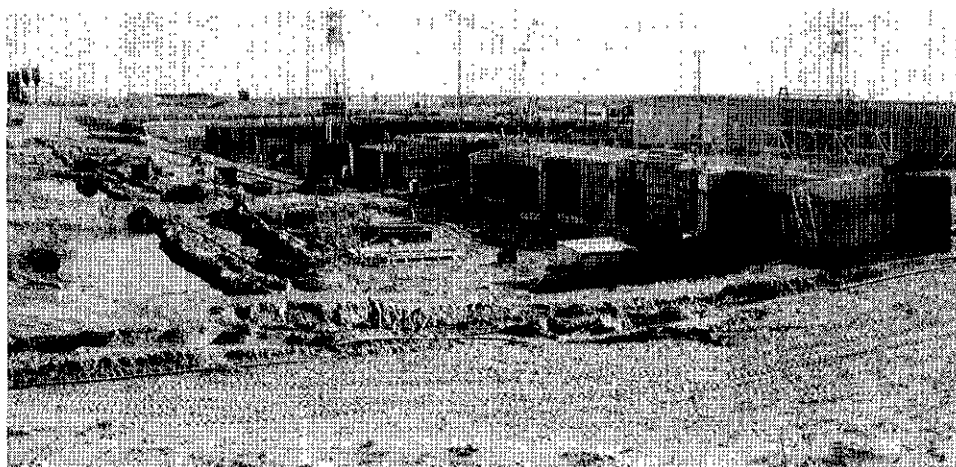
Het dijkvak aan de Groninger kust is
thans behoudens het afwerken van de klei-
bekleding voltooid.

Met de uitvoering van het dijkvak aan de
Friese kust, waarover elders in dit num-
mer meer wordt verteld, zal binnenkort
worden begonnen.

De werkzaamheden aan de uitwaterings-
sluis zijn dankzij de zachte winter goed
gevorderd. Het dek van de middelste sluis-
koker is nu gestort; van de oostelijke sluis-
koker zijn de pijlers gereed gekomen.

Een aanvang is gemaakt met de ontgra-
vingen voor de stortebedden. Met de
'Kombinatie Lauwerszee' is overeenstem-
ming bereikt over de aannemingsom voor
de in de afsluitdijk te bouwen schutsluis.
De bouw van de schutsluis kan in de vol-
gende verslagperiode aanvangen.

De uitwateringssluizen in aanbouw op het werkeiland voor de afsluiting van de Lauwerszee



Deltadienst Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de Delta

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
BR 2957a	31 juli 1964	Overeenkomst tot aanvulling van overeenkomst BR 2957 voor het vervaardigen en leveren van werkplaatsklinknagels enz. ten behoeve van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3265a	2 december 1964	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst BR 3265 voor het samenbouwen en conserveren van de staalconstructies van 17 stuks segmentschuiven rivierzijde voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3326	27 november 1963	Het vervoeren en bedrijfsvaardig opstellen van 17 stuks segmentschuiven rivierzijde en 17 stuks segmentschuiven zeezijde voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3421	6 augustus 1964	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrische noodstroomcentrale ten behoeve van het sluiscomplex in het Volkerak
BR 3432	14 augustus 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee naast elkaar gelegen basculebruggen met elektro-mechanische bewegingsinrichtingen c.a. over de schutsluis in het Volkerak
BR 3438	26 juni 1964	Vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van de aanleginrichting bij de haven te West-Repart
BR 3447	29 juli 1964	Vervaardigen en leveren van 68 gelijkloopschakelaars ten behoeve van aandrijfapparatuur voor de bewegingswerken in de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3448	29 juli 1964	Vervaardigen en leveren van aandrijfapparatuur c.a. (exclusief gelijkloopschakelaars) ten behoeve van de bewegingswerken van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3449	18 augustus 1964	Leveren van logers c.a. voor basculebruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3450	18 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van 4 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwielkasten ten behoeve van de basculebruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3451	18 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van ankers met moeren ten behoeve van de basculebruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3452	18 augustus 1964	Leveren van 4 stuks flexibele tankkoppelingen ten behoeve van de basculebruggen (kleine en grote brug) over de schutsluis in het Volkerak
BR 3453	18 augustus 1964	Leveren van tonlegers ten behoeve van de deurbeweging van de sluisen in het Volkerak
BR 3454	18 augustus 1964	Leveren van afdichtingsringen c.a. ten behoeve van de deurbeweging van de sluisen in het Volkerak
BR 3457	5 oktober 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 24 stuks elektro-mechanische schuifbewegingsinrichtingen en bijbehorende A-constructie ten behoeve van de schutsluis in het Haringvliet
BR 3458	5 oktober 1964	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 12 stuks elektro-hydraulische deurbewegingsinrichtingen ten behoeve van de schutsluis in het Haringvliet
BR 3463	31 juli 1964	Vervaardigen en leveren van rij-roosters enz. ten behoeve van de Volkeraksluizen
BR 3468	20 augustus 1964	Vervaardigen en leveren van busankers c.a. ten behoeve van de Volkeraksluizen
BR 3476	3 september 1964	Vervaardigen en leveren van leuningon, ankerstoelen, enz. ten behoeve van de Volkeraksluizen
BR 3485	19 oktober 1964	Leveren van schraapringen ten behoeve van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3486	19 oktober 1964	Vervaardigen en leveren van 22 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwielkasten ten behoeve van de vis- en zoutrooischuif in de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3517	22 oktober 1964	Vervaardigen en leveren van 72 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwielkasten ten behoeve van de deurschuifbeweging voor de sluisen in het Volkerak

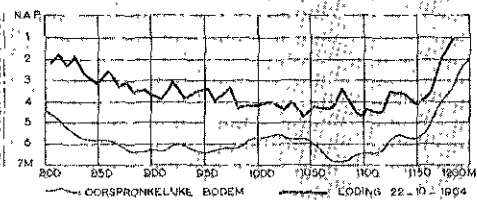
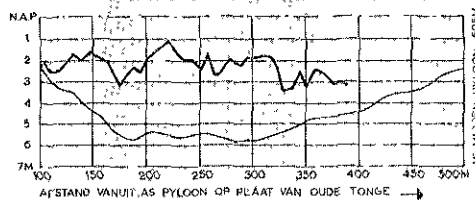
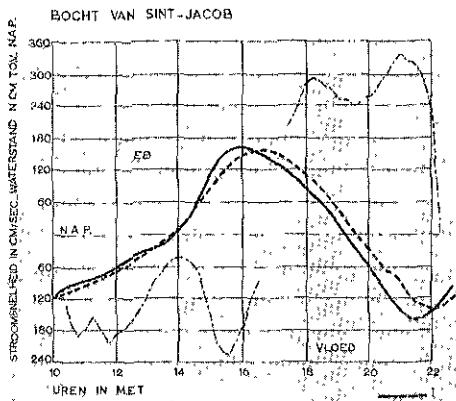
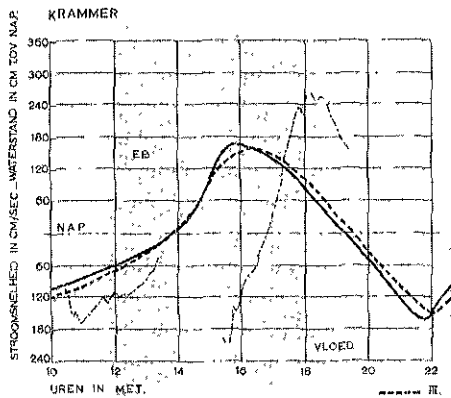


Fig 3 Stroomsnelheidsmetingen in de Krammer en de Bocht van St-Jacob op 22 oktober 1964. Daar- onder het verloop van het lengteprofiel der dammen

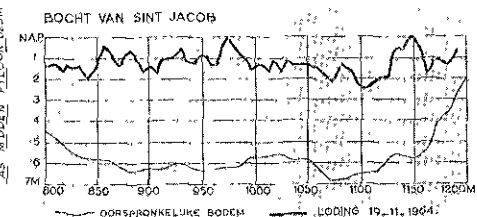
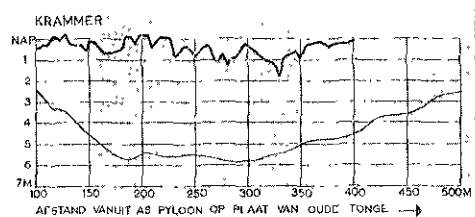
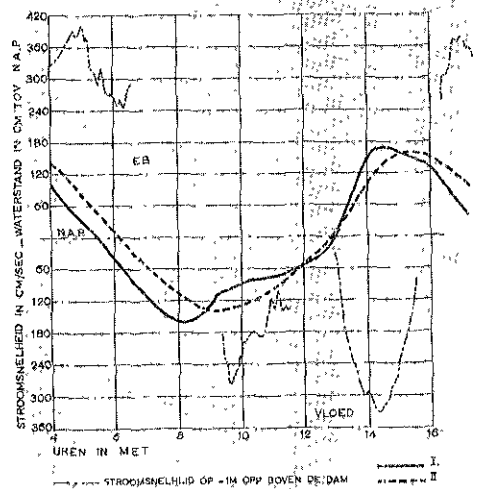


Fig 4 Lengteprofiel van de dam door de Krammer en de Bocht van St-Jacob op 19 november 1964. Voor de Bocht van St-Jacob is ook de stroommeting waargegaven



werken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
eenheidsprijzen	N.V. Fabrieken van Klinknagels en Schroefbouten P. van Thiel en Zonen te Beek en Donk
Aann. som gewijzigd van f 9 600 000,— in f 12 569 950,—	F. Kloos en Zonen's Werkplaatsen N.V. te Kinderdijk N.V. Rotterdamsch Zandstraalbedrijf te Rotterdam
f 10 400 000,—	Werkspoor N.V. bedrijf te Utrecht
f 341 045,—	Dynaf N.V. te Alkmaar
f 1 656 000,—	Koninklijke Fabrieken Penn en Bauduin te Dordrecht
f 25 965,—	Boele N.V. te Boines
f 35 700,—	Machinefabriek J. H. Sudmeyer en Zonen te Haarlem
f 236 400,—	N.V. Nederlandsche Staalindustrie te Rotterdam
f 39 448,—	N.V. Nederlandsche Maatschappij van Kogellagers S.K.F. te Veenendaal
f 31 640,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg
f 10 180,—	Lubbers constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel
f 10 196,—	van Gelder Compagnie c.v. te Rotterdam
f 33 792,—	N.V. Nederlandsche Maatschappij van Kogellagers S.K.F. te Veenendaal
f 37 627,20	N.V. Technische Bureau van der Mark en Co te Rotterdam
f 169 730,—	N.V. Machinefabriek Hensen te Rotterdam
f 324 150,—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Maatschappij te Amsterdam
f 21 790,—	Machinefabriek 'Thole' N.V. te Enschede
f 11 940,—	Lubbers constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel
f 10 010,—	Machinefabriek 'Vekoma' N.V. te Vlissinge
f 21 760,—	N.V. Technisch Bureau van der Mark en Co te Rotterdam
f 156 698,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg
f 174 960,—	Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen N.V. te Tilburg

Het vorige nummer van de Driemaandelijksche Berichten bevatte een artikel over Veranderingen in de getijden en stroomsnelheden gedurende de opbouw van de drempel in de Grevelingen.

In fig. 3 en 4, behorend bij dat artikel, waren ten onrechte de stroomsnelheden niet ingetekend. Ter vervanging van deze ondeugdelijke figuren wordt in dit nummer een nieuwe pagina 16 van nr. 31 der Berichten bijgevoegd.

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

A N P foto	58
Aero-Camera	74
B Hofmeester	58-80-108
G. de Klerk	106
Gemeentearchief A'dam	63
Scheermeyer	65
Rijkswaterstaat	72-81
H. de Vries	109

