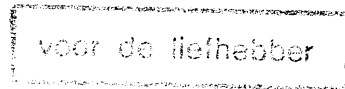


HET DELTAPLAN EN ZIJN VERSCHILLENDE FACETTEN



I. INLEIDING

door ir A. G. Maris

II. VOORAFGAANDE STUDIE

door dr ir J. van Veen

III. DE PLANNEN VOOR AFSLUITING VAN DE ZEEGATEN

door ir J. W. de Vries

IV. MEDEDELINGEN OVER DE AFSLUITTECHNIEK VOOR GETIJGEULEN

door ir H. A. M. C. Dibbits

AUTEUR	MARIS, F. G., e.a.	X 6665
TITEL	Het Deltaplan en zijn oerschuivende parcellen.	
UITGAVE	De Ingenieur, no 14, 20, 21, 23, 24 en 28, 1956. Algemeen Gedeelte. 39 pp.	
DATUM	10-4-1974	
DOK. NR.	-	
ONDERWERP	60.61	
GEOGRAFISCH	51.80	
TREFWOORD	deltaplan	

10 apr. 1974

BIBLIOTHEEK
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
De Voorst-Post EMMELOORD

Het Deltaplan en zijn verschillende facetten¹⁾

Inleiding

door ir A. G. MARIS,

Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat

Mijn inleidend woord zal slechts zijdelings het Deltaplan raken. Het zal echter gaan over de taak van de civiel ingenieur in overheidsdienst.

De civiel ingenieur onderscheidt zich van zijn collega's-ingenieur in de andere vakken (Werktuigbouwkunde, Electrotechniek, Chemie, Vliegtuigbouwkunde), doordat hij niet uitsluitend technisch *mag* denken. Als een civiel ingenieur zich bepaalt tot sterkte en stabiliteit van zijn constructie, dan kan hij een uitstekend technisch specialist zijn, maar hij is niet de civiel ingenieur, die de technische gezondheidszorg op zich kan nemen van de maatschappij die zijn werkgever is, of deze nu waterschap heet, of gemeente, of provincie, of Rijk. Deze civiel ingenieur zal niet alleen moeten weten hoe hij iets moet maken, maar ook wat, waarom, waar en wanneer. Hij zal kwalen moeten voorkomen. Als er klachten zijn, zal hij na onderzoek zijn diagnose stellen en de middelen verschaffen om deze te doen verdwijnen. Als er ziekte optreedt, grijpt hij in. Kortom, zijn taak is die van de huisarts, *de technische lijfarts van de maatschappij*, alleen mogelijk als er geestelijk contact tussen beiden bestaat.

Hij constateert dat er streken zijn, die onvoldoende beveiligd zijn tegen invloeden van buiten; andere streken zijn allergisch voor zout, weer andere hebben te kampen met verkeerscongesties. Verder zijn er streken, die maar niet tot ontwikkeling en bloei kunnen komen (onderontwikkelde gebieden).

Hij nu zal trachten de levensomstandigheden in de maatschappij steeds aan te passen aan de behoeften. Hij zal preventieve geneeskunde moeten bedrijven. Dat kan hij alleen als hij het vertrouwen van zijn patiënt heeft en als hij zijn patiënt door en door kent, als hij de ont-

wikkeling van zijn stukje maatschappij nauwlettend blijft volgen en daaruit zijn conclusies voor de toekomst trekt.

Zo gezien is de taak van de civiel ingenieur van primaire betekenis. Hij kan mogelijkheden voor welvaart openen, die door de ondernemenden kunnen worden gegrepen.

Hoe reageert de patiënt op de dokter?

Voelt de patiënt zich ziek, dan is de dokter zijn steun en toeverlaat (1953). Voelt hij zich fit en hem wordt het een of ander voorgeschreven of verboden, dan zal hij kankeren; de dokter is zwaartillend of veronachtzaamt hem.

Mochten de problemen, waarvoor de medicus wordt gesteld uitgaan boven zijn kennis als huisarts, dan zal hij specialisten raadplegen, zonder zich daarbij te beperken tot specialisten uit eigen kring. Zo vragen wij (Rijkswaterstaat) advies bij de Directie Bruggen, bij de Directie Sluizen en Stuwen, bij de Centrale Studiedienst, wanneer het om hydraulische problemen gaat, bij het Rijkswegenbouwlaboratorium, bij de Dienst voor Verkeersonderzoek, bij het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, bij onze Meetkundige Dienst, maar ook daarbuiten worden specialisten geraadpleegd. Het Centraal Planbureau, het Centraal Bureau voor de Statistiek, de Rijksdienst voor het Nationale Plan, de Provinciale Planologische Diensten, de Economisch Technische Instituten, de landbouwdeskundigen, de visserijdeskundigen, het Waterlooppkundig Laboratorium, het Laboratorium voor Grondmechanica, het Koninklijk Meteorologisch Instituut, T.N.O. in al zijn vertakkingen, enz., enz.

Geen ontwerp kan bewust tot doeltreffendheid voeren wanneer het verband met de behoeften niet wordt onderkend, wanneer het gevoel ontbreekt voor de veelheid van belangen, die verstoord en gediend worden. Elk nieuw werk verstoort nu eenmaal het evenwicht van het bestaande.

Zeer duidelijk wordt dit wanneer de ingreep in het bestaande groot is.

¹⁾ Inleiding en voordrachten in de Instituutsvergadering op 24 Februari 1956 in het Kurhaus te Scheveningen. Zie „Kort verslag” in nr. 11 van 16 Maart 1956, blz. A. 148.

In 1953 is aan Zuid-West Nederland een ernstig ongeluk overkomen. Het heeft heel 1953 in het ziekenhuis gelegen. Nu is het voor rader herstel weer thuis. Het herstel is nog niet volkomen en wil men herhaling voorkomen, dan zal er een grote operatie nodig zijn.

De Minister riep de Deltacommissie in consult en haar advies is basis geweest voor het ontwerp Deltawet, dat bij de Tweede Kamer der Staten-Generaal is ingediend.

De patiënt, onze Volksgemeenschap, zal zich moeten uitspreken of de operatie mag plaats vinden.

Het Deltaplan is een grote operatie. Het stelt daarom hoge eisen aan het verantwoordelijkheidsbesef van allen die erbij betrokken zijn. Het eist van allen een grote mate van kundigheid en zorgvuldigheid. Eenheid in conceptie kan slechts ontstaan als het sociaal besef en het technisch kunnen hand in hand gaan en op elkaar zijn afgestemd. Daarom worden er aan de civiel ingenieur in overheidsdienst heel bijzondere eisen gesteld, aan zijn karakter, aan zijn kennis, ook aan zijn opleiding. Daarmee wil geenszins gezegd zijn dat het uitsluitend de civiel ingenieurs zijn, die het Deltaplan en zijn gevolgen bestuderen. Vele groepen, instituten, verenigingen, commissies en diensten nemen de veranderingen welke het Deltaplan oproept in studie, elk voor zijn sector. Dit kan niet anders dan het plan in de ruimste zin ten goede komen.

Wat ik wèl met kracht wil onderstrepen is, dat de

technische kant en de verzorgende kant, die elk plan kent, onverbrekkelijk met elkaar verbonden zijn.

Bent U het niet met mij eens, dat zo gezien schoner taak nauwelijks denkbaar is?

Hij die zich hiervan bewust is kan in zijn werk zijn roeping vinden, zoals een goed medicus betaamt.

In de volgende drie lezingen zult U horen wat er aan voorbereidend werk nodig is om tot het opmaken van een schetsontwerp te kunnen komen; dat doet dr ir van Veen, voorheen hoofd van de Studiedienst van de Directie Benedenrivieren, nu hoofdingenieur-directeur van de Directie Algemene Dienst en Waterhuishouding.

Het schetsontwerp zelf volgt dan, waarbij de repercussies welke worden voorzien, worden aangegeven en ter nadere studie worden aanbevolen. In de technische sector en in de maatschappelijke sector roepen wij problemen op die om een oplossing vragen.

De uiteenzetting wordt gegeven door ir de Vries, hoofd van de Deltadienst in voorbereiding, m.a.w. geneesheer-directeur van de Delta-kliniek.

En tenslotte wordt uiteengezet in welk stadium wij verkeren ten aanzien van de technische voorbereiding van het afsluiten van zeearmen en dat doet ir Dibbits, belast met de voorbereiding van het Drie-eilandenplan en belast met het onderzoek naar nieuwe technische mogelijkheden, gezien de uitdaging die het Deltaplan inhoudt.

II Voorafgaande studie

door dr ir J. VAN VEEN.

Hoofdingenieur-Directeur van de Rijkswaterstaat

Eerste onderzoeken

De woorden Deltaplan en Deltacommissie werden gevormd door de Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat ir A. G. Maris, toen onmiddellijk na de ramp van 1953 de nieuwe commissie een naam moest hebben. De studies voor de verbetering van de waterstaatkundige toestand in het zuidwesten des lands waren toen echter reeds lang aan de gang, eigenlijk al 23 jaren.

Hoe was dat eerste begin ook weer? Op verzoek van het Departement van Waterstaat schreef de toenmaals in Brussel wonende raadgevend ingenieur ir G. P. Nijhoff in Februari 1929 een „Nota betreffende de noodzakelijkheid van een systematisch onderzoek van de Westerschelde”. Het idee was van ir Nijhoff, doch de eerste Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat ir J. A. Ringers ondersteunde dit krachtig. Het was volgens de verziende ir Nijhoff en kennelijk ook volgens ir Ringers, nodig dat beschikt wordt over een volledig inzicht in het mechanisme van de getijwateren ter handhaving of verbetering van de vaargeulen. Al spoedig werd het veld van actie vooral door toedoen van de toenmalige Hoofdingenieur van de Rijkswaterstaat in Rotterdam ir J. F. Schönfeld uitgebreid. De naam van het onderzoekingslichaam werd: „Studiedienst van de Zeearmen, Benedenrivieren en kusten”.

Er was nog een voorloper geweest: ir J. J. Canter Cremers, die omstreeks 1920 met een door hem ontworpen zandvanger op de Waterweg experimenteerde, formules voor de getijberekening toepaste en een bak deed maken waarin de werking van een zoute onderstroom kon worden gedemonstreerd. Hij overleed tijdens een reis naar de Soedan, waar men hem om advies had gevraagd. Was Canter Cremers blijven leven, dan had hij zonder twijfel zich zelf en ons land een grote naam bezorgd op het gebied van studie van getijwateren.

Toen ik in 1929 bij het Arrondissement Dordrecht der directie Benedenrivieren werd aangesteld, was zijn roem reeds groot. Hij had berekend, dat de Westgeul, de kortsluiting tussen de Waterweg en het Oude Maas-complex, gerust gemaakt zou mogen worden, en op zijn gezag had men dat gedaan. Ook had hij berekend dat de Krabbegeul, dat is de korte verbinding van de Oude Maas met de nieuwe zeehaven van Dordrecht, kon worden gebaggerd. Een zijner uitspraken die nog voortleefde was „dat men getijlijnen beter kon berekenen dan meten”. Hij bedoelde, dat de waargenomen getijlijnen soms zulke fouten vertoonden, dat men deze door berekeningen kon aantonen, een stelling die wij stellig kunnen onderschrijven.

Prof. dr H. A. Lorentz overtroefde hem wat deze soort berekeningen aangaat spoedig, doch dit is gezien de zeer grote figuur van Lorentz alleszins begrijpelijk en geen schande. De verdienste van Canter Cremers was dat hij de drie voornaamste facetten van de studie der benedenrivieren onderkende en beoefende: de getijberekeningen, de zandverplaatsingen en de s.g. verschillen. Op grond daarvan had hij binnen enkele jaren een zodanig helder inzicht verworven dat dit hem mogelijk maakte goede adviezen te geven en te doen aanvaarden, waar anderen misschien niet goed durfden, of de aloude manier van

„overleg, overleg en nog eens overleg” wilden toepassen. Men deed dit overleg vroeger vrijwel steeds aan boord achter een kopje koffie; het woord „commissie” was nog niet zo algemeen verbreid.

De taak die mij te Dordrecht werd opgedragen was o.a. het voortzetten van het werk van Canter Cremers. Het betekende aanvankelijk meten, veel meten: afvoermetingen, zandtransportmetingen, s.g. metingen (fig. 1, 2, 3, 4, 5 en 6). Wat was het doel? — Het leren kennen van het regime der verschillende tijrivieren in de eerste plaats, met daarachter vaag het doel van het scheppen van betere bevaarbaarheid; het behartigen van *scheepvaartbelangen* dus.

Het Hellegat, een wild geulengebied bij Willemstad, wilde men in 1929 betugelen ter wille van de scheepvaart. Dit was een prachtig onderwerp voor metingen en studie. Al metende leerde men het mechanisme van de natuur kennen, vooral indien men daarbij nog ging rekenen. Ook moest in die tijd de Dordtse Waterweg worden gemaakt; men zag een uitbreiding van de Rotterdamse havens langs die Waterweg (oude Maas), en een groot verbindingskanaal, Koedoodkanaal genaamd, tussen de Waalhaven en de Oude Maas. Zou dit Koedoodkanaal een open Koedoodrivier kunnen zijn? Berekeningen gebaseerd op de Lorentz-vergelijkingen wezen uit dat dit kon. Ook de rivier de Noord werd verdiept en verruimd.

Scheepvaartbelangen leken in die jaren welhaast de enige belangen, bevordering van het verkeer te water het enige doel. Rotterdam en haar omgeving, Dordrecht en de Noordoevers inbegrepen, hadden, zo redeneerden wij, de kans tot groot worden, en hiervoor was een goed en diep waterwet nodig.

De Waterweg van Hoek van Holland naar Rotterdam was de hartader van het net der benedenrivieren. Vooral deze moest diep en ruim zijn. Er was de aloude regel: „baggeren is niet alleen middel maar ook doel”, een niet al te heldere slagzin, waarmee men beoogde uit te drukken dat baggeren meer getijbeweging veroorzaakte en dat deze grotere getijbeweging meer uitschuring betekende. Er moest dus meer water door de Waterweg. Waarom eigenlijk? Het antwoord lag klaar: om minder te moeten baggeren. Maar de studiosus zei, dat baggeren toch aanzanding veronderstelt en dat dus de zandverplaatsingen in de eerste plaats bestudeerd moesten worden om te kunnen zeggen of de oude theorie van het steeds meer stroom verwekken juist was. Op de Waterweg kwam immers het zout—zoet verschil, met de er door veroorzaakte „ondervloed”, sterk naar voren. Er bleek zelfs een reststroom nabij de bodem van de Waterweg te zijn die landwaarts gericht was. Deze bracht zeezand naar binnen en belette rivierzand naar buiten gevoerd te worden. Waarom dan steeds meer eb- en vloedstroom gewenst? De scheepvaart had maar last van die sterke stromen en de ondervloed, die zeezand aanvoerde, zou ook krachtiger worden.

Ik zei, dat scheepvaartbelangen welhaast de enige belangen leken. Dat was niet volledig het geval. Er was ook de zgn. *zandhonger*. De slagzin: „baggeren is niet alleen middel maar ook doel” sloeg hier eigenlijk meer op. De aannemers kwamen vragen of zij mochten baggeren. Er

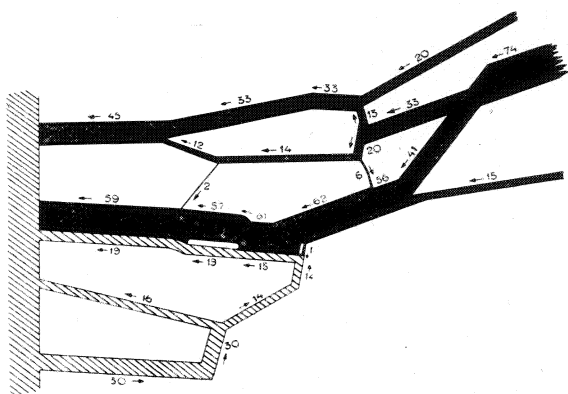


Fig. 1. Normale oppervlaktverdeling over de benedenrivieren (mln m³ per getij). Zeewater is geharceerd, zoetwater is zwart getekend. Het Volkerak is geen benedenrivier meer. Zeewater komt uit het zuiden het Haringvliet verzilt. In droge tijden keren de Kil en het Spui om, zodat dan brakwater via deze takken naar het noorden stroomt.

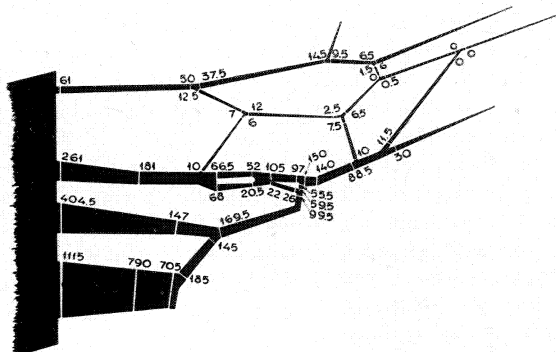


Fig. 2. Gemiddeld vloedvermogen der benedenrivieren en tussenwateren in mln m³ per getij.

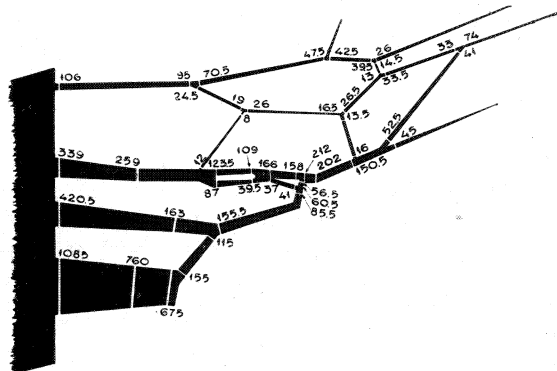


Fig. 3. Gemiddeld ebvermogen der benedenrivieren en tussenwateren in mln m³ per getij.

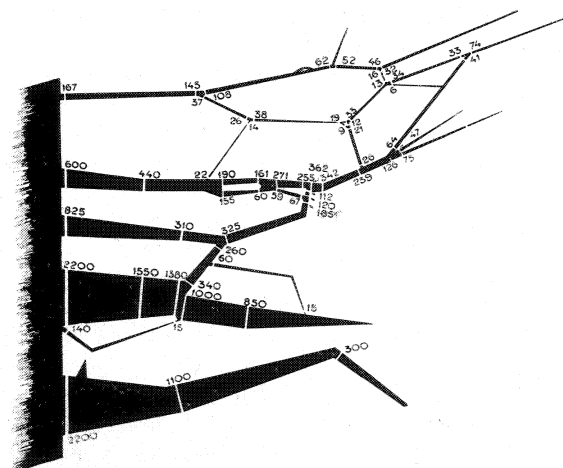


Fig. 4. Gemiddeld vermogen (eb en vloed) der benedenrivieren, tussenwateren en Schelde in mln m³ per getij.

werd door hen op grote schaal „werk met werk” gemaakt. Het Rijnzand raakte op, het fijnere klapzand der benedenrivieren werd voor ophogingen aanvaard, loswallen werden door hen weer als industrieterrein verkocht.

Maar ook deze zandhonger voerde in de richting van diepe benedenrivieren, dus goede scheepvaartwegen en tot een toeneming van de eb- en vloedstroom door de Waterweg. Voor de studiosus betekende de zandhonger enerzijds een interessante wijziging van het getij in de benedenrivieren, anderzijds een weinig bevredigende oplossing van zijn vraagstukken. Immers, wat deed de studie van de stromen en van het zandtransport er nog toe, wanneer al het zand gretig werd weggebaggerd? Studie of geen studie: het gebied der benedenrivieren zou, gezien de zandhonger, een goede toekomst tegemoet gaan. Alle benedenrivieren zouden, de ene vroeger, de andere later, diep worden en bevaarbaar van oever tot oever. De „kunst” van het rivierenvak leek door de zandhonger vrijwel overbodig te zijn geworden, of zou in de toekomst overbodig worden; zo waren de gedachten omstreeks 1932. Wij lieten de benedenrivieren dus even liggen.

Hoe stond het met de kust en de zeegaten? Niet minder dan twaalf miljoen m³ per jaar zou de afslag van de Franse kust zijn en deze hoeveelheid zou via het Nauw van Calais naar onze kusten trekken. Dank zij grote steun van hogerhand — ik noem hier vooral weer de naam van de Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat dr ir J. A. Ringers en ook van de hoofdingenieur-directeur van de directie Benedenrivieren ir F. L. Schlingemann en ir J. F. Schönfeld — kon het zeewaardige meeschip „Oceaan” (des zomers gehuurd van de firma Doeksen, Terschelling) in het Nauw van Calais metingen verrichten. Voorts ook in al onze zeegaten en op de Vlaamse Banken. — Er bleek van de 12 miljoen niets waar te zijn. Het Franse afslagzand bleef aan de Franse kusten. Wij zouden moeten wennen aan het idee dat wij ons met ons eigen zand zouden moeten redden.

In het noorden was mijn collega ir J. H. van der Burgt bezig de zeegaten en kusten te onderzoeken. Kustafslag, kustverdediging, stromen en zandverplaatsingen leverden vele onderwerpen voor interessante nota's van zijn hand.

Geleidelijk veranderde doelstelling der onderzoeken

Omstreeks 1933 was dus het onderzoek naar de geheimen onzer getijwateren, de zandtransporten in onze stromen en langs onze kusten, in volle gang. Vele rapporten werden geschreven en netjes opgeborgen in de bibliotheek van de Rijkswaterstaat.

Maar wat was het doel? De scheepvaart bevorderen? Het baggeren tot een minimum terugbrengen? Wij hebben het spreekwoord: „Kennis is macht”. Ergens in de toekomst zou men de kennis zeker wel nodig hebben voor nog onbekende doeleinden: scheepvaartbelangen, kustbelangen en misschien nog andere. Intussen belandden de tientallen, weldra honderdtallen nota's in de kast.

Er waren nu *practische* studieonderwerpen nodig om aan het kastgraf te ontkomen. Men zou bijvoorbeeld de Brielse Maas kunnen afdammen, de ten dode opgeschreven riviermond, die de concurrentie tegen de Waterweg niet kon volhouden. Er zou daardoor land gewonnen, en de dijk lengte bekort kunnen worden; de Waterweg zou nu desnoods verder verbreed en verdiept kunnen worden. De naar aanleiding van onze studies ingestelde commissie nam dit idee van de afdamming der Brielse Maas over en adviseerde gunstig. Het was nu gebleken dat het reeds

Fig. 5. Maximale vloedsnelheden per gemiddeld getij en gemiddelde afvoer van opperwater op 3 m beneden de oppervlakte in m per sec.

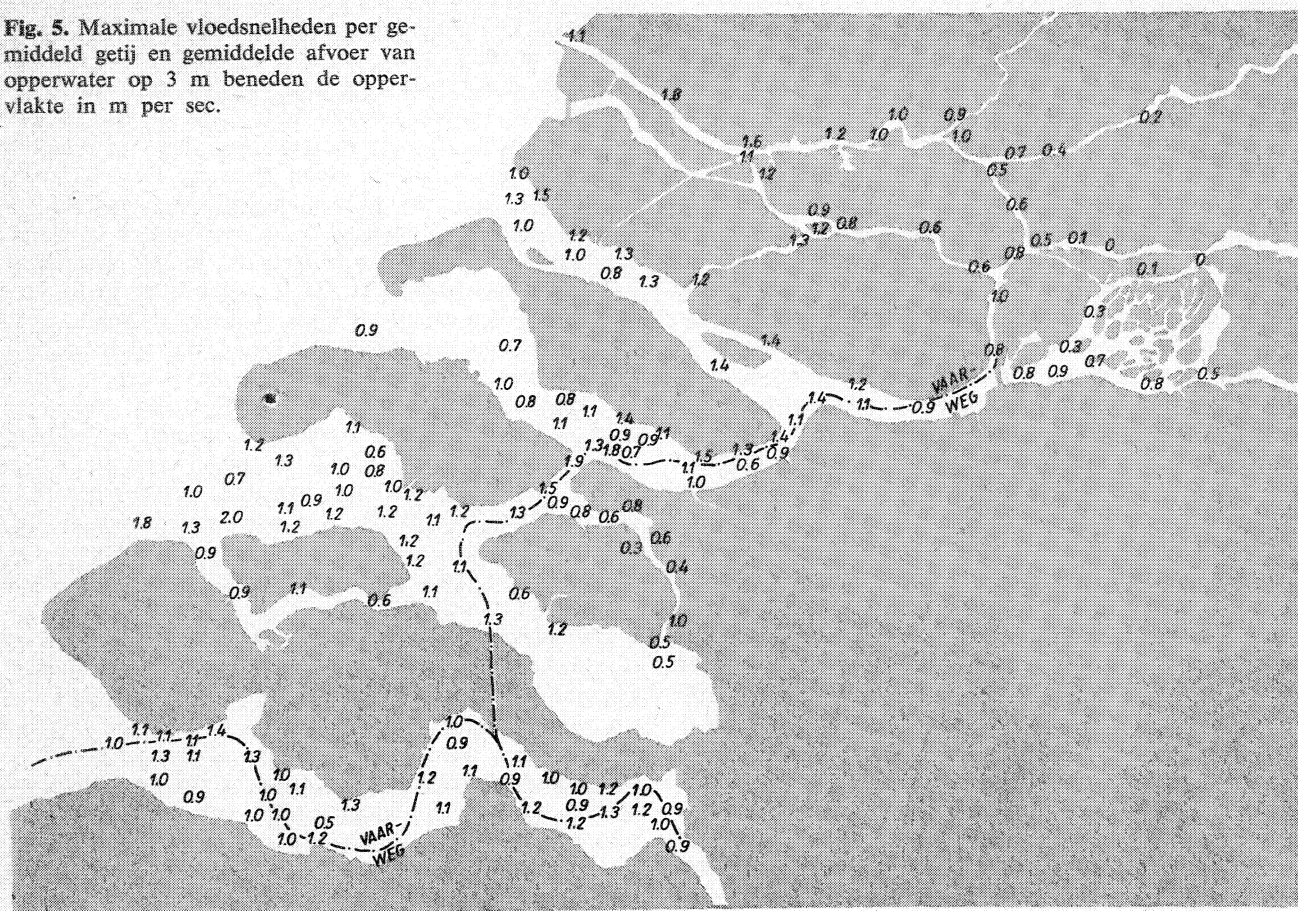
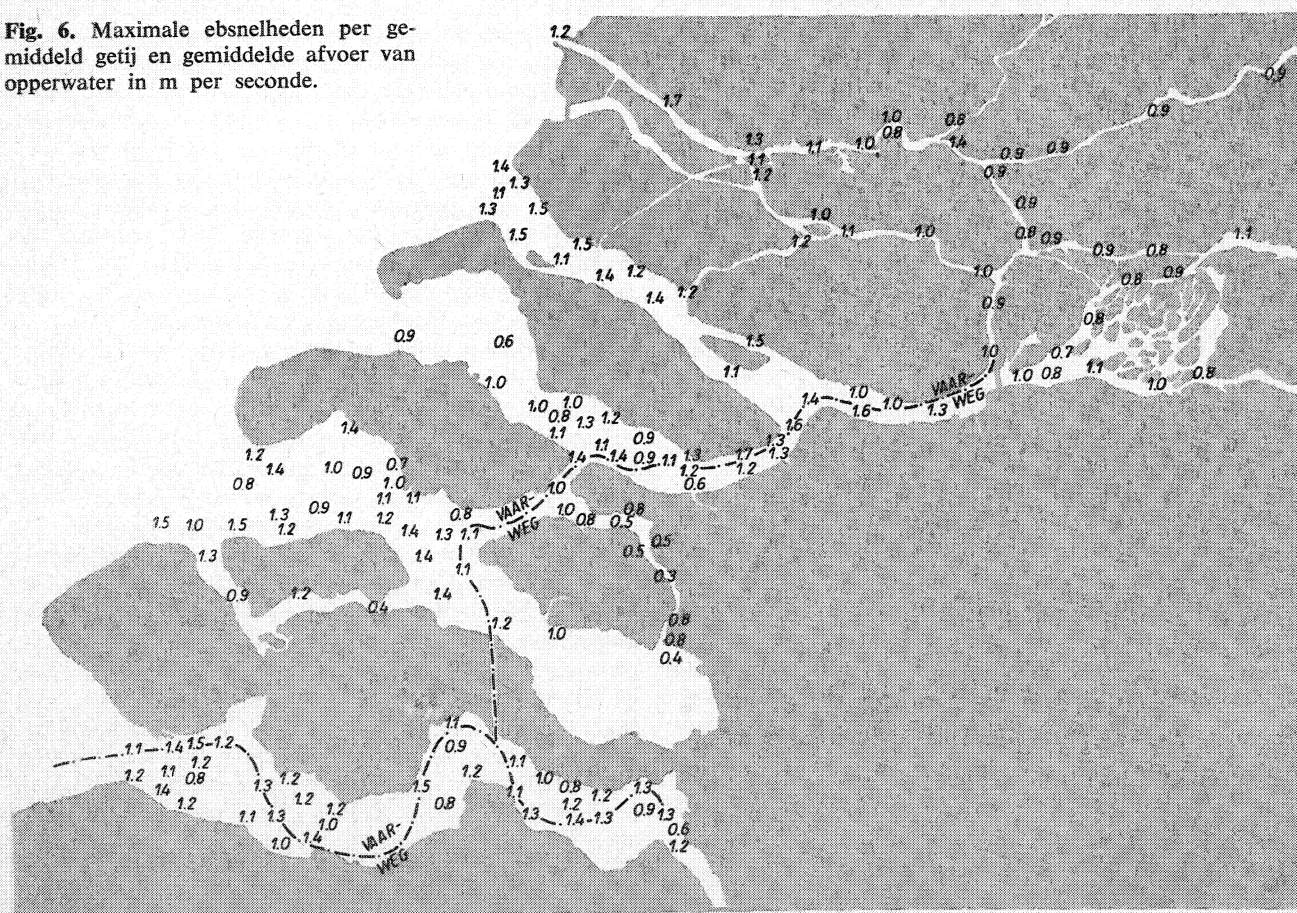


Fig. 6. Maximale ebsnelheden per gemiddeld getij en gemiddelde afvoer van opperwater in m per seconde.



te voren opgebouwde studieapparaat, waarbij intussen een wiskundige was aangetrokken, geheel naar wens werkte. Elk plan zou met dit apparaat volledig en goed voorbereid kunnen worden. Alle getijveranderingen die ten gevolge van de afdamming der Brielse Maas zouden optreden konden zeer goed worden voorspeld, dank zij de berekeningen van dr J. J. Dronkers en de heer H. J. Stroband met hun staf van rekenaars.

Het eigenlijke doel was nu niet meer het meten op zich zelf, noch ook de bevordering van de scheepvaart alleen of het stillen van de zandhonger, noch het aantrekkelijke landaanwinnen, doch het „verbeteren” in het algemeen.

Daar was b.v. de oude wonde, Biesbosch geheten. De landaanwinning was als doelstelling reeds naar voren gekomen door de wens van de bevolking om de Amerkant te bedijken. Prof. ir J. P. Mazure berekende in opdracht van een desbetreffende commissie, dat de vloed in de Biesbosch daardoor zouden stijgen en dat dus dit in 1422 (vgl. dr Fockema Andreae: niet 1421) overstroomde en verlaten land dan ook bedijkt moest worden. Dit zou echter de waterstand in Dordrecht 9 cm verhogen indien een stormvloed als die van 1916 zich zou herhalen, en daarop strandde alles omdat de Dordtse waterkering deze verhoging, nietig als zij was, niet zou kunnen verdragen.

Uit die impasse zijn de plannen tot bedijking van de Amerkant en de Biesbosch nog niet geraakt. Er was evenwel een uiterst belangrijk gegeven naar voren gekomen, er bleek n.l. een wonderlijke archaische toestand te zijn, zelfs een gevaarlijke toestand, die het nieuwe doel „algemene verbetering” sterk naar voren deed komen. Het was natuurlijk niet alleen Dordrecht's waterkering, maar evenzeer die van Sliedrecht, Papendrecht, Zwijndrecht, Puttershoek, enz., welke overal laag en volgebouwd waren. Verbetering, of sanering, niet alleen van de benedenrivieren maar van de veiligheid van het gehele gebied der benedenrivieren, bleek een noodzaak.

Hier had men kunnen verwachten dat oude stemmen zich zouden laten horen: Noodzaak voor wie? Zou men niet de status-quo kunnen handhaven? Het was toch niet de schuld van het Rijk dat de toestand der waterkeringen zo slecht was? Goed, als het Rijk de Biesbosch zou inpolderen zou de vloed te Dordrecht verhoogd worden met 9 cm, te Sliedrecht iets meer, en voor die 9 cm zou het Rijk inderdaad verantwoordelijk kunnen worden geacht.

Dat die stemmen zich niet duidelijk hebben laten horen was merkwaardig. Nog niet zo lang geleden was immers die gedachte bij de afsluiting der Zuiderzee nog gevolgd. De commissie-Lorentz had berekend dat de hoogste waargenomen stormvloed, zo die zich mocht herhalen, een zekere verhoging te Harlingen en andere plaatsen zou geven en slechts hiervoor had het Rijk zich verantwoordelijk gevoeld. De dijken werden toen op Rijkskosten plaatselijk dienovereenkomstig langs de westelijke Waddenzee verhoogd om aan die berekende waterstandsverhoging weerstand te kunnen bieden, niet meer.

In die gedachtengang zou de Dordtse dijk met 9 cm verhoogd moeten worden, tot ongeveer 3,50 + N.A.P. Maar een eenvoudig optelsommetje wees onmiddellijk uit dat vloeiden van 4½ m + en hoger konden worden verwacht. Men schrok in 1935 van dat optelsommetje: hoogwater te Dordrecht 1,35 +, bodemdaling 0,15, stormverhoging 3 m, samen 4,50 +, doch er was niets tegen in te brengen. Niet alleen de Dordtse dijk was veel te laag, doch alle andere dijken langs de benedenrivieren

eveneens. Vooral de dijken van de Hollandse IJssel waren bepaald griezelig. Ook vele van de Zeeuwse en Noordbrabantse dijken waren te laag om een stormvloed van betekenis te kunnen weerstaan.

De magische „Hoogst voorgekomen vloed” was hierbij door de studiosi van de troon gestoten. De als gevolg van de studies inzake de toekomstige hoge vloed in ingestelde „Stormvloedcommissie” van 1939, helde er beslist toe over, deze zienswijze te steunen. In dit jaar kwam ir P. J. Wemelsfelder met zijn logaritmische frequentielijn der vloed en hieruit bleek eveneens duidelijk, welk een veel te grote macht men had toegekend aan de „hoogst voorgekomen vloed”. De commissie helde er op grond van zeer omvangrijke studies toe over, een cijfer van 4 m + voor Hoek van Holland te noemen als hoogste voor de maatgevende vloed die men nog zou willen keren. Dit was 72 cm hoger dan door de hoogste vloed, die van 1894, ter plaatse was bereikt. Een verslag der commissie is nooit verschenen; toch kan men zeggen dat zij de 4 + te Hoek van Holland heeft gesanctionneerd, de zgn. supervloed.

Dit betekende een grote stap vooruit. De 9 cm voor Dordrecht werden ineens ongeveer 1,50 m. Alle dijken van zuidwest-Nederland zouden zelfs veel verhoogd moeten worden, want zij waren slechts in staat de hoogste waargenomen vloed te keren zo die zich mocht herhalen. Die grote verhoging zou in Dordrecht niet kunnen plaats hebben, noch in Rotterdam, noch ook op vele andere volgebouwde dijken. Reeds voor de oorlog had men dus het Vier-eilandenplan, het Vijf-eilandenplan, de Nieuwe Rivier dwars door het Eiland van Dordrecht naar de Oude Maas en daarnaast afgedamde rivieren enz. Ook een stormstuwenplan met stuwen in Noord, Kil en Beneden Merwede. Ir de Vries zal hierover vanmiddag uitweiden.

Men vraagt mij wel hoeveel man-uren studie vóór de ramp aan het deltagebied werden besteed. Rekent men de aanlooptijd niet mee, dan zullen gedurende de 20 jaren 1932—1952 er gemiddeld een 50 man aan gewerkt hebben, dus tot de ramp gerekend ongeveer 1000 manjaren. Na de ramp was de bezetting ongeveer 80 man (250 manjaren) doch daarnaast werkten ook de andere instanties en lichamen voor het plan, de Deltacommissie, het Waterbouwkundig laboratorium, het KNMI, het Mathematisch Centrum, de Algemene Dienst van de Rijks-waterstaat, het Planbureau, het Nationale Plan, het Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, de Visserij-inspectie, enz. Na de ramp kan men het aantal manjaren besteed aan studie niet meer berekenen.

Een merkwaardig feit was, dat op 2 December 1952 minister Algera ons opdracht gaf om het gehele geulennet der geografische eenheid gelegen tussen Walcheren, Beveland en de Waterweg in onze studies te betrekken, dus serieus werk te maken van het afdammen der zeegaten tussen Walcheren en Voorne — en dat 2 maanden later de vloed kwam. Wij waren nog niet helemaal klaar met deze plannen, doch de voorbereiding was toch reeds ver genoeg gevorderd om de Deltacommissie in staat te stellen na één jaar haar voornaamste interimadvies in te zenden. Op 1 Februari 1953 stonden reeds ongeveer 400 nota's ter beschikking en waren ook reeds ongeveer evenveel getijberekeningen uitgevoerd betreffende mogelijke plannen. Ik zal op deze plannen thans niet verder ingaan, doch wel op drie verschillende studierichtingen: te weten de *getijberekeningen*, de *zandtransportbepalingen* en de *bepaling van de zgn. bodemdaling*.

Evenals bij de Zuiderzee-inpoldering hadden wij in de buurt van de Biesbosch te maken met een zgn. vloedkuil, een gebied waar het water bij storm niet tot grote hoogte kan komen wegens de nauwheid der toegangsgeulen uit zee en de beschikbare grote vloedkom. In Zeeland zelf heeft men daar geen last van, doch daar was het zeer subtiele Volkerak dat gemakkelijk zou kunnen „omdraaien”, zodat hier in plaats van een vloedoverschot een eb-overschot zou ontstaan. De dwarsverbindingen Zijpe, Volkerak, Kil en Noord waren trouwens alle vier subtiele rivieren, zeer sterk afhankelijk van onze rivierwerken en van de grootte van de oppervlatafvoer.

Getijberekeningen

1e. De zeer vele mogelijke plannen en varianten werden natuurlijk alle op hun merites onderzocht en vergeleken. Het *rekenapparaat* was hierbij ons voornaamste hulpmiddel. Zonder dit rekenapparaat hadden wij geen vaste grond en zouden wij de moeilijkheden niet goed en bevredigend hebben kunnen oplossen, noch uit de wirwar van plannen de juiste weg hebben kunnen kiezen. Zonder de hogere wiskunde, nodig voor de getijberekeningen, zouden wij ook te bang gebleven zijn. Plannen die wij aanvankelijk als te gewaagd ter zijde wilden stellen, vielen bij de berekening er van soms mee, soms tegen; zonder berekening voelden wij ons nooit veilig.

De wiskunde is een steeds nuttiger tak van wetenschap voor ons geworden. De formules van Lorentz moesten worden aangepast aan de toestanden op de benedenrivieren. Vooral de oppervlatafvoer gaf nogal verwikkelingen. Onze speciaal daarvoor aangestelde wiskundige, dr J. J. Dronkers, loste in 1935 dit probleem op met zijn zgn. „exacte methode”, een ontwikkeling van de formules met de Fourier-reeks; eveneens deed prof. ir J. P. Mazure dit (1935), voortbouwend op de Lorentz-methode met de sinusoiden. Later (1951) kwam dr ir J. C. Schönfeld met nog een derde methode, die van de „karakteristieken”²⁾.

Elk dier drie methoden heeft voor bepaalde gevallen voordelen. De ene geeft misschien in een zeker geval eens wat nauwkeuriger uitkomsten, of leidt sneller tot het beoogde doel, de andere geeft die voordelen voor een ander geval. De 25 rekenaars met hun 10 elektrische rekenmachines verrichten geen robotwerk, maar werk dat veel intelligentie vereist.

Uiteindelijk kan er uiteraard geen groot verschil zijn in de uitkomsten der drie methoden. Wij zijn zeer tevreden over deze drie. Zij controleren elkaar. Bovendien is er natuurlijk nog de controle van de waarnemingen in de natuur.

Men kan zeggen dat wij nog een 4e en 5e rekenmethode hebben: die van het hydraulisch model en die van het elektrisch model. De vele honderden variantplannen, die onderzocht zijn of nog onderzocht moeten worden, kunnen niet alle berekend worden met behulp van de rekenaars en de gewone rekenmachines.

Bereids in 1947 werd opdracht gegeven aan de Stichting Waterbouwkundig Laboratorium te Delft om behulpzaam te zijn met modelproeven. Het ging hier niet om

²⁾ Onze Belgische vrienden mogen hierbij niet onvermeld blijven. Het is nl. opmerkelijk dat reeds in 1900 prof. J. Massau (te Gent) met de „karakteristieke” methode voor den dag kwam. Hierop volgde in 1947 zijn landgenoot dr A. Holsters die deze methode in de praktijk ging toepassen. Ware Massau's werk eerder ontdekt geworden dan zou dit een vergaande invloed hebben gehad op de geschiedenis der getijberekeningen.

zandverplaatsingen of golven, doch om stromen en waterstanden, dus grootheden die wij tot nog toe uitsluitend hadden berekend. Zou het model te Delft redelijke cijfers kunnen produceren? Prof. ir J. Th. Thijsse meende van wel en hij en wij, die hem moesten geloven voordat het model er was, zijn daarin niet beschaamd.

Wel is het vereist dat er voortdurend onderlinge vergelijking plaats heeft met onze rekenmethoden. Er kunnen verschillen voorkomen van bijvoorbeeld 5 cm. „Delft” vindt bijvoorbeeld 3,55 +, „Den Haag” 3,50 + en dan is Holland in last, totdat men het verschil plausibel kan verklaren en daarna kan doen verdwijnen tot beneden een aanvaardbaar bedrag. Vooral maakte ir K. F. Valken zich verdienstelijk voor wat betreft de coördinatie van de berekeningen en de proeven in het hydraulisch model.

Ik noemde het hydraulisch model een rekenmethode. Het elektrisch model is het ook. De grondgedachte is van 1930. Toen ik begreep dat er een grote analogie bestond tussen getijden en wisselstromen, ontstond de droom nog eens te kunnen beschikken over een nabootsing van de benedenrivieren met koperdraden, weerstanden, zelfinducties, e.d. Daar de formule van Lorentz eigenlijk de telegraafformule was, wendde ik mij tot de P.T.T., die ons vooral door toedoen van de adviezen van ir W. H. van Zoest, veel verder bracht. Het bleek dat men hier was aan de grens der huidige wetenschap. Scherpzinnig uitgedachte schakelingen waren nodig om de kwadratische weerstand te verwezenlijken, en kort daarna kwam dan soms ergens in Amerika of elders weer iemand met een uitvinding die betere resultaten beloofde. Het model is nog steeds niet statisch. Toch geeft het reeds nut, vooral indien het gaat om vele HW- of LW-bepalingen bij vele verschillende afvoeren der bovenrivieren en verschillende getijden. Een getij wordt weergegeven in $1/1000$ seconde. We weten dat het model voorlopig in statu nascendi zal blijven. In gebruik zijn 70 eenheden, elk voorstellend 5 km riviervakken, waarmee dus 350 km benedenrivier wordt nagebootst. Elk der eenheden is binnen wijde grenzen te gebruiken voor smalle, brede, diepe of ondiepe getijrivieren (fig. 7 en 8).

Zandtransport

2e. De ontwikkeling van de *zandtransportstudie* ging niet in 5-voudige richting zoals de getijstudie, doch slechts in een 3-voudige, te weten: het directe meten van het zandtransport met instrumenten, het zgn. cuberen (d.i. becijferen van inhouden van riviervakken uit de peilingen), en het berekenen volgens de nieuwe formules (Kalinske, H. A. Einstein, Meyer Peters).

Ik zal hier ook niet diep op ingaan. De instrumenten werken bevredigend, de cuberingen geven belangrijke geologische zandverplaatsen te zien over grote afstanden, en de zandberekeningen wijzen uit dat de formules zeer behoorlijk bruikbaar zijn in het tijgebied.

Alle drie middelen moesten natuurlijk nagenoeg dezelfde resultaten geven, en dit bleek voor een aantal onderzochte gevallen inderdaad zo te zijn binnen zekere grenzen en zonder de formules te veel geweld aan te doen. Uiteraard is het bepalen van het zandtransport in de Zeeuwse en Zuidhollandse stromen geen horlogemakerswerk. Bevredigend zijn alle drie methoden echter in hoge mate.

Eenvoudig als het cuberen mag lijken, moet men hierbij toch dit werk overlaten aan een deskundige. De peilers kunnen zich vergissen in de waterstand b.v. door slechts

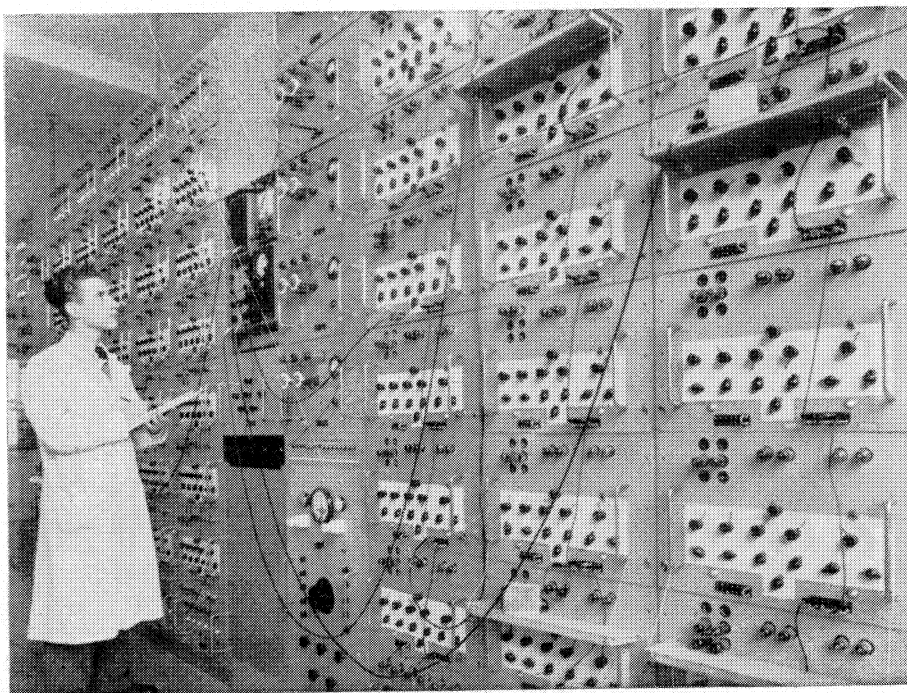


Fig. 7. Het „electrisch model” der benedenrivieren, berustend op de analogie tussen wisselstromen en getijstromen en tussen gelijkstroom en rivieren. Eén getijperiode wordt nagebootst in $1/1000$ seconde.

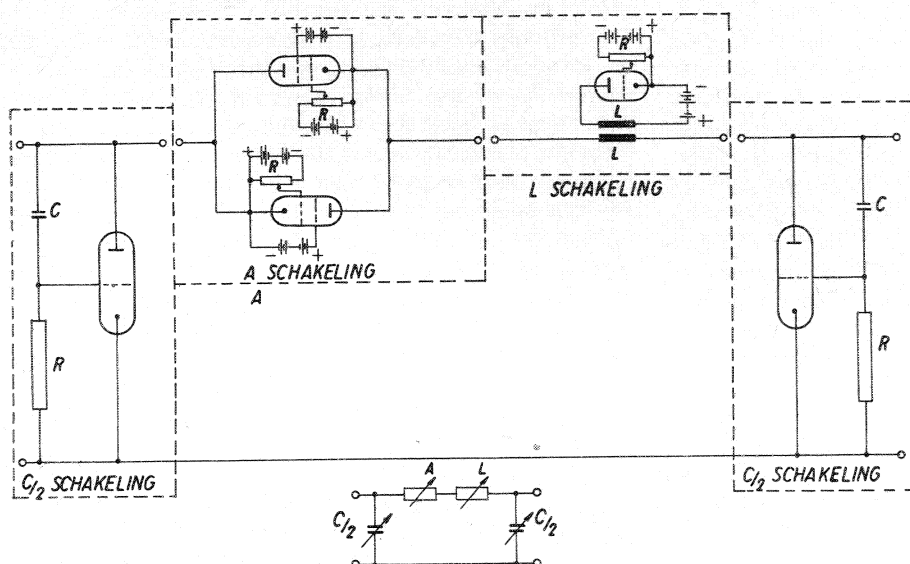


Fig. 8. Schema der electrische schakeling van een riviervak van 5 km lengte.

één peilschaal af te lezen, staande op enige afstand van het meetvlak; het N.A.P.-vlak kan niet goed zijn, de peilmethode kan niet juist zijn, de plaatsbepaling kan veel te wensen overlaten. Een der gebreken bij het peilen is soms dat men een heel riviervak niet afpeilt, doch slechts een deel. De oude peilkaarten van voor 1870 hebben gewoonlijk niet de waarde voor de cubering die de latere peilkaarten hebben. Het verwerken van de gegevens der detailbladen (van de Hydrografie of van ons zelf) vereist ook veel ervaring. Wij werken het liefst met profielvergelijking.

Uit de vele wel betrouwbare peilgegevens volgen zeer opmerkelijke verdiepingen en verondiepingen van vele miljoenen m^3 per jaar. Speciaal de Oosterschelde verliest veel zand (zie fig. 9, 10, 11, 12). Een andere algemene neiging is dat de geulen onder de oevers dringen (oevervallen) (zie fig. 13). Liggen die oevers zodanig dat de geulen fraai slingerend van linkeroever naar rechteroever lopen dan heeft men een goede vaargeul. Het vasthouden van de oevers van de Westerschelde werkt zeer gunstig op de vaargeul naar Antwerpen. Deden wij

dit niet, dan was de Westerschelde spoedig verwilderd en bezat zij een aantal ondiepe drempels.

Bodemdaling

3e. Tenslotte nog het derde punt: *de bodemdaling*, onze gevaarlijkste bedreiging. Het bleek alras dat men hier een denkfout had gemaakt. Vele schrijvers over dit onderwerp waren uitgegaan van de „Jaarboeken van de Waterstanden”, uitgegeven door de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat. De gemiddelde zeestanden zouden bij Delfzijl 21,7 cm per eeuw zijn gestegen, te Oostmahorn slechts 1,3 cm, te Hoek van Holland 19,7 cm, te Cadzand 7,5 cm, enz. Deze werden beschouwd als de plaatselijke zgn. bodemdalingscoëfficiënten.

Dit was echter verkeerd geredeneerd, omdat het hier uitsluitend N.A.P.-peilschalen en cijfers t.o.v. dat N.A.P.-vlak betreft. Die peilschalen worden herhaaldelijk bijgesteld om het nulpunt zo goed mogelijk het vlak van N.A.P. te doen benaderen. Verandert dit N.A.P.-vlak ten opzichte van de zeespiegel te Delfzijl 21,7 cm per eeuw, dan moet, zo de waterpassingen en de registreringen

Fig. 9. Verdieping en verondieping der ZW. getijwateren in de periode 1872 tot 1933. Voor elk vak is vermeld de inhoudsverandering in mln m³, het natte oppervlak in ha, en de gemiddelde diepte- verandering in cm. (Het buitenbankengebied van de Westerschelde voor de periode 1894—1921, Westerschelde voor 1878—1931, Keeten voor 1885—1933). Zie ook inzet van fig. 12.

PERIODE 1872 - 1933

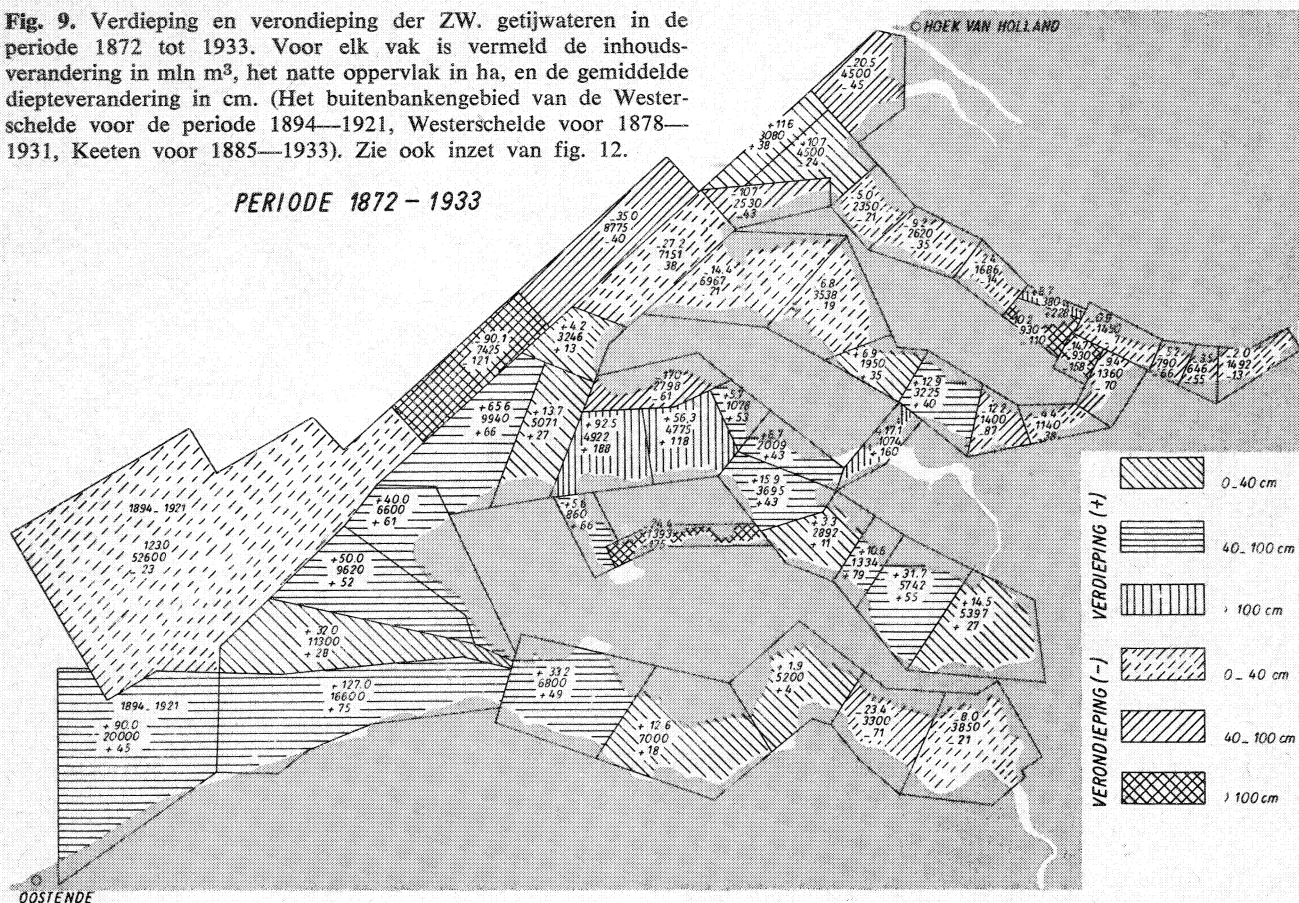
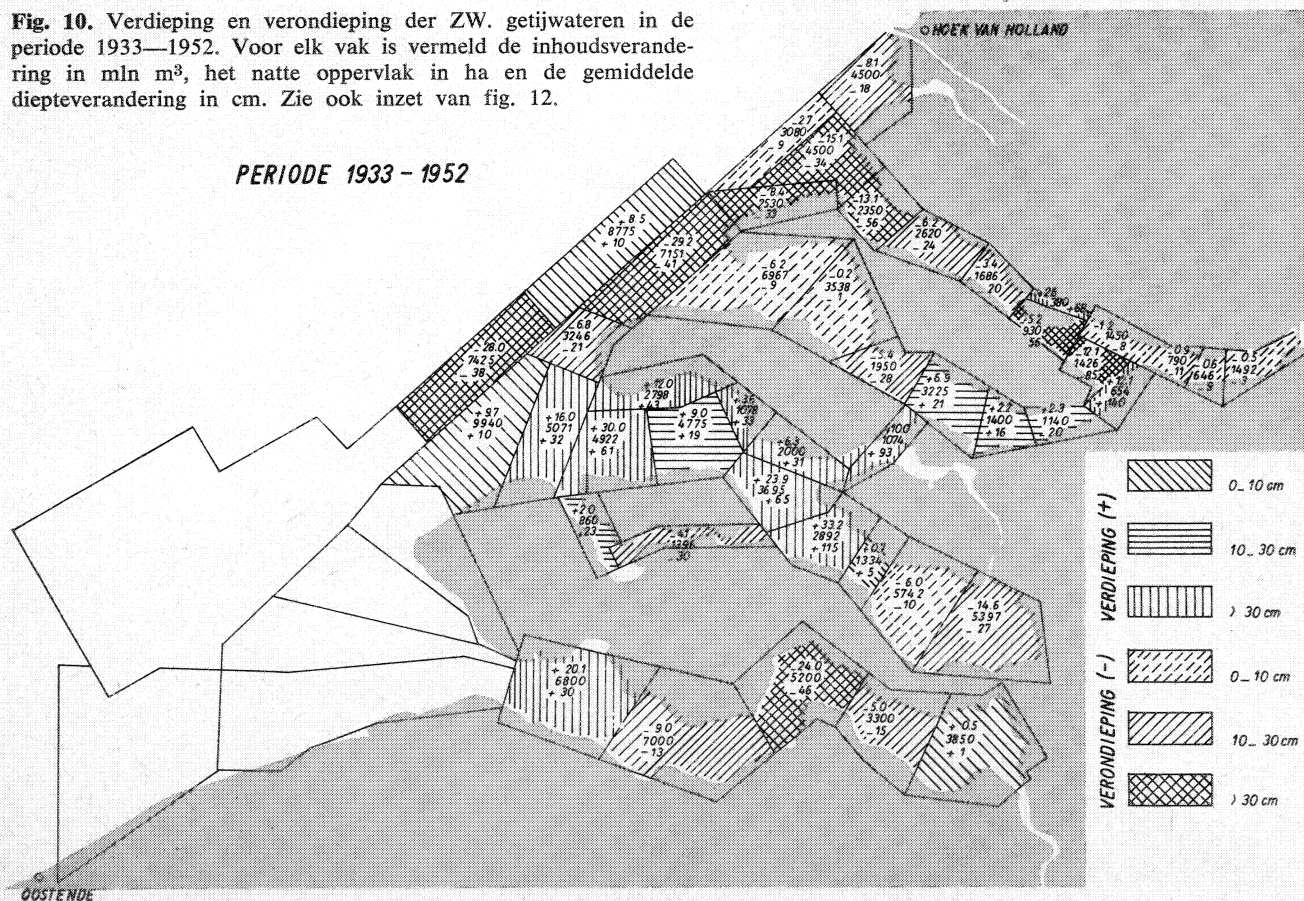


Fig. 10. Verdieping en verondieping der ZW. getijwateren in de periode 1933—1952. Voor elk vak is vermeld de inhoudsverandering in mln m³, het natte oppervlak in ha en de gemiddelde diepte- verandering in cm. Zie ook inzet van fig. 12.

PERIODE 1933 - 1952



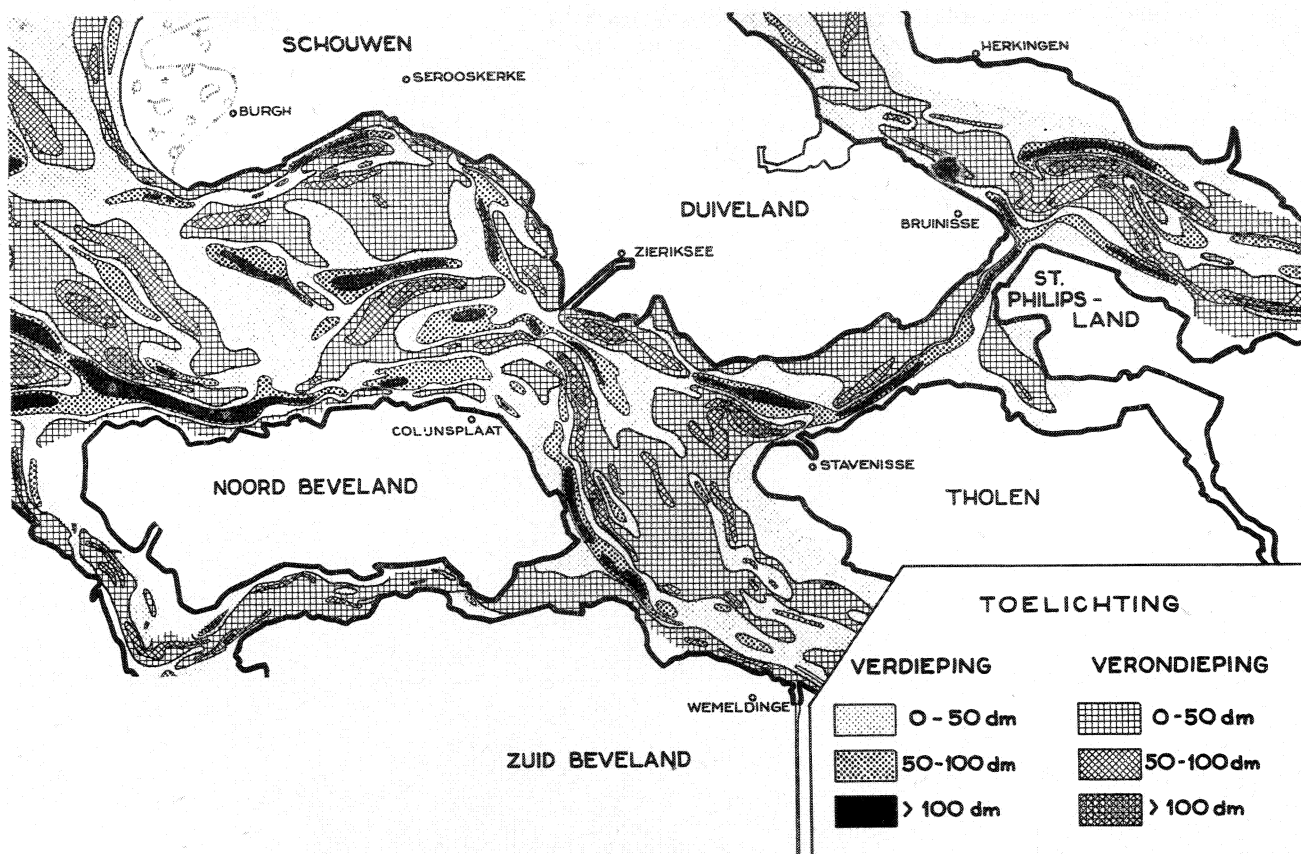
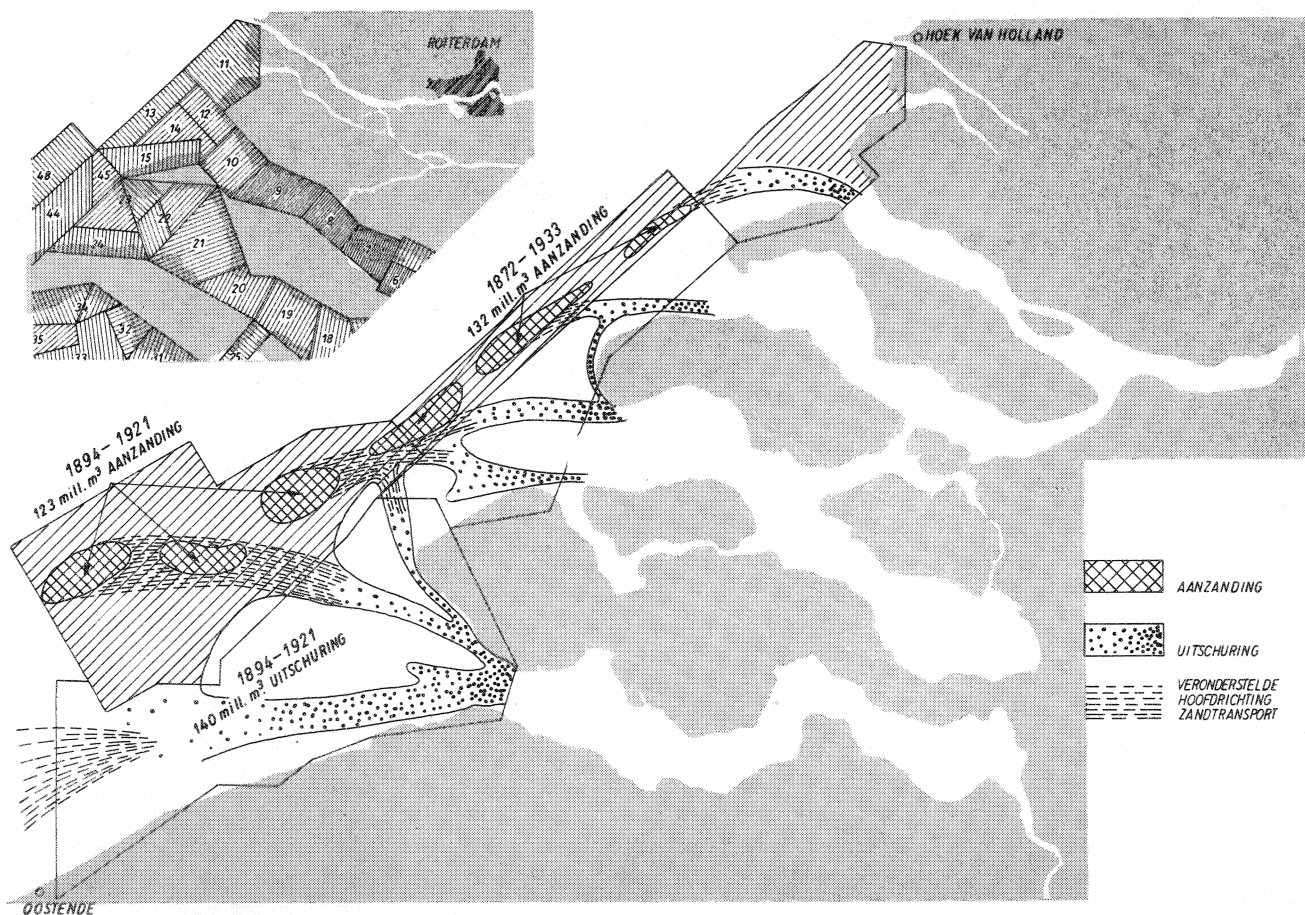


Fig. 11. Voorbeeld van kaart aangevende gedetailleerde diepte veranderingen (1872—1933).

Fig. 12. Schema van veronderstelde massale verplaatsingen van zand uit de zeearmen naar de buitenkant der schilddelta. Inzet: Gedeelte van een kaart aangevende de raaien, die telkens voor de inhouds- en diepte veranderingsbepalingen worden gebruikt.



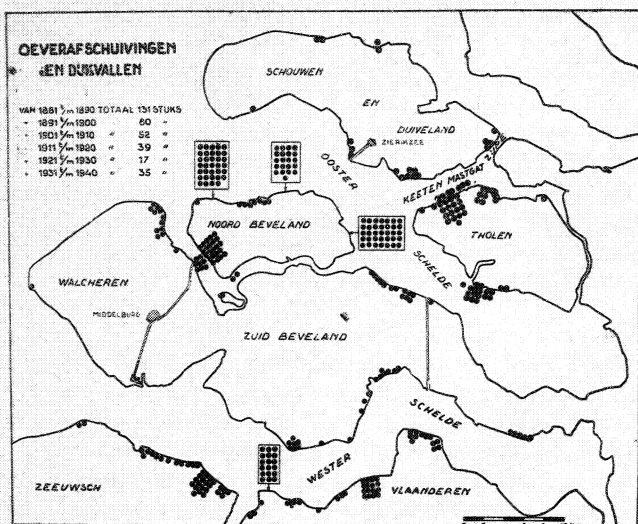


Fig. 13. Oevervallen van 1881 tot 1940 in Zeeland. In het geheel 354 vallen.

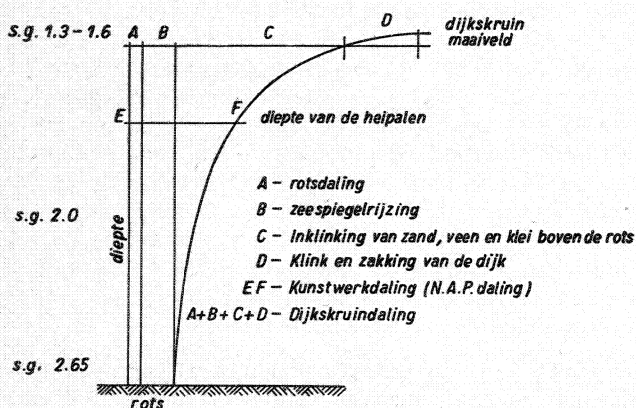


Fig. 14. Schema betreffende de verschillende bodemdalingen. De dijkskruindalingen zijn vaak groter dan men denkt. De N.A.P.-daling behoort tot de groep kunstwerkdalingen.

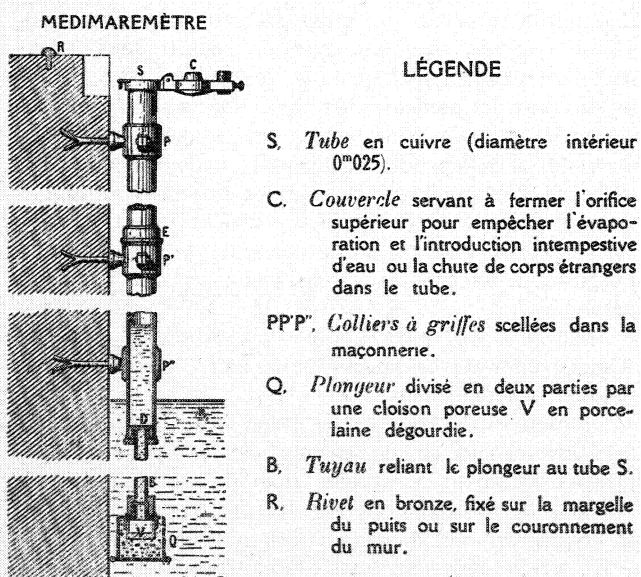


Fig. 15. Schema van een Franse medimaremeter, of bodemdalingmeter t.o.v. de zeespiegel.

overall goed zijn, ook in Oostmahorn, Hoek van Holland, enz., dit zelfde bedrag gevonden worden. Daar dit niet het geval is, is dus de enige conclusie, dat of de waterpassingen, of de registreringen van de waterstanden niet tot op een paar decimeters nauwkeurig zijn. Er is hier controle mogelijk op de juistheid der waterpassingen en waarnemingen, met dien verstande dat men hier en daar op enige verandering in de zeestand tengevolge van waterstaatkundige veranderingen moet rekenen.

Men zou kunnen zeggen dat het gemiddelde van alle zgn. zeespiegelrijzingen die wij langs onze kust hebben gevonden, ongeveer de zakking van de N.A.P.-steen te Amsterdam moet voorstellen, dat is de laatste steen van de acht, die Burgemeester Hudde in 1682 zo goed heeft geplaatst in de zeewering van Amsterdam. — Maar wat heeft de zakking van een enkele steen in Nederland, gezet in een bruggenhoofd waar veel verkeer over gaat, eigenlijk voor waarde? Wij willen zeer vele plaatselijke zakkingcoëfficiënten weten, niet een enkele.

Men mag dus niet spreken van „de” bodemdaling van Nederland. Er zijn evenveel bodemdalingcoëfficiënten als er zandkorrels en klei- of veenpartikels in Nederland zijn. Elk huis, elke sluis, elke toren, elk dijkvak zakt op eigen wijze. Men kan b.v. onderscheiden:

- de N.A.P.-daling (daling van de N.A.P.-steen te Amsterdam);
- de rotsdaling (van de rots diep in de grond);
- de maaiveldalings;
- de dijkskruindalingen;
- de kunstwerkdalingen.

Men neme voortaan als vergelijkingsvlak de middenstand van de zee, omdat dit het natuurrak is, waarmee wij zoveel te maken hebben. Wil men de dijkskruindaling uitdrukken ten opzichte van N.A.P., dan moet men tevens weten de N.A.P.-daling ten opzichte van de middenstand der zee, en beide waarden optellen. Dit is omslachtig.

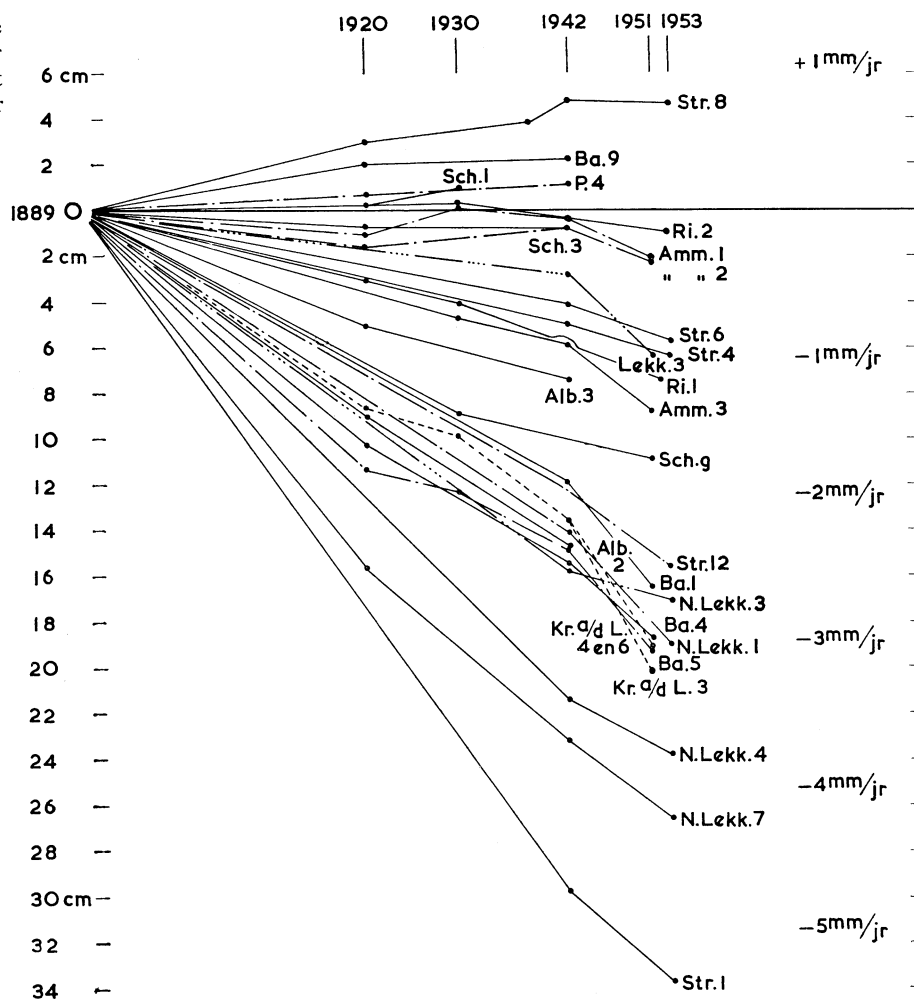
In het algemeen zien de bodemdalingcoëfficiënten in een verticaal er uit als in fig. 14 is aangeduid. De dijkskruindaling bestaat uit de som van rotsdaling, zeespiegelrijzing, klink, zetting. De dijkskruindaling ten opzichte van de zeespiegel uit de som van rotsdaling, klink en zetting. Dijkskruinen zullen meer zakken dan onderheide gebouwen, het maaiveld zal in het slapgrondige westen ook veel dalen.

Nederland heeft wel veel N.A.P.-peilschalen, doch nog geen bodemdalingspeilschalen. Men zou een betonnen paal kunnen plaatsen b.v. te Scheveningen en elders langs de kust en in die paal een merk aan kunnen brengen en een ingebetonnerde cm-schaal. Men zou elke dag om bijvoorbeeld 8 uur 's morgens de waterstand op die ingebetonnerde schaal kunnen fotograferen. Over 100 jaren zou men dan weten hoeveel die paal ten opzichte van de zeespiegel is gedaald.

In Frankrijk heeft men een 20-tal medimaremmeters (fig. 15), eenvoudige buizen waarin het getij slechts zeer gedempt kan toetreden, zodat telkens een benadering van de middenstand wordt afgelezen. Zij schijnen goed te voldoen. De lange perioden, die in de gemiddelde zeestand tot uitdrukking komen, geven zij natuurlijk wel aan.

De onverstelbare ingebetonnerde „bodemdalingspeilschaal” of de medimaremeter mag men gerust waterpassen, zij zouden zelfs tot de nieuwe hoofdpeilmerken van Nederland kunnen behoren. Het N.A.P.-vlak zou dan kunnen verdwijnen. Het nieuwe vlak zou kunnen heten G.Z.V. (= Gemiddelde Zeevlak). Het N.A.P.-vlak is thans slechts een kunstmatig vlak, indertijd had het ook

Fig. 16. Peilwerkdalingen langs de Lek en Noord. Gemiddeld ongeveer 3 à 4 cm per 10 jaar meer dan het meest stabiele merk dat schijnbaar rijst t.o.v. het punt van uitgang.



een natuurlijke betekenis daar het was gekozen als het toenmalig H.W. van Amsterdam. Het G.Z.V.-vlak is als punt van uitgang voor het lage deel van Nederland beter geschikt dan een vlak gedacht bijvoorbeeld door een steen te Vaals. De oude Hollandse dijkbouwers gingen met opzet niet uit van vaste merken, doch van het H.W. Vierlingh schreef dat zij uit moesten gaan van springtij HW. De Franeker professor IJpey ging echter uit van een vast merk binnendijs en ook in Zuidholland deed men dit na 1600 wel. Het is gevaarlijk. Men moet voor dijken uitgaan van het buitenwater, niet van een zakkend peilmerk.

Fig. 16 toont nog aan hoe de zgn. vaste peilmerken in het lage deel van Nederland individueel aan zakking onderhevig zijn, soms tot een maximum van 60 cm/eeuw t.o.v. meer vaste merken. Indien men niet goed op de hoogte is van deze zakkingen t.o.v. N.A.P., en tevens van de N.A.P.-daling t.o.v. de zeespiegel, kan men niet goed op de hoogte komen van de kruindalingen en kunstwerkdalingen onzer zeeweringen. Uit waterpassingen volgt dat de kruinen van sommige onzer oude dijkvakken t.o.v. de zeespiegel kunnen dalen in een tempo van $\frac{1}{2}$ à 2 m per eeuw. De vraag is in hoeverre die waterpassingen betrouwbaar zijn. Er is hier nog veel te onderzoeken. Zeker is wel dat plaatselijk grote verschillen in de kruindalingen voorkomen. Men neme hier niet zozeer de gemiddelden, maar vooral de maximale zakkingen.

Het begrip „bodemdaling”, in het enkelvoud, zou nooit anders genoemd moeten worden dan in zeer algemene betekenis. Wij kennen tot nog toe niet onze maaiveldalingen, slechts weinig van onze peilmerkdalingen, nage-

noeg niets van onze dijkskruindalingen en nagenoeg niets van onze huizendalingen en kunstwerkdalingen. Wil men de veiligheid van Nederland betrachten dan zal men toch meer te weten moeten komen van deze funeste dalingen.

De verbondenheid der Nederlandse plannen

Ik heb hiervoor een drietal onderwerpen genoemd om een indruk te geven van enige facetten van onze studie. Thans nog iets over het plannen maken zelf. Tussen studie en plannen maken moge een subtiel verschil zijn, bij ons was dat toch niet het geval. De groei der plannen vorderde gestadig naar gelang de studie vorderde; al metende, al rekenende, schrijvende, nadenkende en prattende. Achteraf lijken vele nieuwe inzichten logisch en voor 't grijpen, doch elk nieuw inzicht moest veroverd en verdedigd worden, want zoals de tegenstander van Leeghwater terecht zei: „Nieuwigheden zijn odieus en periculcus”.

Maar wat veel meer „odieus” is waren de bestaande schaden en wat veel meer „periculcus” is waren de bestaande onveiligheden.

De basis van al onze studie moest steeds zijn de grootte der onveiligheid en de grootte der jaarlijkse schaden. Daarna kwamen de studies om die onveiligheden en schaden te verhelpen en de daaraan verbonden kosten te vergelijken met de schaden en onveiligheden.

Er waren zeer vele tussenstadia voordat het eindplan eindelijk bereikt werd. Die tussenstadia kenmerken zich niet alleen door groei in diepte maar ook door groei in omvang. Dat wil zeggen: de plannen werden langzamer-

hand beter gefundeerd en zij werden tevens steeds groter en groter.

Het was onmogelijk om uitsluitend technisch te denken en te rekenen. Immers de gehele economie en veiligheid, van wat misschien het hart van Nederland genoemd kan worden, was bij onze studie betrokken. Vandaar dat vanzelfsprekend alle mogelijke contacten werden gelegd. Deze contacten waren steeds bevredigend, niet in de laatste plaats omdat er zoveel heldere geesten zijn die het welzijn des lands beogen, ieder van zijn gezichtshoek uit zonder persoonlijke bijgedachten.

Van doorslaggevende betekenis was bijvoorbeeld een bezoek dat de landbouwkundig ingenieur ir J. M. Riemens mij in 1936 bracht. Ik was toen bezig met het plan tot afdamming van de Brielse Maas en de heer Riemens had dit vernomen. Hij bracht mij op de hoogte van de noden van de tuinbouw op Voorne en in het Westland; er was geen zoet water genoeg. De afdamming van de Brielse Maas zou Voorne aan het zoete water kunnen helpen. Het werd duidelijk dat verdieping van onze zeegaten tot verdergaande schade voor de landbouw moest leiden.

Zoutbestrijding en beveiliging tegen vloeiden werden voortaan steeds samen genoemd, zoals zij al door Hendrik Stevin in 1667 in één adem werden genoemd: „het ghewelt en het vergif der Noortzee”. „Landbouw” en „Waterstaat”, van ouds stoelende op één wortel, hadden elkaar weder gevonden.

Een andere invloed kwam uit het noorden, waar Zuiderzeewerken meer zoet water voor het IJsselmeer eiste. Dit zou gaan ten koste van het westen, waar de toestand wat de zoutgrens betreft toch reeds zo precair was. De Nederrijn-Lek kanalisatie stond dus in nauw verband met de Deltaplannen. Het voortvarende Departement van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening bracht in het geding, dat niet alleen veel water nodig was voor de bestrijding van de verzilting, maar ook voor de bestrijding van droogteschaden. Het ging hier om grote bedragen in de orde van grootte van een miljard gulden per extreem droog jaar. We hoorden nieuwe geluiden: Zandgronden, vroeger als onvruchtbaar betiteld, zouden met behulp van

kunstmest en voldoende water goede oogsten kunnen gaan opbrengen. Elke 400 liter zoet water zou één kg droge oogst kunnen leveren. De vroeger op scholen zo vruchtbaar genoemde Betuwe bleek bij nadere studie vele onvruchtbare komgronden te bevatten; zware stugge klei bleek de allerslechtste grond die een boer zich denken kan. Met betere waterbeheersing zou men het land jaarlijks meer kunnen laten opbrengen.

Alle grote plannen hebben elkaar gevonden. Thans culminereren het Deltaplan, de kanalisatie van Nederrijn-Lek en de „Waterhuishouding Nederland” in het grote complex van plannen tot sanering van ons land.

Bij het element „water” ontmoeten elkaar vele belanghebbenden: die der veiligheid, der drinkwatervoorziening, der scheepvaart, der industrie, der recreatie, der natuurbescherming, der volksgezondheid, ja de gehele welvaart zelf is er bij betrokken.

Een vaste lijn in de ontwikkeling van onze „planning” valt niet te ontkennen. De plannen, betrekkelijk klein en apart als ze aanvankelijk waren, zijn automatisch met elkaar in aanraking gekomen en smelten samen tot een groot landelijk verbeteringsplan. Van dit plan zijn de contouren reeds zichtbaar:

1. Er zal naar kustverkorting worden gestreefd, terwille van de veiligheid en om het verspillen van zoet water tegen te gaan.
2. Er zal naar waterbeheersing en waterdistributie worden gestreefd. Reservoirs in de bodem en aan de oppervlakte (IJsselmeer, Zeeuwse Meer) zullen daarbij gebruikt worden.
3. Er zal naar een goede kwaliteit van het water worden gestreefd.

Het doel is natuurlijk niet het plannen maken, noch het maken van werken op zichzelf, doch de *bestaande schade en onveiligheden* tot een minimum te beperken. Beide, de schade en de onveiligheden, zijn zeer groot en „aux grands maux les grands remèdes”.

Zoals de Deltacommissie het terecht zegt: het is noodzaak.

III De plannen voor afsluiting van de zeegeten

door ir J. W. DE VRIES,

Hoofdingenieur-Directeur van de Rijkswaterstaat

Summary: *The project for the closure of the estuaries in the provinces Zuidholland and Zeeland.*

After a general survey of earlier projects, the project of the Delta-committee is discussed and the considerations which determined the big barrier dams and the secondary dams are explained.

In the barrier dam for the Haringvliet large discharging sluices are projected for the discharge of water and ice from the large rivers.

A survey is given of water-levels and stream velocities to be expected after completion of the works. Information is given about the expected influence of these works on navigation and the culture of oysters and mussels.

Oude plannen

De heer Van Veen heeft in zijn voordracht een inzicht gegeven in de uitgebreide voorstudies, nodig voor de grote plannen, waarmee wij ons thans bezig houden. Concrete plannen heeft hij wel even genoemd maar niet behandeld. Het plan, dat de meeste bekendheid heeft verkregen, was het zgn. 5-eilandenplan, waarvan de kenmerken zijn:

1. Ringdijk om 5 eilanden.
2. Zeehaven van Dordrecht in de boezem, dus achter één sluis.
3. Twee extra sluizen in de kortste verbinding Rotterdam—Antwerpen.
4. Meer zoet water naar de Rotterdamsche Waterweg.

Vooraf de 2 sluizen in Dordtse Kil en Oude Maas waren oorzaak, dat dit plan bij nadere beschouwing toch niet erg aantrekkelijk leek en dus weer werd losgelaten.

Een volgend plan, door de heer Van Veen genoemd, was een vier-eilandenplan met stormvloedkeringen in de Noord, in de Kil en in de Beneden Merwede. Speciale kenmerken van dit plan zijn:

1. Volledige scheiding bij stormvloeden van Lek, Nieuwe Maas, Rotterdamsche Waterweg en van Waal, Nieuwe Merwede, Hollandsch Diep.

2. Zeehaven van Dordrecht achter 2 sluizen.

3. Zeer hoge stormvloedstanden in de omgeving van Rotterdam.

Tenslotte werd ook reeds een plan onderzocht met een grote uitwateringssluys bij Klundert en, nadat deze sluis steeds verder zeewaarts verschoven was, een plan met een afsluiting bij Hellevoetsluis (fig. 1), waarbij vanzelfsprekend nu ook een afsluiting in het Volkerak moest worden geprojecteerd.

Het kenmerkende van deze laatste plannen was, dat zij een eerste poging betekenden om de stormvloeden voor grote gebieden onschadelijk te maken, maar daarnaast, dat zij de mogelijkheid boden, zo nodig al het beschikbare zoete water van de Waal, de Maas en de Lek langs de Nieuwe Maas en de Rotterdamsche Waterweg naar zee te voeren. Daardoor zouden deze plannen een goede completering vormen van de Rijnkanalisatie.

Toen wij in het najaar van 1952 zover met onze plannen gekomen waren, gaf de Minister van Verkeer en Waterstaat opdracht, te onderzoeken of de grote zeegeten Brouwerhavense Gat en Oosterschelde mede afgesloten konden worden. Wij hadden in onze gedachten wel met

deze mogelijkheid rekening gehouden, doch alleen in een later stadium, n.l. als voortzetting van de werken in het noordelijke gedeelte. Niettemin is het wel interessant even te vermelden, dat dr Van Veen op 29 Januari 1953 een nota indiende omtrent „Afsluitingsplannen der Tussenwateren”. Men kan er van zeggen, dat wij het wel zeer waarschijnlijk achtten, dat binnen een aantal jaren tot afsluiting van zeegaten zou worden overgegaan, maar het klimaat was toen nog niet zodanig, dat we dat binnen korte tijd mochten verwachten.

Voor de super-stormvloed namen wij aan het peil van 4 m +N.A.P. te Hoek van Holland.

Wij waren nog nauwelijks begonnen de opdracht van de Minister uit te voeren, o.a. door uitbreiding van het toen aanwezige model der Benedenrivieren met de Oosterschelde en Brouwershavense Gat, toen de stormvloed van 1 Februari 1953 optrad en daarmee alle omstandigheden grondig wijzigde. Niemand van ons, hetzij technicus van de Rijks- of de Provinciale Waterstaat, hetzij burger of kamerlid, is daarbij ontkomen aan een grondige herziening van zijn standpunt ten opzichte van de stormvloedbeveiliging. Iedereen heeft direct gevoeld, dat tegen deze vijand alleen met zeer grote middelen kon worden opgetreden. Hier zouden geen lapmiddelen kunnen helpen!

Plan van de Deltacommissie

De Minister van Verkeer en Waterstaat reageerde door het instellen van de Delta-Commissie, een commissie van louter civiel-ingenieurs. Waarschijnlijk heeft de Minister ook wel direct gevoeld, welke enorme problemen hier ook buiten de civiel-technische wetenschap aan de orde zouden komen. Problemen echter, welke eerst nader onderzocht zouden kunnen worden wanneer de primaire vraag bevestigend zou zijn beantwoord, n.l. of de zeegaten tussen de Westerschelde en de Rotterdamsche Waterweg zouden worden afgesloten.

De Commissie toog met spoed aan het werk en bracht al op 26 Mei 1953 haar 2e interim-advies uit, dat de Minister adviseerde tot een zo spoedig mogelijke afsluiting van de Hollandsche IJssel door middel van een stormvloedkering aan de mond ervan. Voor de goede verstaander was dit reeds een aanwijzing in welke richting het uiteindelijke advies van de Delta-Commissie zou gaan. Bij de 4- en 5-eilandenplannen toch zou de Hollandsche IJssel met een vaste dam zijn afgesloten, omdat bij die

plannen de zoutgrens op de Rotterdamsche Waterweg niet zover teruggedrongen zou worden als dat bij het Delta-plan het geval is.

In het 3e interim-advies sprak de Delta-Commissie zich reeds in principe uit over de vraag, of de zeegaten moesten worden afgesloten, en zij beantwoordde deze vraag unaniem bevestigend.

In het 5e interim-advies komt de uiteindelijke vorm van het plan geheel naar voren (zie fig. 2). De afsluitingen zijn alle schematisch aangegeven, waarmee bedoeld is te zeggen, dat er nog heel veel studie voor nodig is om de juiste situatie te bepalen. Toch valt er wel wat meer van te vertellen, allereerst van de secundaire dammen, n.l. die in de Zandkreek en in de Grevelingen. De dam in de Zandkreek dient ter afronding van het zgn. Drie-Eilandenplan, waarover ook de Delta-Commissie adviseerde in haar 4e interim-rapport. Zonder deze dam zou de Veregat-dam wel te maken zijn, maar na de totstandkoming van de Veregatdam zou de gehele kom gevuld en geëdigd worden vanuit de Zandkreek, die daartoe veel te geringe capaciteit heeft. Grote stroomsnelheden zouden ontstaan, hetgeen ontoelaatbaar zou zijn. In de Zandkreekdam komt een schutsluis tevens uitwateringsluis, welke later ook als inlaatsluis kan dienen. De dammen in Veregat en Zandkreek tezamen vormen dus met de afgesloten boezem het Drie-Eilandenplan, waarvan de Veregat-dam mede moet dienen als proef-object voor de afsluitingen van Brouwershavense Gat en Oosterschelde.

Met de Grevelingendam ligt de zaak iets anders. Het moet n.l. vanwege de geweldige omvang van de afsluitingen van het Brouwershavense Gat en van de Oosterschelde uitgesloten geacht worden, deze beide dammen gelijktijdig te maken. Afgezien van deze omvang zou men daarmee ook ontoelaatbare risico's scheppen. Nu is het echter duidelijk, dat als men één van beide dammen eerst zou gaan voltooien, de kom daarachter door het andere gat gevuld zou moeten worden, hetgeen met volstrekt ontoelaatbare snelheden speciaal in het Zijpe gepaard zou gaan. De oplossing wordt gevonden door de beide bassins te scheiden door een secundaire dam, die wij ons gedacht hebben in de Grevelingen. Om de snelheden in het Zijpe niet ongunstig te beïnvloeden moet deze dam zo oostelijk mogelijk gelegd worden en kan dan ook in elk stadium van het werk, dus ook in een zeer vroeg stadium gebouwd worden. Dat Zijpe is toch al een nauw gat, dat in de loop der jaren enorm verdiept is. Bovendien

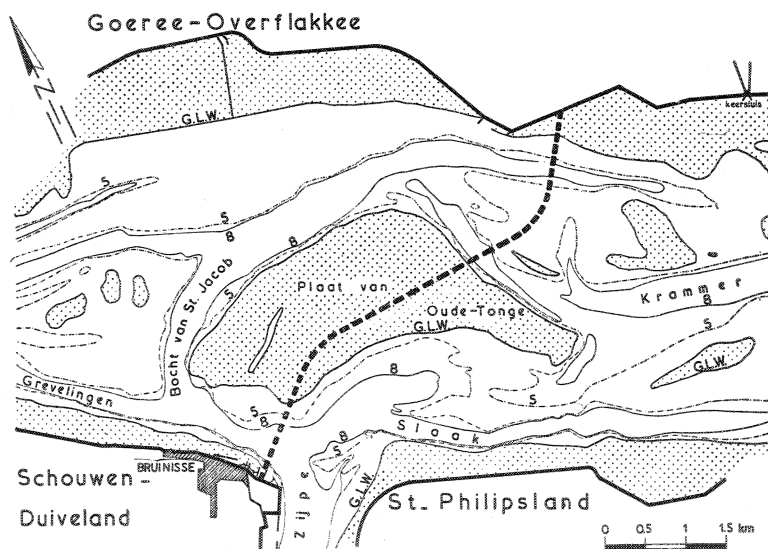


Fig. 3. Situatie Grevelingendam.



Fig. 4. IJsgang op Hollands Diep.

(Foto KLM, aero carto)

is er in het nauwste gedeelte nog de haven van Anna Jacoba uitgebouwd, waardoor de situatie nog slechter is. Het kan daar toch al zeer hard stromen, waar ook de veerponten veel hinder van ondervinden. Het zal dus duidelijk zijn, dat het werkplan van de deltawerken er op gericht moet zijn, vooral in het Zijpe de toestand niet slechter te maken.

De Grevelingendam is getekend in fig. 3, waaruit tevens blijkt dat de ligging uit een oogpunt van landverkeer buitengewoon gunstig is. In deze dam moet in elk geval een schutsluis gemaakt worden van voldoende capaciteit om daardoor materieel en materialen voor de afsluiting van het Brouwershavense Gat te vervoeren. Westelijk van deze dam zullen de stormvloedstanden wat hoger worden dan thans, zodat daar enige dijksverhoging wel nodig zal zijn, tenzij men zou besluiten de afsluiting van het Brouwershavense Gat direct op die van de Grevelingen te doen volgen.

De derde secundaire dam is die door het Volkerak. De Delta-Commissie is het er over eens, dat deze dam in het voltooide deltaplan onmisbaar is. In deze dam komt een complex spuisluizen en schutsluizen, welke laatste feitelijk in de plaats komen van die te Wemeldinge, welke na de voltooiing van het Deltaplan open kunnen blijven staan.

De afsluitdammen

Thans overgaande tot de eigenlijke afsluitdammen wil ik eerst iets mededelen omtrent de afsluiting van het Haringvliet. Dit is de afsluiting, waarin naast een schutsluis zeer grote spuisluizen moeten komen om te allen tijde voldoende water en vooral ook ijs naar zee af te kunnen voeren. Ging het alleen om water, dan was het vraagstuk van de grootte der openingen betrekkelijk eenvoudig en zouden deze wellicht evenals die van de afsluitdijk bij Kornwerderzand 12 m breed worden. In

ons geval echter zouden dergelijke smalle openingen ongetwijfeld niet in staat zijn de grote massa's ijs door te laten (fig. 4). De vraag is dus, hoe breed moeten ze dan wel zijn en is het nodig dat men er met ijsbrekers door kan varen?

De openingen van de Moerdijkbruggen zijn 100 m breed en zijn volgens de ervaring voldoende, al moet er nog wel eens gebroken worden. Toen dan ook in de vroegere plannen, welke een sluis bij Klundert omvatten, deze vraag naar voren kwam, werd op openingen van 100 m breedte gerekend, waar men bovendien met de ijsbrekers goed door kon varen. Nu de afsluiting echter vlak bij de zee ontworpen is, is nagegaan of niet met geringere afmetingen zou kunnen worden volstaan. Men denkt nu aan openingen van 60 m breedte waarvan er 16 naast elkander dienen te komen. Een verschil met de bruggen bij de Moerdijk is wel, dat men hier bij vloed geen grote massa's ijs terug zal krijgen en er dus op zal kunnen rekenen, dat iedere vloed de sluis en naaste stroomopwaartse omgeving in ieder geval „schoon” zal maken.

De diepte van de drempel is ontworpen op 5,50 m onder N.A.P., zodat het doorstromingsprofiel beneden N.A.P. bijna 6000 m³ bedraagt. Elke opening zal worden afgesloten door 2 geheel onafhankelijk van elkaar te bewegen schuiven.

Het ontwerp voor de sluis wordt gemaakt door de directie Sluizen en Stuwen van de Rijkswaterstaat. Het type van de afsluitingselementen staat nog niet geheel vast. Het is wel zeker, dat deze geweldige ijzerconstructies van 32 grote schuiven, welke veelal dagelijks geopend en gesloten zullen worden, zeer veel onderhoud zullen vergen. Een zeer belangrijk punt bij deze sluizen is de bedrijfszekerheid, waarbij vrij zeker ook wel één of meer diesелgeneratoren zullen worden aangebracht voor het geval de elektrische voorziening mocht uitvallen.

Omtrent de situatie van de dam bij Hellevoetsluis valt

het volgende mede te delen. Het spreekt eigenlijk wel vanzelf, dat men de zeegaten zover mogelijk naar buiten wil afsluiten. Niet alleen, dat men daardoor de buiten de afsluiting blijvende dijken zo kort mogelijk houdt, maar ook heeft men daardoor een zo groot mogelijke boezem, wat bij hoge oppervlatafvoeren voordelen biedt. Daartegenover staat, dat de afsluiting zelf langer wordt, maar bovendien zwaardere aanvallen van de golven te verduren heeft. Vooral voor de beweegbare afsluitingen is dat van grote betekenis.

Om beter inzicht te verkrijgen in de golfbeweging in dit zeegat zijn in het najaar van 1954 een 5-tal palen geplaatst, (fig. 5) waarop instrumenten bevestigd zijn, welke de golfbeweging bijzonder goed registreren. Deze instrumenten zijn ontworpen door ir Wemelsfelder en vervaardigd in de werkplaatsen van de Algemene Dienst van de Rijkswaterstaat. De palen zijn hol en hebben een conische punt, voorzien van vele gaatjes. Door water onder druk in de paal te persen, laat deze zich gemakkelijk in de grond drijven. In zand zakken ze door hun eigen gewicht. Deze methode is in eigen beheer door de Rijkswaterstaat ontwikkeld en is een succes gebleken. Zij zal ook worden toegepast voor palen, welke op enige afstand van de overige kust in zee zullen worden geplaatst. Het plaatsen van de paal bij Katwijk is mislukt. De paal stond scheef, doordat er obstakels in de bodem zaten en was niet meer loodrecht te krijgen.

Inmiddels is er een bij Oostmahorn geplaatst, terwijl er ook al enige in de Oosterschelde staan.

Voor het bepalen van de situatie speelt ook het aantal werkbare dagen een rol, evenals de kans op verzanding van de uitmonding. Wanneer men dan tenslotte nog let op de uitvoerbaarheid van het werk (er moet immers een grote bouwput van 1400 m lengte in het Haringvliet gebouwd worden zonder de stroomsnelheden in het overblijvende gedeelte al te veel te vergroten) en op de te verkrijgen eindsituatie, dan zal men begrijpen, dat voor een en ander studie nodig is. Overigens is deze voor de Haringvlietafsluiting al vrij ver gevorderd. Van de drie situaties n.l. geheel aan de mond, bij Stellendam of bij Hellevoetsluis heeft de middelste situatie de voorkeur (fig. 6). Om na te gaan hoe de juiste vorm van de bouwput moet zijn, worden proeven genomen in het Waterloopkundig Laboratorium in de Noord-Oostpolder.

IJsafvoer

Het is nodig U bij deze afsluiting nog iets te zeggen

omtrent de afvoer van ijs van de rivieren de Waal, de Boven- en de Nieuwe Merwede. De heer Schaank heeft op 23 December j.l. verteld, dat hij niet onder alle omstandigheden een voorstander was van ijsbreken op de rivieren. Met name doelde hij daarbij op de Gelderse IJssel, uitmondende in het IJsselmeer. Wanneer men op die IJssel op de een of andere manier het ijs zou gaan breken zolang het IJsselmeer nog een vast ijsdek heeft,

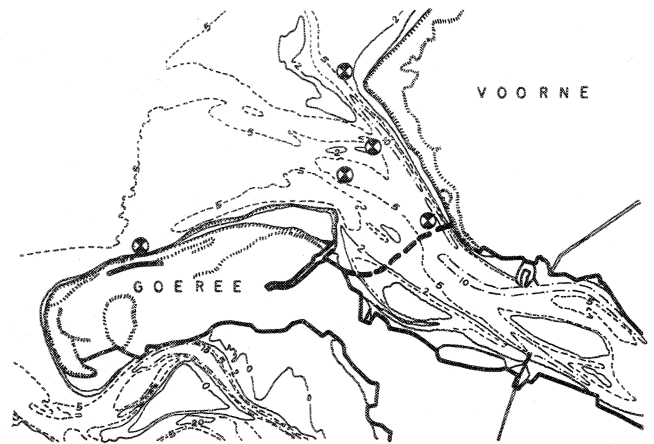


Fig. 5. Situatie palen in Goereese Gat.

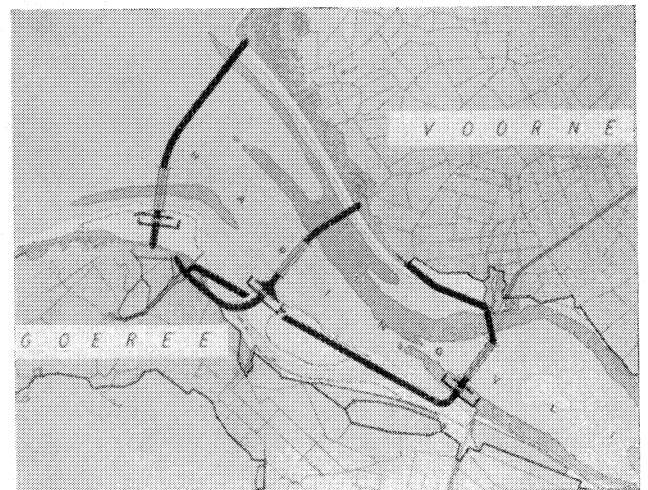
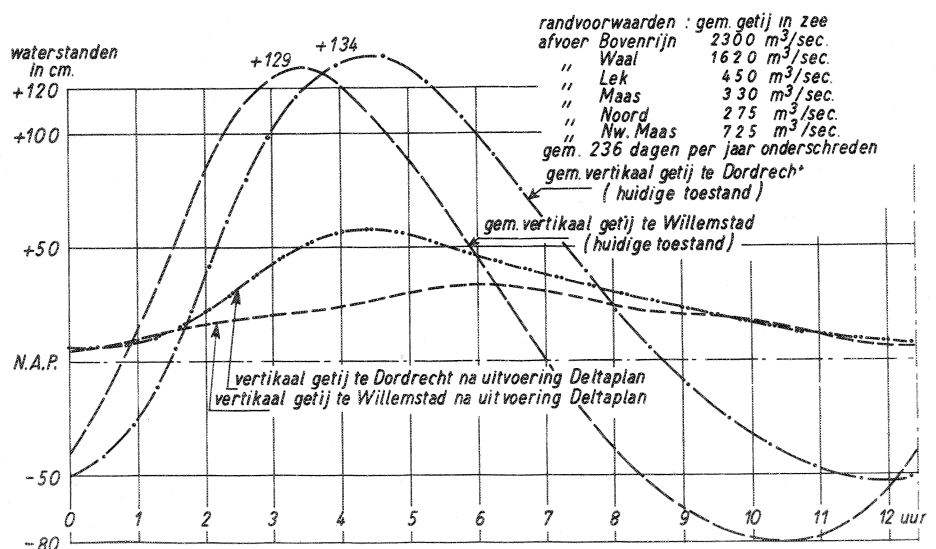


Fig. 6. Afsluiting Haringvliet met drie ontworpen tracé's.

Fig. 7. Stroomsnelheden Hollands Diep bij ijsgang. Haringvlietsluizen gedurende het gehele getij open (ijstoestand). Sluisopening Haringvlietsluizen 6000 m² -N.A.P. (UF)



zou aan het benedeneinde van de IJssel onvermijdelijk een grote opstopping van ijs ontstaan met alle gevaren van dien.

Aangezien men echter met het oog op de veiligheid der rivierdijken het ijs op de Boven Merwede en de Waal wel gaat breken zodra het vast zit, is de onvermijdelijke consequentie ervan, dat, ook als het Deltaplan voltooid is, het ijs beneden de Moerdijk naar zee snel moet kunnen worden afgevoerd. Daartoe zal ongetwijfeld ook beneden de Moerdijk intensief gebroken moeten worden, maar persoonlijk ben ik van mening, dat men er niet komt zonder de sluizen bij Hellevoetsluis dan permanent open te zetten, dus met toelating van de getijbeweging binnen de afsluiting. Zonder toelating van een getijbeweging zouden de snelheden zelfs bij gemiddelde rivierafvoeren uren achtereen kleiner dan 10 cm per sec. zijn (fig. 7).

Met het oog op deze ijsafvoer en de bevordering van een zo krachtig mogelijke getijbeweging hecht ik dan ook veel waarde aan de aanwezigheid van de Volkerakdam in het voltooid deltaplan.

De verdere betekenis van deze dam in het voltooide plan is, dat het daardoor mogelijk wordt, in tijden dat veel water beschikbaar is, het Zeeuwse Meer op te zetten en daardoor een reserve hoeveelheid water te vormen voor droge tijden. Het nut van het vormen van reserve voorraden zoet water behoeft ik na de boeiende voordracht van prof. Thijssse op 17 Januari j.l. ter gelegenheid van het 50-jarig bestaan van de Afd. voor Bouw- en Waterbouwkunde niet aan te tonen. Prof. Thijssse heeft daarbij de waterhuishouding voor de eerstvolgende jaren zo volledig uit de doeken gedaan, dat ik daar geen woord over behoeft te zeggen.

Tenslotte voorkomt de Volkerakdam, dat, wanneer de sluizen bij Hellevoetsluis wegens de ijsafvoer voortdurend open staan, het zoute water in het Zeeuwse Meer, waaruit het moeilijk te verwijderen is, kan doordringen.

Ook vormt deze dan een belangrijke schakel in het net van wegen, dat er zal ontstaan.

Invloed van de Oude Maas

De afsluiting van de Oude Maas aan de westzijde is er een, welke er *niet* mag zijn, wanneer het stormt (fig. 8). Oorspronkelijk is er van uitgegaan, dat de stormvloed alleen via de Nieuwe Maas en de Noord het bekken binnen zouden kunnen komen. Daarbij bleek echter uit de proeven in het Waterloopkundig laboratorium dat de stroomsnelheden op de Noord in dat geval buitengewoon groot zouden worden. Nu zou dat desnoods voor die uitzonderingstoestand aanvaard kunnen worden, maar erger is, dat de waterstanden bij gesloten Oude Maas bij de superstormvloed op het traject Vlaardingen—Krimpen ongeveer een halve meter hoger zouden zijn dan bij open Oude Maas.

De nadelen, welke uit de bij storm open Oude Maas voortvloeien voor de waterstanden op de Oude Maas zelf, kunnen betrekkelijk gemakkelijk opgeheven worden. Dat ook in de omgeving van Dordrecht de waterstanden nu bijna 1 m hoger worden, dan voor het geval de Oude Maas bij storm ook gesloten zou zijn, is slechts een gering bezwaar te achten.

Vraagt men nu, hoe met dit stelsel van sluizen zal

worden gewerkt, wanneer alle werken alsmede de Rijnkanalisatie voltooid zijn, dan kunnen we het beste beginnen bij de toestand van zeer hoog opperwater. In dat geval zullen bij vallend water de sluizen bij Hellevoetsluis geopend worden, zodra de buitenwaterstand lager is dan die binnen de sluizen. Bij opkomend water worden zij echter gesloten, zodra de kentering in de stroom op zou gaan treden. Bij Willemstad zal dan nog een vrij sterke getijbeweging optreden (fig. 9). Voorzover het mogelijk is, zal men water voeren naar het Zeeuwse Meer. De Oude Maas zal vermoedelijk gedurende het gehele getij geopend blijven.

Bij dalen van de afvoer (fig. 10) zal men de sluizen bij Hellevoetsluis niet meer volledig openen. Daardoor wordt dus het water in het bekken wat opgestuwd, zodat het mogelijk is, meer water via de Noord naar de Nieuwe Maas te sturen. Wanneer dan bij nog verder dalende afvoer de Oude Maas afgesloten wordt, heeft men de verdeling van het water over de verschillende wegen volkomen in de hand. Men zal dan de verschillende sluizen zodanig regelen, dat voldoende water naar de Nieuwe Maas stroomt om de zoutgrens op de Rotterdamsche Waterweg beneden de Parksluizen te houden.

Bij de allergeeringste afvoeren (fig. 11) zullen alle drie genoemde sluizen permanent gesloten blijven en stelt zich een evenwichtstoestand in, tussen de afvoer van de Waal en de Maas enerzijds en de zee anderzijds, welke alleen via de Noord contact met elkaar hebben. Al het zoete water, dat dan beschikbaar is, stroomt dan enkel langs Rotterdam naar zee.

De voordelen van het volledige plan zijn ook ten opzichte van de Rotterdamsche Waterweg en omgeving groot. Daar is dan wel in de eerste plaats het feit dat niettegenstaande de Delta-Commissie gemeend heeft uit te moeten gaan van een basispeil van 5 m + N.A.P. te Hoek van Holland, dat is ruim 1 m hoger dan de stand van 1 Februari 1953, niettemin de waterstanden op het gevaarlijke traject Vlaardingen—Rotterdam—Krimpen maar ongeveer 0,50 m hoger worden dan zij in 1953 geweest zijn (fig. 8). Dit wordt speciaal veroorzaakt door de *sterk afzuigende werking van het afgesloten bekken*.

Dit in tegenstelling met de Westerschelde, waar de stormvloedstanden naar binnen toe hoger oplopen, zoals bij de storm van 1953 duidelijk gebleken is. Met een stand van 5½ m + N.A.P. te Vlissingen, welke stand ongeveer overeenkomt met 5 m + N.A.P. te Hoek van Holland, correspondeert b.v. een stand van 6½ m te Bath. Een tweede groot voordeel is, dat de zoutgrens op de Rotterdamsche Waterweg vrijwel permanent teruggedrongen wordt tot beneden de Parksluizen, waarvan vooral het Westland zal profiteren.

Een derde voordeel is, dat de stroomsnelheden op het gedeelte van de Rotterdamsche Waterweg tussen de Westgeul en Hoek van Holland, welke momenteel zeer groot zijn, vrij belangrijk verminderen door de afsluiting van de Oude Maas (fig. 12).

Stappen we nu over naar het Zuidelijke gedeelte van de werken, met name dan de afsluitingen van het Brouwershavense Gat en van de Oosterschelde. Omtrent de juiste plaats van deze dammen valt nog niets te zeggen. Uitvoerige waarnemingen moeten nog geschieden, waarbij

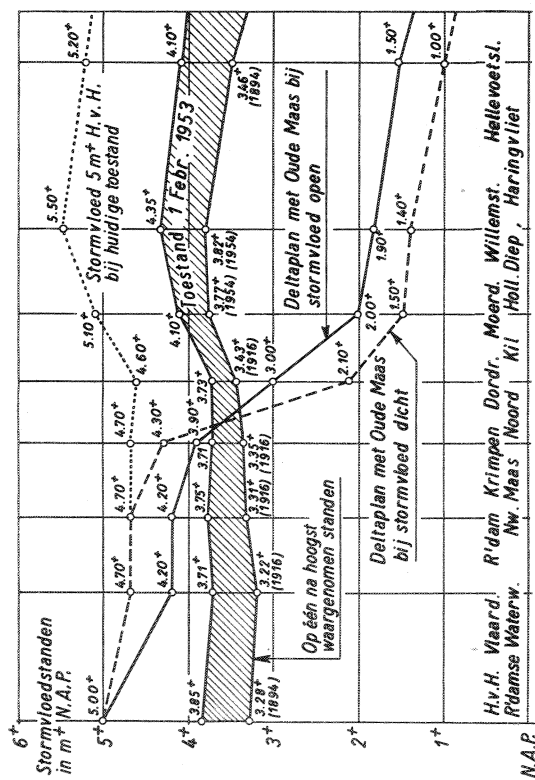


Fig. 8. Verloop hoogwaterstanden op de Benedenrivieren uitgaande van een stormvloed van 5 m+ te Hoek van Holland.

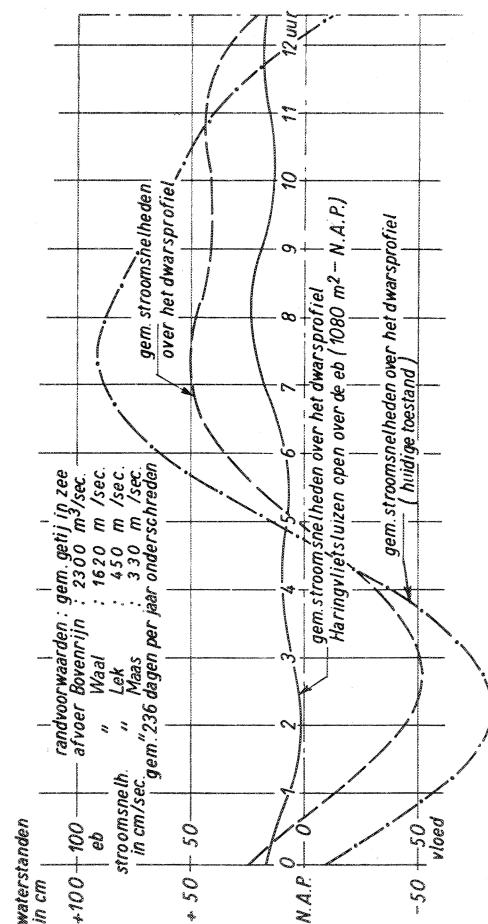


Fig. 10. Grafiek verticaal getij te Willemstad en Dordrecht bij een Rijnafvoer van 2300 m³/sec.

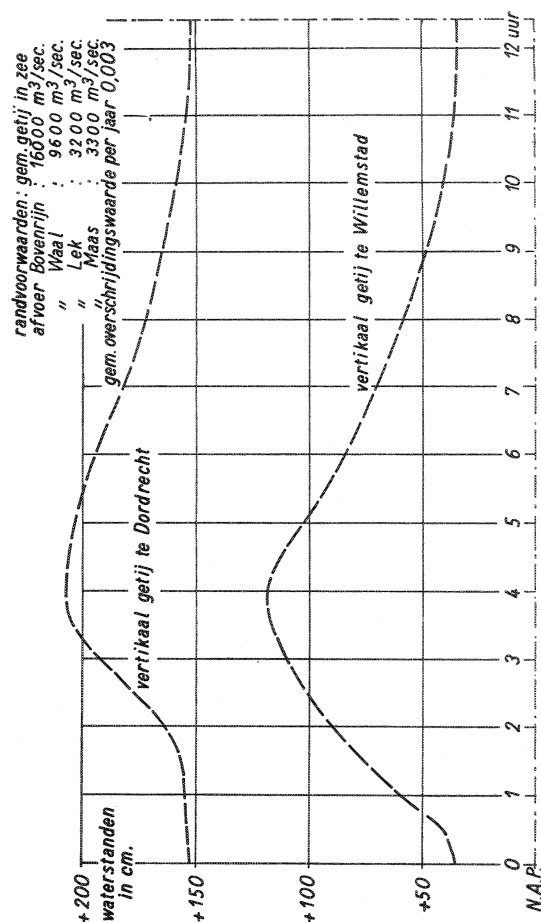


Fig. 9. Grafiek verticaal getij te Willemstad en Dordrecht bij een Rijnafvoer van 16000 m³/sec. Haringvlietssluisen gedurende de vloed gesloten en gedurende eb geheel geopend.

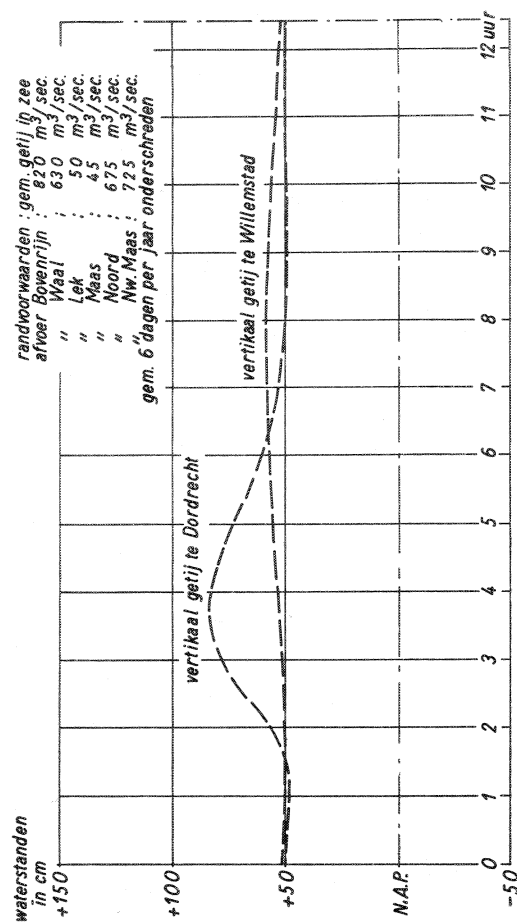


Fig. 11. Grafiek verticaal getij te Willemstad en Dordrecht bij een lage Rijnafvoer van 820 m³/sec. Haringvliet gedurende gehele getij gesloten.

**Fig. 12. Vermogensveranderingen
Rotterdamse Waterweg.**

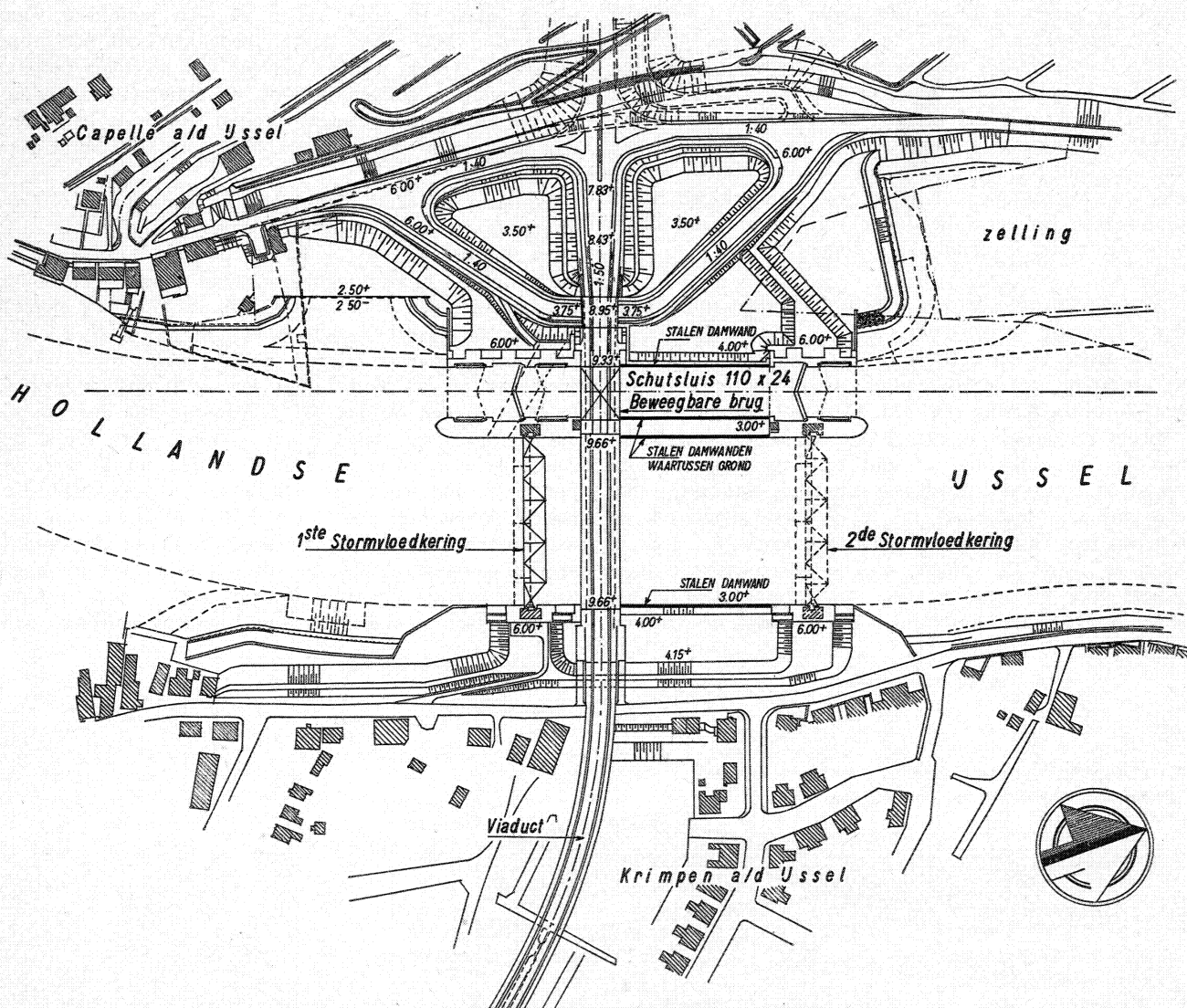
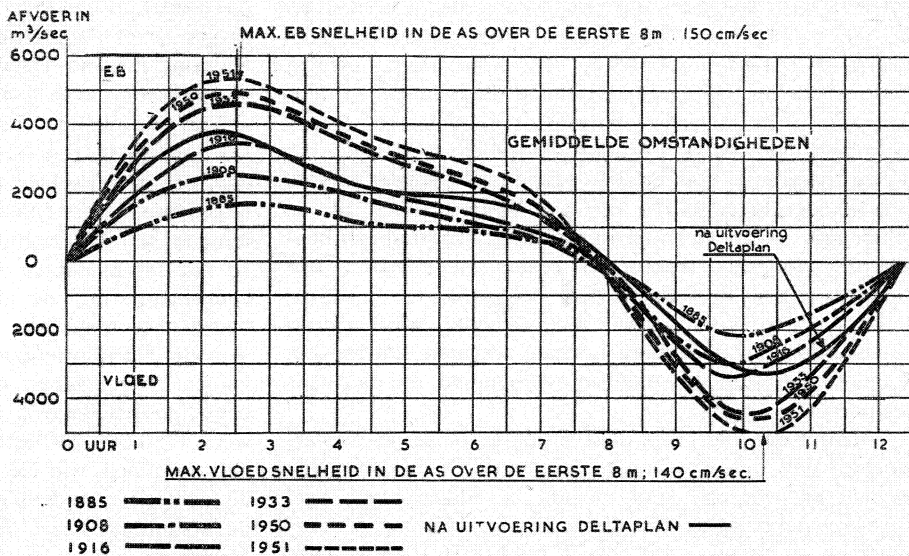


Fig. 13. Situatie afsluiting Hollandse IJssel.

De 2e stormvloedkering is met een streeplijn aangegeven, omdat zij nog niet in uitvoering is. Het ligt echter niet in de bedoeling deze 2e kering voorlopig achterwege te laten.

het speciaal zal gaan om golfbeweging, stromingen van water en zand.

Het is hier de plaats om nog even terug te komen op de dijken langs de Westerschelde. Deze zullen nl. zeer belangrijk worden verhoogd en verzaamd. Het is niet zo vreemd, dat onze Belgische vrienden daarvan zullen denken, dat wij die dijksverhogingen uit gaan voeren, omdat wij tengevolge van de afsluiting van de Oosterschelde, het Brouwershavense Gat en het Haringvliet hogere stormvloedstanden verwachten op de Westerschelde. Dit is echter *zeer beslist niet waar*. Onze beste deskundigen hebben dit vraagstuk theoretisch gezien en daarover een raapport opgesteld, waarvan de conclusie is, dat de stormvloed op de Westerschelde niet verhoogd worden door de afsluiting van de eerdergenoemde zeegaten. Dit rapport is aan de Belgische deskundigen overhandigd, die dat thans bestuderen.

Waarom dan die grote dijksverhoging langs de Westerschelde? Wel, omdat wij op advies van de Delta-Commissie menen, dat wij ons land moeten beveiligen tegen veel hogere waterstanden, dan die welke tot heden zijn voorgekomen en waarvan die van 1 Februari 1953 in deze omgeving verreweg de hoogste waren. De op 1 Februari 1953 voorgekomen stand te Vlissingen was 4,55 m +N.A.P., terwijl wij voor de toekomst menen te moeten rekenen op standen die ongeveer 1 m hoger zijn.

Het spreekt dus wel vanzelf, dat wij die hogere maatstaven ook moeten aanleggen voor het overige gedeelte van ons land tot aan de Dollard toe. Wij kunnen echter niet alles tegelijk doen en zullen naast de eigenlijke afsluitingswerken het eerst die dijken verzwaren, welke daarvoor het meest in aanmerking komen.

Wat de volgorde betreft, waarin de werken zullen worden uitgevoerd het volgende.

Als eerste werk heeft de Delta-Commissie aanbevolen de afsluiting van de Hollandsche IJssel door middel van een stormvloedkering (fig. 13). Deze zal bestaan uit een dubbele kering, elk bestaande uit een schuif van 80 m breedte. De onderlinge afstand bedraagt ruim 100 m. Naast dit kunstwerk wordt een schutsluis gemaakt, welke een tweeledig doel heeft, n.l. in de eerste plaats om de schepen met vaste masten, alsmede bokken enz. door te laten en in de 2de plaats, om de scheepvaart in haar geheel door te laten, wanneer de stormvloedkering gesloten is. Door deze inrichting is het mogelijk, de schuiven

zeer tijdig te sluiten, dus enige uren of wellicht een halve dag vóórdat de stormvloed kan optreden. Ik zal verder op deze kunstwerken niet ingaan. Ook zal ik niet veel zeggen over het Drie-Eilandenplan, dat overeenkomstig vertoont met de afsluiting van de Brielse Maas welke in 1950 tot stand kwam.

Van de overige werken staat de afsluiting van het Haringvliet als nummer één op het programma. Tegelijk daarmee of misschien nog wel wat eerder, zal de Grevelingendam gereed moeten zijn. Deze kan, wat de stromingen betreft, feitelijk op elk tijdstip gemaakt worden en het zal misschien wel noodzakelijk zijn, dit werk te coördineren met de afsluiting van het Haringvliet, wat betreft het materieel, dat daarvoor nodig is. De bouw van de Haringvlietdam met sluizen zal 11 à 12 jaar vergen. Wij rekenen op 2 jaren voor de bouwput met bemalingsinstallatie, 5 jaren voor de bouw van het kunstwerk (350.000 m³ beton en 15.000 palen) 3 jaren voor het opruimen van de dammen en het aanbrengen van de definitieve bodemvoorzieningen en nog 2 jaren voor de afsluitdam naast de dan geheel openstaande sluizen. Misschien zal het gelukken het werk wat sneller te voltooien, maar 10 jaren zullen er toch tenminste voor nodig zijn. Men moet daarbij bedenken, dat het grote kunstwerk, vooral wat de aanvoer van arbeiders betreft, zeer ongunstig gelegen is. Ook de materiaalvoorziening zal bijzondere maatregelen vereisen. Reeds is begonnen met het maken van een werkhaven juist beneden Hellevoetsluis.

Wanneer dit werk dan klaar is, alsmede de Grevelingendam, dan blijkt uit de onderzoeken (fig. 14, afgel. uit proeven W.L.) dat we bij een stormvloed als die van 1953 te Dordrecht een stand mogen verwachten die ongeveer een $\frac{1}{2}$ m lager is dan in 1953. De sluizen in het Haringvliet mogen echter bij normaal tij niet permanent gesloten blijven, omdat anders de stroomsnelheden op het Volkerak in vele getij-omstandigheden te groot zouden worden. Of de consequentie daarvan is, dat zij dus steeds open *moeten* blijven staan totdat de Zuidelijke wateren ergens zijn afgesloten, maakt nog een punt van onderzoek uit. Dit zou een vrij langdurige periode kunnen worden van b.v. 10 à 15 jaren, want het valt momenteel nog niet te zeggen, wanneer de Oosterschelde gesloten zal zijn. Dit zou natuurlijk een griezelige toestand kunnen scheppen, want mochten er in de bodemvoorzieningen verdiepingen van betekenis ontstaan, dan

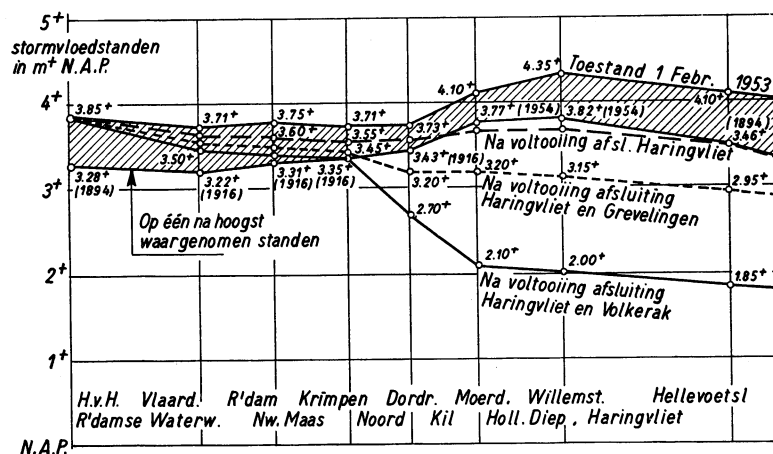
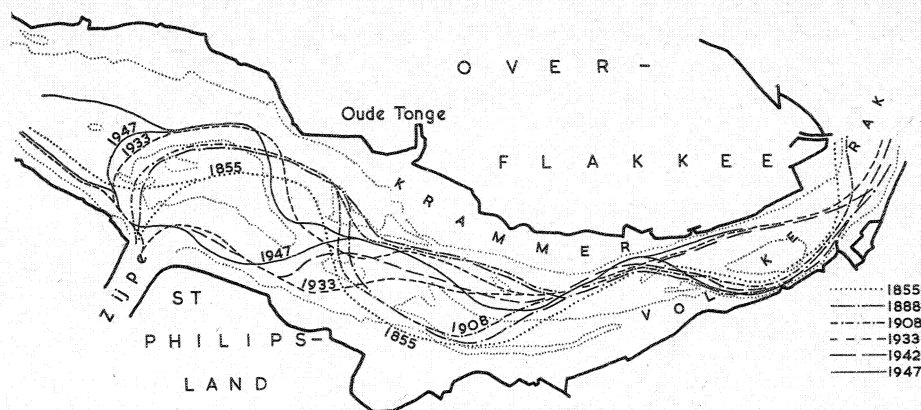


Fig. 14. Verloop hoogwaterstanden op de Benedenrivieren uitgaande van een stormvloedstand van 3.85 m+ te Hoek van Holland.

Fig. 15.
Volkerak met vaargeulassen.



zouden de sluizen niet even gesloten kunnen worden om herstellingen te verrichten. Steenstoringen alleen zouden dan mogelijk zijn.

Dit zou natuurlijk veranderen als de Volkerakdam tegelijk met de beide eerdergenoemde dammen werd voltooid. Van dat ogenblik af immers wordt het mogelijk de waterafvoer en dus de waterstanden te regelen zoals ik eerder aangaf. Wel zou dan zo spoedig mogelijk de afsluiting van de Oude Maas moeten worden gemaakt, want eerst dan heeft men de zoetwaterafvoer geheel in de hand.

Aan zo'n vroegere Volkerakafsluiting zijn dus grote voordelen op het gebied van de zoetwaterhuishouding verbonden. Wel staan daar ook nadelen tegenover, waarvan het belangrijkste is, dat de scheepvaart van de Westerschelde naar de Rijn dan 3 sluizen moet passeren in plaats van twee. En eerst nadat de Oosterschelde zal zijn afgesloten, kan de sluis te Wemeldinge voortdurend open blijven staan.

Dit tijdelijk nadeel voor de scheepvaart wordt anderszins weer enigszins gecompenseerd, doordat de bocht van St. Jacob definitief is afgesneden (fig. 13 en fig. 15) en doordat ook de Nieuwe Merwede beter bevaarbaar wordt door hogere gemiddelde waterstanden en mindere stroomsnelheden (fig. 16).

Planologische aspecten

Ik zou onvolledig zijn, als ik ook niet een en ander vertelde over de planologische aspecten, welke er aan

deze plannen verbonden zijn. Daar is in de eerste plaats het Nieuwe Wegennet. Als dat eenmaal verwezenlijkt is, zullen er ongekende mogelijkheden ontstaan voor deze eilanden, welke tot heden aan een zeker isolement onderhevig zijn. Ook deze winter weer ondervonden de bewoners van de eilanden aan den lijve hoe geïsoleerd zij dan zitten. Als de werken klaar zijn, zal een prachtige kustweg de toeristen van het Zuiden uit langs Walcheren, Schouwen-Duiveland, Goeree en Voorn naar het hartje van Nederland voeren. Daarnaast staan er nog verbindingen beschikbaar van Rotterdam over Tiengemeten naar Zierikzee en naar Bergen op Zoom en Antwerpen. Wij zien in deze verbindingen grote mogelijkheden, zowel op het gebied van de recreatie als ook anderszins.

Ook heeft de Planologische Dienst van Zuid-Holland reeds het oog geslagen op het gedeelte van het meer dat besloten zal zijn tussen de Grevelingendam en de dam in het Brouwershavense Gat. Wanneer men het peil van dat meer op ongeveer 25 cm beneden N.A.P. houdt, vallen uitgebreide banken droog en ontstaat een prachtig gebied voor bebossing enz. en daarmee voor recreatie. Ir Lange meent zelfs klimaatverbetering als mogelijkheid te zien.

Alleen... er zijn meer liefhebbers voor dit gebied, want van de zijde van de landbouw wordt veel waarde gehecht aan de eerdergenoemde reservehoeveelheid zoet water, welke mede in dat gebied gevormd zou kunnen worden. Deze zou ruim 100 miljoen m³ kunnen bedragen en geheel verloren gaan als de plannen van ir Lange doorgang zouden vinden.

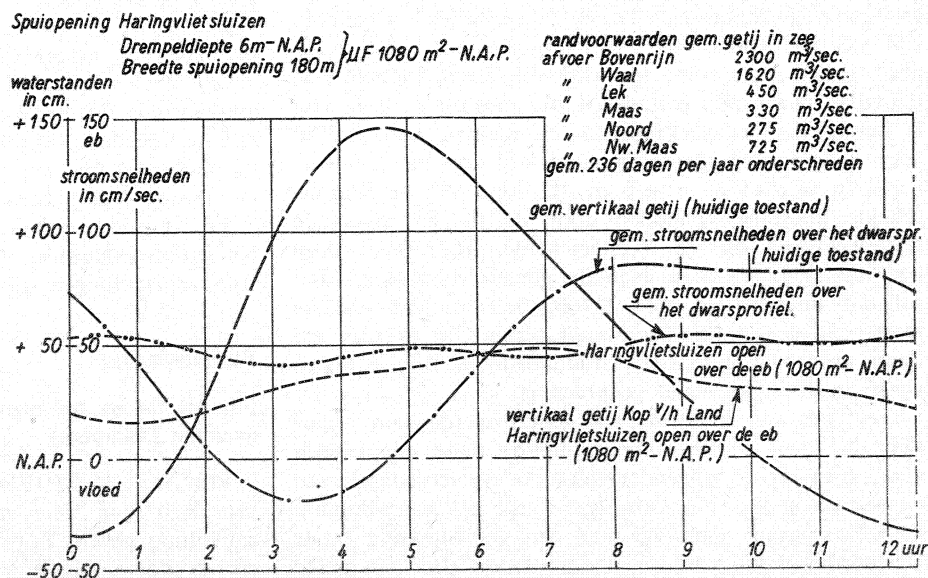


Fig. 16.
Getijlijnen te Kop van 't Land.
Haringvliet sluizen gedurende
vloed gesloten en gedurende eb
gedeeltelijk open.

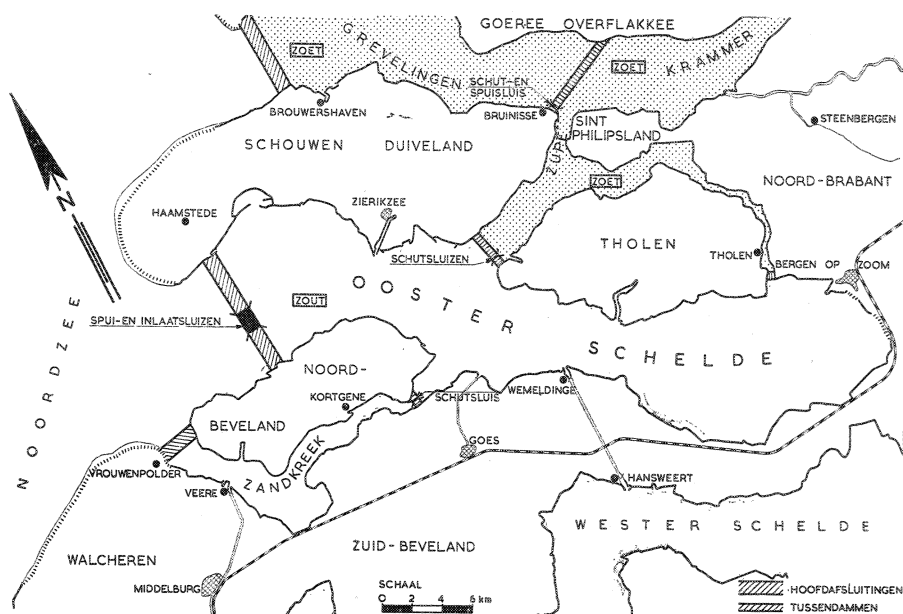


Fig. 17. Geperforeerde dam in de Oosterschelde.

De reservehoeveelheid, welke het overige deel van het Zeeuwse Meer zal kunnen bevatten bij 1 m niveauverschil, bedraagt ongeveer 350.000.000 m³.

En dan is er tenslotte nog een derde mogelijkheid, welke verband houdt met het enige grote nadeel, dat aan de werken van het Deltaplan verbonden is, en dat is het verloren gaan van de oesterteelt in de Oosterschelde. De Delta-Commissie heeft dit bezwaar wel terdege gezien, maar zij meent unaniem, dat in dit geval, waar de veiligheid van uitgestrekte gebieden op het spel staat dit belang van hogere orde is dan het behoud van de oesterteelt. Ook is de veiligheid, welke het Deltaplan biedt, beslist van hogere orde dan die zou zijn bij verhoging der dijken langs de Oosterschelde.

De Westerschelde

Jawel, zeggen belanghebbenden bij de oesterteelt, maar waarom sluit U dan ook de Westerschelde en de Rotterdamsche Waterweg niet af. De belangen van de havensteden Antwerpen en Rotterdam zijn echter van zo geheel andere orde dan die van de oesterteelt, dat men ze niet met elkander kan vergelijken.

Maar zelfs al zouden de Belgen en de Nederlanders tezamen van mening zijn, dat de Westerschelde afgesloten zou moeten worden, zelfs dan nog zou het zuiver technisch gezien een kwestie zijn waar vele jaren, wellicht vele tientallen jaren over gestudeerd zou moeten worden. Het is immers vanzelfsprekend, dat de toegang van zee uit voor de grootste schepen gehandhaafd zou moeten worden. Nu worden de geulen in de mond van de Westerschelde in stand gehouden door de in- en uitgaande waterbeweging op de Westerschelde. Heft men deze waterbeweging op, dan gaan de geulen verzanden. Men zal dat ongetwijfeld zien buiten de dammen van de Oosterschelde en het Brouwershavense Gat evenals dat thans te zien is buiten de afsluitdam in de Brielse Maas, welke in 1950 tot stand gekomen is.

Geef ons dan tenminste een geperforeerde dam, waardoor het getij zij het in verminderde mate nog binnen kan komen, is de volgende vraag van de verdedigers van de oesterteelt (fig. 17). Ook deze illusie zal waarschijnlijk in rook opgaan, want wil men een getijbeweging in de Oosterschelde enigszins in stand houden, dan zijn zulke

kunstwerken nodig, dat de kosten van een en ander in geen verhouding meer zouden staan tegenover de waarde van het behoud der oesterteelt.

Bovendien zouden op het gebied van de scheepvaart en van de zoetwatervoorziening zulke consequenties ontstaan, dat ook deze oplossing naar mijn mening niet veel kansen biedt. De Delta-Commissie heeft echter als haar mening uitgesproken, dat het onderzoek naar de mogelijkheden tot behoud van de schaal- en schelpdierkweekrijen binnen het kader van het Deltaplan met kracht moet worden voortgezet. Dit onderzoek is ter hand genomen door het Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening. Reeds is een speciaal Laboratorium daarvoor gesticht te Wemeldinge, welk laboratorium onlangs officieel in gebruik is gesteld. Men doet daar velerlei onderzoekingen op het gebied van het kunstmatig kweken van oesterbroed en stelt zich voor, deze proeven zo mogelijk in Zandkreek en Veregat na de afsluiting aan weerszijden op grotere schaal voort te zetten. Als doel heeft men bij dit onderzoek voor ogen de mogelijkheid van het kweken van oesters in het eerdergenoemde meer tussen de eilanden Schouwen-Duiveland en Overflakkee. Dit meer zou daarvoor zout moeten blijven en de buitenste afsluitdam zou van in- en uitlaatsluizen moeten worden voorzien. In de eerste plaats wordt dus onderzocht of dit plan reële mogelijkheden bevat, terwijl daarna nog de vraag moet worden beantwoord of het economisch verantwoord is de ongetwijfeld belangrijke kosten voor dit doel te besteden. Als men ziet, met welk een enthousiasme dit onderzoek ter hand wordt genomen, moet men wensen, dat positieve resultaten zullen worden bereikt.

In dat geval zouden ir Lange en dr Mesu, wat betreft het Brouwershavense Meer, aan het kortste eind trekken. Aan voorspellingen wil ik mij echter niet wagen.

Beraadslaging

(inz. de tot nu toe gepubliceerde voordrachten over het Deltaplan)

Prof. ir J. W. THIERRY: Op de uitstekende voordracht van dr ir Van Veen mag ik misschien toch een kleine aanvulling geven. Ik wilde namelijk in het licht stellen, dat de afdamming van de Brielse Maas al door wijlen de

Inspecteur-Generaal Delmaer is gepropageerd, toen hij nog Arrondissementsingenieur in Rotterdam was. Hij heeft er toen een nota over ingediend, waarin hij de voordelen van een afdamming aangaf. Vermoedelijk heeft die nota haar graf gevonden in de Waterstaatsarchieven. Het was namelijk nog in de tijd, dat de begroting van Waterstaat de sluitpost van de Rijksbegroting was. Als er dan geschrapt moest worden, werd Waterstaat altijd de dupe.

Volledig- en eerlijkheidshalve meende ik de naam van Delmaer hier naar voren te moeten brengen.

De heer E. A. B. VAN VIANEN: Van de heer De Vries hebben we veel gehoord over de te verwachten getijbewegingen in de noordelijke wateren van het Delta-gebied. Ik zou ook graag iets vernemen over de getijbeweging die de heer De Vries verwacht in de Oosterschelde, wanneer de dammen in de Grevelingen en in het Volkerak zullen zijn voltooid.

De heer Van Veen heeft gezegd dat thans de ebstromen van uit de Oosterschelde vooral ook via de Grevelingen en het Haringvliet weer terug naar zee vloeien. Verwacht de heer De Vries dan niet dat, wanneer deze wegen afgesloten zijn, de vloedstanden in de Oosterschelde veel hoger zullen worden?

Ir DE VRIES: Hierop kan ik het volgende antwoorden: Wanneer de Oosterschelde nog open is, maar de Grevelingen en ook het Volkerak gesloten, dan zal de getijbeweging vooral op het gedeelte Krammer—Volkerak—Zijpe toenemen. En zelfs vrij sterk. De normale getijbeweging is aan de zuidkant van de Volkerak-dam op het ogenblik meen ik ongeveer 2,40 m en die wordt ongeveer 3,80 m. Dus dat is vrij veel; het water stijgt hoger en zakt dieper.

Daar zullen we in kunnen voorzien; voor zover het water naar beneden gaat door baggeren, om te zorgen dat er steeds voldoende diepte is, maar voor zover het hóger stijgt zullen er beschermingsmaatregelen moeten worden genomen tegen stormvloed. Het is dus wel zeker dat, als die situatie zich voordoet, de dijken langs Volkerak en Krammer verhoogd moeten worden. Uit waarnemingen in het laboratorium is geraamd dat die verhoging ongeveer 50 cm zou moeten bedragen.

Maar de Oosterschelde is een te groot bassin om er invloed van te ondervinden.

De heer Van Veen heeft uit grafieken laten zien dat de zoetwaterafvoer hoofdzakelijk via het Haringvliet gaat en dat er op Krammer en Volkerak een vloedoverschot is, dat betekent dus dat er geen zoet water van Noord naar Zuid gaat, maar dat het zoute water uit het Zuiden naar het Haringvliet trekt. Dat zou wel eens niet meer het

geval kunnen zijn, ook als de Volkerak-dam er nog niet is.

Dit zijn dus de enige mogelijke veranderingen, dat er tijdelijk i.p.v. een vloedoverschot een eboverschot zou optreden. Maar de normale getijbeweging in de Oosterschelde, die zou van dit alles heel weinig invloed ondervinden. Ik zeg dit natuurlijk op gezag van degenen, die dat uitgerekend hebben en op gezag van de proeven in het waterloopkundig laboratorium.

De heer G. SLOTBOOM: Uit de tekeningen van de heer Van Veen zag ik dat er een overschot van zand komt bij Schouwen en Goeree. Daar komt de kust een beetje omhoog. Nu geloof ik verder dat de heer Dibbitts gezegd heeft, dat men hoopt dat, als de dammen er zijn, er duinen zullen ontstaan. Daar is dus ook veel zand voor nodig.

Is er nu niet gevaar, dat we daardoor noordelijker een tekort aan zand zullen krijgen, zodat daar dan bijzondere maatregelen moeten worden genomen ter bescherming van de kust?

Ir VAN VEEN: Voor het zeefront van de eilanden zit ongeveer 10 miljard m³ zand. Wij verwachten dat als de dammen er liggen het regiem van de stromen zal veranderen en het grootste deel van die 10 miljard m³ aan de wandel zal gaan. Gedeeltelijk plaatselijk langs de kust, misschien ook meer noordwaarts. Wij baseren onze verwachtingen op allerlei stroommetingen en op de waarnemingen sinds 1950 voor de mond van de Brielse Maas. We hebben daar te zien gekregen dat het zand gedeeltelijk zich kustwaarts beweegt met een hoeveelheid van rond een half miljoen m³ per jaar. Hieruit verwachten we op de lange duur, zeg een 100 à 200 jaar, een behoorlijke gladtrekking van deze kust. Maar in geen geval, voorlopig althans, een tekort aan zand, want er ligt zo ontzaglijk veel.

Het is mogelijk, dat de koppen van de eilanden tijdelijk wat zullen afslijten, maar de verwachting is dat de kustlijn van Hoek van Holland tot Westkapelle tot één grote boog zal worden. Houden wij die koppen met behulp van hoofden vast, dan zullen we er vermoedelijk een guirlandekust kunnen verwachten.

Het zal zaak zijn om na het leggen van de dammen steeds met het doen van peilingen te blijven doorgaan, nog honderden jaren, om te zien hoe de kustvorm zich ontwikkelt. Wij denken dat het een mooie kust zal worden met duinmeertjes er achter, geschikt voor recreatie.

Maar dat er nog werk aan zal zijn dat geloven wij zeker, er zal stuifzand vástgelegd moeten worden en ik denk ook dat de koppen van de huidige eilanden een versterking moeten krijgen.

IV Mededelingen over de afsluittechniek voor getijgeulen

door ir H. A. M. C. DIBBITS,

Hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat

Summary: *The closure of the estuaries. Different aspects.*

The paper describes the basic-principles for the closing of channels of large capacity in an estuary with a sandy bottom. The projects are developed in connection with the Deltaplan, mainly consisting of the closing of 3 inlets in the South-West of the Netherlands (the province of Zeeland) in order to protect that region against flooding and reduce the salt content of the arable soil. The mean tide-difference amounts to 10'. A method using reinforced concrete unit-caissons, provided with steel lock-gates, seems favourable.

1. Inleiding

Men zou zich kunnen afvragen of het in een zo vroeg stadium als hier het geval is (de technische voorbereidingen voor de Deltawerken zijn nog maar nauwelijks begonnen) zin heeft nu reeds over deze arbeid mededelingen te doen. Ik meen die vraag met „ja” te moeten beantwoorden; daar heb ik een goede reden voor. Immers, het waterbouwkundige werk, dat wij gaan ondernemen, is een werk dat wij gezamenlijk zullen moeten opbouwen; met „wij” bedoel ik dan naast de overheid in al zijn geledingen, in wat beperkter verband, het bedrijfsleven en de Rijkswaterstaat. Het schijnt mij toe dat het K.I.v.I., naast het meer rechtstreekse contact, het milieu is om in algemene zin het bedrijfsleven op de hoogte te brengen van onze vorderingen, moeilijkheden, wensen en verlangens. De rechtstreekse contacten die wij tot nog toe

met het bedrijfsleven op verschillend gebied met betrekking tot de Deltawerken hebben gehad, zijn van de meest aangename en productieve aard gebleken.

Het leggen van deze contacten zal aanvankelijk tastenderwijs en met omzichtigheid moeten geschieden; met omzichtigheid ter vermijding van een gevoel van onbehagen bij hen die niet tot de eersten zullen behoren, die worden benaderd. Wij rekenen er voorts op, dat van het bedrijfsleven zelve óók initiatieven zullen uitgaan.

Uiteraard zal een bundeling van krachten eerst dan het meeste nut afwerpen, wanneer ze gecoördineerd geschiedt. Met de bestudering van de meest geschikte wijze waarop wij deze coördinering zullen kunnen bereiken, hebben wij een begin gemaakt. Het resultaat van deze studie zal naar ik hoop eerlang blijken.

TABEL I

			Benaming sluitgat met oppervlak beneden N.A.P. in m ²	Gem. tijverschil in m	Vermogen in mill. m ³ 2)
Brielse Maas (1950)		gem. tij	300	1,75	12
		dood tij		1,60	11
Braakman (1952)	met één caisson	gem. tij	800	4,06	18
		gem. tij dood tij	340	4,06 3,06	14,2 11,8
Veerhaven Kruiningen (1953)	2 openingen	gem. tij	750	4,38	29
		dood tij		3,55	23,5
	1 opening	gem. tij	500	4,38	25,5
		dood tij		3,55	21,5
Schelphoek (1953) (gem. tij)	bij begin van de afsluiting na afsluiting van de Gemene Geul		1600	2,80	135
			700	2,80	104

2) Als vermogen is opgegeven de helft van de som van een vloed- en ebgetij.

2. Geschiedkundige ontwikkeling

De sluitingstechniek van geulenstelsels in een getijgebied met een bewegelijke zandbodem heeft hier te lande vooral de laatste 10 jaar zich snel ontwikkeld, mede als gevolg van de calamiteiten die het zuidwesten van ons land hebben getroffen: in 1944 de inundatie van Walcheren en in 1953 de stormvloed.

Bij deze ontwikkeling hebben uiteraard ook een belangrijke rol gespeeld de werken tot afsluiting van de Brielse Maas in 1950 en van de Braakman in 1952. Tenslotte mogen in dit verband ook niet onvermeld blijven de afsluitingswerken van de Zuiderzee, die in 1932 voltooid werden. Wel werd toen een andere sluitingsmethode toegepast, dan wij nu beogen, doch er werd veel ervaring opgedaan, die wij ons ten nutte kunnen maken (lit. 3, 4, 5). Bovendien ontwikkelde zich destijds in *De Ingenieur* een polemiek, waarbij o.m. door wijlen ir de Booy een wijze van sluiten met behulp van caissons met schuiven werd aanbevolen, die in beginsel overeenkomt met de werkwijze die wij thans denken te volgen (lit. 11).

Enkele gegevens over in de laatste jaren uitgevoerde afsluitingen zijn opgenomen in de bovenstaande tabel. I.

Ter vergelijking zijn in tabel II de gegevens opgenomen van een aantal zeegaten in de Delta, die te zijner tijd zullen moeten worden afgesloten.

TABEL II

Naam van het zeegat	gem. getijverschil in m	gem. eb-vermogen in miljoen m ³	gem. vloed-vermogen in miljoen m ³
Haringvliet	1,83	320	240
Brouwershavense Gat	2,42	290	320
Oosterschelde	2,76	1000	960
Veregat	3,00	70	70

3. Enkele uitgangspunten voor de ontwikkeling van een sluitingsmethode voor zeegaten met een groot vermogen en een groot getijverschil

Een geulenstelsel, dat langs natuurlijke weg in een getijgebied is gevormd, is in de meeste gevallen ongeveer in evenwicht, voor wat betreft de stroomsnelheid enerzijds, en de stabiliteit van het totale doorstromingsprofiel anderzijds. Met andere woorden gezegd: de bij het bodemmateriaal aangepaste getijstromen zullen in het algemeen gemiddeld over één jaar geen noemenswaardige vergroting van het totale profiel van de geulen veroorzaken.

In dit verband zij er op gewezen, dat bij de sluiting van bressen in dijken, zoals die zijn uitgevoerd na de stormvloed van 1953, in de meeste gevallen op het moment van de sluiting nog *geen* evenwicht in het geulenstelsel was bereikt. Door snel ingrijpen heeft men toen voor een groot aantal gaten de omvang van de uitschuringen kunnen beperken. Om deze en om andere redenen was het *dáár een strijd tegen het horloge*. Bij de

uitvoering van de afsluitingen van de zeegaten in de Delta, waar jaren mee gemoeid zullen zijn, kan het beginsel van „een strijd tegen het horloge” geen uitgangspunt zijn.

Het is duidelijk, dat zodra men in een in evenwicht verkerend geulenstelsel profielvernuwende werken gaat uitvoeren, zonder dat bijzondere maatregelen tegen bodemaantasting worden genomen, het bodemmateriaal door de verhoogde stroomsnelheid en de turbulentie, die door de vernauwing ontstaat, in beweging komt: er ontstaat uitschuring. Alvorens met profielvernuwende werken te beginnen, zal men dus moeten zorgdragen dat de bodem van de geulen een verhoogde weerstand tegen erosie verkrijgt, of dat men een zodanige stortcapaciteit bij de sluitingswerken inzet, dat men per getij meer stortmateriaal inbrengt, dan door de stroom wordt meegevoerd. Bij een zandige geulbodem is deze laatste methode hoogstens bruikbaar bij kleine tijverschillen en bij gebruik van een weerstand biedend stortmateriaal. Zij komt niet in aanmerking voor de sluitingen in het Deltagebied, omdat daar geulen met zeer grote vermogens en grote tijverschillen moeten worden afgesloten. Men zal dus moeten overgaan tot het aanbrengen van bodembeschermingen. In feite is deze bodembescherming *het* vraagstuk, waarom misschien niet alles, doch toch wel heel veel draait! Bij de meeste overwegingen, welke gelden bij de ontwikkeling van een sluitingsmethode vormt bijna steeds de bodemverdediging in een of andere vorm het uitgangspunt. Het zoeken naar de juiste methodiek is er vooral op gericht om de aanval van de getijstromen op de bodemverdediging in en aan weerskanten van het (vernuwde) sluitgat binnen aanvaardbare grenzen te houden. Want, hoe men deze bodemverdediging ook uitvoert, het samenstel: bodem-bodembescherming blijkt steeds weer de kwetsbare plek te zijn bij een sluitingsplan. Dat is practisch gesproken bij iedere sluiting ondervonden, ook bij de vlot verlopen sluitingen.

Bij de tot nog toe uitgevoerde sluitingen, die in één seizoen konden worden voltooid, is het op één enkele uitzondering na (Ouwkerk) gelukt om de sluitingsprocedure zo snel te doen verlopen, dat de bijna onvermijdelijke aantasting van de bodemverdediging of liever gezegd de aantasting van de niet foutloos beschermde bewegelijke bodem de drempel van het sluitgat nog niet bereikt had vóór het moment van de sluiting.

Bij het opstellen van de plannen voor de sluiting van de Brielse Maas werd uitgegaan van een te verwachten max. snelheid van 4,50 m/sec. optredende bij giertij met opwaaiing.

Bij het ontwerpen van de afsluitingswerken voor de Braakman en voor die in de Delta werd, resp. wordt uitgegaan van max. snelheden, die zich bewegen in de buurt van 3 à 3,50 m/sec. Gelet op de lange duur en de omvang van deze laatste werken en mede in aanmerking nemende de fijnheid van de hier aangetroffen zandsoorten, lijkt het niet verantwoord hogere stroomsnelheden en dus grotere risico's te nemen, risico's die wederom — het kan niet genoeg worden herhaald — hun oorzaak vinden in de kwetsbaarheid van het samenstel; bodem-bodembedekking. Misschien zal bij een voortgezet onderzoek blijken dat zelfs dit maximum nog te hoog is.

Ter toelichting worden hieronder enkele gegevens betreffende stroomsnelheden vermeld, resp. betrekking hebbende op reeds uitgevoerde en nog uit te voeren afsluitingen:

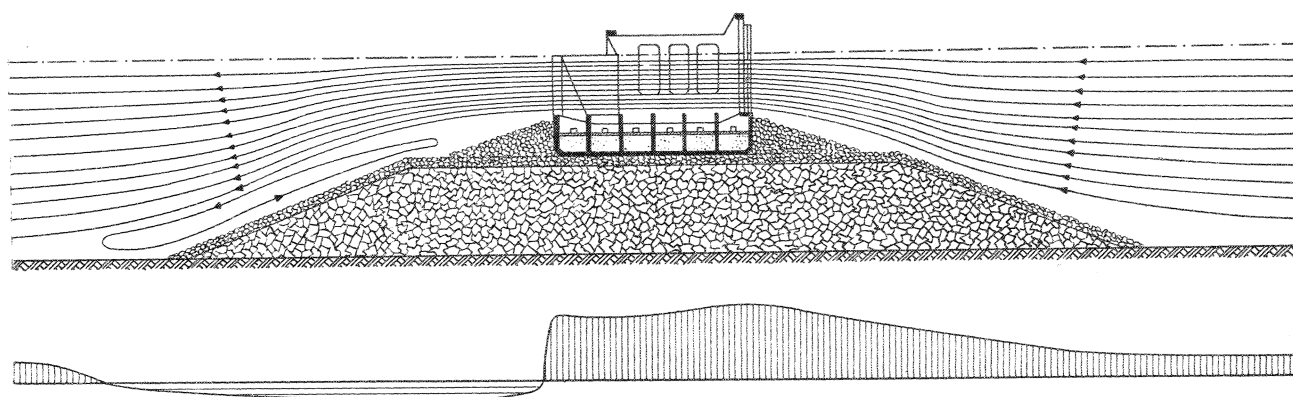


Fig. 1. Het karakter van het verloop van de bodemsnelheden in een sluitgat met een doorlaatcaisson.

TABEL III

Omschrijving v. h. werk	Snelheden		Opmer- kingen
	Toelichting	m'/sec.	
<i>Zuiderzeewerken:</i>			
<i>a. Afsluiting Amsteldiep</i>	Bij gem. getij ge- meten max.	3,11	lit. 2
	Bij springtij gemeten max.	3,80	lit. 2
<i>b. Sluiting Middel- gronden</i>	Gemeten max.	5,—	lit. 5
<i>Brielse Maas:</i>	Op 21 Juni 1950 gemeten waarde + 10 %	4,80 à 4,90	10 % toe- slag voor contractie; lit. 7
<i>Braakman:</i>			
Sluitgat ³⁾ met land- hoofden gereed	berekende max. snelheid, gem. over het profiel bij een springtij van 2,80 m+	3,30	lit. 9
<i>Veregat:</i>			
<i>a. Sluitgat gevormd voor overwinteren zonder caissons.</i>	Berekend bij:		
	1. gem. getij:	1,30	
	2. stormvloed:	2,30	
<i>b. Sluitgat met caissons.</i>	Berekend bij:		S.V.
	1. gem. getij;	2,30	7 April
	2. stormvloed:	3,80	1943

³⁾ Een sluitgat is een opening in een afdamming die zodanig is ingericht, dat bij een zo gering mogelijk doorstromingsprofiel de eb- resp. vloedstromen, welke vóór de sluiting verwacht kunnen worden, kunnen worden doorgelaten zonder dat de (verdedigde) bodem of wanden van dat sluitgat ontoelaatbaar worden aangetast.

De berekende getallen hebben betrekking op de *max. snelheden* in het vernauwde doorstromingsprofiel, welke aan het wateroppervlak zullen worden gemeten (gem. snelheid over het gehele profiel bij max. afvoer vermeerderd met 15 %).

De *snelheden* in de caissonsopeningen onmiddellijk langs de bodem zullen in het algemeen lager zijn dan de in de tabel opgenomen snelheden. Buiten de caissons, waar de bodemsnelheden gevaar voor aantasting van de bodem zouden kunnen opleveren, dalen deze snelheden, bij een juiste profilering van de bodem, betrekkelijk snel. Het algemeen karakter van het verloop van de bodemsnelheden wordt aangegeven in fig. 1. De hiervoor vermelde kwetsbaarheid van het samenstel van bodem en bodembescherming is aanleiding om bij het ontwerpen van een sluitingsmethode uit te gaan van de stelregel, dat het product van stroomsnelheid $\times$ tijd zo klein mogelijk moet zijn, gedurende het gedeelte van de sluitingsprocedure, dat de stroomsnelheid uitgaat *boven* de stroomsnelheid, die normaal in de (niet vernauwde) geul als max. optreedt. Uiteraard mag de stroomsnelheid dan niet uitgaan boven een als max. nog toelaatbaar geachte waarde.

4. Vergelijking van enkele sluitingsmethoden

Bij het ontwerpen van een sluitingsmethodiek voor de zegaten in de Delta wordt steeds voor ogen gehouden de eis, dat deze methode ook bruikbaar moet zijn voor de afsluiting van de Oosterschelde. Dit standpunt geeft dan de gelegenheid om reeds bij de eenvoudiger afsluitingen (Veregat, Brouwershavense Gat c.a.) met nieuwe methoden ervaring op te doen alvorens toepassing bij de Oosterschelde aan de orde komt. Ter oriëntering t.a.v.

TABEL IV

Te verwerken:	Afsluitdijk tussen Wieringen en Zurig	Ontworpen afsluitdijk door de Oosterschelde nabij Burghsluis
zand	27 miljoen m ³ (berekende werkelijke uitleveringscoëff. 1,34)	naast de sluitgaten in het bankengebied in de sluitgaten: 7 miljoen m ³
		a. aan de zeezijde van de doorlaatcaissons 19 miljoen m ³
		b. aan de boezemzijde van de doorlaatcaissons 14 miljoen m ³
		33 miljoen m ²
		(aangenomen uitleveringscoëff. 1,40) 40 miljoen m ³
keileem	15 miljoen m ³ (berekende werkelijke uitleveringscoëff. 1,97)	—
klei	—	(aangenomen uitleveringscoëff. 1,40) 1 miljoen m ³
totaal aan specie	42 miljoen m ³	41 miljoen m ³

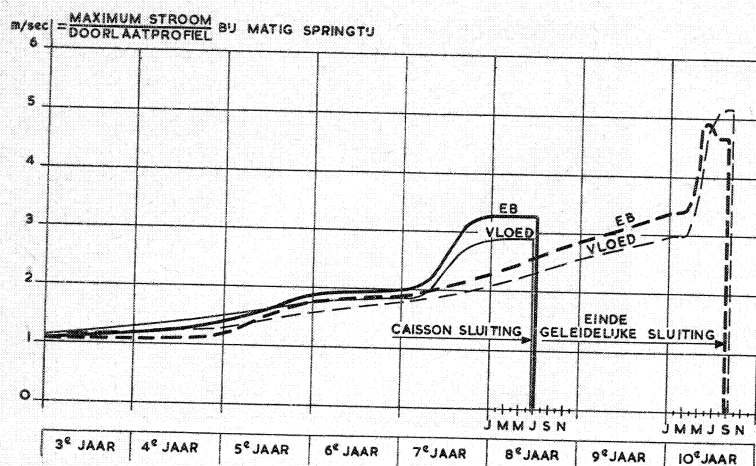


Fig. 2. Sluiting Oosterschelde. Een vergelijking van de optredende maximum stroomsnelheden en van de tijdvakken gedurende welke deze stroomsnelheden kunnen voorkomen, uitgewerkt voor twee sluitingsmethoden resp.: een sluiting met behulp van doorlaatcaissons en een (geleidelijke) sluiting met behulp van steenstortingen.

de omvang van de werken tot afsluiting van de Oosterschelde zij medegedeeld, dat de kosten voor deze afsluiting, volgens de memorie van toelichting bij de ontwerp Deltawet, 400 miljoen gulden zullen bedragen. De orde van grootte van dit werk komt overeen met de werken tot afsluiting van de Zuiderzee tussen Wieringen en Zurig (zie tabel IV).

Voor de afsluiting van de Oosterschelde worden in hoofdzak 2 methoden vergeleken, n.l. een werkwijze waarbij de overblijvende sluitgaten met steenstortingen geleidelijk worden gedicht en een werkwijze waarbij gebruik wordt gemaakt van doorlaatcaissons (lit. 12, 13); de laatstgenoemde methode biedt de gelegenheid, de sluiting op een zeer bepaald, zo gunstig mogelijk gekozen tijdstip in één getij tot stand te brengen.

Op het voor en tegen van deze beide methoden wordt hier niet in detail ingegaan. Het lijkt waarschijnlijk, dat de geleidelijke sluiting, welke werd toegepast bij de afsluiting van de Zuiderzee (aanwezigheid van goedkoop erosie-bestendig stortmateriaal in de vorm van keileem;

gem. getijverschil vóór de uitvoering van de werken ± 1 m) voor de Oosterschelde niet in aanmerking komt (geen goedkoop gemakkelijk te winnen erosie-bestendig stortmateriaal aanwezig; gem. getijverschil vóór de uitvoering der werken 2,76 m). De onderzoeken wijzen voorlopig in de richting van het gebruik van doorlaatcaissons. Op deze keuze hebben onder meer invloed gehad de te verwachten max. stroomsnelheden en de duur van de tijdvakken gedurende welke deze max. snelheden bij de twee onderzochte methoden zouden kunnen optreden (fig. 2). De geleidelijke sluiting met stortsteen vertoont in de grafiek een belangrijk ongunstiger beeld (een grotere $\Sigma V_{max} \times t$) dan de sluiting met doorlaatcaissons.

Voorts bleek bij de geleidelijke sluiting de verwerking van de grote hoeveelheden steenachtig materiaal in de dammen, vooral in een later stadium van de sluiting, ten gevolge van het toenemen van de getijstromen niet mogelijk zonder een zeer kostbare apparatuur; bij een vergelijking met de methode der doorlaatcaissons bleek deze apparatuur grotere uitgaven te vragen dan voor de caissons methode nodig zouden zijn.

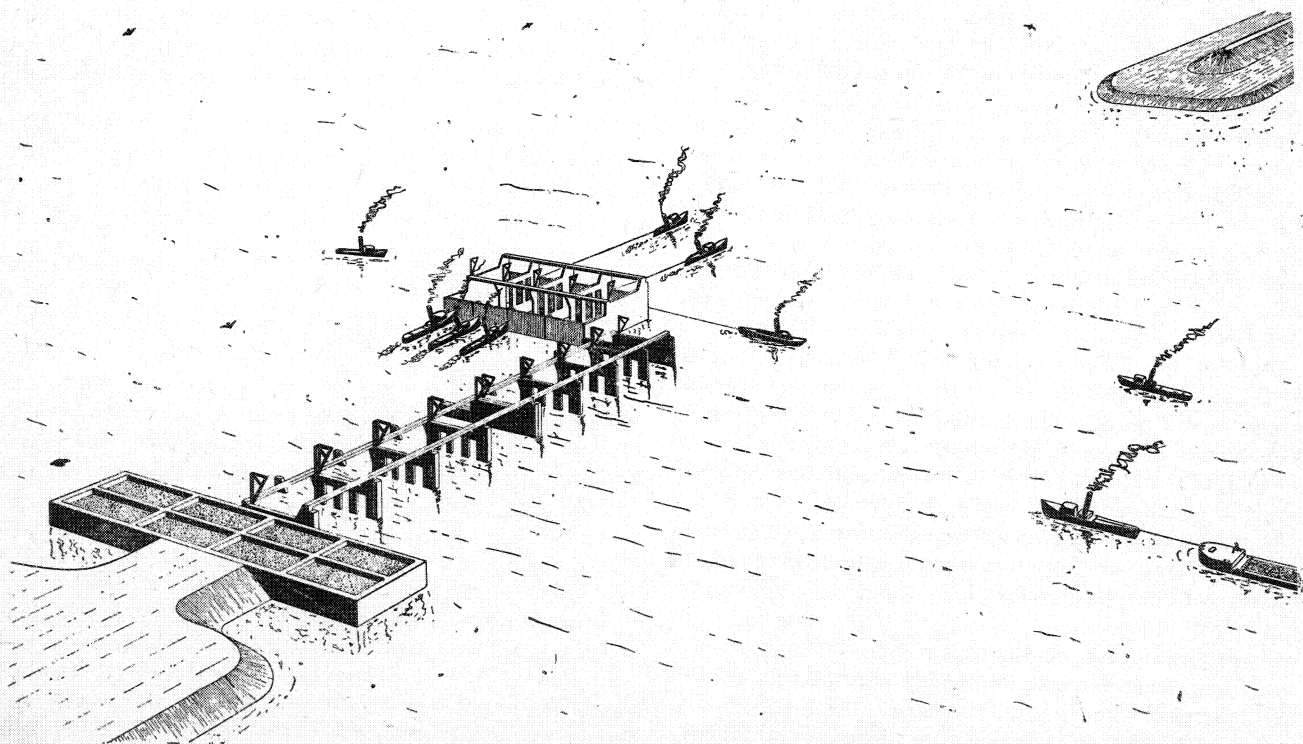


Fig. 3. Het plaatsen van de doorlaatcaissons; duidelijkheidshalve zijn de stalen kleppen weggelaten.

5. De sluiting met doorlaatcaissons

Een afsluiting van een getijgeul kan in het algemeen in vier fasen worden verdeeld:

- I. een voorbereidende fase zonder een noemenswaardige vernauwing van het doorstromingsprofiel. Gedurende deze fase worden bodemverdedigingen en aanpassingswerken uitgevoerd, zoals b.v. verhoging van aansluitende dijksvakken.
- II. In de tweede fase wordt begonnen met de vernauwing van het zeegat, i.c. het plaatsen van doorlaatcaissons (fig. 3) met als gevolg een verandering van het stroombeeld, waarbij hogere stroomsnelheden optreden. De verhoogde stroomsnelheden, met de daarbij behorende nevenverschijnselen, leveren gevaar voor beschadiging van de bodemverdediging op, met als een mogelijk gevolg het ontstaan van ontgroningen. Phase II eindigt met de sluiting.
- III. In de derde fase heeft de voorlopige consolidatie van de bereikte resultaten plaats. Eventuele lekstromen worden bedwongen.
- IV. Tenslotte volgt de laatste fase, waarin de dijk over en om de voorlopige afsluiting wordt gebouwd.

Van phase II valt te zeggen, dat wanneer in deze fase één of meer malen moet worden overwinterd, er naar zal worden gestreefd in het winterseizoen over een ruim sluitgat te beschikken met zijbegrenzingsen die zo weinig mogelijk kopeffect opleveren (zie par. 7); d.w.z. geen overwintering met betonnen landhoofden met een scherpe begrenzing, doch liever dijkskoppen met flauw hellende taluds.

De consolidatie in phase III zal bij gebruik van doorlaatcaissons eenvoudiger zijn dan bij een sluiting met gesloten caissons (fig. 4), omdat bij doorlaatcaissons vóór de sluiting maatregelen tegen onderloopsheid kunnen worden getroffen door bezinkingen en/of steenstortingen langs teen en hiel van de caissons.

Phase IV zal bij de Oosterscheldeafsluiting, met het oog op de grote hoeveelheden zand die moeten worden verwerkt (zie tabel V), over meer werkseizoenen verlopen. Het lijkt aanbevelenswaardig om zich in het eerste seizoen aan de zeezijde te beperken tot maatregelen ter vermindering van de golfkracht. Deze maatregelen zouden kunnen bestaan in het met zand opvullen van de diepste geulen en het aanbrengen van hulpmiddelen in de caissons, die de golfenergie geleidelijk uitputten. Het zandbedrijf ware voor het overige aan de boezemzijde te concentreren.

Afgezien van de voorbereiding op papier, wordt voor de Oosterschelde-afsluiting de tijd die nodig is voor de phase I, II en III geschat op 7 à 8 jaar; in de daarop volgende twee jaren kan de dijk voltooid zijn.

Daar in lit. 13 de werking van de doorlaatcaissons uitvoerig werd beschreven, wordt daarop nu niet verder ingegaan; wel moge nog een enkel woord worden gezegd over de wel eens geuite gedachte, de caissons zodanig in het sluitgat te plaatsen, dat terugwinning van deze caissons mogelijk zou zijn, nadat de dijk gesloten is.

In het algemeen blijkt een dergelijke opzet niet lonend, als gevolg van de kosten die aan extra-voorzieningen moeten worden uitgegeven, n.l.:

- a. meer uitbaggeren;
- b. vergroting van de bezinking;
- c. twee dwarsdammen tussen de dijksvakken en het sluitgat;
- d. kosten van het „uitpakken” en lichten van de caissons;
- e. zwaardere uitvoering van de caissons.

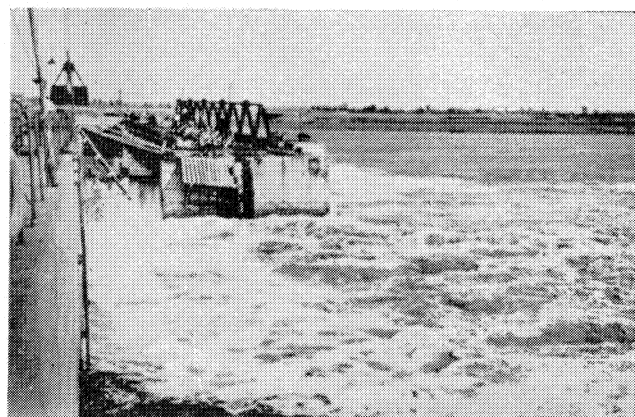


Fig. 4. Lekstromen (bij vloed) onder de caissons na de sluiting van de Braakman.

Daar komt nog bij dat reeds bij een eerste oriënterende studie blijkt, dat in het geval van het Deltaplan het aantal caissons dat, gelet op de voorkomende drempeldiepten in de sluitgaten voor een tweemaal gebruik in aanmerking zou komen, gering is.

Tenslotte zou men bij het verwijderen van de caissons afstand doen van het niet te onderschatten voordeel, dat een betonnen kern in de dijk biedt als middel tegen het ontstaan van stroomgaten in geval van een calamiteit.

6. De afmetingen van een sluitgat

De afmetingen van een sluitgat worden door twee factoren bepaald:

- a. door de max. hoeveelheid water, die gedurende een maatgevend getij het sluitgat moet kunnen passeren, ten einde een te groot verval in het sluitgat te voorkomen;
- b. door de voor zulk een geval nog toelaatbaar geachte max. stroomsnelheid.

Fig. 5 geeft een vergelijking tussen de getijlijn van de stormvloed van 1 Februari 1953 en de getijlijn van de (veel minder bekende) stormvloed van 7 April 1943. Laatstgenoemde storm blijkt voor de berekening van het

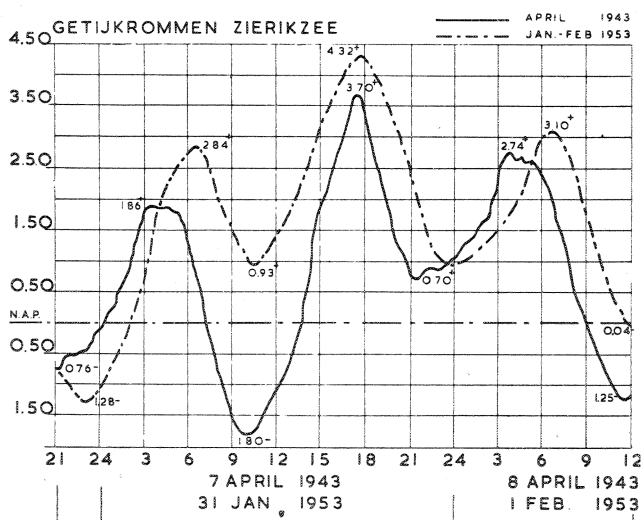


Fig. 5. De getijlijn van de S.V. van Februari 1953 vergeleken met die van de S.V. van 7 April 1943; deze laatste stormvloed is in verband met zijn steilheid maatgevend gebleken voor de berekening van de sluitgaten.

sluitgat voor de Oosterschelde c.a. maatgevend te zijn. Het karakteristieke van deze getijlijn is, de steilheid als gevolg van het grote getijverschil (5,50 m) tussen laagwater en het daarop onmiddellijk volgende hoogwater.

In tabel V worden enkele voorlopige gegevens verstrekt over de ontworpen sluitgaten voor Veregat en Oosterschelde (nabij Burghsluis):

TABEL V

Omschrijving van het gegeven	Veregat	Oosterschelde
Totale lengte v. h. sluitgat, resp. sluitgaten op N.A.P. gereed voor overwinteren zonder doorlaatcaissons	620 m	3700 m
Drempel diepte van idem	10 m —N.A.P.	15 m —N.A.P.
Oppervlakte van het natte profiel beneden N.A.P.	5.800 m ² 75 % ⁴⁾	55.000 m ² 60 % ⁴⁾
Totale lengte van de in het sluitgat (resp. sluitgaten) te plaatsen caissonreeks	460 m	3500 m
Oppervlakte van het natte profiel van de caissonreeks beneden N.A.P.	2400 m ² 32 % ⁴⁾	32.000 m ² 35 % ⁴⁾

7. De vormgeving van een sluitgat

De vormgeving van een sluitgat hangt vooral samen met de wens om aantasting van de bodemverdediging, c.q. de bodem te vermijden. Een studie van het stroombeeld in een sluitgat en van de wijze, waarop men dat stroombeeld gunstig kan beïnvloeden, vormt het uitgangspunt om tot een juiste vormgeving van het sluitgat te geraken.

Voor het stroombeeld (fig. 6a, b en c) in een *nauw* sluitgat zijn karakteristiek:

- de stroomwig;
- de wervelstraten, welke de stroomwig aan weerskanten begrenzen;
- de randneren, welke aan weerszijden van de stroomwig ontstaan.

Bij een breed sluitgat vertoont het stroombeeld in beginsel dezelfde elementen (fig. 7); de scherpe begrenzingen van de stroomwig die door de randen van het sluitgat worden veroorzaakt, strekken zich uiteraard niet verder van het stroomgat uit dan bij het nauwe sluitgat, zodat bij een breed sluitgat de top van de stroomwig verdwijnt.

In fig. 8 is ter vergelijking afgedrukt een foto van een neer, zoals deze ontstaat bij de uitstroming van de IJsel in het IJsselmeer.

Bij een ongunstige verhouding tussen drempeldiepte en verval kan zich nabij het sluitgat een stroombeeld met een *duikende straal* ontwikkelen (fig. 9b en c); met het oog op het behoud van de bodembescherming is dat een ongewenst stroombeeld.

Met het voorgaande is een sterk geschematiseerd beeld gegeven van het stroombeeld; in werkelijkheid wordt het door het optreden van turbulentie en compensatiestromen veel ingewikkelder. Intussen kan het geschematiseerde beeld zeer wel dienen als uitgangspunt voor de bestudering van de vormgeving van het sluitgat met omgeving.

⁴⁾ % van het totaal oppervlak van het niet vernauwde profiel van het zeegat beneden N.A.P.

Bij de sluitgaten voor de diepe geulen in het Delta-gebied is de verhouding tussen drempeldiepte en verval zodanig, dat voor het optreden van een duikende straal (fig. 9, midden en onder) geen vrees behoeft te bestaan; in het algemeen zal dus een stroombeeld optreden volgens fig. 9, boven. Wordt de helling van de steenbestorting langs de voet van de doorlaatcaisson steiler dan ongeveer 1 : 5, dan moet verwacht worden dat bodemneren zullen ontstaan, die misschien een geringe teruggang van de capaciteit van het sluitgat zullen veroorzaken, doch overigens op de bodemsnelheid eerder een gunstige dan een ongunstige invloed zullen hebben.

Bij de vormgeving van de bodem met bodembescherming onmiddellijk buiten de caissons, wordt er naar gestreefd de kinetische energie van het water in de doorstromingsopeningen na het verlaten van die openingen over een zo kort mogelijk traject te verdelen over een zo groot mogelijke watermassa, zodat op korte afstand van de caissons de bodemsnelheid zo gering zal worden, dat aantasting van de bodem daar niet meer plaats vindt en derhalve dáár geen (kostbare) bodemverdediging meer behoeft te worden aangebracht; daar ter plaatse is de bodemsnelheid dus wederom aangepast aan het bodem-materiaal.

In fig. 10a, b en c, zijn achtereenvolgens aangegeven:

- een situatie zonder verdieping van de bodem naast de doorlaatcaisson. Daarbij wordt dus niet voldaan aan de hierboven gestelde eis; de bodemverdediging verkeert in een kwetsbare positie, vooral omdat de stroomsnelheid als gevolg van de constant blijvende diepte maar langzaam vermindert en de kans groot is, dat ondanks de grote lengte van de bezinking, aan het uiteinde of midden in de bodembescherming ontgroningen ontstaan, die tot terugschrijdende erosie (gevaarlijk wanneer deze optreedt in de richting van de caisson!) kunnen leiden.
- een situatie waarbij de bodem is verdiept, hetzij door baggeren, hetzij door het in beperkte mate toelaten van erosie alvorens tot verdediging wordt overgegaan;
- een situatie zoals deze zich zal voordoen bij de diepe geulen van de Oosterschelde.

In het Veregat, waar zich zonder extra-maatregelen een situatie volgens fig. 10a zou voordoen, zal worden gestreefd naar een bodemprofiel volgens fig. 10b.

De ervaringen bij de afsluiting van de Zuiderzee hebben doen zien dat, waar hoge beteugelingsdammen (10 m) voorkwamen, ondanks een zeer smalle bezinking langs de teen van deze dammen geen of nagenoeg geen uitschuring optrad (lit. 5).

Vergelijkende studies, waarbij o.m. gebruik werd gemaakt van de uitschuringen, welke zich hebben voorgedaan bij de spuisluizen te Den Oever (fig. 11), geven een indruk van de orde van grootte van de verdiepingen, die maximaal kunnen worden verwacht bij Veregat en Oosterschelde, resp. 25 en 45 m —N.A.P. Bij deze studies is gebruik gemaakt van de regel: $v \times d = v_1 \times d_1$, waarin:

v = de max. stroomsnelheid die in de doorlaatcaisson kan worden verwacht.

d = de hoogte van de watermassa boven de caisson-drempel.

v_1 = een gemiddelde stroomsnelheid, waarbij de ligging van de niet verdedigde bodem om een evenwichtstoestand zal slingeren; deze snelheid ligt voor de omstandigheden, welke hier beschouwd worden tussen 0,70 en 0,80 m/sec.

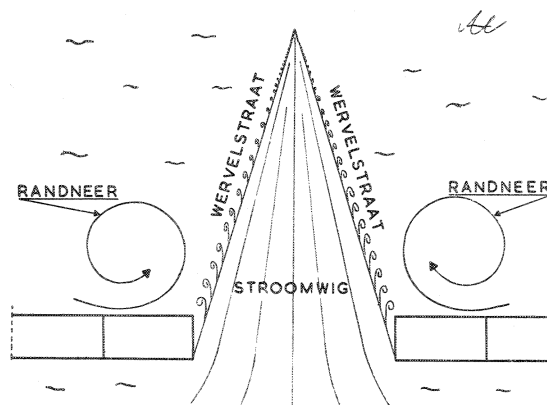
d_1 = de max. diepte van de te verwachten uitschuring.

Fig. 6. Het stroombeeld in een nauw sluitgat.

boven: Schema met stroomwig, wervelstraten en randneren.

midden: Rustig stroombeeld bij een zorgvuldig ontworpen sluitgat. (Sluiting van de Braakman 1952).

onder: Hevige turbulentie in een geïmproviseerd sluitgat in het Watersnoodgebied 1953 (Klompengemaal bij Schelphoek).



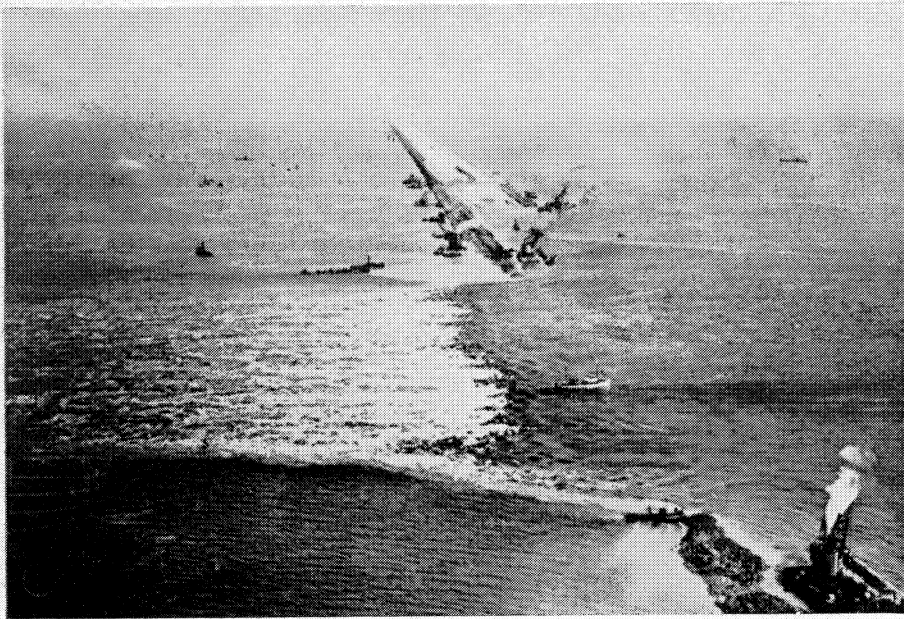


Fig. 7. Stroombeeld in een breed sluitgat. Sluitgat bij de Middelgronden in de Afsluitdijk van de voormalige Zuiderzee.

Voor de spuisluisen te Den Oever gelden de volgende gegevens:

- a. drempeldiepte (d): 4,40 m —N.A.P.
- b. diepste punt van uitschuring (d_1): 35 m —N.A.P.
- c. max. voorkomende spuiroomsnelheid (v): 5,50 m/sec.
- e. daaruit volgt: $v_1 =$ 0,70 m/sec.
- f. de uitschuring was in evenwicht na ongeveer 800 à 1000 spuiingen.
- g. het talud van de uitschuring bedraagt ongeveer: 1 : 6.

De voorgaande beschouwing over de vormgeving van het sluitgat heeft zich beperkt tot de vormgeving van het lengteprofiel. De ervaring heeft intussen geleerd, dat de meest bedreigde punten van een sluitgat de bodemdeelten zijn nabij de zijanten van het sluitgat; het zijn de punten, die aan de uiteinden van de basis van de stroomwig liggen. Daar ter plaatse zijn de wervels het krachtigst ontwikkeld en kunnen zij diepe ontgravingen veroorzaken; men noemt dit verschijnsel het *kopeffect*. Bij de sluiting van de geulen in de Afsluitdijk van de Zuiderzee heeft dit kopeffect bij het nauwer worden van de sluitgaten een enkele maal verdiepingen tot 28 m —N.A.P. veroorzaakt. Door het regelmatig vooruitbouwen van de dijkskoppen in de sluitgaten van de Afsluitdijk nam het kopeffect als regel geen gevaarlijke vormen aan, omdat de verdiepingen die eventueel ontstonden geen tijd hadden zich voldoende te ontwikkelen en zich bovendien bij het voortschrijden van de dijksbouw

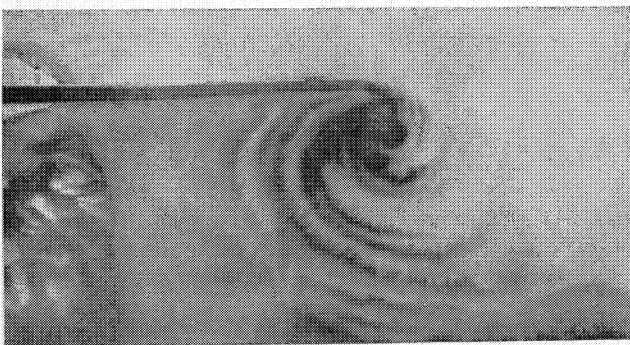


Fig. 8. Een neer ontstaat bij de uitstroming van de IJssel in het IJsselmeer.

achter de hand vanzelf weer opvullen. Bij de sluitgaten in de Delta doet zich weliswaar de ongunstige omstandigheid voor, dat de zijbegrenzings van de gereedgekomen sluitgaten een jaar of soms meer moeten overliggen, zodat het kopeffect bij voortdurende op dezelfde plaats zijn inwerking doet gevoelen, doch daar staat tegenover, dat de optredende stroomsnelheden laag zullen zijn. Er staan

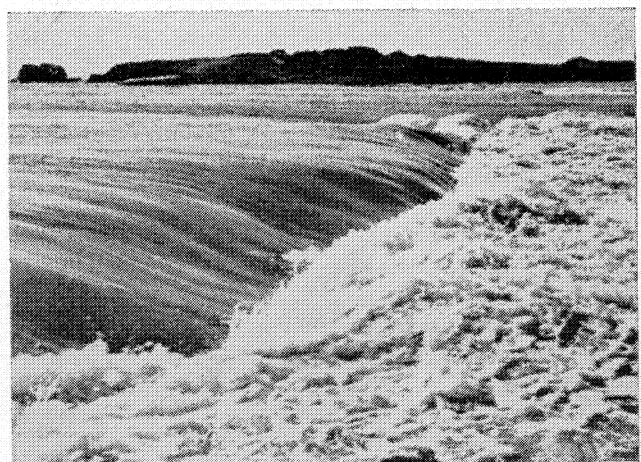
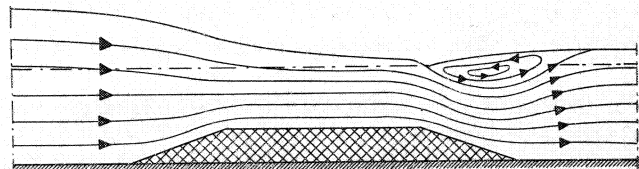
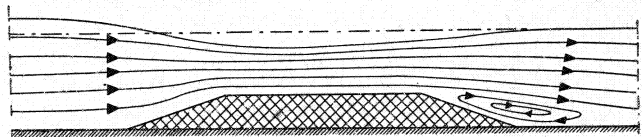


Fig. 9. Verschillende stroombeelden:
 boven: Niet-duikende straal met grondneer.
 midden: Duikende straal met oppervlakteneer.
 onder: Duikende straal in het sluitgat bij de Nollerdijk (Walcheren 1944).

Fig. 10. Vergelijking van een drietal lengteprofielen in een sluitgat.

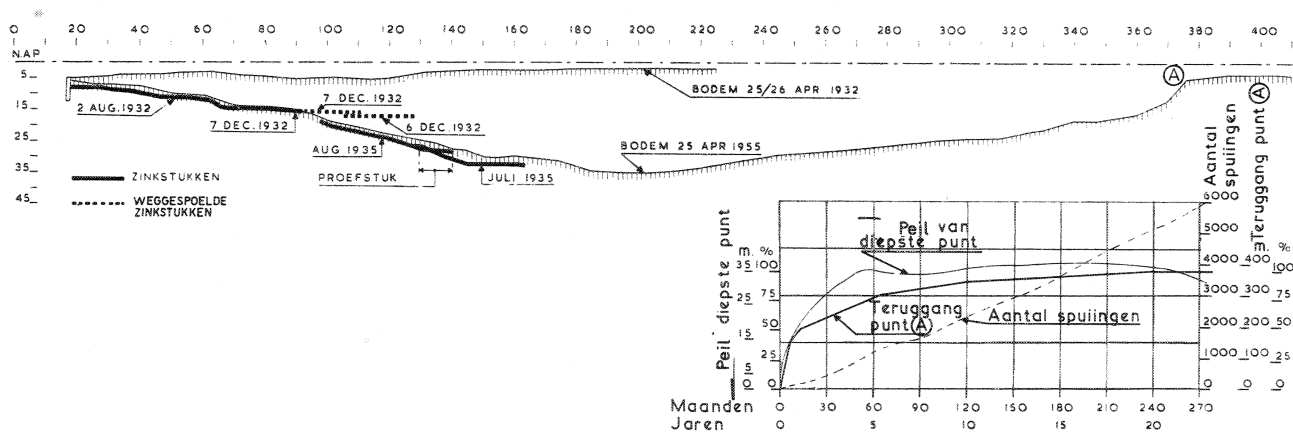
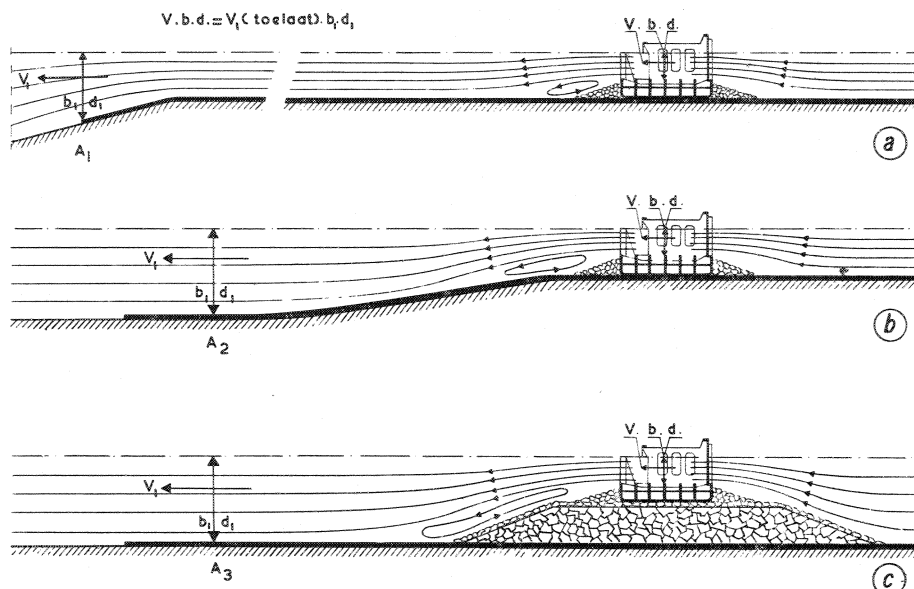


Fig. 11. Gegevens over de opgetreden ontgravingen bij de uitwateringssluizen te Den Oever.

ons bovendien drie maatregelen ter beschikking om het kopeffect te bestrijden:

- Bijzondere voorzieningen aan de bodembescherming in de nabijheid van de zijkanten van de sluitgaten;
- een geleidelijke vermindering van de drempeldiepte in het midden van het sluitgat naar de zijkanten; dat kan b.v. bereikt worden door het plaatsen van één of meer betonschotten in die openingen (fig. 12);
- stroomlijnvormig bewerken van de zijkanten van de laatste doorlaatopeningen van de eindcaissons.

In verband met de afsluitmiddelen in de caissons zal de onder c. genoemde maatregel vermoedelijk alléén kunnen worden toegepast aan de zeezijde van de caissons. Het is in dit verband een gelukkige omstandigheid, dat niet de vloed, doch de ebstroom meestal de grootste stroomsnelheden geeft. Als onderdeel van de stroomlijning van de zijkanten van de doorlaatcaissons zou men nog kunnen denken aan het aanbrengen van geleidingswerken buiten de doorlaatcaissons.

Er moet aan het kopeffect vooral aandacht worden besteed, omdat het zeer wel mogelijk is (onderzoekingen zullen terzake nog worden verricht) dat dit verschijnsel bij toenemende diepte van de in beweging zijnde watermassa's ook krachtiger en daardoor gevaarlijker wordt;

in dit verband is vooral de onder b. genoemde maatregel van belang.

8. De bodembescherming

Het klassieke zinkstuk zal bij de uit te voeren afsluitingen ongetwijfeld nog veelvuldig worden gebruikt, doch voor de Oosterschelde-afsluiting, waar de bodembezinking drie tot zeven jaar in stromend water intact moet blijven, zal het zinkstuk van rijshout met het oog op het paalwormgevaar slechts in beperkte mate bruikbaar zijn. Er moge in dit verband aan worden herinnerd, dat bij de uitvoering van de Afsluitdijk gebleken is, dat de in 1929 in het sluitgat van de Middelgronden gelegde zinkstukken in 1931 reeds zodanig door het zeewater waren aangetast, vooral voor wat betreft het touw- en ijzerwerk, dat men het raadzaam achtte de sluiting één jaar te vervroegen. De aantasting door de paalworm was wel aanwezig, doch na 1 jaar nog niet desastreus. Met betrekking tot het gedrag van zinkstukken zijn ook van belang de onderzoeken die in 1936 door de directie Noordholland van de Rijkswaterstaat nabij Texel werden uitgevoerd. Enkele conclusies waartoe dit onderzoek heeft geleid, zijn de volgende:

- Paalworm (teredo navalis) wordt in de Texelstroom aangetroffen op een diepte van 30 m — N.A.P. (± 29 m — G.L.W.).

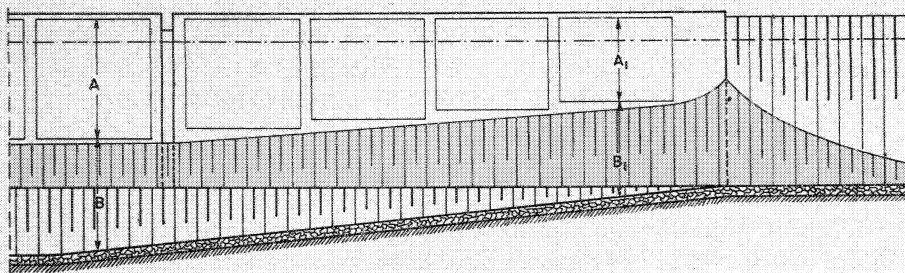


Fig. 12. Naar de zijkanten geleidelijk afnemende drempeldiepten van de openingen in de doorlaatcaissons, ten einde de ontwikkeling van de wervelstraten enigszins te onderdrukken.

- b. Niet door zand of slib bedekte rijsmaterialen (rijshout, palen, latten, slieten, enz.) worden binnen korte tijd sterk door paalworm aangetast, die in één jaar een lengte van 0,25 m en in twee jaren een lengte van 0,40 m kunnen bereiken.
- c. Riet wordt *niet* door paalworm aangetast en is beter geschikt tot vasthouden van slib en zand dan rijshout.
- d. Bij zinkstukken, welke in het gebied van de paalworm aan de grond moeten worden gebracht, behoort voor de vulling, in plaats van rijshout, riet te worden gebezigd, met toepassing van een dunne onderlaag van rijshout in de afmetingen van Gelders rijt.
- e. Van de verbindingsmiddelen, die voor de proefwiep werden gebruikt, was het in de wiep ingesloten sjoringtouw vrijwel vergaan; het om de proefwiep aangebrachte touw bezat nagenoeg geen trekkracht meer; het gebruikte verzinkte draad was licht geroest, doch het om de wiep gewikkelde staaldraad (fijnaderige lijn, dik 20 mm) was sterk door roest aangetast en brak bij het inhalen van de proefwiep.
- f. Riet geeft aan de zinkstukken een drijfvermogen van veel langere duur dan rijshout, een omstandigheid, die van zeer veel belang is, wanneer een zinkstuk ten gevolge van ongunstig weer niet aan de grond kan worden gebracht en moet blijven liggen tot een volgende periode der „dode” getijden.

Het duiker-onderzoek deed verder allerlei onvolkomenheden van het zinkwerk aan den dag komen, die ook bij zorgvuldige uitvoering voor zinkwerk op grote diepte moeilijk zullen zijn te voorkomen (te weinig steen tussen de randen van 2 naast elkaar liggende zinkstukken, ongelijke verdeling van de steen).

Dat de veelvuldig in de Zeeuwse Wateren uitgevoerde bezinkingen zich over het algemeen goed houden is niet in tegenspraak met het voorgaande. De stroomsnelheden langs die bezinkingen zijn in de regel niet bijzonder hoog; bovendien slingeren de geulen, zodat de bezinking in vele gevallen periodiek onder het zand komt, waardoor de levensvoorwaarden voor de paalworm direct veel ongunstiger worden.

Behalve de beperkte weerstand tegen paalworm, heeft het klassieke zinkstuk het bezwaar, dat het zeer arbeidsintensief is; verder is het zeer de vraag of t.z.t. voor de uitgebreide bezinkingen in de Oosterschelde (gedacht moet worden aan een oppervlak van 2 à 3 miljoen m²) voldoende rijshout beschikbaar zal zijn.

De uitgebreidheid van de bezinking in de Oosterschelde roept nog andere vraagstukken op. Een goede controle en waar nodig een op korte termijn uit te voeren herstel, ook bij minder gunstige weersomstandigheden, is een eerste vereiste. De daarvoor nodige organisatie, uitgerust met geschikt materieel, is voor het welslagen van de plannen evenzeer nodig als de organisatie e.d. voor de feitelijke uitvoering der werken.

Met betrekking tot het ontstaan van beschadigingen of het aanwezig zijn van onvolkomenheden in de bodem-

bescherming zij nog het volgende opgemerkt. Naarmate deze fouten dichter bij de fundatie van de doorlaatcaissons zullen optreden, zullen zij een gevaarlijker karakter dragen. Dat kan aanleiding zijn om de zwaarte van de bodemverdediging, bij eenzelfde te verwachten bodemstroomsnelheid, groter te nemen, als deze bodemverdediging dichter bij de caissons is gelegen.

Bij het bestuderen van het bodembeschermingsvraagstuk wordt niet gezocht naar één universele methode; veeleer wordt het standpunt ingenomen dat naast elkaar, naar gelang van de omstandigheden, een aantal oplossingen bruikbaar en financieel verantwoord zullen blijken te zijn. Zonder al te diep in te gaan op de bruikbaarheid van de verschillende methoden wordt hieronder een opsomming gegeven van werkwijzen, waaraan gedacht wordt:

1. een zinkstuk hoofdzakelijk samengesteld uit geperste rietplaten en wiepen van riet, afgedekt met een laagje asfalt;
2. bestortingen van mijnsteen al of niet afgedekt met normale stortsteen;
3. plastic membranen afgedekt met steenachtig materiaal;
4. asfalt-matrassen;
5. matrassen van flexibel aan elkaar verbonden betonplaten;
6. impregneren van de bodem of van aangebrachte bestortingen.

Op dit moment gaat de belangstelling vooral uit naar de onder 1, 2 en 3 genoemde methoden.

Er wordt van afgezien om de ontwikkeling van deze nieuwe werkmethode op de voet te volgen; de voornaamste richtlijnen, welke, naast de eis van „stroomvastheid” bij de ontwikkeling als uitgangspunt dienen, komen op het volgende neer:

- a. de bodembedekking moet zo mogelijk volgens een continu-proces worden aangebracht; tenminste moet het aantal in het werk gevormde naden sterk worden beperkt;
- b. waar dat mogelijk is, moet het bedrijf worden gemechaniseerd;
- c. de kostprijs per m² mag naar boven toe niet in belangrijke mate afwijken van die van een klassieke bezinking;
- d. controle en herstel moeten op eenvoudige wijze kunnen geschieden.

Aanvankelijk werd gezocht in de richting van asfaltmatten. De daarvoor nodige uitgebreide en kostbare apparatuur deed voorlopig afzien van deze werkwijze.

De aandacht werd geconcentreerd op het met zo groot mogelijke nauwkeurigheid uitvoeren van steenstortingen onder water; naar gelang van de omstandigheden zal deze constructie al of niet gecombineerd worden met plastic-membranen en (of) lagen mijnsteen. De betekenis van een plastic-membraan bij een bodemverdediging wordt

is tegen het daarop aanbrengen van steenstoringen. Bij een inspectie na $\frac{1}{2}$ jaar vertoonde het membraan een aantal kleine beschadigingen, waarvan de aard nog niet met zekerheid kan worden vastgesteld. Deze beschadigingen waren echter niet van dien aard, dat daardoor de functie van het membraan zijn betekenis verloor.

Er zijn voorts met succes proeven uitgevoerd met zinkstukken die voor het grootste deel waren samengesteld uit rietplaten.

9. De plaats van de afsluitdammen in de zeegaten

- De overwegingen, welke gelden voor de vaststelling van de afsluitdammen, zullen uiteraard voor ieder van die dammen, naar gelang van de omstandigheden, in meer of mindere mate verschillen. Ten aanzien van de ligging van de dam door het *Brouwershavense Gat* worden hieronder enkele beschouwingen gegeven.

In het waterbouwkundig laboratorium te Delft wordt thans met behulp van modelproeven een onderzoek ingesteld naar de gedragingen van steenstortingen in stromend water. Men stelt zich voor, daarnaast met een geïmproviseerd stortschip op ware grootte stortproeven te nemen.

Bij de beoordeling van de tracé's speelt mede een rol het onderzoek naar het aantal dagen, dat in een bepaald gebied over werkbaar weer kan worden beschikt. Dat aantal dagen wordt enerzijds bepaald door de optredende golven, terwijl anderzijds de aard van het materieel en

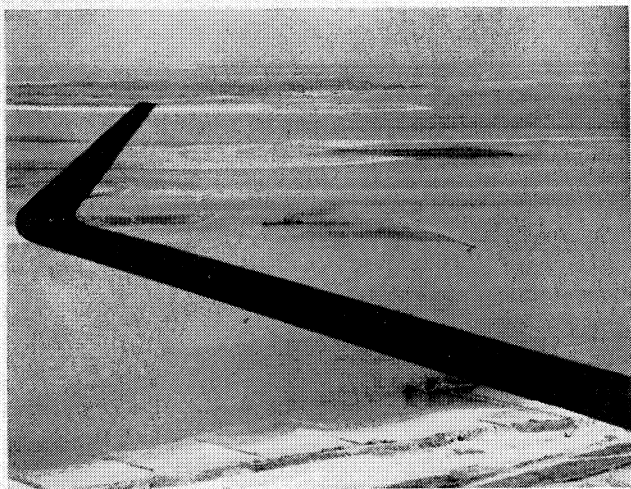


Fig. 14. Luchtfoto van het Brouwershavense gat met ingetekende afsluitdam.

de aan dat materieel te treffen voorzieningen een belangrijke invloed op het aantal werkbare dagen kunnen hebben.

Door het uitvoeren van golfwaarnemingen in verschillende tracé's en door de statistische verwerking van deze waarnemingen, kan een juiste tracé-keuze worden bevorderd. Dit onderdeel van het onderzoek wordt door Rijkswaterstaat verricht.

Daarnaast zal het vooral een taak van de aannemers zijn, zich te bezinnen op maatregelen om het materieel ook bij heviger golfbeweging dan tot nog toe gebruikelijk was, in bedrijf te kunnen houden. Een onderzoek ingesteld gedurende de maanden Juli t/m September 1954 bij de uitvoering van een duinverzwaring aan de Zoute Haard (fig. 14), waarbij een winzuiger, een perszuiger en enkele bakken met sleepboot te werk waren gesteld, leverde het resultaat op dat het vervoer van de specie het criterium bleek te zijn, dat bepaalde of al dan niet kon worden doorgewaterd.

10. Plaatsbepaling in de Delta

Ten behoeve van de tienduizend metingen en ten be-

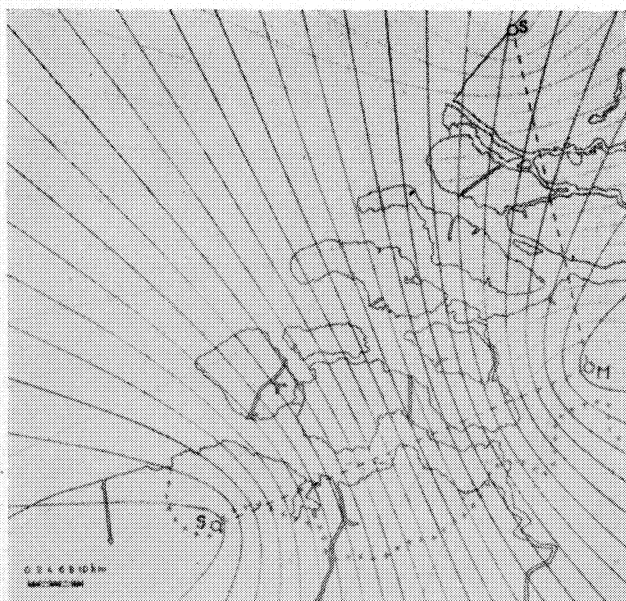


Fig. 15. Een voor het Deltagebied ontworpen Decca-net.

hoeve van de uitvoering der werken is het gewenst te kunnen beschikken over moderne oriënteringsmiddelen, die het mogelijk maken om ook bij minder goed zicht de werkzaamheden in de brede zeearmen te kunnen voortzetten.

In studie is genomen de inrichting van een Decca-installatie (Decca Survey System) zoals deze in het buitenland in gebruik is voor cartografische en hydrografische doeleinden. Deze installatie bestaande uit drie radiozenders, t.w. een hoofdstation (master = M) en twee hulpstations (slaves = S) resp. op te richten nabij Roosendaal, Scheveningen en Aardenburg (fig. 15).

In beginsel werkt dit Decca-systeem als volgt:

De drie zenders zenden een continue ongemoduleerde golf uit. Doordat de „Master” en één „Slave” op dezelfde golflengte werken en de uitgezonden golven in de zenders

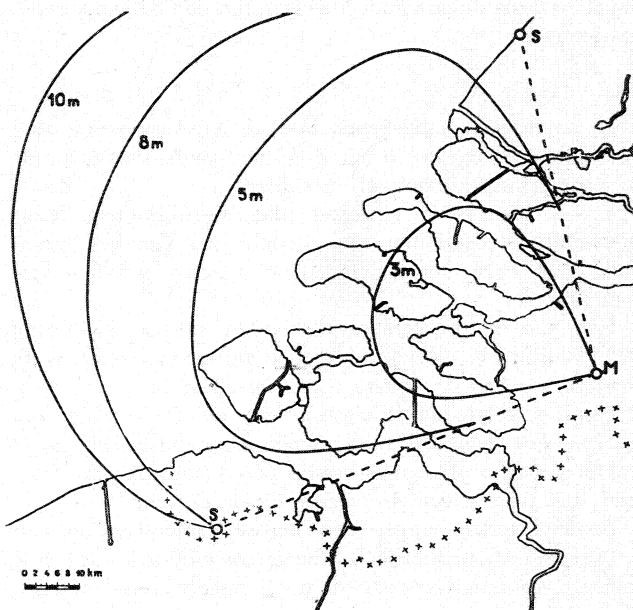


Fig. 16. De mogelijke afwijkingen in de plaatsbepalingen bij gebruik van het Decca-systeem.

gelijktijdig in fase zijn, ontstaat in het gebied rondom de zenders een stelsel punten waarin het faseverschil met de door de zenders uitgezonden golven nul is. De meetkundige plaats van deze punten is een stelsel confocale hyperbolen met de zenders als brandpunten. De stroken tussen deze nul-hyperbolen, die op de verbindinglijn tussen de twee zenders een breedte hebben van telkens ± 500 m, noemt men „lanes”. Door de „master” en de andere „slave” ontstaat een tweede stel meetkundige plaatsen (nul-hyperbolen). Het is mogelijk dit hyperbolenpatroon te berekenen en in te tekenen op kaarten.

De vaartuigen die met behulp van Decca hun plaats willen bepalen, worden uitgerust met speciale radio-ontvangtoestellen, waarmee men phase-verschillen kan meten.

De ontvanger is voor ieder stel hyperbolen, resp. genoemd de rode en de groene hyperbolen, voorzien van een decometer; dat is een klok met twee wijzers, die resp. aangeven de „lane” en het lane-onderdeel waarin men zich bevindt. De corresponderende nummers vindt men terug op de kaart en daarmee is de oriëntering een feit (lit. 14 t/m 17).

Een aanvulling op deze apparatuur is de track-plotter, waarmee continu in een rechthoekig coördinatenstelsel

(waarvan de „rode” en de „groene” hyperbolen de assen vormen) de stand van de decometers kan worden opgetekend.

Men kan nu (omgekeerd te werk gaande) in het coördinatenstelsel lijnen intekenen, die overeenkomen met raaien die men wil varen. Door met het schip zo te manoeuvreren, dat de pen van de trackplotter de ingetekende lijn volgt, kan men zeer nauwkeurig iedere gewenste raai varen. Deze methode is van bijzondere waarde voor het jaarlijks uitvoeren van lodingen om de veranderingen in een geulenstelsel op de voet te kunnen volgen.

In fig. 16 is de mogelijke afwijking in de metingen aangegeven, die bij de plaatsbepaling kan optreden als gevolg van onjuistheden welke inhaerent zijn aan het systeem en de mechanische fouten in de apparatuur. Volgens de waarschijnlijkheidsrekening zal 67 % van het aantal waarnemingen nauwkeuriger zijn dan de aangegeven afwijkingen.

11. Slot

In beginsel is aangegeven hoe de Rijkswaterstaat zich voorstelt de zeegaten in het Z.W. des lands, die daarvoor in aanmerking komen, af te sluiten.

Er is voorts op gewezen, dat eigenlijk nog maar nauwelijks is begonnen aan de oplossing van het vraagstuk, hoe deze beginselen zullen moeten worden verwezenlijkt.

Eén van de problemen, verbonden aan de uitvoering der afsluitingen, die vooral veel hoofdbrekens geeft, is de *verdediging van de bodem* tegen uitschuring.

Daarop volgt het vraagstuk van de verwerking van *enorme hoeveelheden* zand in een kort tijdsbestek.

Het eerste probleem is vooral een vraagstuk van *techniek*, het tweede een *probleem van organisatie*.

Beide facetten vragen een nauwe samenwerking van ontwerper en uitvoerder. Menige moeilijkheid zal nog moeten worden overwonnen, doch ongetwijfeld zal door samenwerking van overheid, aannemers en industrie, de gestelde opgave tot een goed einde worden gebracht.

Literatuur

De afsluiting van de Zuiderzee (1932)

- [1] De Ingenieur 1923 blz. B. 65—B. 74.
- [2] Idem 1927 blz. B. 733—B. 743.
- [3] Idem 1930 blz. B. 313—B. 326.
- [4] Idem 1932 blz. B. 31—B. 33.
- [5] Idem 1933 blz. B. 54—B. 86.

De afsluiting van de Brielse Maas (1950)

- [6] De Ingenieur 1949 B. 113—B. 125.
- [7] Idem 1951 B. 47—B. 56.
- [8] Idem 1951 B. 137—145 en B. 155—164.

De afsluiting van de Braakman (1952)

- [9] De Ingenieur 1953 B. 131—B. 154.
- [10] Idem 1953 B. 155—B. 162.

Doorlaatcaissons

- [11] De Ingenieur 1930 B. 199—B. 205.
- [12] Idem 1954 B. 29—B. 34.
- [13] Idem 1956 B. 19—B. 22.

Electronische navigatiemiddelen

- [14] De Ingenieur 1947 blz. E. 135—E. 141.
- [15] Polytechnisch Tijdschrift 1949 blz. 392 b—398 b.
- [16] Hydrografische Opnamen; uitgave van het ministerie van Marine, 1952.
- [17] Shell Aviation News, Januari 1956.

Beraadslaging

Ir C. L. M. LAMBRECHTSEN VAN RITTHEM: Ik zou een vraag willen stellen over het gebruik van mijnsteen, het materiaal dat in ruimte mate in Limburg voorhanden is, al is het dan op nog betrekkelijk grote afstand van de Deltaplan-werken. Welke ervaringen heeft men er mee opgedaan? Is ze ook reeds in diep water, als in de Oosterschelde een meter of dertig bijvoorbeeld, of enkel nog in ondiep water en bij geringe stroomsnelheid toegepast?

Ir DIBBITS: Voor de beantwoording zal ik de vraag iets ruimer opvatten. Het gaat hier echter om een vrij ingewikkelde zaak; ik moet mij daarom tot enkele facetten er van beperken. Het probleem van de mijnsteen begint bij de herkomst en de winning en we hebben dan óók aan mijnsteen uit het buitenland te denken. Hieraan vast zit het vervoersprobleem. Daarna komt de verwerking en tenslotte is er de vraag: „Hoe houdt die mijnsteen zich?” Om dit laatste gaat het de heer Lambrechtsen.

De Nederlandse mijnsteen is bij het vervoer in het nadeel, omdat voor het vervoer te water het Julianakanaal onvoldoende capaciteit heeft om dit vervoer in grote kwanta op te nemen naast het normale vervoer. Daarin zou kunnen worden voorzien door het bouwen van sluizen, wat ook wel in het voornemen ligt.

Onze ervaring van de bruikbaarheid van mijnsteen gaat over langere tijd voor wat betreft kleinere stroomsnelheden en over korte tijd voor grote stroomsnelheden en golfslag. Wij verkregen daaruit de mening, dat de mijnsteen inderdaad bij deze projecten een taak kan vervullen, maar wij zoeken niet naar een universele oplossing daarmede.

Voor de bodembedekking heb ik een zestal methoden genoemd. Het is heel goed mogelijk dat methode A voor 60 %, methode B voor 20 % en nog weer een andere methode misschien voor 10 % zal worden gebruikt, en zo is het ten aanzien van de mijnsteen ook. Echter geloof ik, naar mijn persoonlijke mening, te moeten waarschuwen tegen te groot optimisme omtrent de weerstand van die mijnsteen. Wel meen ik dat er in combinatie met gewone steen zeker een plaats is voor de mijnsteen. De grote bergen mijnsteen zullen echter blijven liggen, want de dagproductie van de mijnen zou voorlopig voldoende zijn.

De mijnsteen is nog niet in diep water — b.v. ongeveer 30 meter — gebruikt. De kwestie van de snelheid is eigenlijk een vraag die aldus niet juist gesteld is, want U moet altijd snelheid en tijd bijeen tellen. We hebben daarover nog zeer onvoldoende ervaring. In dit jaar hopen we proeven te nemen in de slikken van Heen, waar we een kunstmatig eb- en vloedbekken maken met een stroomgoot, waarin we bijvoorbeeld een anderhalf jaar lang mijnsteen aan vrij sterke stromingen kunnen blootstellen.

Ir F. J. B. G. GEERS: Is er bij de constructie van de caissons rekening gehouden met voldoende weerstand tegen ijsgang?

Ir DIBBITS: Ik heb in het begin van mijn voordracht gezegd, dat mijn verhaal misschien wat prematuur is. En dit blijkt nu uit uw vraag. Want die kwestie van de ijsgang speelt ons wel door het hoofd, maar we hebben er nog geen proeven voor genomen en hebben er ook geen bepaalde mening over. Persoonlijk denk ik dat wij in staat zijn een gewapend-beton constructie te ontwerpen, die de ijsgang kan weerstaan. Maar de ijsgang gaat pas een rol spelen, wanneer men met de caissons moet overwinteren.

Bij het Veregat hebben we er geen last van, want daar zijn geen caissons geprojecteerd. En bij de Ooster-

schelde is het nog de vraag of we er met de caissons moeten overwinteren, we proberen het te voorkomen.

Want die ijsgang is inderdaad een lelijk ding. Dat hebt U kunnen merken aan hetgeen de heer De Vries over de ijsgang heeft gezegd en het enige lichtpunt dat ik er in zie is, dat die caissons in de Oosterschelde in een volledig zout milieu komen te staan.

Is er aan overwinteren niet te ontkomen, dan moeten de meteorologen ons maar vertellen wanneer er een zachte winter te verwachten is, en nemen wij dan het risico. Durven we het zo niet aan, dan zal men naar middelen moeten uitzien om de caissons werkelijk tegen ijsgang bestand te doen zijn.
