

deltawerken

augustus 1966 nummer 37



deltawerken

REDACTIE: DELTADIENST
VAN HOGENHOUCKLAAN 60,
'S-GRAVENHAGE

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

De prijs bedraagt f7,- per jaar of f2,- per nummer

A. De werken van het Deltaplan

339 De functie van de Haringvlietsluizen

348 Dijkvallen in Zeeland

353 Kunststoffen in de waterbouw

359 Het plateau en de werkweg op het strand van Voorne

363 Vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

369 De erosiegevoeligheid van bepaalde grondsoorten in de zeegaten

273 Kunstmatige verwijdering van zout water uit een diepe stroomgeul

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

377 Het sluitgat van de afsluitdijk voor de Lauwerszee

383 **Vorderingen**

De functie van de Haringvlietsluizen

De dam door het Haringvliet zal, evenals de andere grote sluitdammen in het Delta-gebied, in de allereerste plaats het binnendringen van stormvloed in de beneden-rivieren moeten tegengaan. Omdat het Haringvliet echter de hoofdafvoerweg naar zee moet blijven vormen voor het opperwater van onze grote rivieren, dient in deze dam een uitwateringssluis te worden opgenomen.

In voorgaande artikelen in het Driemaandelijks Bericht is reeds geschreven over de belangrijke betekenis die dit kunstwerk zal hebben voor de zoetwaterhuishouding van ons land.

Nederland is voor de aanvoer van water in hoofdzaak aangewezen op de Rijn en de Maas. Van dit rivierwater wordt thans slechts een klein gedeelte gebruikt voor huishoudelijke, industriële en agrarische doeleinden. Niet dat de rest in zee stroomt, zonder ons land een dienst te hebben bewezen: er is een grote hoeveelheid rivierwater vereist om de verzilting in het kustgebied te bestrijden. Ondanks de betrekkelijk grote afvoer langs de Rotterdamsche Waterweg is de zeeinvloed in de loop van de tijd steeds verder landinwaarts gedrongen, zodat het rivierwater op verschillende plaatsen ongeschikt werd voor industrie, landbouw en huishouding. Ook na de voltooiing van de Delta-werken zal een grote hoeveelheid rivierwater nodig zijn om de zee-invloed in de benedenrivieren — die nog steeds toeneemt — binnen aanvaardbare grenzen te houden. Bovendien moet rekening worden gehouden met een toeneming van de behoefte aan rivierwater voor allerlei doeleinden.

Op het ogenblik wordt meer rivierwater langs het Haringvliet naar zee afgevoerd dan langs de Rotterdamsche Waterweg. Na de voltooiing van de afsluiting van het Haringvliet behoeft bij kleine afvoeren van de rivieren niet meer water langs het Haringvliet naar zee te worden afgevoerd dan met het oog op de zoutbestrijding op het Haringvliet nodig is, zodat dan in beginsel een groter deel van de rivierafvoer aan andere doelen dienstbaar kan worden gemaakt.

Na het gereedkomen van de kanalisatie van de Nederrijn-Lek, waardoor de afvoer van de Lek bij kleine Rijnafvoeren zal worden verminderd ten gunste van de afvoer langs de Geldersche IJssel, zal voorts met behulp van de Haringvlietsluizen de afvoer van de Oude Maas en de Noord worden vergroot. Door deze manoeuvre, en ook door voeding via het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal, wordt de invloed van de geringere Lek-afvoer gecompenseerd.

Bij grotere afvoeren zal de afvoer langs de Nederrijn-Lek weer toenemen. De afvoer langs de Noord kan dan met het oog op de beperking van de stroomsnelheden geleidelijk worden verminderd door de uitwateringssluizen in het Haringvliet gedeeltelijk te openen. Hierbij zal dan tevens rekening dienen te worden gehouden met de vereiste aanvoer van rivierwater naar het Zeeuwse Meer.

In dit artikel zullen enkele aspecten van de regeling van de afvoer door de Haringvliet-sluizen worden behandeld.

Het lozen met de Haringvlietssluizen

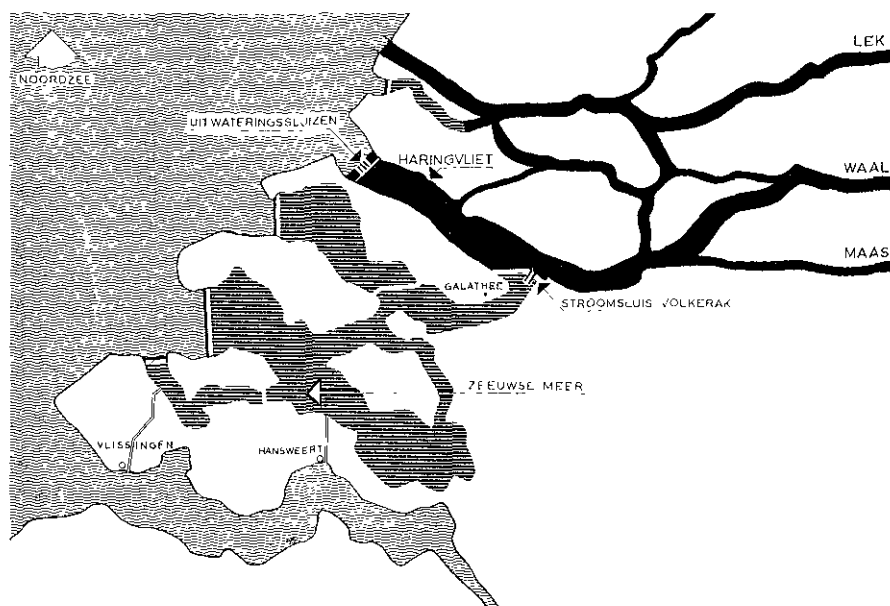
We beperken ons eerst tot situaties met een normale getijbeweging in zee. De gemiddelde waterstand in zee is dan ongeveer N.A.P., het hoogwater aan de zeezijde van de Haringvlietssluizen ruim 1 m boven N.A.P. en het laagwater ongeveer 0,75 m beneden N.A.P.

Het sluizencomplex heeft 17 afvoeropeningen van 56,5 m breed, met een drempeldiepte van 5,50 m beneden N.A.P. Elke opening kan worden afgesloten door twee stalen segmentschuiven.

Bij lage Rijnafoeren zullen de afvoeropeningen steeds gesloten zijn. Wordt de Rijn-afvoer zo groot dat een hoeveelheid oppervlaktewater door de sluizen mag worden geloosd, dan gaat men als volgt te werk.

Tijdens de daling van de zeestand van hoog- naar laagwater zal men de schuiven tot een bepaalde hoogte heffen, als de buitenwaterstand is gedaald tot iets beneden de binnenwaterstand. Het water begint dan door de afvoeropeningen naar zee te stromen. De stroomsnelheid door de sluis neemt toe tot een maximum – bij laagwater – en neemt

De waterloopkundige situatie in het Deltagebied na de voltooiing van de Deltawerken



daarna weer af als gevolg van het intreden van de vloed. De schuiven worden weer neergelaten op het moment dat het water niet meer naar buiten kan stromen. Dit is het geval zodra de buitenwaterstand is gerezen tot ongeveer het niveau van de binnenwaterstand.

Gedurende de ebperiode daalt de binnenwaterstand over een bepaalde hoogte, afhankelijk van de afvoeropening, dus de hefhoogte van de schuiven. In het algemeen zal men manipulaties met de schuiven gedurende het lozen vermijden.

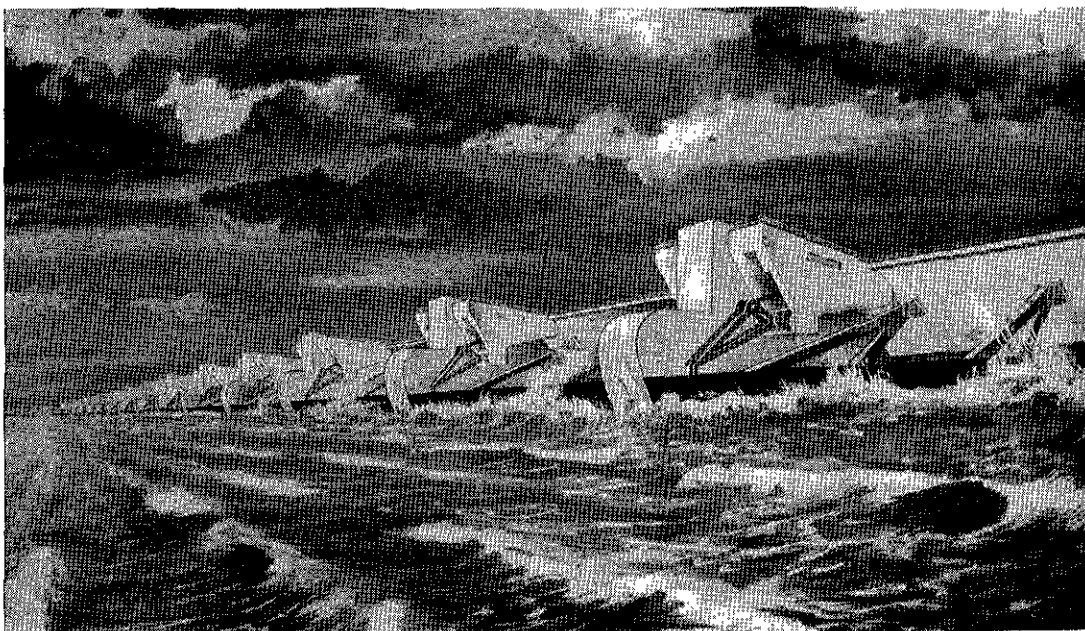
Om de gewenste afvoerverdeling in het stelsel van benedenrivieren, gebaseerd op de hierboven besproken criteria, te verkrijgen, werd op grond van de uitkomsten van modelonderzoek een verband vastgesteld tussen de afvoer van de Rijn en de in te stellen afvoeropening van de Haringvlietsluizen. Het uit dit verband volgende 'sluisprogramma' houdt dus in, dat bij een bepaalde afvoer van de Rijn tijdens eb wordt geloosd met een daaraan beantwoordende sluisopening.

Bij het modelonderzoek werd uitgegaan van een zeker verband tussen de grootte van de afvoeren van Rijn en Maas dat werd vastgesteld op grond van een statistische analyse van deze afvoeren. Bij een bepaalde afvoer van de Rijn behoort volgens deze analyse een bepaalde afvoer van de Maas. Deze bijzonderheid is overigens van geringe invloed daar de afvoer van de Maas klein is in verhouding tot die van de Rijn, die hier dan ook geheel maatgevend is.

Verder werd bij het onderzoek voorlopig een gemiddelde getijbeweging in zee aangenomen. De afwijkingen in de afvoerverdeling die het gevolg kunnen zijn van de variatie van het astronomisch getij, zijn dus niet in rekening gebracht.

Het is intussen zeer wel mogelijk om een sluisprogramma op te stellen, waarbij met de variaties in de Maasafvoer en in het astronomisch getij wel rekening wordt gehouden, door

Schets van het toekomstig aanzicht van de Haringvlietsluizen



correcties toe te passen op het sluisprogramma, dat de afvoerdeling reeds in hoofdzaak bepaalt.

Zou bijvoorbeeld de Maasafvoer lager zijn dan waarmee bij het vaststellen van het programma werd gerekend, dan zou men met een iets kleinere sluisopening kunnen lozen dan volgens het normale programma, teneinde de gewenste afvoer langs de Rotterdamsche Waterweg te kunnen handhaven.

Wat de variatie van het astronomisch getij betreft hebben we vooral te maken met het variëren van de getij-amplitude, dat wil zeggen het verschil tussen hoog- en laagwater, van een maximum (springtij) via een minimum (doodtij) naar het volgende maximum, met een periode van circa 14 dagen.

Bij springtij is het laagwater aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen globaal 10 cm lager dan bij doottij. Bij een zelfde afvoeropening zal dus bij springtij de afvoer door de sluizen groter zijn dan bij doottij.

Ten opzichte van het gemiddeld getij is het verschil in laagwaterstand bij doottij en springtij gemiddeld dus slechts ongeveer 5 cm aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen. Baseren we het sluisprogramma op een gemiddeld getij, dan zal de variatie in de afvoer door de sluizen, tengevolge van de afwisseling van spring- en doottij al betrekkelijk gering zijn. Door kleine correcties op de sluisopening kan deze variatie desnoods geheel opgeheven worden.

Wel moet bedacht worden, dat tijdens lage Rijnafvoeren de Haringvlietsluizen steeds gesloten zullen blijven, zodat dan de afvoer naar zee niet wordt verdeeld, maar in zijn geheel via de Rotterdamsche Waterweg plaatsvindt. Correcties op het sluisprogramma voor afwijkingen in de Maasafvoer en het getij komen onder die omstandigheden niet in aanmerking.

De verhogingen, en in mindere mate de verlagingen van de zeestanden door invloed van meteorologische factoren, zijn van veel meer betekenis

Het lozen bij verhoging en verlaging van de zeestanden

Tenzij anders vermeld, gaan we er van uit dat het normale sluisprogramma wordt aangehouden, ook tijdens perioden met verhoging of verlaging van de zeestanden, zodat met deze afwijking geen rekening wordt gehouden bij het kiezen van de sluisopening.

Als er geen meteorologische invloeden in het spel zijn, hebben we in zee te maken met een getijbeweging die alleen veroorzaakt wordt door de astronomische omstandigheden. De waterstanden schommelen dan met een periode van 12 u 25 min om een gemiddelde dat ongeveer op N.A.P. ligt.

Als gevolg van krachtige westelijke of oostelijke wind boven het Noordzeegebied zal de zeestand, gemiddeld over één getijperiode, aanmerkelijk kunnen afwijken van het langdurig gemiddelde. Westelijke winden veroorzaken een verhoging, oostelijke winden een verlaging van de zeestanden bij de kust. Door deze afwijkingen kunnen variaties optreden in de afvoer door de Haringvlietsluizen en de Rotterdamsche Waterweg, en wel groter naarmate de afwijkingen toenemen.

Bij verlaging van de zeestanden kan men altijd de gewenste afvoer door de sluizen verwezenlijken, maar bij sterke verhoging zal het kunnen voorkomen dat de afvoer tijdelijk minder is dan beoogd. De afvoer kan zelfs nihil worden, namelijk in gevallen waarin een zo grote verhoging optreedt, dat de buitenwaterstand gedurende een volledige getijperiode hoger is dan de binnenwaterstand.

Stel dat we een situatie hebben met normale zeestanden, dus zonder windinvloed, en een

afvoer van Rijn en Maas die zo groot is dat tijdens de ebperiode door de Haringvliet-sluizen wordt geloosd. Steekt nu vervolgens een krachtige oostelijke wind op, dan kan de – per getijperiode gemiddelde – zeestand in twee dagen dalen tot bijvoorbeeld 1 m beneden de normale waarde. Tijdens deze daling zal in de ebperiode meer water door de Rotterdamsche Waterweg en de Haringvliet-sluizen naar zee stromen dan normaal, als gevolg van de lagere laagwaterstanden in zee. De waterstanden in het Haringvliet dalen daardoor natuurlijk ook beneden het normale niveau.

Deze daling gaat sneller naarmate de afvoer per getij door de sluisen groter is. Zijn de afvoeren van de Rijn en de Maas zo hoog, dat met de maximale sluisopening wordt geloosd, dus met geheel geheven schuiven, dan vindt de daling van de waterstanden in het Haringvliet met vrijwel dezelfde snelheid plaats als die in zee.

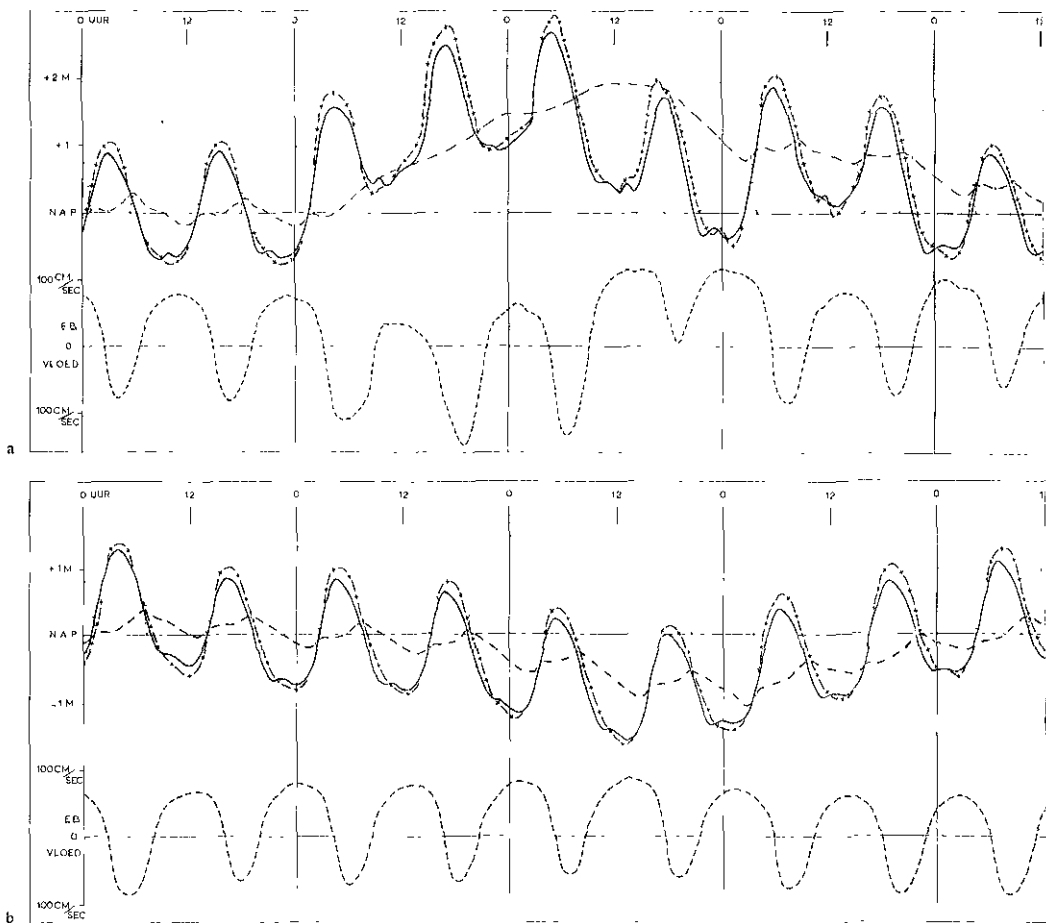
Zijn de rivierafvoeren zo klein, dat de afvoer door de sluisen slechts gering is, dan zal *de snelheid van daling van de binnenwaterstanden ook klein zijn, als gevolg van de beperkte afvoercapaciteit van het Spui en de Dordtse Kil*. De afvoer van het water van het Haringvliet in het Hollandsch Diep moet dan via deze tussenrivieren plaatsvinden in de richting van de Rotterdamsche Waterweg.

Na de maximale verlaging vindt gedurende de stijging van de gemiddelde zeestand tot het normale niveau het tegengestelde plaats van wat zich tijdens de daling afspeelt. De waterstandsverschillen tussen zee- en rivierzijde van de sluisen worden dan tijdens de eb tijdelijk kleiner, zodat de sluisafvoer afneemt. Evenzo neemt de oppervlaktewaterafvoer door de Rotterdamsche Waterweg af, wat tot uiting komt in grotere vloedstromen en kleinere ebstromen. De waterstanden op het Haringvliet stijgen ook weer tot het normale niveau, waarna de situatie weer gelijk is aan die waarvan we uitgingen.

Bij verhoging van de zeestanden gebeurt iets dergelijks. Bij rijzing van de zeestand boven het normale peil nemen de afvoeren naar zee af en stijgt de waterstand in het Haringvliet. Daalt de zeestand na het bereiken van de maximale hoogte weer, dan neemt de afvoer naar zee weer toe tot een normale toestand is bereikt.

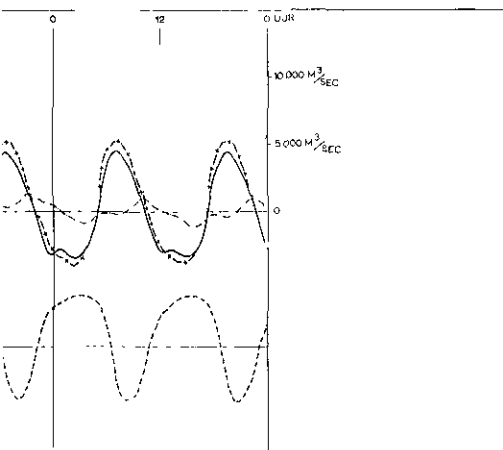
Men zou nu de vraag kunnen stellen of er aanleiding is tijdens belangrijke afwijkingen van het normale getijverloop op zee wijzigingen aan te brengen in het gewone sluis-programma, dat alleen is afgestemd op de Rijnafvoer.

Met het oog hierop werd naar het effect van verhogingen en verlagingen van de zeestand op de waterbeweging in de benedenrivieren een onderzoek verricht in het elektrisch model van dit rivierenstelsel, de zogenaamde Deltar. Dit model werd reeds besproken in het *Driemaandelijks Bericht nr. 18 (november 1961)*, zodat wij daarnaar kunnen verwijzen. De Deltar is een nabootsing van het gehele benedenrivierenstelsel in de vorm van een elektrische apparatuur, met behulp waarvan de waterbeweging in het rivierenstelsel kan worden bepaald, uitgaande van een aantal randvoorwaarden, namelijk de afvoeren van Lek, Waal en Maas en het getij in zee. Ook de Haringvliet-sluizen zijn in het model voorgesteld, zodat het effect van de lozing met deze sluisen in het model kan worden bestudeerd. Met behulp van de Deltar werden proeven verricht met als randvoorwaarden een getij in zee, waarop verhogingen en verlagingen werden gesuperponeerd, in combinatie met verschillende afvoeren van Rijn en Maas. Voor de proeven met verhoging werd achtereenvolgens uitgegaan van een verloop van de waterstanden in zee zoals dit is voorgekomen bij de stormvloed van 1 december 1936, 7 april 1943 en 1 februari 1953. De extra verhoging als gevolg van opwaaiing bij deze stormvloed bedroeg te Hoek van Holland achtereenvolgens 1,75 m, 2,15 m en 3,25 m. Verder werden *nog enkele proeven verricht met een geringere verhoging, namelijk circa 1 m*. Voor de proeven met verlaging werden achtereenvolgens twee perioden gekozen waarin een verlaging optrad van 50 cm en 1 m.

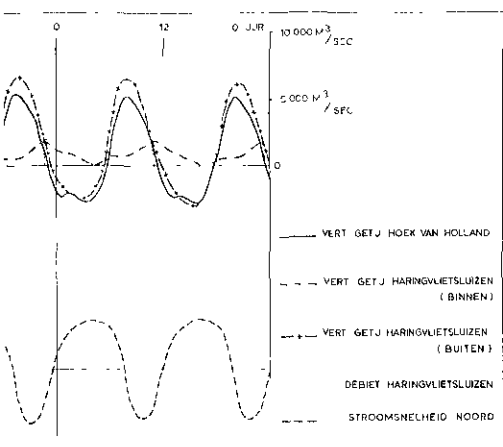


Uit dit onderzoek bleek onder meer het volgende. In het geval van verhoging van de zeestanden door opwaaiing wordt de vermindering van de afvoer door de Haringvliet-sluizen tijdens de stijgende fase van de verhoging grotendeels gecompenseerd door de toeneming van de afvoer tijdens de dalende fase. Dit geldt dan ook voor de afvoer door de Rotterdamsche Waterweg. Bij verlagingen bleek het verloop analoog aan dat bij verhogingen. De toeneming van de afvoer tijdens de dalende fase wordt tijdens de daarop volgende stijgende fase grotendeels gecompenseerd door een vermindering. In dergelijke gevallen blijft dus de gemiddelde waarde van de afvoer, gerekend over de gehele periode met op- of afwaaiing, nagenoeg gelijk aan die bij normaal getij. Tevens is een onderzoek verricht naar de grootte van de stroomsnelheden in de beneden-rivieren.

Bij hoge stormvloeden komen, ook thans, hoge stroomsnelheden voor in de riviertakken die de verbinding vormen tussen het Haringvliet en het Hollandsch Diep enerzijds en de Rotterdamsche Waterweg anderzijds: de Noord, de Dordtse Kil, de benedenmond van de



Verloop volgens de modelproef van het getij in zee, de waterstand in het Haringvliet, de afvoer door de Haringvlietsluizen en de stroomsnelheid in de Noord bij Alblasserdam:



a bij opwaaiing

b bij afwaaiing

Oude Maas en het Spui. Tijdens de stijgende fase komen hier grote vloedsnelheden voor en tijdens de dalende fase grote ebsnelheden.

Deze grote stroomsnelheden hangen in de nieuwe situatie samen met de grote verschillen die optreden tussen de waterstanden in het Haringvliet en die in de Rotterdamsche Waterweg. De verschillen kunnen zo groot worden doordat het Haringvlietbekken een grote oppervlakte heeft in verhouding tot de capaciteit van de genoemde riviertakken. Bij rijzing van de gemiddelde zeestand vindt de vulling van het Haringvlietbekken, afgezien van de aanvoer van opperwater door de bovenrivieren, via deze riviertakken plaats. Vooral als de opperwateraanvoer betrekkelijk gering is en bij een snelle rijzing van de gemiddelde zeestand kan de stijging van de waterstanden in het Haringvliet vrij sterk achterblijven bij die op zee, doordat de gezamenlijke oppervlakte van de dwarsprofielen van de Noord, de Dordtse Kil, de benedenmond van de Oude Maas en het Spui betrekkelijk gering is.

Bij daling van de gemiddelde zeestand vindt de lediging van het bekken plaats via

dezelf riviertakken, waar dan grote ebsnelheden kunnen optreden, en in meerdere of mindere mate ook via de Haringvlietsluizen, afhankelijk van de grootte van de afvoer van Rijn en Maas.

Uit het onderzoek is gebleken dat, hoewel tijdens het rijzen van de zeestand bij opwaaiing de vloedstromen in de Rotterdamsche Waterweg tijdelijk groot kunnen zijn, en het zeewater daardoor verder kan binnendringen dan gewoonlijk, deze invloed daarna bij het dalen van de gemiddelde zeestand weer snel wordt teniet gedaan door de dan sterk overheersende ebstromen. Uit een oogpunt van zoutbestrijding is aanpassing van het sluisprogramma onder deze omstandigheden onnodig.

Verder werd onderzocht in hoeverre de grootte van de stroomsnelheden zou kunnen worden beperkt met behulp van dergelijke aanpassingen van het sluisprogramma. Dit blijkt slechts tot op zekere hoogte het geval te zijn.

Men zou bijvoorbeeld het lozen met de Haringvlietsluizen bij het ingaan van de laatste laagwaterperiode voor een stormvloed kunnen staken – vooropgesteld dat men tijdig op de hoogte is van de nadering van de stormvloed. De waterstanden in het Haringvlietbekken zullen daardoor bij het begin van de stormvloed hoger zijn dan anders, zodat de vloedvervallen – en daarmee de vloodsnelheden – tussen Hoek van Holland en het Haringvliet kleiner worden. Het effect van deze maatregel is afhankelijk van de mate van rijzing van de zeestand na de laagwaterperiode, en van de grootte van de Rijn- en Maasafvoer.

Bij een lage afvoer, waarbij ook bij normaal getij niet geloosd wordt via de Haringvlietsluizen, kan niets gedaan worden om de vloedvervallen te verkleinen. De methode kan dus slechts van betekenis zijn bij voldoende grote Rijn- en Maasafvoeren. Opgemerkt moet hierbij worden dat het opzetten van de Haringvlietboezem bij lage oppervlatafvoeren in theorie ook zou kunnen worden bereikt door de sluisen bij vloed open te zetten. Dat er dan zout water binnendringt in het Haringvliet wordt echter als een overwegend bezwaar gevoeld. Bovendien heeft een dergelijke manoeuvre weinig betekenis voor het tegenhouden van het zeewater in de Rotterdamsche Waterweg, daar de waterbeweging aldaar tengevolge van de natuurlijke traagheid in het stelsel niet terstond wordt beïnvloed.

De ebsnelheden in de benedenrivieren tijdens de daling van de gemiddelde zeestand na de top van een stormvloed kunnen wel beperkt worden, en wel door versterkte lozing met de Haringvlietsluizen, dus met een grotere sluisopening dan volgens het normale programma. Dit vertraagt echter het terugdringen van het zeewater in de Rotterdamsche Waterweg.

De moeilijkheid schuilt vooral daarin, dat het verloop van de zeestand bij een stormvloed niet nauwkeurig genoeg te voorspellen valt, om bij het begin van de lozingsperiode de benodigde wijziging in het sluisprogramma te bepalen. Kiest men in verband met deze onzekerheden de sluisopening zo groot dat men er vrijwel zeker van kan zijn dat de ebsnelheden in de benedenrivieren niet ongewenst groot worden, dan zal achteraf kunnen blijken dat meer water door de sluisen, en daardoor minder door de Rotterdamsche Waterweg is afgevoerd dan met het oog op het terugdringen van het zeewater gewenst was. Men zal dit kunnen constateren uit de continue registratie van het zoutgehalte in de Rotterdamsche Waterweg.

Er zij nog op gewezen dat het wenselijk is een eenmaal ingestelde sluisopening tijdens het lozen zo weinig mogelijk te wijzigen, omdat door zuigkrachten en trillingen eventuele ongunstige belastingstoestanden voor de hefwerktuigen van de schuiven kunnen optreden.

De resultaten van het onderzoek samenvattend kan men stellen dat bij de normale variatie in het getij van springtij naar doodtij geen verandering in het voor een ge-

middeld getij opgestelde sluisprogramma behoeft te worden toegepast. Dit sluisprogramma is dan alleen gebaseerd op de Rijn- en Maasafvoer. Zelfs blijkt het in de praktijk meestal mogelijk om zonder de waterhuishouding in gevaar te brengen het normale sluisprogramma ook bij grote afwijkingen in de zeestanden, veroorzaakt door meteorologische invloeden, te handhaven. Over de gehele periode van de afwijking genomen blijken de positieve en de negatieve effecten elkaar te neutraliseren.

Het kan echter voorkomen dat incidentele afwijkingen van het sluisprogramma noodzakelijk worden om de stroomsnelheden in de benedenrivieren te beperken.

In het algemeen is het gewenst zo weinig mogelijk van het van te voren opgestelde sluisprogramma af te wijken, daar uit het onderzoek is gebleken dat de voordelen van een programmawijziging slechts beperkt zijn, terwijl onvoorziene afwijkingen van het verloop van een op- of afwaaiing ten opzichte van wat voorspeld was, het verwachte voordeel teniet kunnen doen. Ook voor de praktische uitvoering van het beheer van de Haringvlietsluizen is het gewenst om het sluisprogramma zo eenvoudig mogelijk te houden. De te kiezen sluisopening moet dus voor zo weinig mogelijk variabelen worden bepaald. In het geval de sluizen te zijner tijd automatisch zullen worden bediend – een mogelijkheid die nog een punt van onderzoek vormt – is dat evenzeer wenselijk, omdat de voor de regeling van het sluisbedrijf nodige apparatuur dan het minst gecompliceerd kan zijn.

De onderzoekingen met betrekking tot bijzondere omstandigheden wat het getij en de Rijn- en Maasafvoeren betreft, worden voortgezet.

In de provincie Zeeland treden veelvuldig aanzienlijke aantastingen van oevers en dijken op, die bekend staan als oever- en dijkvallen. Sinds 1800 zijn reeds ongeveer duizend vallen opgetekend.

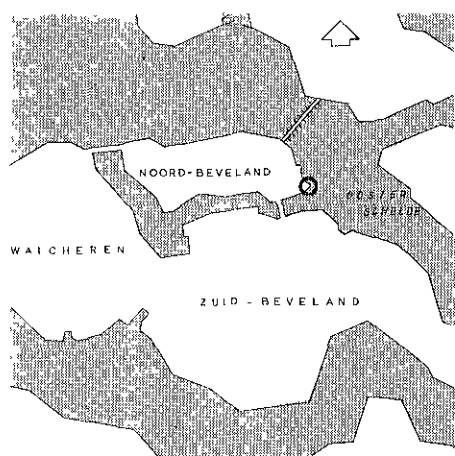
Aangezien de Deltadienst gedurende de uitvoering van de afsluitingswerken ook met dit verschijnsel geconfronteerd kan worden, besteedt de dienst de nodige aandacht aan de dijkvallen en de oevervallen. De oeverpeilingen, die door de waterschappen en de studiedienst van de directie Zeeland van de Rijkswaterstaat worden uitgevoerd, soms in samenwerking met de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst, worden dan ook nauwkeurig bestudeerd. Wanneer vallen zijn geconstateerd worden onmiddellijk uitvoerige peilingen verricht om de omvang van de val te bepalen; tevens wordt getracht een verklaring voor de val te vinden in de grondmechanische toestand ter plaatse, alsmede in het getijverloop en de getijstroom.

Ook de recente dijkval bij de calamiteuze Leendert Abrahampolder op 20 maart 1966 heeft de volle aandacht van de Deltadienst gehad. Deze polder ligt op Noord-Beveland nabij Kats. De vloedstromen langs de oevers van de polder zijn gericht naar het gebied van de Oosterschelde ten westen van Bergen op Zoom. Deze stromen zijn nog in geen enkel opzicht door de Deltawerken beïnvloed.

De Leendert Abrahampolder, die in 1853 is bedijkt, heeft reeds meer dan 30 vallen gekend; doorgaans waren dit gelukkig slechts oevervallen, waarbij de zeedijk behouden bleef.

De vooroever van de Leendert Abrahampolder nam echter zo snel af dat na 1884 op twee plaatsen oeververdedigingen in de vorm van bezinkingen en bestortingen moesten worden aangebracht. Tussen deze versterkte punten werd in 1885 een inlaagdijk gelegd. In 1916 bezweek de zeedijk ten gevolge van een dijkval, zodat de inlaagdijk hoogwaterkering werd. Zuidoostelijk van de oude inlaagdijk was reeds in 1896 een kleinere inlaagdijk aangelegd. Deze is door de val van maart 1966 op zijn beurt tot zeedijk geworden.

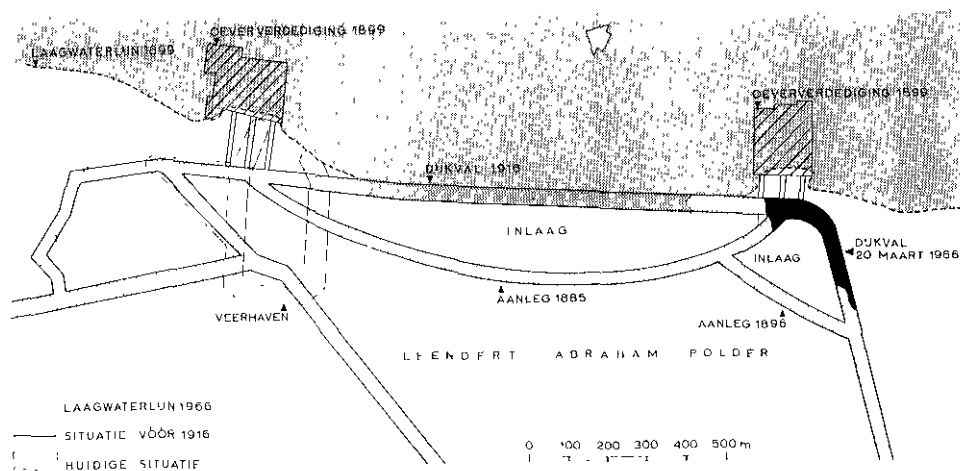
Omtrent het tijdstip van de laatste val, waarbij 320 m dijk in de diepte verdween, verkeert men in het onzekere. Tot zeven uur 's avonds hadden zich nog enkele hengelaars op de dijk opgehouden, terwijl de volgende ochtend, dus op 21 maart, de inlaag ingelopen bleek te zijn. Blijkbaar moest dus tijdens het hoogwater van 3.40 uur 's nachts de dijk reeds bezwaken zijn. Daar men in Kats om 22.15 uur duidelijk trillingen had waargenomen is vermoedelijk omstreeks deze tijd de dijk gevallen.



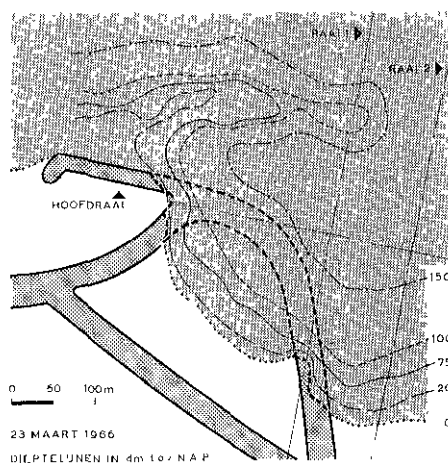
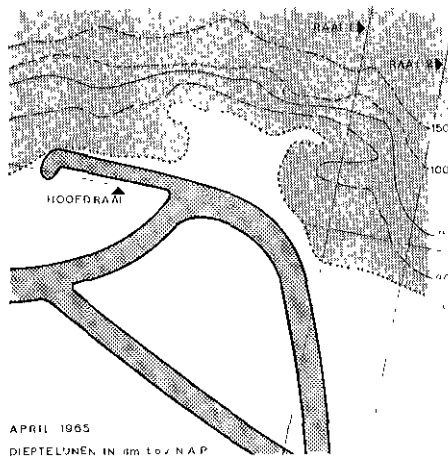
Plaats van de dijkval van 20 maart 1966

Na de dijkval



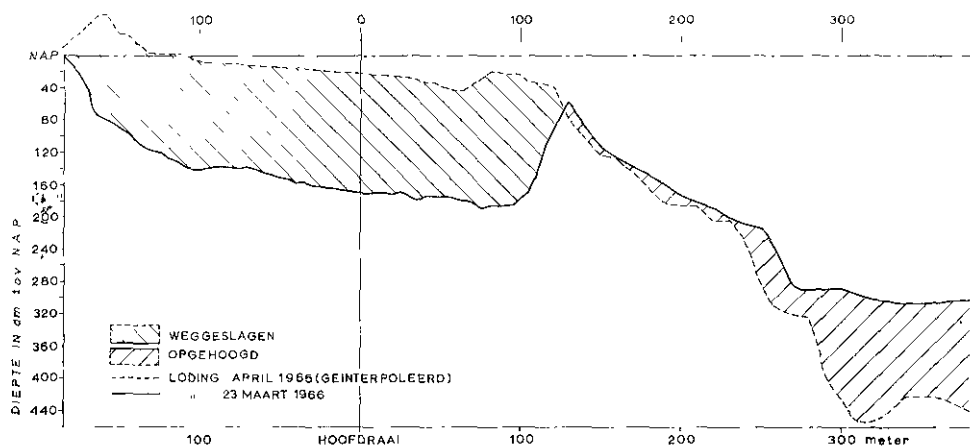


Dijkvallen en oeververdedigingen aan de oostpunt van het eiland Noord-Beveland

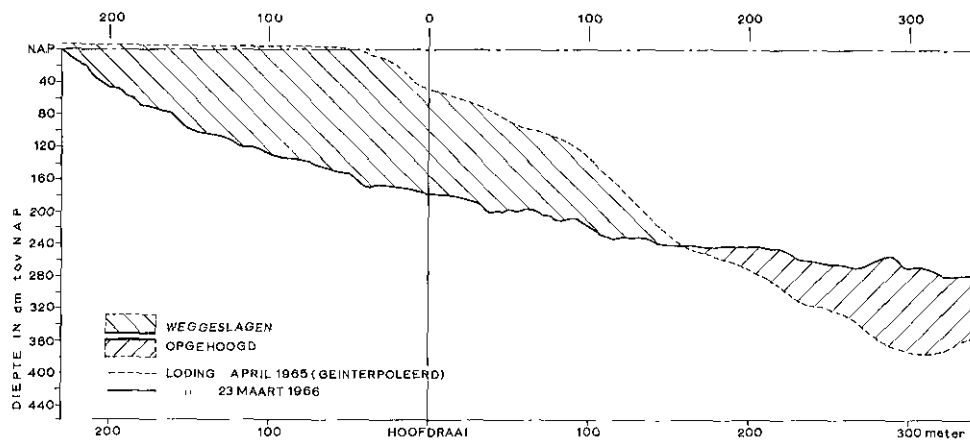


Dieptelijnen voor en na de dijkval

Lodingen in raai 1 en 2



RAAI 1



RAAI 2

Onmiddellijk na het bekend worden van de val werden door de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst peilingen uitgevoerd. Er bleek ca. 1,2 miljoen m³ grond te zijn verplaatst; de helft van deze hoeveelheid werd teruggevonden in de 45 m diepe geul voor de dijk. Het beloop ter plaatse van de val varieerde volgens de peilingen van april 1965 – tussen de dieptelijnen van 5 m en 30 m – van 1 : 3 tot 1 : 7. Beneden de 30 m kwam hier en daar een talud voor van 1 : 2. Na de val bleek het talud veel minder steil te zijn, bijvoorbeeld 1 : 20 of 1 : 25.

Waar eens de dijk lag werden nu hier en daar grootste diepten van bijna 14 m gepeild.

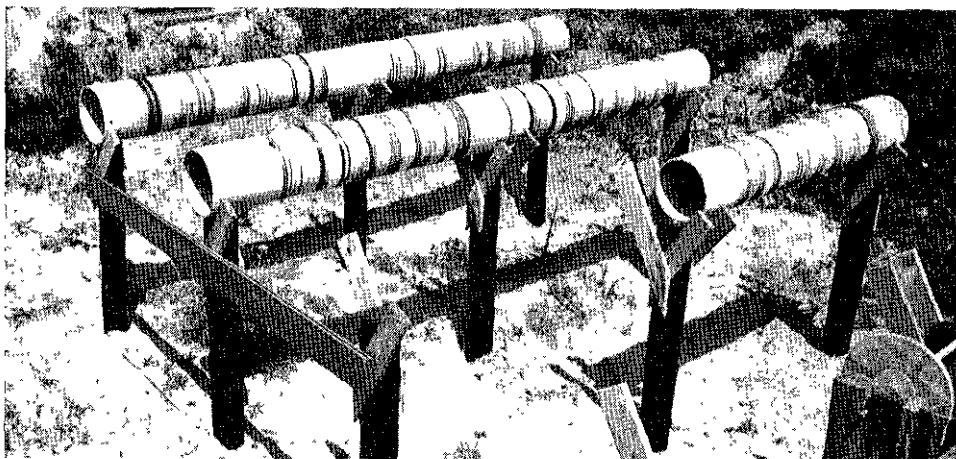
Toch heeft men hier nog niet met de grootste tot nu toe geconstateerde dijkval te maken. In 1943 en in 1945 traden dijkvallen op aan de oevers van de Wilhelminapolder en de Oost-Bevelandpolder, beide gelegen op Zuid-Beveland, waarbij de hoeveelheid verplaatste grond respectievelijk 2 miljoen m³ en 3 miljoen m³ bedroeg.

Over het mechanisme van dijk- en oevervallen is nog weinig met zekerheid bekend. Het lijkt of de door uitschuring steil geworden onderzeese oever plotseling als een dikke brei in beweging komt en dan over grote afstand uitvloeit, zodat een minder steil onderzees beloop ontstaat. De rand van de val zelf is dan echter vrij steil geworden. Hoogstwaarschijnlijk heeft men hierbij met zeer los gepakt zand te doen, dat door een belastingsverandering een vastere pakking gaat aannemen, hetgeen gepaard gaat met een vergroting van de waterspanning in de poriën tussen de zandkorrels, waarbij de massa tot zettingsvloeiing wordt gebracht. De zandkorrels verliezen daarbij hun onderling contact, en gaan zich vrij bewegen in het omringende water. De evenwichtsverstoringen planten zich soms voort tot aan de dijk, zodat deze mede in de diepte verdwijnt. Door het uitvoeren van grondmechanisch bodemonderzoek langs de Noordbevelandse oever worden nadere gegevens verzameld waaruit men een inzicht zal kunnen verkrijgen in de toestand van de oever.

Vaak wordt ook het ontstaan van dijkvallen in verband gebracht met springtij. Immers, doordat het verschil tussen hoogwater en laagwater groter is dan normaal, treden grotere stroomsnelheden in de getijgeul voor de oever op, terwijl tevens het achtergebleven grondwater in de oeverstrook tijdens laagwater een extra grote druk uitoefent. In het geval van de recente dijkval van de Leendert Abrahampolder blijkt volgens de peilregistraties geen uitzonderlijk verschil tussen hoog- en laagwater te hebben bestaan. Na de afsluiting van de zeegaten zal door het wegvallen van de getijstroom het gevaar voor oever- en dijkvallen binnen de Deltameren naar wordt verwacht vrijwel bezworen zijn. Langs de kust van de Westerschelde blijft waakzaamheid dan echter nog steeds geboden.

Tot voor een tiental jaren beschikte men in de waterbouw voor bodembescherming en oeververdediging alleen over natuurlijke materialen, zoals steen en hout, en voorts over beton. Het snel groeiend aantal industriële toepassingen van synthetische stoffen en hun veelbelovende eigenschappen deden echter de vraag rijzen of deze produkten misschien ook dienstbaar zouden kunnen worden gemaakt aan de waterbouw. Aanvankelijk onderzocht men alleen folies – dat zijn geheel gesloten kunststofvliezen – op hun bruikbaarheid voor dit doel, later werden ook experimenten gedaan met kunststofweefsels, zowel voor de bodembescherming als voor de verpakking van zand. Het inzicht in de kenmerkende voor- en nadelen van de verschillende kunststoffen voor de waterbouwkunde verruimt zich slechts langzaam; er is steeds een groot aantal proeven met elke stof nodig om de relatieve betekenis vast te stellen van alle vormen waarin ze geleverd kan worden en van alle omstandigheden waaronder ze kan worden verwerkt. De proeven duren bovendien lang, omdat pas na een expositie van enkele jaren blijkt welke invloed zon, wind en water op de trek- en breuksterkte van het materiaal hebben uitgeoefend. Gegevens in de literatuur over de expositieresultaten in andere landen moeten daarbij steeds met grote voorzichtigheid worden gehanteerd, omdat hun geldigheid voor ons klimaat twijfelachtig is.

Kunststoffen zijn hoog-moleculaire materialen, die hetzij langs geheel kunstmatige weg, hetzij door scheikundige verandering van in de natuur voorkomende hoog-moleculaire stoffen zijn verkregen. Zij zijn veelal van organische oorsprong en bevatten dan koolstof; zij hebben voorts alle gemeen dat ze in het een of andere stadium van hun bereiding plastisch, dus kneedbaar of zelfs vloeibaar zijn – vandaar de verzamelnaam plastics. Door deze eigenschap kunnen van de kunststoffen eindprodukten worden vervaardigd in grote verscheidenheid: er kan een folie van gewalst of geblazen worden en er kunnen draden van worden gesponnen. Een garen kan zowel uit één gespoten draad bestaan als ook zijn samengesteld uit een groot aantal uiterst dunne spindraadjes. Hoe een garen is samengesteld duidt men kortweg aan door twee getallen neer te schrijven, waarvan het laatste tussen haakjes: Td 840 (140) wil zeggen dat het aldus aangeduide garen er een is van 840 denier, ofwel dat 9000 meter ervan 840 gram weegt, en dat dit garen is samengesponnen uit 140 filamentjes van ongeveer 25 micron middellijn. De wat moeilijk hanteerbare index denier wordt meer en meer vervangen door een nieuwe eenheid: Tex, dat wil zeggen het gewicht van 1000 meter garen. Zowel een folie als een draad kunnen weer worden versneden; men krijgt dan smalle linten en vezels, die op



hun beurt kunnen worden verwerkt tot garens en weefsels van geheel andere mechanische eigenschappen.

Het zijn vooral hun mechanische eigenschappen – grote treksterkte, een hoog schok-absorberend vermogen en een grote weerstand tegen slijtage – en hun rotbestendigheid, die de synthetische stoffen voor de waterbouwkunde aantrekkelijk maken. Daartegenover staat dat van de gunstige initiële eigenschappen door de inwerking van de zon veel verloren kan gaan. Nu worden bij vrijwel alle kunststoffen toevoegingen gedaan aan het basismateriaal, bijvoorbeeld om de soepelheid te vergroten, en veelal ook om de duurzaamheid te doen toenemen. Om fotochemische omzetting te vertragen voegt men metaalzouten toe, die als 'stabilisatoren' de kunststoffen beschermen. De meeste van die stabilisatoren worden langzamerhand zelf omgezet, en bieden dus maar een tijdelijke bescherming. De chemische eigenschappen der stabilisatoren worden als fabricagegeheimen gekoesterd, en een gebruiker van kunststoffen zal bij het op de markt verschijnen van een nieuwe kunststof dan ook meer houvast hebben aan de reputatie van de fabrikant dan aan de mededelingen die over de stof zelf worden vrijgegeven. De kleur van garens heeft ook duidelijk invloed op hun houdbaarheid. In ons klimaat voldoet een zwarte kleur het beste; men kan die aanbrengen door het garen te verven, maar ook door zogenaamd carbon black met het garen mee te spinnen. De zwarting raakt, in tegenstelling tot de stabilisatoren, niet op na verloop van tijd, maar blijft haar beschermende werking onbeperkt uitoefenen.

Proeven

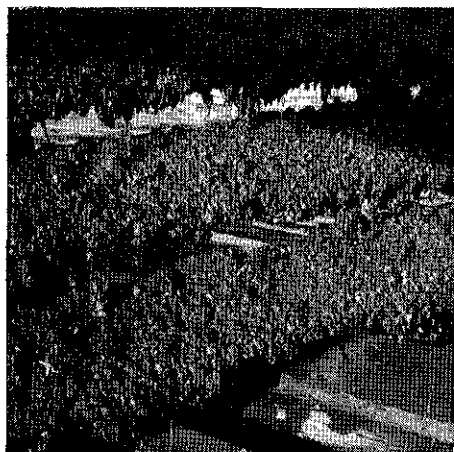
Teneinde vast te stellen hoe verschillende synthetische garens zich gedragen onder invloed van de inwerking van zon, lucht en water, is in opdracht van de Deltadienst door het T.N.O. een proevenserie op touw gezet, waarbij zoveel mogelijk garens aan wisselende invloeden werden blootgesteld. In het Driemaandelijks Bericht nr. 11 (februari 1960) is een eerste publikatie verschenen over deze proevenserie, die enkele jaren moest duren om het effect van weersinvloeden op lange termijn te kunnen nagaan. Er werden drie verschillende proefopstellingen gemaakt. In een duinpan bij het fort Rozenburg werd, naar het zuiden gekeerd, een aantal asbestcementbuizen neergezet, waaromheen monsters waren gewikkeld van een groot aantal garens. Aan de uitmonding van de



2

1 De proefopstelling bij het fort Rozenburg

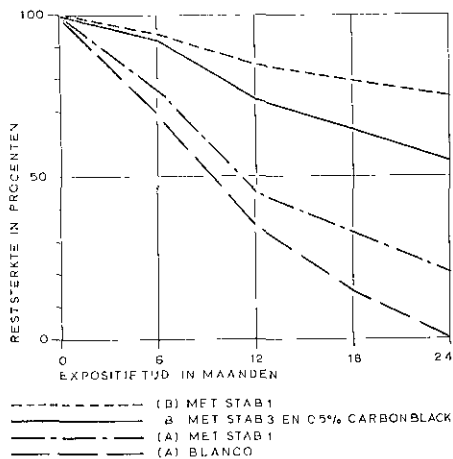
2 De weefsels van de onderwaterproef worden regelmatig schoongemaakt



3

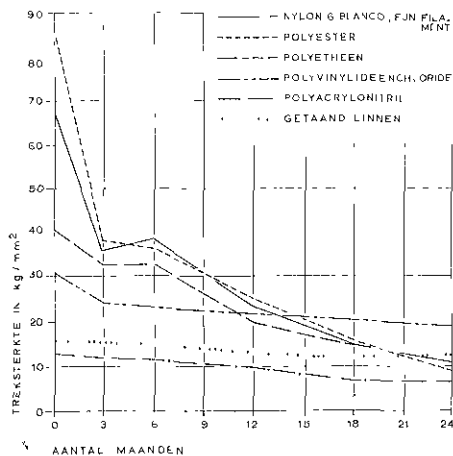
3 Begroeiing van de weefsels onder water gedurende de zomermaanden

4 Verandering van de lichtbestendigheid van A: nylon 6 Td 840 (140) en B: nylon 6 Td 840 (40) onder invloed van stabilisatoren en zwarting



4

5 Reststerkten van verschillende aan zonlicht blootgestelde garens



5

Rotterdamsche Waterweg plaatste men in de tijzone ondiepe bakken met zand, waaroverheen weefselmonsters van verschillende fabrikaten werden getrokken. De bakken stonden naar het zuiden gericht, en maakten een hoek van 30° met het horizontale vlak. Deze proef moest uitsluitsel geven over de vraag hoe de verschillende weefsels zich zouden houden tussen wind en water, en hoe de prognose moest luiden voor het gebruik van zandzakken van synthetisch materiaal in de waterbouw. Tenslotte heeft men, in een later stadium, een onderwaterproefopstelling gemaakt ten noorden van de Noordersluis bij IJmuiden. Op 7,50 meter onder N.A.P. werden soortgelijke bakken als bij de vloedlijnproef in een stalen raamwerk neergelaten.

De expositietijd is voor lang niet alle garens dezelfde geweest. Er werden nieuwe producten in de al lopende proeven opgenomen, terwijl andere er al vroeg uit werden verwijderd, omdat ze geen hoop meer gaven op een redelijk resultaat. Ook om de wisselende invloed van de seizoenen op de *duurzaamheid der garens na te gaan* werd het assortiment telkens gewijzigd. In hoofdzaak werden garens onderzocht van polyester, polyacrylonitril, polyetheen, polyvinylideenchloride, polyamide of nylon, en daarnaast ter vergelijking glas en linnen.

Van de genoemde kunststoffen werden garens beproefd met verschillende moleculaire structuur, onder toevoeging van verschillende stabilisatoren en zwartingen, en van verschillend filament.

De dikte van de afzonderlijke filamentjes nu, dus de verhouding tussen hun oppervlak en hun inhoud, is voor de duurzaamheid van het grootste belang.

Op de onder water geplaatste monsters werden elk jaar wanneer ze in oktober werden opgehaald, enorme begroeiingen aangetroffen, waarin pokken, mosselen, poliepen en zee-anemonen voorkwamen, die zich daar in de loop van de zomer hadden gevestigd; in januari en april vond men de weefsels alleen bedekt met een zwarte slijklaag. Bij elke controle werden de doeken schoongemaakt; datzelfde deed men ook bij de vloedlijnproef. Bij gevolg zijn de resultaten van deze twee proeven relatief wel betrouwbaar, maar absoluut geven ze een te somber beeld van de houdbaarheid der onderzochte stoffen. De begroeiing geeft namelijk een goede bescherming tegen alle andere vormen van aantasting.

Onder water bleken de synthetische garens aanvankelijk zeer langzaam achteruit te gaan in kwaliteit en daarna op hetzelfde peil te blijven. Het getaande linnen was na een jaar vergaan.

Onder water behoudt een dik garen zijn sterkte langer dan een dun; de filamentsamenstelling is hier echter niet van belang. Gezwarte monsters voldeden beter dan blanke, maar hierbij kan het feit dat de weefsels in zonlicht werden schoongemaakt wellicht verantwoordelijk worden gesteld voor de versnelde achteruitgang van de ongekleurde garens.

Sindsdien zijn er aanwijzingen gevonden dat synthetische stoffen weliswaar rotech zijn, en dus ongevoelig voor biologische aantasting, maar dat fenolen en zuren hen niet onberoerd laten. Uit Groningen is een geval gemeld van scheikundige aantasting van een nylonweefsel dat lag op een licht-zure ondergrond met plaatselijk blijkbaar veel hogere zuurwaarden dan het gemiddelde voor die bodem.

De verweringsproef onder invloed van zonlicht bracht aan het licht dat kunstmatige stoffen vervuit het snelst degenereren door fotochemische omzetting, die vooral wordt veroorzaakt door de ultraviolette lichtstralen. Een hoge temperatuur versnelt dat proces. Naast de asbestcementbuizen waarop de garens waren gespannen, stond een kastje met blauwstandaards om de ontvangen stralingsdoses te meten. Deze stralingsdoses bleken sterk te wisselen met het seizoen, zo zelfs, dat de helft van de jaarlijkse straling werd

opgevangen in de drie zomermaanden, maar nauwelijks met de kwaliteit van het seizoen: de hete zomer van 1959 en de natte van 1960 gaven dezelfde stralingsdoses te zien.

Getaand linnen bleek bij de verweringsproef na twee jaar de grootste reststerkte te hebben behouden: de treksterkte bedroeg nog 77% van de aanvankelijke. Wij zagen echter reeds dat dit materiaal onder water snel vergaat. Glasgaren bleek na enkele maanden al sterk achteruit te zijn gegaan, en na een jaar 65% van zijn oorspronkelijke treksterkte te hebben verloren, waarschijnlijk door een proces van uitloging.

Van de kunstmatige garens bleek polyvinylideenchloride in de vorm van een grof monofilament de grootste weerstand op te brengen tegen lichtaantasting: na twee jaar had het nog 62% van zijn oorspronkelijke sterkte behouden. Polyacrylonitril liep terug tot 50% treksterkte, terwijl polyetheen in zwart dik monofilament na twee jaar nog maar een reststerkte had van 27%. Ook de blanco nylons bleken sterk aan fotochemische aantasting onderhevig.

Niettemin werd reeds in Driemaandelijks Bericht nr. 11 een voorkeur uitgesproken voor nylon. Nylon heeft nu eenmaal een veel grotere initiële sterkte, terwijl het garen ervan soepel is, en er een goed zanddicht weefsel van kan worden gemaakt. Ook economisch is het een aantrekkelijk produkt; polyvinylideenchloride is tweemaal zo duur.

Bij de nylons moeten we onderscheid maken tussen twee stoffen, nylon 6 en nylon 66, van een verschillende moleculaire structuur.

Nylon 66 zonder toevoegingen bleek bij de verweringsproef inferieur aan nylon 6 zonder toevoegingen. Van het grootste belang zijn echter juist deze toevoegingen: zwarting en stabilisator, en de filamentdikte. De stabilisator die bij de proeven de codering 3 kreeg, bleek snel uitloogbaar, zodat de bescherming ervan tegenviel. Stabilisator 1 bleef wel in het garen zitten. Van de zwartingen voldoet carbon black veruit het beste. Toevoeging van meer dan 2% heeft geen zin; de resistentie tegen zonlicht gaat dan nog wel vooruit, maar ten koste van de initiële sterkte van het garen. Multamine Black B heeft niet veel invloed op de vertering, zwart logwood wel, zij het meer bij nylon 66 dan bij nylon 6, maar toch is het effect van deze zwarting niet te vergelijken met dat van carbon black. In een tropisch klimaat verloopt de afbraak na een verbod zelfs sneller dan bij blanco garens. Het meegesponnen carbon black blijft ook daar de afbraak vertragen.

Ter vergelijking de resultaten van nylon 6 met en zonder toevoegingen. Nylon 6 Td 840 (140) zonder toevoegingen bleek bij de verweringsproef na drie zomermaanden reeds 50% van zijn initiële treksterkte te hebben verloren; na zes maanden bleek de reststerkte 30%, en na twee jaar was het garen vergaan. Nylon 6 Td 840 (40), dus met een driemaal zo grof filament, waaraan toegevoegd carbon black en stabilisator 1, behield na twee jaar nog 75% van de initiële treksterkte. Zwarting en stabilisator hebben het grootste aandeel in deze verbetering, want nylon 6 Td 840 (140) met carbon black en stabilisator 1 had na twee jaar nog 70% van de aanvankelijke treksterkte behouden.

De proef in de tijzone is interessant omdat daar de gecombineerde inwerking van zon, verontreinigd zeewater, wind en mechanische aantasting door schuren van golven en zand aan het licht komt. De uitkomsten liggen dan ook heel anders dan bij de verweringsproef. Het staat vast dat de mechanische aantasting hier sterker heeft gewerkt dan de fotochemische; men moet daarbij blijven bedenken dat juist in dit opzicht een veel te ongunstig beeld van de mogelijkheden is verkregen door de voortdurende reiniging van de proefweefsels. Terwijl nylon 6 zonder toevoeging in de proefopstelling zeer snel degenereerde, bleken zandzakken van dat materiaal die als tijdelijke kademuur waren geplaatst in het Veersche Gat, na 5 jaar nog goed zanddicht te zijn; het materiaal werd in de werkelijkheid in hoge mate door begroeiing beschermd.

Gewoon glasweefsel ging bij de vloedlijnproef nog veel sneller achteruit dan bij de

verweringsproef, maar gebitumineerd glasweefsel vertoonde bij deze proef geen enkele achteruitgang. Een groot nadeel van glas evenwel is de geringe buigzaamheid ofwel de brosheid ervan. Een zandzak van glasweefsel barstte bij een proef al tijdens het vullen.

Het getaande linnen hield zich aanvankelijk goed, maar was na anderhalf jaar toch verteerd en onbruikbaar.

Polyetheenfolie had opmerkelijk weinig geleden, en ook het monofilamentgaren van polyetheen hield zich goed; na twee jaar had het een reststerkte van 69%. Vanwege het grote aandeel van de mechanische aantasting in de achteruitgang der garens kwamen de monofilamenten goed voor de dag. Het polyvinylideenchlorideweefsel, met een monofilamentgaren, had na twee jaar 88% over van zijn initiële sterkte. Het dikke getwijnde garen van polyacrylonitril dat werd beproefd doorstond deze expositie zelfs zeer goed: na twee jaar 90% reststerkte. Polyester was alleen beschikbaar in dun garen; de afbraak verliep dan ook ontstellend snel. Bij de polyamiden bleef de rangorde der monsters dezelfde als bij de verweringsproef; de onderlinge verschillen waren alleen minder groot. Stabilisator 1, carbon black en grof filament bleken ook hier de beste combinatie. De treksterkte van deze optimale combinatie liep evenwel na twee jaar terug tot 55%. Op de vloedlijn leed gebitumineerd glasweefsel het minste, en zowel op de vloedlijn als onder water was de duurzaamheid van polyetheenfolie opmerkelijk. Beide materialen zijn echter geheel ondoordringbaar voor water, waardoor de toepassingsmogelijkheden zeer beperkt worden; voor een filterconstructie zijn zij bijvoorbeeld onbruikbaar. In het algemeen gesproken doet de grofheid van het filament afbreuk aan de soepelheid van het garen en het weefsel, en maakt het daardoor, hoewel meer resistent, toch minder bruikbaar.

Toepassingen

Over de toepassing van verscheidene van de hierboven besproken kunststoffen bestaan alleen buitenlandse gegevens. In Frankrijk maakt men filterdoek van polyvinylideenchloride. Het nieuwe materiaal polypropreen is tot nu toe alleen in de Verenigde Staten beproefd.

Het verdere onderzoek en de toepassing beperken zich in Nederland eigenlijk tot polyamiden (nylon), die in talrijke vormen worden geleverd door de A.K.U., en polyetheen, dat men in Duitsland levert als lintgarenweefsel, maar dat bij ons als folie wordt geleverd of tot draden wordt gespoten en verweven tot zogenaamd Nymplex-doek. Nymplex-doek is al gebruikt bij de aanleg van verscheidene filterconstructies, onder andere achter de L-muren bij de schutsluizen in het Volkerak. Een door Draka geleverde polyetheenfolie werd gebruikt bij de vervaardiging van rolzinkstukken, onder andere voor de aanleg van een bodembescherming bij de afsluiting van het Zuiderdiep. Nylon filterdoek wordt verwerkt in de filterconstructies van de stortebedden voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Aangezien blijkt dat de kunststoffen vooral van licht te lijden hebben, moet men er op bedacht zijn het materiaal gedurende zeer korte tijd aan het zonlicht bloot te stellen, het moet bij voorkeur in het donker worden aangevoerd en bewaard, en wanneer het eenmaal te voorschijn is gehaald, snel worden verwerkt. Reeds een halve meter onder water is voldoende ultraviolet zonlicht uitgezeefd om aantasting van het materiaal uit te sluiten. Ook voor mechanische aantasting zijn de kunststofweefsels zeer gevoelig. Bij de verwerking is elke ruwheid uit den boze; de waterbouwer zal zijn traditionele stoerheid moeten aanpassen aan de teerheid van de nieuwe materialen.

Het plateau en de werkweg op het strand van Voorne

Zoals reeds eerder werd vermeld zal de noordelijke geul in het Haringvliet worden afgesloten met behulp van een kabelbaan. De drie daartoe benodigde steunpunten voor de pylonen, beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966), zijn inmiddels geplaatst.

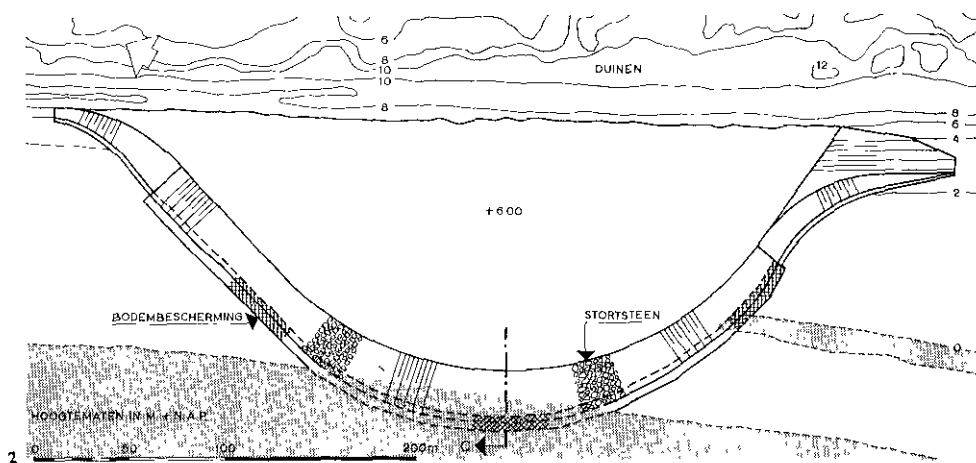
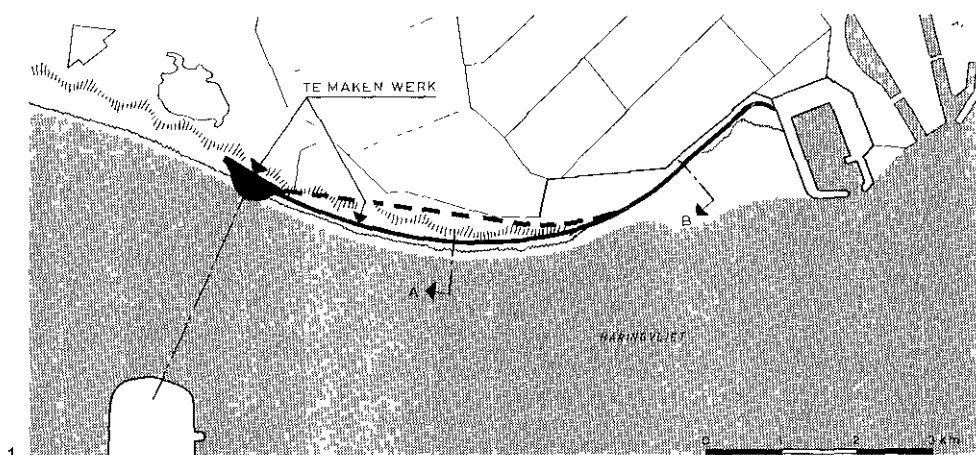
Voor de opstelling van de vaste railbaanconstructies waarop de kabelbaan aansluit is aan de zuidzijde van het Rak van Scheelhoek de ruimte tussen de ringdijk van de bouwput en het landhoofd van de uitwateringssluizen beschikbaar. Aan de noordzijde moet hiervoor een plateau worden aangelegd op het strand van Voorne.

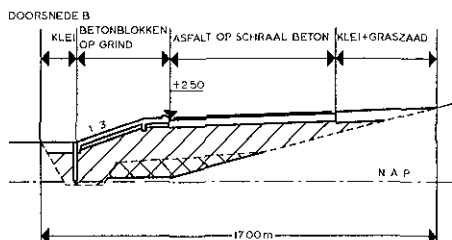
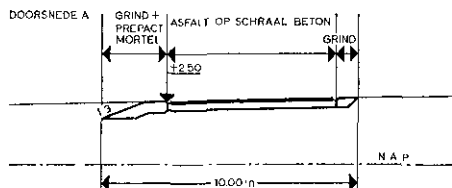
Afgezien van de vaste railbaanconstructie van de hoofdbaan moet het plateau ruimte bieden voor twee dwars op de hoofdbaan geprojecteerde rangeersporen en voor het opslaan van grote hoeveelheden materiaal waaruit de sluitdam zal worden opgebouwd. Om de benodigde materialen te kunnen aanvoeren zal tussen het plateau en de werkhaven te Hellevoetsluis een verbindingsweg worden aangelegd. Omdat het plateau daarvoor, in tegenstelling tot het zuidelijk eind van de kabelbaan, uitstekend bereikbaar zal worden, leent het zich bij uitstek als basis van waaruit de werkzaamheden in het sluitgat kunnen worden geregeld.

De keuze van het tracé van de verbindingsweg heeft enkele moeilijkheden opgeleverd. Tegen een tracé dat tussen het plateau en de hoek van de Quak langs de duinvoet zou lopen, werden bezwaren geuit van de zijde van de gemeente Hellevoetsluis, omdat men meende dat de weg ernstig nadeel zou opleveren voor de strandrecreatie. Het alternatief, een tracé door de duinen, kon niet geaccepteerd worden door de eigenaar van deze duinen, de Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland, in het bijzonder vanwege de schade die aan het natuurschoon zou worden toegebracht. De bestaande polderwegen zijn voor zware vrachtwagens ongeschikt, terwijl verbeteringen niet op korte termijn kunnen worden aangebracht. Deze wegen vervullen in de zomermaanden bovendien een belangrijke recreatieve functie.

De Rijks Planologische Commissie heeft de voordelen en nadelen van beide tracés met elkaar vergeleken, en tenslotte voorkeur uitgesproken voor het tracé langs het strand. Tussen de hoek van de Quak en de werkhaven zal de weg over de buitengronden naar de dijk van de polder Nieuw-Helvoet lopen en vervolgens langs de buitenzijde van deze dijk naar de werkhaven.

1. Situatie van plateau en werkweg op het strand van Voorne. De gebroken lijn geeft het alternatief tracé van de werkweg aan
2. Plattegrond van het plateau





Dwarsdoorsneden A en B van de werkweg

Wat de technische kant van de werken betreft is het volgende op te merken.

Aan de omtrek van het plateau is in verband met de golf- en stroomaanval een zo vloeiend mogelijke vorm gegeven; aan de buitenzijde komt het beloop onder een helling van 1 : 4. Het gehele plateau wordt op het strand gebouwd, terwijl de uiterste punt nog ruim honderd meter verwijderd zal blijven van de steile rand van de voor de kust lopende geul.

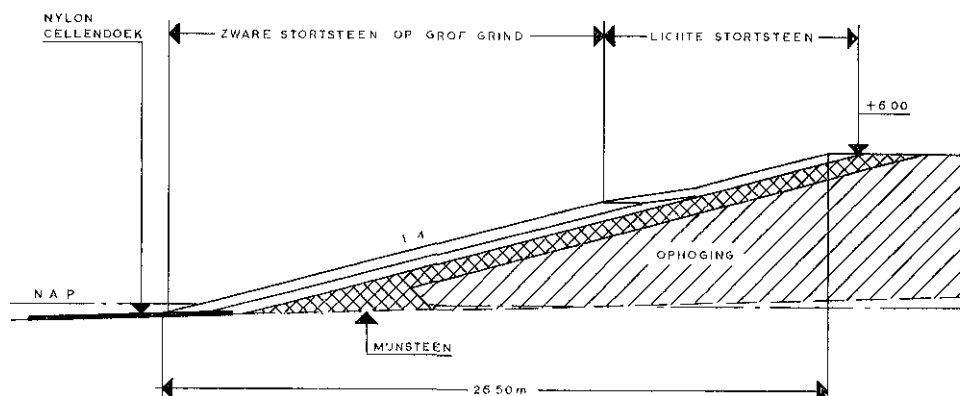
Aangezien niet gewacht kan worden op het gereedkomen van de weg, moeten alle materialen voor de perskaden en de glooiingen worden aangevoerd met bakken, die voor de lossing op het strand zullen worden drooggezet. De opbouw van het beloop wordt begonnen met het opwerpen van een perskade van mijnsteen; na het met zand volspuiten van de gevormde kom worden dan verder zandkaden aangebracht voor de verdere opbouw van het plateau.

De verdediging van het beloop zal bestaan uit een onderlaag van mijnsteen, die wordt opgetrokken uit de overtollige hoeveelheid van de perskade. Tot een hoogte van N.A.P. + 4 m wordt de mijnsteen afgedekt met een laag grof grind ter dikte van 30 cm. Op het grind wordt een laag zware stortsteen gevleid, met een dikte van ongeveer 50 cm. Boven N.A.P. + 4 m wordt een niet zo krachtige golfaanval verwacht, zodat daar kan worden volstaan met een laag lichte stortsteen meteen op de mijnsteen.

Langs de teen wordt op het strand een bescherming aangebracht van een dubbel nylonweefsel waarin loodrecht op de richting van de teen langwerpige halten of pijpen zijn geweven. De pijpen worden om de andere gevuld met een zand-asfaltenemulsie. De bescherming steekt 5 m buiten de teen van het beloop uit.

De verbindingsweg krijgt een verharding van 6 m breed. De hoogte van het wegdek is bepaald op N.A.P. + 2,50 m, hetgeen betekent dat de weg niet steeds geheel watervrij zal liggen. Teneinde te voorkomen dat bij hoge waterstanden, tijdens het vollopen van het afgesneden gedeelte van de buitengronden van de Quak, het water over grote lengte over het weglichaam zal stromen, wordt een tot N.A.P. + 2 m verlaagd gedeelte ingevoegd als overlaat, waar doordat de belopen er verdedigd zijn het overstromende water geen schade kan veroorzaken.

Het buitenbeloop van dat gedeelte van de weg dat tegen de hoofdwaterkering van de polder Nieuw-Helvoet komt te liggen, en waarvoor om de vereiste hoogte te bereiken een ophoging moet worden aangebracht, wordt met het oog op de golfaanval verdedigd met een glooiing van betonblokken.



Dwarsdoorsnede C door de voet van het plateau

Bij het op het strand geprojecteerde weggedeelte wordt het weglichaam aan weerszijden beschermd door een strook grof grind; aan de zeezijde wordt deze strook voorzien van een talud dat tot 50 cm beneden het wegdek doorloopt. Bovendien wordt deze buitenste strook vastgelegd door middel van een penetratie met prepact-mortel, zodat ook bij enige verlaging van het strand niet direct voor beschadiging van de wegconstructie behoeft te worden gevreesd. De wegverharding zal bestaan uit een fundering van schraal beton van 20 cm, met daarop een deklaag van asfalt van 3 cm dik.

Ter voorkoming van gevaar voor de strandbezoekers wordt de weg met een heining geheel gescheiden van het strand. De 'slagen' door de duinen waarover men het strand kan bereiken, worden met behulp van houten brugjes over de weg gevoerd.

Vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen

Voortzetting en afsluiting van het onderzoek

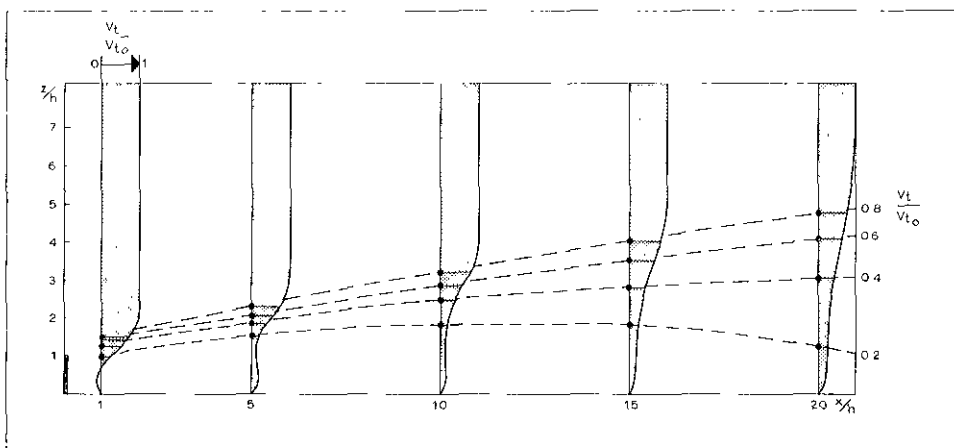
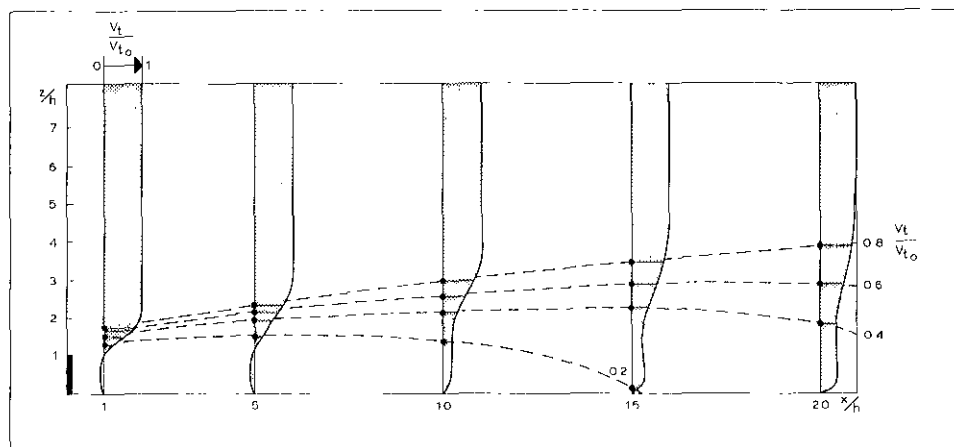
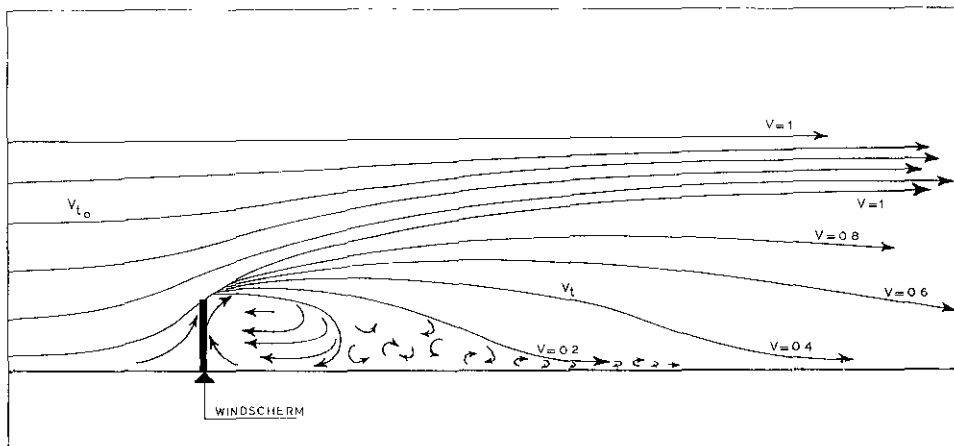
Het onderzoek naar de maatregelen ter vermindering van de windhinder voor de scheepvaart bij de Volkeraksluizen is sinds vorig jaar voortgezet en thans afgesloten. Het tussentijds verslag, dat verscheen in het Driemaandelijks Bericht nr. 32 (mei 1965), bevatte enkele voorlopige conclusies en een aantal nog door onderzoek te beantwoorden vragen. De belangrijkste hiervan waren: kan met een windscherm waarvan de doorlatendheid met de hoogte toeneemt een nog betere afschermende werking worden verkregen dan bij gelijke tussenruimten tussen de horizontale planken? en in welke mate zijn de resultaten met boomschermen geringer dan met kunstmatige schermen?

Om deze vragen te beantwoorden is een reeks aanvullende proeven genomen in een van de windtunnels van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium te Amsterdam.

Kunstmatige schermen

Bij kunstmatige schermen gebruikt men de term 'gemiddelde doorlatendheid'; daaronder wordt bij schermen met een horizontale beplanking verstaan de verhouding tussen de gesommeerde spleetbreedte en de totale schermhoogte. Bij het voortgezet onderzoek werden zeven verschillende windschermen met horizontale beplanking onderling vergeleken, en wel

- a. een scherm met gelijke spleetbreedte over de gehele hoogte van het scherm. De gemiddelde doorlatendheid was 25%.
- b. een scherm met in hoogterichting toenemende spleetbreedte. De plaatselijke doorlatendheid verliep van 12,5% tot 37,5% en bedroeg gemiddeld ook 25%.
- c. een scherm met een verloop van de plaatselijke doorlatendheid in hoogterichting van 0% tot 50%; de gemiddelde doorlatendheid was weer 25%.
- d. een scherm met gelijk blijvende spleetbreedte en een gemiddelde doorlatendheid van 50%.
- e. een scherm met toenemende plaatselijke doorlatendheid van 25% tot 75%. Gemiddeld 50%.
- f. een scherm met toenemende doorlatendheid van 0 tot 100%; gemiddeld weer 50%.
- g. een volledig dicht scherm.

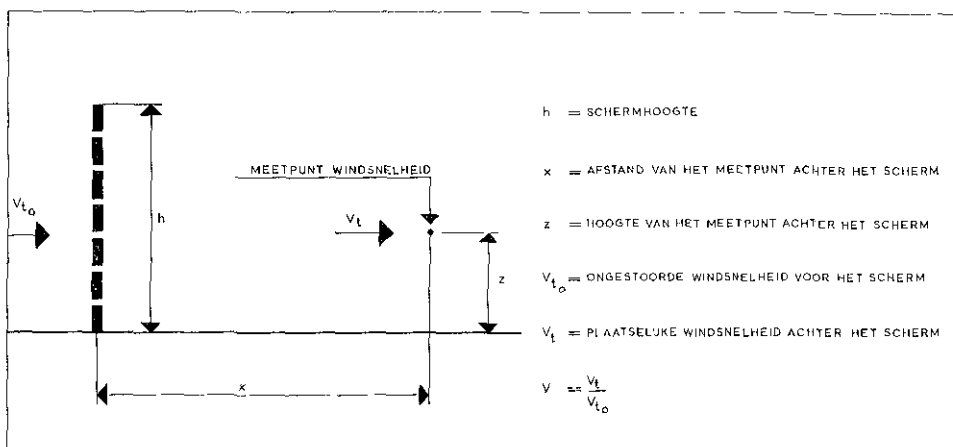


1. Schematisch stromingsbeeld achter een dicht windscherm

2. Snelheidscoëfficiënt achter een dicht windscherm bij loodrechte aanstroming

3. Snelheidscoëfficiënt achter een voor 25% doorlatend windscherm bij loodrechte aanstroming

4. Verklaring der symbolen



Al deze schermen werden in de windtunnel op een vlakke, horizontale grondplaat opgesteld. Om een twee-dimensionaal stromingsbeeld te verkrijgen werden aan de beide uiteinden van het te onderzoeken scherm staande schotten aangebracht, evenwijdig aan de winrichting in de tunnel. Door de opstelling op een vlakke, horizontale plaat werd de specifieke configuratie van de omgeving in de werkelijkheid, die bepaald wordt door de oevervormen, dijken, gebouwen en dergelijke meer, uitgeschakeld; de resultaten van dit vergelijkend onderzoek zijn derhalve van algemene aard. Tot deze beperking van het onderzoek werd besloten om te vermijden dat er een al te kleine modelschaal moest worden toegepast en tevens om het onderzoek te versnellen. Aangenomen mag worden, dat de aanwijzingen die uit het onderzoek resulteerden in hun algemeenheid ook geldig zijn voor de specifieke omstandigheden die zich bij de Volkeraksluizen voordoen.

Daar in werkelijkheid de windrichting slechts zelden loodrecht op de lengterichting van een scherm zal staan, werden ook enkele metingen met scheve aanstroming uitgevoerd. Voor het onderzoek bij die omstandigheden werd een aanstromingshoek tussen windrichting en lengte-as van het scherm van 60° aangehouden.

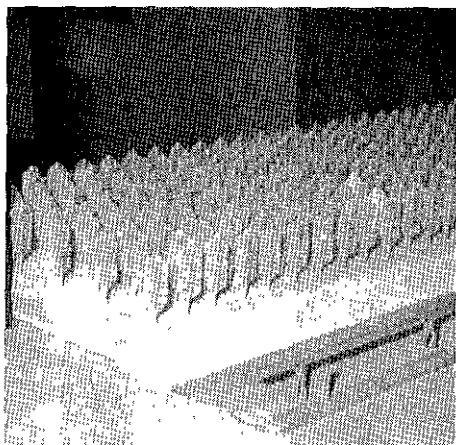
Op bepaalde afstanden achter het scherm, nl. op 1, 5, 10, 15 en 20 maal de schermhoogte werd de windsnelheid op diverse hoogten gemeten. Voor ieder onderzocht scherm werden de waarnemingen in een grafiek genoteerd en door interpolatie konden hierin lijnen van constante windsnelheid worden getekend, zodat de gebieden waarbinnen de windsnelheid een zekere waarde niet overschrijdt, bepaald konden worden. Het effect van ieder scherm kon op deze wijze goed beoordeeld worden en bovendien werd onderlinge vergelijking mogelijk van de resultaten der verschillende schermen. Bij een vlakke, dichte plaat, loodrecht op de windrichting geplaatst, zal de aanstromende lucht aan de voorkant van de plaat worden opgestuwd en naar boven uitwijken. Aan de bovenrand van de plaat laat de luchtstroom los en achter de plaat ontstaat een gebied waarin de stroming sterk gestoord is en veel turbulentie vertoont, het zogenaamde zoggebied. Aan de achterzijde van de plaat heerst een onderdruk, waardoor in een gebied ter diepte van 6 à 7 maal de schermhoogte een terugstroming langs de grondplaat, tegen de hoofdstroomrichting in, plaatsvindt. Benedenstreams van dit gebied wordt de terugstroming minder sterk en tenslotte gaat ze over in een onrustige, wervelende luchtstroom, die zich in de richting van de hoofdstroom beweegt. Nog verder benedenstreams wordt de luchtstroom weer meer gericht en doordat de wervels gaandeweg uitdampen herstelt zich de toestand die voor de plaat heerst.

Wanneer in het scherm spleten worden gemaakt, zal een deel van de luchtstroom daar doorheen gaan, met het gevolg dat de luchtstroom nu niet zover omhoog wordt gebogen als bij een dicht scherm. Ook is de onderdruk achter het open scherm veel kleiner, waardoor de wervels die aan de rand van het scherm ontstaan, veel minder sterk zijn. Het terugstroomgebied achter het scherm is aanmerkelijk kleiner, daarachter bevindt zich een gebied, waarin de luchtstroom sterk is afgeremd en zich rustiger en minder turbulent beweegt. Door het onderzoek kwam vast te staan dat het afgeschermd gebied bij een gelijkmatig doorlatend scherm groter is dan bij schermen met een toenemende doorlatendheid in hoogterichting. De beste resultaten werden bereikt met een scherm van een gelijkmatige doorlatendheid van ca. 25%. Voor alle schermen werd vastgesteld dat bij scheve aanstroming het gebied met lage windsnelheden niet alleen lager komt te liggen, maar ook aanzienlijk korter wordt; naarmate de wind schever aanstroomt, wordt het afgeschermd gebied kleiner. Onderstaande tabel kan enig idee geven omtrent de mate van afscherming van een gelijkmatig voor 25% doorlatend scherm. De schermhoogte in meters wordt aangeduid als h.

Snelheid in % van de onge- stoorde windsnelheid	grootte van het afgeschermd gebied bij:			
	loodrechte aanstroming		scheve aanstroming	
	lengte	hoogte	lengte	hoogte
20%	20 h	2 h	6 h	1 h
40%	25 h	3 h	11 h	1,5 h

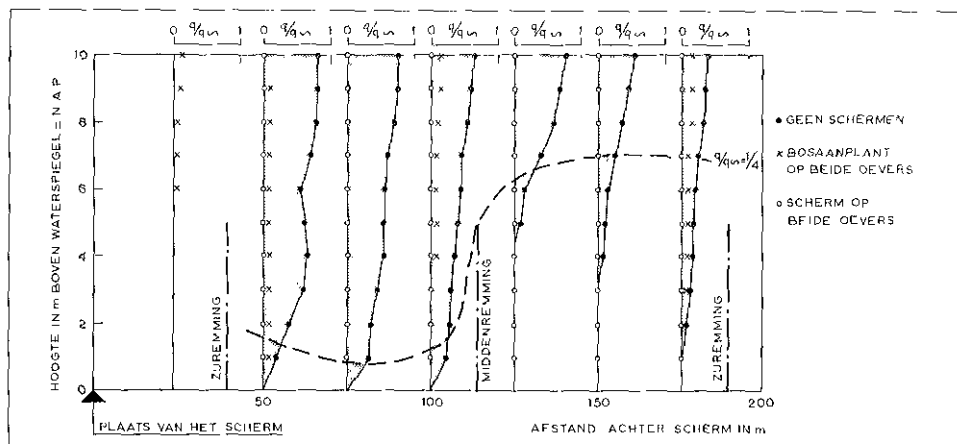
Vergelijking tussen natuurlijke en kunstmatige windschermen

In het vervolg van het onderzoek heeft men getracht vast te stellen of met natuurlijke windschermen toch niet een bevredigende reductie van de windhinder kan worden verkregen. Een natuurlijk scherm heeft boven een kunstmatig twee belangrijke voordelen:



Nylon borstels als modelbomen

Winddrukverdeling boven de voorhaven zonder schermen, met een voor 25% doorlatend scherm en met een bosaanplant van 10 m hoge populieren op beide oevers



de kosten van aanschaf en onderhoud zijn relatief laag, en het siert het landschap, wat van het kunstmatige windscherm niet gezegd kan worden. Het is een bekend ervaringsfeit dat boomrijen, mits ze voldoende dicht zijn, een goede afscherming tegen windhinder kunnen bieden. Een natuurlijk windscherm kan men echter niet zo dicht maken als voor de windafscherming wel wenselijk is: er moet met het oog op de groei een zekere minimale afstand tussen de bomen in acht worden genomen. Bovendien kunnen boomsingels aan de onderzijde door het ontbreken van takken te open zijn. Verbetering hiervan is mogelijk door het aanbrengen van een geschikte onderbegroeiing tussen de bomen. Een probleem vormt de met het seizoen wisselende doorlatendheid van bladverliezende bomen. Om met behulp van schaalproeven in een windtunnel tot een goede beoordeling van diverse natuurlijke windschermen te geraken, zou een zeer uitgebreid onderzoek noodzakelijk zijn, daar men de invloed van alle hier genoemde variabelen dient na te gaan. Om op korte termijn toch een indruk te krijgen van de afschermende werking van een natuurlijk windscherm, werd besloten er een beperkt en kort lopend onderzoek naar in te stellen.

Bij het eerste onderzoek werden takjes en twijgjes toegepast, die op schaal enige gelijkenis met populieren vertoonden. Bij het verdere onderzoek werden nylon borstels als modelbomen gebruikt. Deze borstels, die tien meter hoge bomen moesten voorstellen, werden aangebracht in het detailmodel van de invaarkanalen nabij de Volkeraksluizen. Dat model, schaal 1 : 100, geeft behalve de beide invaarkanalen met geleidewerken bovendien de op de voorhaven aansluitende terreinen met dijken weer. Deze terreinen kunnen van een boombeplanting worden voorzien.

Ter verdere beperking van het onderzoek werden de verschillende boombeplantingen slechts bij één windrichting, namelijk loodrecht op de invaarkanalen onderzocht, en slechts bij één waterstand in de voorhaven, namelijk N.A.P.: uit het onderzoek met kunstmatige schermen was reeds gebleken dat de invloed van de waterstand op de afscherpende werking gering is.

Op de terreinen op beide oevers werden de 'bomen' volgens drie verschillende beplantingspatronen aangebracht.

Bij de eerste proef bedroeg de afstand tussen de boomrijen 5 m. In iedere rij was de onderlinge afstand der bomen 5 m. De bomen in iedere rij werden niet verspringend ten opzichte van de vorige rij geplaatst. De breedte van het plantsoen was ca. 50 m.

In de tweede proef bedroeg de afstand tussen de boomrijen 5 m. In iedere rij stonden de bomen op afstanden van 10 m van elkaar. De bomen van iedere rij versprongen 2,5 m ten opzichte van de bomen van de vorige rij. De breedte van het plantsoen was 50 m.

Voor de derde proef werd de opstelling van de tweede proef gehandhaafd; slechts werd het plantsoen versmald tot een totale breedte van 25 m. Uit de snelheidsmetingen bleek dat met de hier op schaal aangebrachte 'bomen' een redelijke afscherming te bereiken valt. Zo was in de eerste proef de windsnelheid op 10 m hoogte boven het wateroppervlak maximaal 18% van de ongestoorde windsnelheid voor het scherm.

Op geringere hoogten waren de gemeten waarden nog kleiner.

Bij het uitgedunde plantsoen van de tweede proef werd op 10 m hoogte een snelheid van maximaal 32%, en bij het versmalde plantsoen van de laatste proef van maximaal 26% van de ongehinderde windsnelheid voor het scherm gemeten. Op geringere hoogten zijn de onderlinge verschillen nog kleiner. Uit deze uitkomsten zou volgen dat een 25 m breed plantsoen een iets betere afscherming biedt dan een plantsoen van 50 m. Maar het verschil is niet groot. Daar de groei der bomen vermoedelijk een grotere onderlinge afstand vereist dan 5 m, komen alleen de beplantingspatronen van de tweede en derde proef voor verwezenlijking in aanmerking.

Vergelijkt men de resultaten van de natuurlijke windschermen met die van een kunstmatig windscherm met bijvoorbeeld een doorlatendheid van 25%, dan ziet men, dat met het kunstmatige scherm een betere afscherming wordt bereikt. Toch is de vermindering van de windhinder die met het hier onderzochte natuurlijke scherm wordt bereikt reeds aanzienlijk.

Uit het beperkte onderzoek kan men dan ook de conclusie trekken dat de toepassing van natuurlijke windschermen tot de reële mogelijkheden behoort. Zou men erin slagen boomsingels aan te brengen waarvan de doorlatendheid enigszins overeenkomt met die van de 'bomen' in het model, dan is daarmee voor de scheepvaart een goede afscherming van de wind ter plaatse van de invaarkanalen bij de sluizen mogelijk.

Met de deskundigen van het Staatsbosbeheer zal nader contact worden opgenomen om na te gaan welke boomtypen voor dit doel het meest geschikt zijn.

De erosiegevoeligheid van bepaalde grondsoorten in de zeegaten

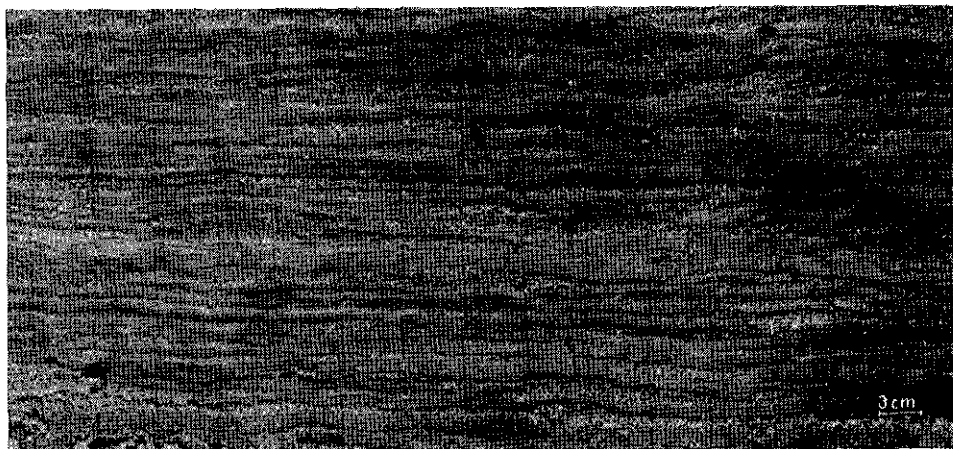
Bij het ontwerp van de Deltawerken dient in belangrijke mate rekening te worden gehouden met de weerstand die de bodemlagen ter plaatse van het te maken werk tegen erosie hebben.

De ontgronding bij sluitgaten is sterk afhankelijk van de erosiegevoeligheid van de bodemlagen in de omgeving. Ook de mate van verplaatsing of verdieping van geulen, al dan niet onder invloed van de werken, wordt beïnvloed door deze erosiegevoeligheid. Na de afsluiting van het Haringvliet zal bijvoorbeeld het geulenpatroon in de mond van dit zeegat belangrijke veranderingen ondergaan; onder meer zal zich een suatiegeul vormen voor de uitwateringssluizen. Tenslotte hangt ook de zuigbaarheid van bodem-materiaal samen met de erosiegevoeligheid ervan, zodat de erosiegevoeligheid mede een rol speelt bij de keuze van zandwinplaatsen.

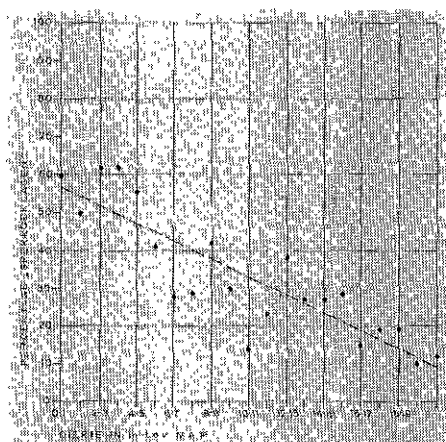
Het is dus van belang een inzicht te krijgen in de erodeerbaarheid van de verschillende grondsoorten die in de zeegaten voorkomen.

Deze grondsoorten kunnen in drie typen onderscheiden worden: zandlagen, kleilagen en zogenaamde 'spekkoeklagen'. Deze laatste bestaan uit elkaar afwisselende zand- en kleilaagjes van 0,5 tot 2 cm dikte. De foto geeft hiervan een beeld. Uit boringen is gebleken, dat in de zeegaten zelf bijna geen zuivere kleilagen voorkomen, maar wel plaatselijk onder de oevers van de eilanden. In de zeegaten worden voornamelijk zandlagen en spekkoeklagen aangetroffen. Vastgesteld is, dat de bodem in de monden van het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde tot een diepte van N.A.P. - 20 m voor 80% uit zandlagen en voor 20% uit spekkoeklagen bestaat. In de mond van het Haringvliet evenwel wordt een geheel ander beeld van de bodemopbouw tot N.A.P. - 20 m gevonden. Een bijgevoegde figuur laat zien, dat daar, naarmate men dieper komt, de spekkoeklagen afnemen en de zandlagen gaan overheersen. Op de oorzaak hiervan zal thans niet nader worden ingegaan, maar het is duidelijk dat vooral op geringere diepten de spekkoeklagen een belangrijk deel van de bodem vormen.

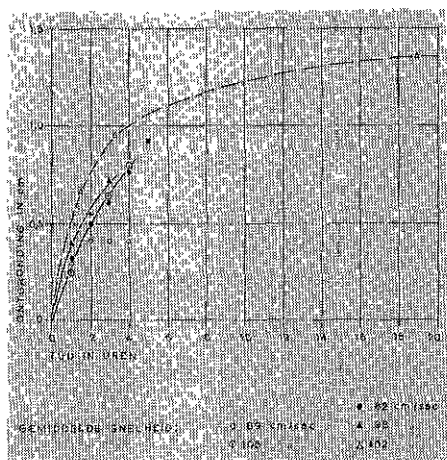
Over de erosiegevoeligheid van zand zijn we het beste geïnformeerd, omdat de drempelwaarde voor de watersnelheid waarbij zand op de bodem in beweging komt redelijk goed bekend is. Naarmate de zandkorrels groter en zwaarder zijn, zullen de krachten die nodig zijn om de korrels te verplaatsen groter moeten zijn; de drempelwaarde neemt dan toe. Er bestaat dus een eenvoudig verband tussen de korrelgrootte en de drempelwaarde voor erosie; hoe hoger de drempelwaarde, des te geringer is de erosiegevoeligheid.



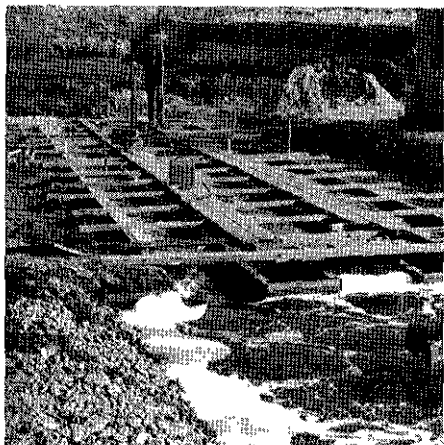
Spekkoeklaag in de bouwput voor de schutsluis in het Haringvliet



Het percentage spekkoeklagen in het bodemsediment in de mond van het Haringvliet



Ontgronding van spekkoeklagen bij verschillende stroomsnelheden tijdens de proeven in de bouwput



De proefopstelling in de bouwput

De erodeerbaarheid van kleilagen laat zich moeilijker vaststellen. Kleideeltjes zijn weliswaar veel kleiner dan zandkorrels, maar tussen de kleideeltjes kunnen onderlinge aantrekkingskrachten, zogenaamde cohesiekrachten werken, die de weerstand tegen erosie vergroten. Hoe groter deze cohesiekrachten, des te groter ook de drempelwaarde voor erosie. De cohesiekrachten nemen toe naarmate het watergehalte in de kleilaag vermindert en de klei dus meer geconsolideerd is. In vergelijking met zand heeft een goed geconsolideerde zeeklei een hogere drempelwaarde voor erosie en ontleent daaraan zijn eigenschappen als bodembescherming.

De erodeerbaarheid van spekkoeklagen was tot nu toe onbekend. In opdracht van de Deltadienst is er door het Waterloopkundig Laboratorium een onderzoek naar ingesteld. Deze studie werd vooral ondernomen om een inzicht te verkrijgen in de te verwachten veranderingen in het geulenpatroon van het Haringvliet na de afsluiting en het inwerking treden van de uitwateringssluizen. Het is mogelijk dat deze geulen zich naar de oevers zullen gaan verplaatsen. Hierbij moet in de eerste plaats worden gedacht aan een verplaatsing van de geul langs de kust van Goeree, waar de aanwezigheid van spekkoeklagen in de ondergrond is vastgesteld. De erodeerbaarheid van deze lagen bepaalt mede de snelheid van de eventuele geulverplaatsing en aantasting van de oevers. Daarentegen wordt aan de andere zijde van het zeegat, langs de kust van Voorne bij de Zwarte Hoek, een kleilaag aangetroffen op N.A.P. - 4 à 6 m.

Het geulenpatroon in de mond van het Haringvliet zal verder worden gewijzigd door de vorming van een suatiegeul voor de uitwateringssluizen. Er bestaat natuurlijk een relatie tussen de omvang van een geul en de hoeveelheid water die er door stroomt, waarbij morfologie van de bodem een van de belangrijkste parameters is. Bij grote rivierafvoeren zullen de Haringvlietsluizen veel water lozen. Dit water zal via de suatiegeul naar zee stromen. Haar omvang zal dus mede bepaald worden door het debiet van de sluizen. Anderzijds zullen in de zomer de Haringvlietsluizen gemiddeld ongeveer vijftig dagen geheel gesloten zijn of zeer geringe spuidebieten hebben. De suatiegeul zal dan veel minder water afvoeren dan in de winter, en bijgevolg kunnen verondiepen. Verwacht wordt dat er voornamelijk spekkoeklagen in de suatiegeul zullen worden afgezet. Hun erosiebestendigheid bepaalt niet alleen de snelheid van de diepte-erosie die bij toeneming van het spuidebiet zal gaan optreden, maar is bovendien van betekenis voor een eventuele zijwaartse verplaatsing van de geul. Immers, als er op de bodem

van de geul een meer weerstandskrachtige laag aanwezig is dan langs de oevers, zal de geul bij toeneming van het spuidebiet geneigd zijn zich in de oever in te snijden en zich zijwaarts te verplaatsen.

Proeven ten aanzien van de erosiegevoeligheid van spekkoecklagen kunnen slechts worden uitgevoerd op een natuurlijke, in het zeeget ontstane bodem. De gunstige omstandigheid deed zich voor, dat in de bouwput voor de schutsluis in het Haringvliet niet verstoorte spekkoecklagen werden aangetroffen. Op deze lagen werd een laboratoriumopstelling gebouwd zodat er proeven konden worden verricht ten aanzien van de erosiegevoeligheid en de ontgronding als functie van de tijd.

De proeven werden zodanig gedimensioneerd, dat de krachten die door het stromende water op de bodem werden uitgeoefend onder laboratoriumcondities vergelijkbaar waren met die welke in de toekomstige suatiegeul kunnen worden verwacht. Deze verwachting is weliswaar gebaseerd op globale berekeningen die nog nadere precisering behoeven, maar toch kon de orde van grootte van de maximale watersnelheid die op 40 cm boven de bodem zal kunnen optreden op 75 à 120 cm/sec worden geschat.

De proeven werden verricht bij een waterdiepte van 40 cm. Als de gemiddelde watersnelheid kleiner was dan 60 cm/sec bleek er geen erosie van de spekkoecklagen op te treden. Boven de 60 cm/sec trad erosie op; bij verdere verhoging van de snelheid nam de erosiesnelheid, dat is de gemiddelde ontgronding in mm/uur, langzaam toe. De hoogste gemeten erosiesnelheid bedroeg ongeveer 2,5 mm/uur, bij een stroomsnelheid van ongeveer 100 cm/sec. De maximale stroomsnelheid die tijdens de proeven kon worden ingesteld bedroeg 110 cm/sec. Bij hogere snelheden traden er in de goot verschijnselen op – zogenaamd 'schietend water' – die niet meer representatief zijn voor de natuurlijke omstandigheden in geulen.

Om het verloop van de erosie met de tijd te bepalen werden er gedurende 24 uur waarnemingen gedaan bij een constante hoge stroomsnelheid van 100 cm/sec. Hierbij bleek dat de erosiesnelheid met de tijd afneemt. De oorzaak daarvan is nog niet geheel duidelijk.

Uit de proeven is gebleken, dat de erosiegevoeligheid van spekkoecklagen vrijwel overeenkomt met die van kleilagen. Bij analoge stroomsnelheden zouden zandlagen een veel grotere erosiesnelheid vertoond hebben.

Ook werd gevonden, dat de zandlaagjes soms tussen de kleilaagjes worden weggespoeld. De kleilaagjes worden dan ondergraven en breken af. Zo ontstaan de kleiplaatjes die zowel bij de proeven, alsook in natuurlijke afzettingen zijn aangetroffen. Deze uitspoeling leidt echter niet tot een waarneembare versnelling van de erosiesnelheid van spekkoecklagen.

De erosiesnelheden die tijdens de proeven zijn gemeten mogen niet zondermeer worden toegepast op spekkoecklagen van afwijkende samenstelling en dikte van de zand- en kleilaagjes. De proeven hebben echter een algemeen inzicht opgeleverd in het proces van erosie en van de erodeerbaarheid van spekkoecklagen in het algemeen.

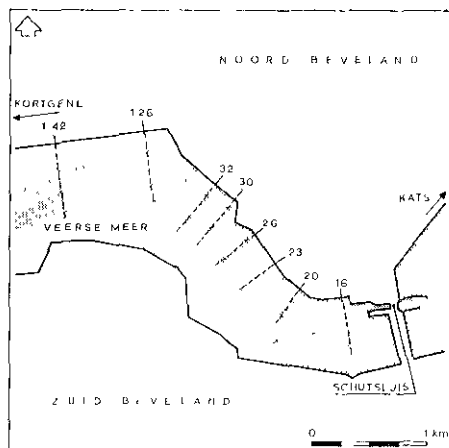
Kunstmatige verwijdering van zout water uit een diepe stroomgeul

Van verschillende zijden is de aandacht gevestigd op de mogelijke ongunstige invloed, die de diepe geulen welke voorkomen in de Zeeuwse stromen kunnen hebben op de kwaliteit van het water in het toekomstige Zeeuwse Meer. De vrees is geuit, dat deze diepe geulen altijd met zout water gevuld zullen blijven. De in de geleidelijk verzoete bovenlagen levende dierlijke en plantaardige organismen zullen, aldus wordt gesteld, tijdens een natuurlijk afstervingsproces naar de bodem zakken en in de diepe geulen met zout en zuurstofarm water tot ontbinding overgaan. Bij dit ontbindingsproces in een zuurstofloos milieu zijn bepaalde bacteriën in staat zuurstof te onttrekken aan verschillende in het water voorkomende chemische verbindingen. Hierbij moet vooral gedacht worden aan de reductie van de in zeewater aanwezige sulfaten tot het giftige zwavelwaterstof. Bij een eventuele menging van het water uit de diepe geulen met het zoete water in de bovenste lagen zou het aquatische leven in het Zeeuwse Meer kunnen worden bedreigd. De aanvoer van organische stoffen door lozing van het afvalwater van de bevolking en de industrie zal nog bijdragen tot de voortgang van deze ongewenste microbiologische processen.

Reeds in een vroeg stadium van het onderzoek naar de toekomstige waterhuishouding van het Zeeuwse Meer is het gestelde probleem onderkend en bestudeerd. Naast literatuuronderzoek inzake waargenomen verschijnselen in diepe meren in het buitenland zijn gegevens verzameld van de in Nederland voorkomende plaatsen met grote waterdiepte. Tevens is gedurende 1957 en 1958 een uitvoerig onderzoek ingesteld naar de samenstelling van het water en het bodemmateriaal in een tweetal diepe geulen in de in 1950 afgesloten Brielsche Maas. In de verschillende seizoenen zijn bemonsteringen verricht, om na te gaan of nabij de bodem zuurstofarmoede of anaërobie zou kunnen ontstaan door een te geringe uitwisseling van zoet en zout water en of deze anaërobie zou kunnen leiden tot vissterfte en tot het opdrijven van modder door gasontwikkeling in het bodemslijk.

De Scheikundig-Bacteriologische Dienst van het Provinciaal Waterleidingbedrijf in Noord-Holland, die dit onderzoek verricht heeft, kwam tot de conclusie dat er in de Brielsche Maas geen gevaar bestaat voor de ontwikkeling van zwavelwaterstof. Uit de regelmatig verrichte zoutmetingen in de afgesloten Brielsche Maas blijkt, dat er nauwelijks verschillen zijn voorgekomen in de zoutgehalten van het water nabij de oppervlakte en nabij de bodem. De verklaring hiervoor moet worden gezocht in de invloed die de

De voor de proef gekozen diepe geul in het Veerse Meer, met de meettraaien



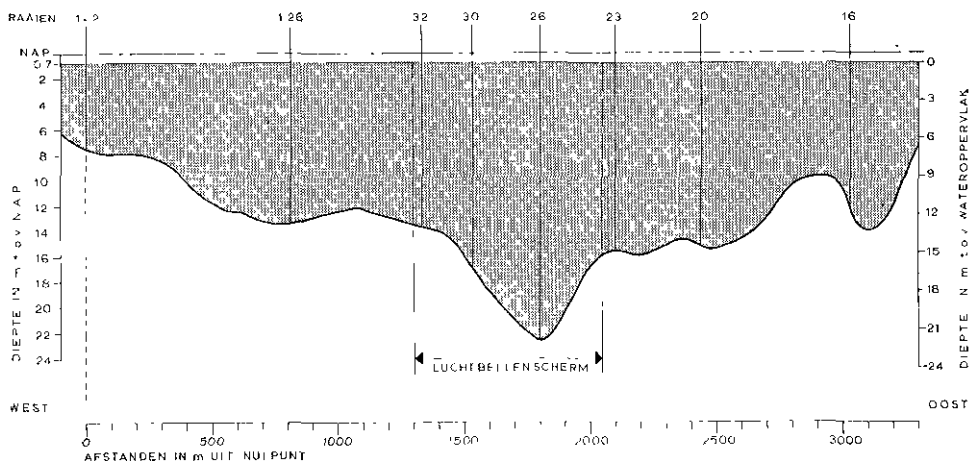
wind heeft op de waterbeweging in rivieren en meren, vooral wanneer de diepere geulen ongeveer in de richting van de heersende westenwind liggen, zoals dit in het algemeen het geval is in de Zeeuwse en Zuidhollandse stromen.

Het staat niet geheel vast dat uit het onderzoek in de Brielsche Maas zonder meer kan worden afgeleid hoe de toestand in het afgesloten Zeeuwse Meer zal worden. In welk tempo en in welke mate de zeer diepe geulen als gevolg van de windinvloed zullen verzoeten, is nog onzeker. Mede met het oog hierop is reeds in 1957 onderzocht, welke mogelijkheden er zijn om de gewenste ontzilting van de diepere geulen desnoods op kunstmatige wijze te bevorderen. Uit dit onderzoek is gebleken, dat voor dit doel gebruik zou kunnen worden gemaakt van een transportabele compressor-installatie waarmee lucht naar de diepste delen van de geulen wordt geperst; op de bodem van de geul ontwijkt de lucht door geperforeerde buizen, en vormt een dun luchtgordijn. De turbulentie als gevolg van de stijgende luchtbellens veroorzaakt menging van het zoute water uit de diepere lagen met het zoetere water in de bovenste lagen.

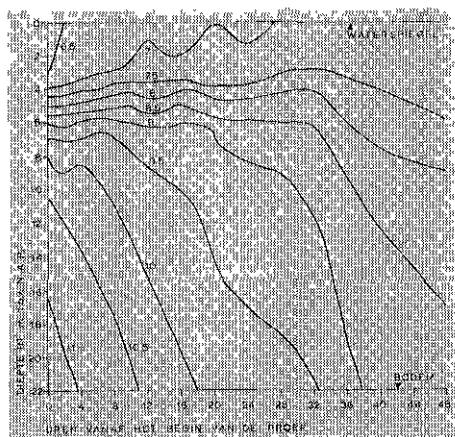
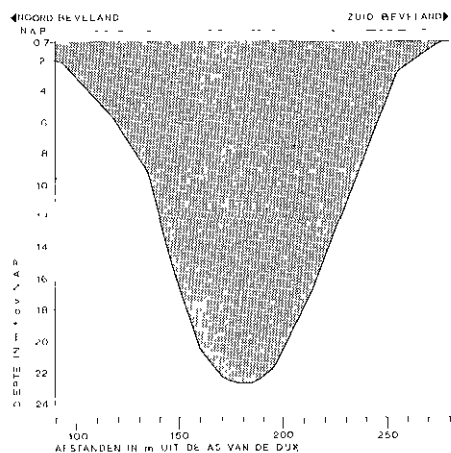
Tijdens een bespreking tussen vertegenwoordigers van de Rijkswaterstaat en van het te Yerseke gevestigde Hydrobiologisch Instituut van de Koninklijke Academie van Wetenschappen is besloten deze methode nogmaals op zijn bruikbaarheid te toetsen in een diepe geul in het afgesloten Veerse Meer.

De proef in het Veerse Meer

De keus voor de proef is gevallen op een enigszins tegen de windinvloed beschut liggende geul langs de noordoever van het Veerse Meer tussen Kortgene en Kats. Het diepste punt ervan ligt op ruim 22,50 m beneden N.A.P. De diepe geul wordt begrensd door de dieptelij van de bodem van het Veerse Meer van ongeveer N.A.P. - 6,25 m. De waterinhoud van de geul beneden deze dieptelij bedraagt 1,9 miljoen m³. De totale inhoud tot aan de waterspiegel op N.A.P. - 0,70 m zou, volgens een denkbeeldige verticale begrenzing door de dieptelij van N.A.P. - 6,25 m, 4,3 miljoen m³ bedragen. Tijdens de proef zijn gedurende ruim 48 uur metingen verricht van het Cl⁻-gehalte in de verschillende lagen. Het werk werd gedaan door meetploegen van het Hydrobiologisch Instituut, het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater en de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Zierikzee.



Lengte- en dwarsprofiel van de geul



Verloop tijdens de proef van de isohalinen in het centrale gedeelte van de geul

Uit de resultaten van de waarnemingen blijkt, dat vanaf het begin van de proef de Cl' -gehalten van het water in de diepere lagen onmiddellijk begonnen af te nemen en dat tegelijkertijd de gehalten in de bovenste lagen toenamen. Door bijgaande figuur wordt dit verschijnsel goed geïllustreerd. De isohalinen – dat zijn de lijnen die de punten met gelijk chloorgehalte verbinden – met de hoogste waarden van het Cl' -gehalte verdwijnen een voor een uit het beeld. In mindere mate is dit het geval met de isohalinen met de laagste Cl' -gehalten, omdat de massa water in de bovenste lagen groter is dan in de diepere delen van de geul en omdat een groot gedeelte van het met de bovenlagen gemengde water als gevolg van dichtheidsverschillen afvloeit naar de omgeving van de beschouwde geul.

Uit een sommatie van de per laagdikte van één meter bepaalde zoutinhouden blijkt, dat 48 uur na het begin van de proef ruim 3,5 miljoen kg Cl' uit het diepere deel van de beschouwde ruimte was verdwenen. Als gevolg van het Cl' -bezwaar van de shut-sluis in de Zandkreekdijk is tijdens de proef ongeveer 1 miljoen kg Cl' in de geul aangevoerd, zodat in werkelijkheid gedurende 48 uur ruim 4,5 miljoen kg Cl' met de bovenste waterlagen is vermengd en voor het grootste deel naar de omgeving afgevoerd.

De compressor-installatie voerde 30 m^3 vrije lucht per minuut aan. Deze hoeveelheid lucht werd zo gelijkmatig mogelijk verdeeld over een traject van ongeveer 750 m lengte nabij het diepste gedeelte van de geul. Als gevolg van de menging verminderden de Cl' -gehalten in de diepere waterlagen in de buurt van het luchtbellengordijn. Hierdoor ontstonden verschillen met de Cl' -gehalten in de overeenkomstige lagen op afstanden van het luchtbellengordijn. Als gevolg van deze dichtheidsverschillen ontstond tot ruim één kilometer uit de as van de geul een waterbeweging in deze lagen in de richting van het diepste gedeelte van de geul. Uit de resultaten van de verschillende metingen blijkt, dat door deze dichtheidsstromingen zelfs in de verst van het centrum verwijderde delen van de geul een betrekkelijk snelle afneming van de Cl' -gehalten in de diepere lagen wordt veroorzaakt.

Op grond van de bereikte resultaten kan worden geconcludeerd, dat de gevolgde methode van ontzilting met behulp van samengeperste lucht een goed hulpmiddel is voor het verwijderen van het zoute water dat na de ontzilting van het toekomstige Zeeuwse Meer eventueel nog in diepe stroomgeulen zou achterblijven.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

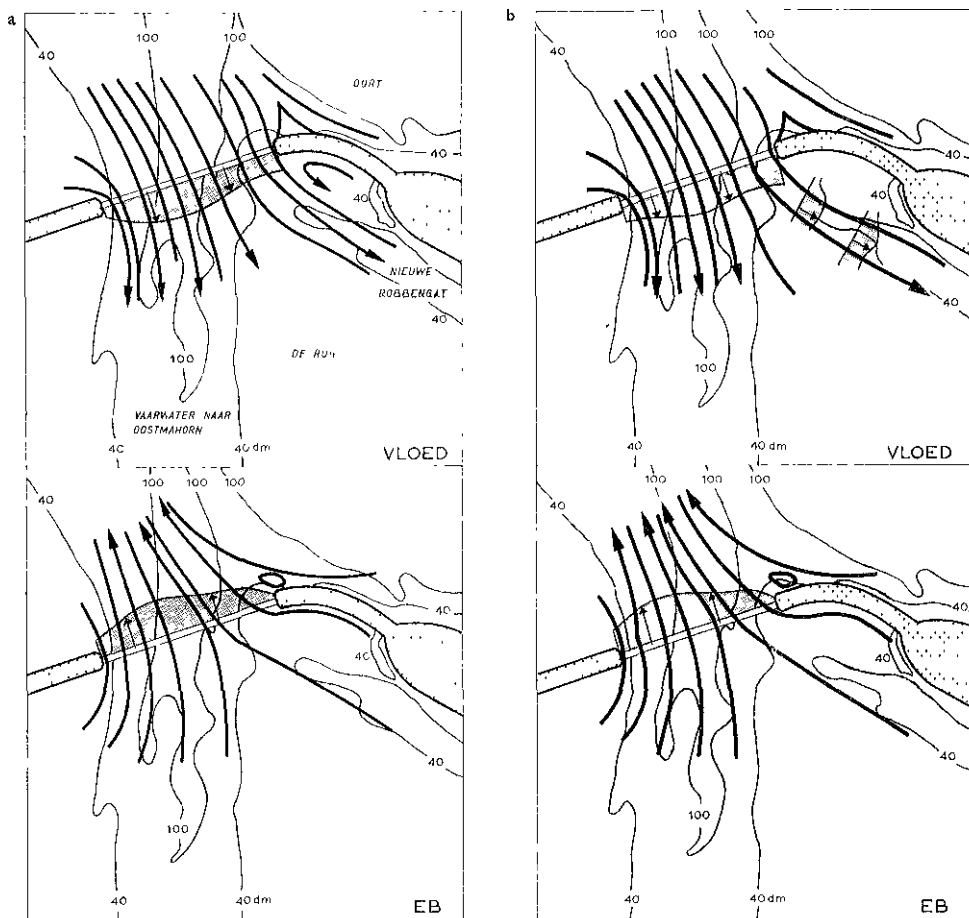
Het sluitgat van de afsluitdijk voor de Lauwerszee

De vulling bij vloed en de lediging bij eb van de kom van de Lauwerszee geschiedt voor het overgrote deel door een nabij de Friese oever gelegen geul, het Vaarwater naar Oostmahorn. Alleen het noordoostelijke deel van de Lauwerszee vormt het min of meer afzonderlijke stroomgebied van het Nieuwe Robbengat. De twee geulen hebben een gemeenschappelijke uitmonding naar het Oort en de Zoutkamperlaag, de hoofdgeulen ten noorden van de Lauwerszee. Over de tussen het Nieuwe Robbengat en het Oort gelegen Ballastplaat vindt overtrek van water plaats, die vrij sterk door de wind wordt beïnvloed.

Het af te sluiten doorstroomprofiel volgens het tracé van de dijk bestaat grotendeels, en wel over 12 km, uit zandplaten met hoogten tussen G.H.W. (N.A.P. + 1 m) en G.L.W. (N.A.P. - 1,45 m) en overigens, over ongeveer 1000 m, uit het mondingsgebied van het Vaarwater naar Oostmahorn en het Nieuwe Robbengat. De diepte varieert tussen N.A.P. - 3 m en N.A.P. - 12 m. Door de beide geulen wordt ruim 80% van het water aan- en afgevoerd; de stroom over de platen is dus veel kleiner.

In beginsel wordt een sluitingsplan altijd zo opgezet dat het stromingsbeeld eerst in een zo laat mogelijk stadium van de afsluiting door de uit te voeren werken belangrijke veranderingen ondergaat. Daarom worden de eerste dijkgedeelten over de zandplaten gelegd; er verandert hierdoor weinig aan de waterbeweging. Het Nieuwe Robbengat krijgt wel iets meer water te verwerken en zal enigszins verruimen, maar de stroomsnelheden in de geulen zullen vrijwel ongewijzigd blijven. Het eigenlijke sluitgat zal dus ter plaatse van de geulen komen te liggen. Door de ligging van de sluizen en havens op de zandplaat tussen het Nieuwe Robbengat en het Oort is de oostelijke beëindiging van het sluitgebied in beginsel bepaald. Voor een goede aanstroming dient de as van het sluitgat ongeveer loodrecht op de stroomrichting te liggen, en daarmee is ook de plaats van de westelijke aansluiting ongeveer vastgelegd.

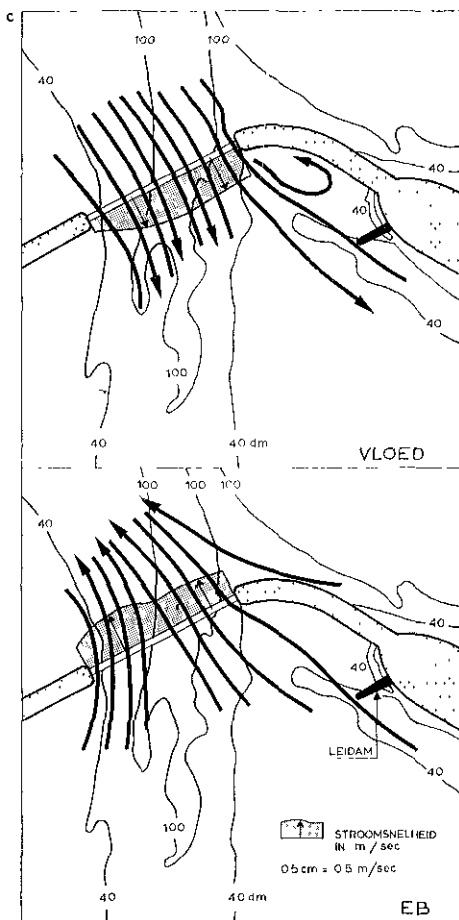
Men zou in dit geval twee afzonderlijke sluitgaten kunnen maken, één voor elk van de geulen met daartussen een kort dijkvak. Dit heeft echter bezwaren. Omdat het sluitgat niet in één werkseizoen kan worden gesloten, dient ermee te worden overwinterd. Dit betekent dat ook het dijkvak tussen de beide sluitgaten van kostbare verdedigde dijkkoppen moet worden voorzien. Uit het waterloopkundige modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium te de Voorst (N.O.P.) is voorts gebleken, dat een dijk tussen de beide sluitgaten een ongunstig stroombeeld veroorzaakt met sterke dwarsstromen. Nog ongunstiger wordt het stroombeeld zodra één van beide sluitgaten is afgesloten. Vooral bij eb zal een sterke dwarsstroom grote uitschuringen veroorzaken. Er is overwogen, de beide sluitgaten gelijktijdig te dichten. Gezien de grote oppervlakte die in totaal moet worden afgesloten is dit een riskante en moeilijk te verwezenlijken



opgave. Stagnatie bij één van de sluitingen zou onmiddellijk ernstige ontgrondingen ten gevolge hebben.

Om al die redenen is er één sluitgat ontworpen, waarmee de beide geulen tegelijkertijd worden afgesloten. De beste toestroming naar dit sluitgat wordt verkregen wanneer het zo noordelijk ligt als maar mogelijk is: de invloed van de scheiding tussen de beide geulen, gevormd door de zandplaat 'De Rug', is daar tot een minimum beperkt. Het water zal dan zowel bij vloed als bij eb een regelmatig stroombeeld vertonen, zoals uit modelproeven is gebleken, waardoor de kans op ontoelaatbare ontgrondingen zo gering mogelijk wordt.

Om dezelfde redenen dient het sluitgat een vrij grote lengte te krijgen van 900 à 1000 m. Het modelonderzoek wees namelijk uit dat bij een lengte van het sluitgat van ongeveer 900 m de stroomsnelheden op verschillende punten in het sluitgat niet te sterk zullen verschillen. Bij een langer sluitgat diende te worden gerekend met veel lagere stroomsnelheden aan de zijanten, waardoor een deel van het sluitgat niet ten volle zou worden gebruikt. Bij eb was de stroomverdeling boven de drempel volgens de waterloopkundige modelproeven minder gunstig. Langs de dijk aan de oostzijde van het



Stroombeelden in het sluitgat volgens het waterloopkundig onderzoek. Het oorspronkelijke ontworpen sluitgat van 1000 m (a) werd gewijzigd in een sluitgat van 900 m (b). Bij het uiteindelijke ontwerp werd het sluitgat 10° gedraaid, en werd een leidam toegevoegd (c).

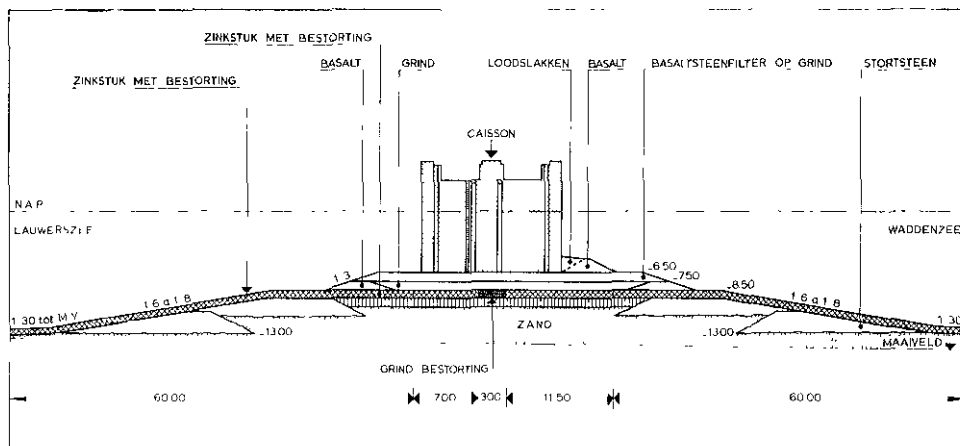
sluitgat trok een vrij sterke stroom uit het Nieuwe Robbengat, die de hoofdstroom in het sluitgat vrijwel haaks in de flank trof en daardoor een zeer turbulent stroomgebied nabij het Groninger landhoofd veroorzaakte.

Voor deze moeilijkheid is evenwel een oplossing gevonden: de stroom uit het Nieuwe Robbengat, dat een ebvolume heeft van 14 miljoen m³ water, zal worden omgedrukt door middel van een leidam van 170 m lengte.

Bovendien is het sluitgat nog enigszins tegen de wijzers van de klok in gedraaid om juist bij de felle ebstromen het regelmatigste stroombeeld te verkrijgen.

De afmetingen van het sluitgat

Gezien de grote afmetingen van het sluitgat is het zonder een onevenredig grote krachtsinspanning niet mogelijk om de bodembescherming door middel van zinkstukken – er moet ongeveer 20 ha bezonken worden – in één werkseizoen gereed te maken. Er zal dus gedurende meer dan één stormseizoen moeten worden overwinterd. De ervaring bij vorige sluitgaten in ons land heeft geleerd, dat de gemiddelde stroomsnelheden bij



Dwarsprofiel van de drempel met een erop geplaatste caisson

gemiddeld getij gedurende het overwinteringsstadium in het sluitgat bij voorkeur niet groter dienen te worden dan 1,75 m/sec. Uit de getijberekeningen volgt dat het sluitgat bij een lengte van 900 m een totale oppervlakte onder N.A.P. heeft van ongeveer 5000 m². Aanvankelijk is overwogen om het doorstroombrofiel van de uitwateringssluiz in de afsluitdijk - 600 m² onder N.A.P. - tijdens het sluiten te gebruiken. Er zouden dan gedurende een aantal weken felle eb- en vloedstromen door deze sluizen trekken. Tegen de ebstromen zullen de sluizen en de bijbehorende bodembeschermingen bestand zijn, want ook tijdens het spuien na de afsluiting zal het water deze stroomrichting hebben. Voor het stromen tijdens vloed echter zouden uitgebreide bezinkingen aan de Lauwerszeezijde van de uitwateringssluizen moeten worden gemaakt, om ongewenste verdiepingen te voorkomen. Het is vooral om deze reden dat er tenslotte van af is gezien om de sluizen in de sluitingsfase te gebruiken.

Ook voor dit sluitgat geldt, dat de afsluiting tot stand kan worden gebracht door een dam onder water steeds hoger op te werken, dus door middel van een geleidelijke sluiting, of door het plaatsen van doorlaatcaissons met schuiven of kleppen, waarmee een plotselinge sluiting tot stand kan worden gebracht.

Na een uitvoerige vergelijking van de beide methoden, waarbij tevens nog is nagegaan of een combinatie zin zou hebben, is tenslotte de keus gevallen op de sluiting met doorlaatcaissons; op dezelfde wijze dus als het Veersche Gat is afgesloten. De belangrijkste reden hiervoor was, dat het risico van mislukking bij een sluiting met doorlaatcaissons onder de omstandigheden waarbij in de Lauwerszee moet worden gewerkt, het kleinst werd geacht. De kosten van beide methodes liepen weinig uiteen. Ook de moeilijke bereikbaarheid van de Lauwerszee, waardoor het uitgesloten moet worden geacht om snel de grote extra hoeveelheden materiaal aan te voeren die in noodgevallen bij de geleidelijke sluiting nodig zijn, heeft tot deze beslissing bijgedragen.

De drempel van het sluitgat

De doorlaatcaissons zullen worden geplaatst op een horizontale drempel met een totale

lengte van 900 m. Hierdoor wordt bereikt, dat alle caissons dezelfde afmetingen kunnen hebben, hetgeen voor de vervaardiging van veel belang is. Het bouwen van een serie gelijke elementen levert namelijk belangrijke besparingen op doordat hulpmaterialen *verscheidene malen kunnen worden gebruikt*, het personeel door de herhaling een hogere produktiviteit behaalt, en zo meer.

Het plaatsen van een caisson op een horizontale drempel levert bovendien de minste moeilijkheden op. Om dezelfde reden heeft de drempel een rechte strekking gekregen.

Voor het maken van een horizontale drempel zal het min of meer onregelmatige dwarsprofiel van de stroomgeul ter plaatse van het sluitgat in een rechthoekig profiel moeten worden veranderd. Dit betekent dat in de oevers van de geul door middel van uitbaggeren verdiepingen moeten worden aangebracht, terwijl het diepste gedeelte van de geul moet worden opgehoogd. De te baggeren gedeelten moeten onmiddellijk na het gereedkomen met zinkstukken worden afgedekt om te voorkomen dat de aldus gevormde vlakke bodem door uitschuring als gevolg van de totale vernauwing van de geul zou veranderen. De hoogte van de bovenkant van deze zinkstukken is N.A.P. — 8,50 m. Afgewacht moet worden of in de uitgebaggerde gedeelten, ondanks de verhoogde gemiddelde snelheid in het sluitgat, toch nog aanzanding zal plaats hebben: zo ja, dan zal deze aanzanding moeten worden weggebaggerd. In tegenstelling met het Veersche Gat zijn hier geen verdiepingen gebaggerd boven- en benedenstrooms van de drempel; de zinkstukken liggen geheel horizontaal.

Uit stroommetingen en berekeningen was gebleken, dat het mogelijk was in het diepere gedeelte van de geul een drempel van zand op te storten tussen kaden van keileem. Het zand zal aan de bovenzijde eveneens worden afgedekt met een laag keileem, die vervolgens vlak wordt afgebaggerd, waarna de dikte ten hoogste 1 m zal bedragen. Deze dam wordt aan beide zijden afgedekt met grote zinkstukken, die elkaar op de kruin van de dam niet overlappen. Hierdoor wordt voorkomen dat ter plaatse van een zijdelingse overlapping drie zinkstukken boven elkaar zouden komen te liggen, hetgeen een ontoelaatbaar hoge bult in het bezonken gedeelte zou opleveren. De drie meter brede naad in de hartlijn van het sluitgat, die op deze manier ontstaat tussen de zinkstukken aan de noord- en zuidzijde van de drempel, wordt afgestort met grind om te voorkomen dat het grondwerk van de dam ter plaatse zal wegschuren. Deze constructie is toelaatbaar, omdat over de gehele dam, dus zowel op de ingegraven als op de opgehoogde gedeelten, op de kruin een steenfilter met een dikte van 2 m wordt aangebracht, die de naad geheel afdekt.

Het steenfilter dient om de bovenzijde van de drempel zo vlak mogelijk te maken; het ruwe grondwerk onder water en de daarop liggende zinkstukken zijn niet zonder meer geschikt om de caissons evenwichtig te ondersteunen. Eerst wordt een laag grind aangebracht met een ruime overmaat, die vervolgens zo zorgvuldig mogelijk tot een dikte van 1 m wordt vlak gebaggerd. *Om deze laag tijdens de sluiting en na het plaatsen van de caissons tegen wegspoelen te beschermen*, wordt ze met behulp van een steendoseerapparaat met een zo gelijkmatig mogelijke laag stortsteen afgedekt. Door voortdurend peilen en telkens weer plaatselijk bijstorten van steen wordt deze laatste afdekking zo vlak gemaakt als gezien de moeilijke uitvoering in af en toe felle getijstroom op ruim 6 m onder water maar mogelijk is.

De drempel zal dan gereed zijn om de caissons er op te plaatsen. Inmiddels zullen dan ook de koppen van de beide aangrenzende dijkvakken gereed gekomen zijn en onder een helling van 1 : 4 zijn afgedekt met koperslabblokken op een laag mijnsteen boven water en met kraagstukken onder water.

De doorlaatcaissons

De gekozen afmetingen van het sluitgat en de getijstromingen en golven die in de periode voor en tijdens de sluiting kunnen optreden, hebben een belangrijke invloed gehad op het ontwerp van de doorlaatcaissons. Deze zijn in beginsel van hetzelfde type als die bij het Veersche Gat. De afmetingen echter zijn in alle drie de richtingen kleiner. Overwogen is of het niet mogelijk zou zijn de caissons hoger te maken, waardoor de drempel dieper zou kunnen worden gelegd. Het sluitgat zou dan echter een kleinere lengte moeten krijgen om geen onnodig groot doorstroombrofiel op te leveren. Bij een kleinere lengte echter worden de stromen uit de beide af te sluiten geulen zodanig samengeperst, dat er zeer zware en wellicht verwoestende kopeffecten in de vorm van stroomkolken achter de beide zijanten van het sluitgat zouden moeten worden verwacht. Bovendien bleek een dieper maar korter sluitgat ongeveer evenveel te kosten. De kosten van de caissons bleken zoveel hoger te zijn, dat ze niet konden worden goedge gemaakt door de besparing ten gevolge van een kleinere oppervlakte van de bezinking.

Doordat de bodembakken van de caissons 2 m hoog zijn, komt de drempelhoogte na het plaatsen van de caissons op N.A.P. - 4,50 m. Het totale profiel wordt, gezien de veel kleinere doorlaatcoëfficiënt na het plaatsen van alle caissons zodanig, dat bij eb en gemiddeld getij een gemiddelde stroomsnelheid zal worden bereikt van ongeveer 3,3 m/sec gerekend over het gehele doorstroombrofiel. Tijdens springtij ligt deze snelheid ongeveer 0,5 m/sec hoger, bij doodtij kan een circa 0,3 m/sec lagere snelheid worden verwacht. De overeenkomstige stroomsnelheden tijdens vloed liggen 0,8 à 1,1 m/sec lager.

Het bovenste gedeelte van de caissons wordt uitgevoerd als een bak, waarin na het plaatsen een ballast van zand wordt aangebracht. De hoogte van de onderzijde hiervan wordt bepaald door de eis, dat na het plaatsen ook bij hoge waterstanden nog een vrije doorstroming door de caissons plaats moet kunnen vinden, zodanig dat er geen golfklappen tegen de onderkant van de bak kunnen optreden.

Hiermee is de totale hoogte van de caissons bepaald. Uit sterkteberekeningen is nu gebleken, dat bij deze hoogte van in totaal 12 m, een totale lengte van ongeveer 33 m bereikbaar is zonder tot speciale uitvoeringen, zoals toepassing van voorgespannen beton, over te gaan. Bij een aangenomen breedte per doorstroombrofiel van 5 meter komen er dus 6 doorstroombrofielen in elke caisson. Gezien de lengte van het sluitgat zijn er 25 caissons nodig om het gehele gat af te sluiten. Bovendien is nog een 26e caisson ontworpen met iets kortere lengte en met 5 doorstroombrofielen, om bij eventuele calamiteit als reserve te dienen; wanneer de breedte van de laatste overblijvende opening tussen de caissons te klein zou zijn om er nog een normale caisson tussen te plaatsen zou dat kleine exemplaar kunnen dienen als sluitcaisson.

Om een zodanig gewicht te bereiken, dat de caissons na plaatsing ook bij de meest ongunstige omstandigheden niet door waterdruk en golfslag van hun plaats kunnen worden geduwd, bleek een totale breedte van de ballastbak van 15 m noodzakelijk. Naast de ballastbak zijn, in afwijking met de caissons gebruikt bij het Veersche Gat, geen looppaden aangebracht. De totale breedte van de caisson is tengevolge hiervan eveneens 15 m. Het plaatsen van een zo groot aantal caissons levert bijzondere problemen op, omdat dit in een zeer korte periode moet geschieden. In een latere aflevering van het Driemaandelijks Bericht zal worden uiteengezet hoe deze plaatsing volgens de plannen in zijn werk zal gaan, en op welke wijze mede in verband hiermee de caissons verder zijn gedetailleerd.

A. De werken van het Deltaplan

De uitwateringssluizen in het Haringvliet

Op 13 april werd de laatste halve schuif aan de rivierzijde in verticale stand geplaatst. De stalen grondplaten waarop de verwarmingsconstructies van de zijaanslagen van de schuiven aan de rivierzijde moeten worden bevestigd zijn alle gemonteerd.

Van de 34 schuiven staan er nu nog 14 op een hulpconstructie opgesteld. Een tiental schuiven is met de armen tegen de Nablaligger bevestigd, doch nog niet beweegbaar; de resterende tien schuiven zijn nagenoeg gereed en hebben reeds proefgedraaid.

De stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

In de verslagperiode werd 26 000 ton steen aangebracht in de stortebedden aan de rivierzijde van de sluisen.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

De taluds van het kanaal aan de binnenzijde van de dijk langs de Plaat van Scheelhoek werden met grind bekleed;

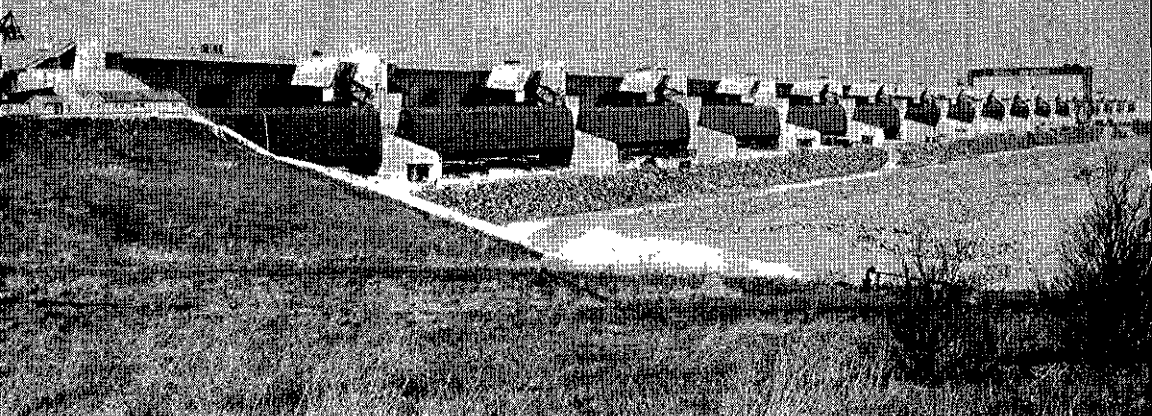
een begin werd gemaakt met het afmaken van de kleibekleding op taluds en bermen.

De cutterzuiger die het kanaal op diepte brengt, was aan het einde van de verslagperiode gevorderd tot voorbij de haven van Stellendam. De specie wordt verwerkt in een daartoe aangelegd slibdepot. Er werd een begin gemaakt met de werken die nodig zijn voor het onderhouden van een hoge waterstand op de Paat van Scheelhoek. Hiertoe wordt langs de Plaat van Scheelhoek een kade gelegd, daarbij wordt een pomp opgesteld voor het pompen van water uit de boezem.

De haven van Goeree aan de oostzijde van de Zuiderdiepboezem werd afgesloten en in verbinding gebracht met de boezem. Door een snelle aanslibbing in en buiten de havenmond was het namelijk voor de polders moeilijk geworden voldoende te lozen, zodat aansluiting op de Zuiderdiepboezem noodzakelijk werd.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Op 18 mei werd begonnen met het heien van de eerste betonpaal voor de fundering van de overbrugging. Op 1 juli waren er van de 398 te heien betonpalen 46 verwerkt. Aangevangen werd met het



1

buigen van het wapeningsstaal voor de pijlers. Eind juni werd aangevangen met het plaatsen van spanningsbronnen voor het bemalen van de bouwput voor de uitwateringssluits. Voor de fundering van deze uitwateringssluits werden op 17 mei de eerste betonpalen gestort. Inmiddels is ruim de helft van de benodigde betonpalen reeds gestort. Voor de fundering van het viaduct zijn alle 92 betonpalen inmiddels ook gestort.

De fundering van de pylonen voor de kabelbaan

Volgens overeenkomst DED 826 werden in de verslagperiode door de 'Combinatie Brug Oosterschelde' de drie pijlers geplaatst die dienst gaan doen als fundering van de pylonen van de kabelbaan waarmee het Rak van Scheelhoek zal worden afgesloten. De onderdelen voor deze funderingsconstructie waren reeds in de vorige periode geprefabriceerd te Kats, waar ook de elementen van de Oosterscheldebrug waren gereed gemaakt.

De pijlers zijn op dezelfde wijze opgebouwd als die van de Oosterscheldebrug; de onderdelen zijn ook hier geplaatst

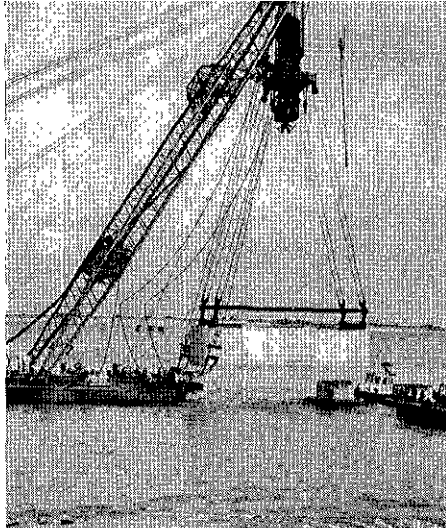
met de speciaal voor dit doel geconstrueerde drijvende bok 'I'r. Snip'.

Elke pijler bestaat uit een drietal putten, verbonden door een koppelstuk of caisson, alles van voorgespannen beton. Ook de verbinding tussen putten en caisson werd tot stand gebracht met behulp van voorgespannen beton, dat evenwel ter plaatse werd gestort. De lengte van de putten varieert van 29 tot 41,5 meter; de doorsnede bedraagt 4,25 meter. Ten behoeve van de pylonen die te zijner tijd op de caissons zullen worden geplaatst zijn verankeringen ingestort.

Bij de pijlers wordt de bodem tegen uitschuring beschermd door dunne betonnen schijven met een lichte wapening, die rondom de putten worden gelegd; deze relatief slappe schijven kunnen door te 'breken' de vorm van de bodem volgen. Hier en daar is bovendien een bescherming met zinkstukken aangebracht.

Rijksweg naar en op de Grevelingendam

Na de demontage van de meest zuidelijke draagtoren van de bij het sluiten van de Grevelingen gebruikte kabelbaan kon in de verslagperiode tenslotte ook de westelijke rijbaan over de dam door



1. De uitwateringssluizen in het Haringvliet. Opname van 4 mei 1966

2. Bouw van een draagtoren voor de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek

2

deze geul worden voltooid en op 20 juni voor het verkeer worden opengesteld.

Het damvak op de Middelplaat in het Brouwershavensche Gat

Na het verrichten van enkele bijkomstige werkzaamheden gedurende de onderhoudsperiode werd het werk op 15 april voor de eerste maal voltooid opgeleverd. De vorming van stortsteendepots langs de buitenomtrek van de werkhaven aan de Middelplaat kwam gereed.

Het damvak op de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

De aanleg van dit damvak werd voor de som van f15 297 300,- opgedragen aan de N.V. Dijksbouw te 's-Gravenhage.

Begonnen werd met de afsluiting van de tussen de Middelplaat en de Kabbelaarsbank liggende Kabbelaarsgeul en de vorming van een dijkkop aan de noordelijke rand van de Kabbelaarsbank. Er werden drie zuigers ingezet, waarvan er één gedurende een drietal weken onafgebroken in bedrijf is geweest; met behulp van

deze zuigers werd zand in de Kabbelaarsgeul geperst.

Medio mei reikte het zandstort in de Kabbelaarsgeul tot boven hoogwater, en kon de geul als gesloten worden beschouwd. De zandproduktie voldeed aan de verwachtingen; in deze periode werd in totaal 1,8 miljoen m³ zand gespoten.

De omringende mijnsteenkade, die de teen van de dam moet beschermen, kwam ten ruwste gereed; met de mijnsteenafdekking van terreinen werd een begin gemaakt.

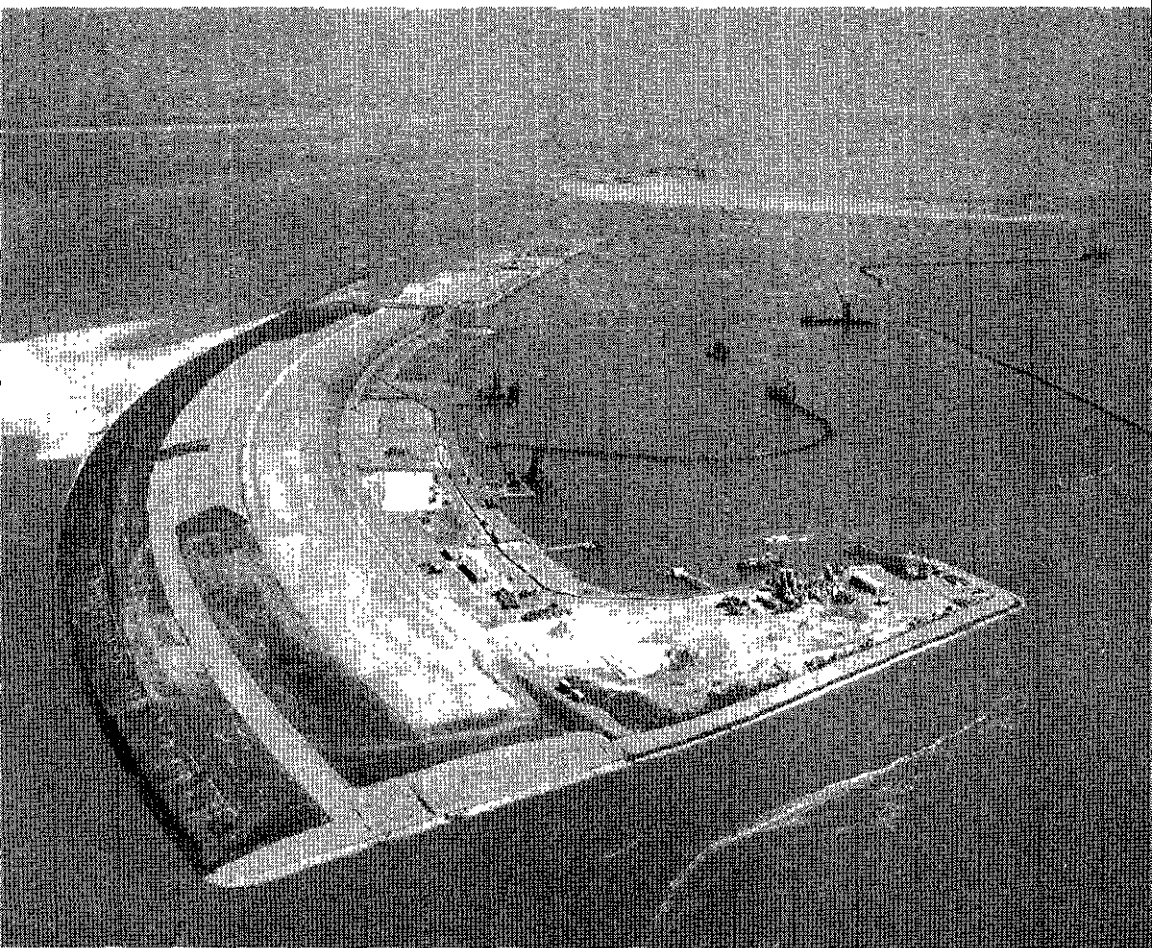
Er werd 150 000 ton mijnsteen verwerkt.

Half april werd begonnen met het aanbrengen van kraagstukken langs de dijkteen. De eerste stukken werden gelegd rondom de noordkop van het dijkgedeelte op de Kabbelaarsbank. Er is reeds 29 000 m² bezonken.

Aangevangen werd met het aanbrengen van talusbekledingen van Portugees graniet en van koperslabblokken. De granietbekleding is inmiddels voltooid.

De werkzaamheden aan de zeezijde van het damvak bestonden uit het afwerken van de mijnsteenkade en het plaatsen van betonnen damplanken langs de dijkteen. Voorts is een begin gemaakt met het maken van een glooiing van stortsteen die met asfalt wordt gepenetreerd,

De dam over de Middelplaat (voorgond) en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat, gezien van zuid naar noord. Opname van 1 mei 1966



het aanbrengen van steenkorven langs de damwand en het maken van een giet-asfaltslab.

Eenheidscaissons ten behoeve van de afsluitingswerken in het Brouwershavensche Gat

De 25 caissons met bijbehorende opzetstukken voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat, waaraan in 1965 werd begonnen, kwamen gereed. In aansluiting daarop werd aan het werk enige uitbreiding gegeven door opdracht te verstrekken tot het bijmaken van nog 12 caissons en 6 opzetstukken.

De schutsluizen in het Volkerak

De afbouw van de bedieningsgebouwen en het dek van de basculekelder werd voortgezet. Een begin werd gemaakt met het aanbrengen van de zuilenbekleding op de taluds bij de landhoofden. Het werk is nu zover gevorderd, dat de eerste oplevering zal kunnen plaatsvinden op 15 oktober 1966. Door derden werd begonnen met het aanbrengen van bewegingswerktuigen op de sluisdeuren en de aanleg van de elektrische installatie.

Doorgraving van de ringdijk en aanvulling der sluissterreinen

De aanvulling van de sluissterreinen met zand dat gewonnen werd in de mond van de noordelijke voorhaven, kwam gereed.

Voor de aanvulling van de kil tussen het landhoofd en het bestaande grondlichaam werd 2500 m³ zand in depot gespoten. Toen het water in dit zeer fijne zand na zes weken voldoende was gezakt, werd een begin gemaakt met het onder profiel brengen van deze terreinen.

De oevervoorzieningen aan de Volkerakzijde kwamen nagenoeg gereed.

Geleidewerken en wachtplaatsen

Alle stalen buispalen voor de geleidewerken en wachtplaatsen in de noordelijke voorhaven zijn thans geheid. Voortgegaan werd met het plaatsen en vastlassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken. De betonnen loopbruggen werden geplaatst en aaneengekoppeld; voortgegaan werd met het ophangen van de hardhouten beschermingschotten. In de zuidelijke voorhaven werd begonnen met het heien van voorgespannen betonpalen voor de ondersteuning van de betonnen loopbruggen.

Ter weerszijden van de voorhaven kwam het heiwerk over een gedeelte van 600 m gereed. Er werd een begin gemaakt met het heien van stalen buispalen voor de drijvende geleidewerken. Het conserveren van stalen onderdelen en het vervaardigen van hardhouten beschermingschotten werd in een hoog tempo voortgezet.

Het bouwdek voor de caissons

De ontgraving voor de grondverbetering van N.A.P. — 4,70 m tot N.A.P. — 8,00 m kwam gereed. De uitkomende grond, ruim 65 000 m³, werd in depot gereden ten zuidwesten van het schutsluizencomplex; hij zal naderhand worden gebruikt als afdekgrond voor de havendam.

Het bij de ontgraving boven N.A.P. — 4,70 m vrijkomende zand werd verwerkt in de grondverbetering van de bouwput van N.A.P. — 8 m tot N.A.P. — 6 m.

Het overige zand werd verwerkt nabij het landhoofd van het viaduct. In totaal werd ca. 115 000 m³ zand verwerkt.

De taluds van de bouwput werden bekleed met een laag grof grind 3–20 cm ter dikte van 50 cm. Aan de rivierzijde werd beneden N.A.P. — 3,25 m een filterconstructie voor het kwelwater aangelegd van 20 cm grindzand, waarop 30 cm grind 3–8 cm.

Het werk verkeert in de eindfase. Door

de slechte weersomstandigheden in het begin van 1966 is een kleine achterstand opgetreden. Men hoopt echter het werk op 8 juli voor de eerste maal op te leveren.

Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

Wederom is een belangrijke vertraging ontstaan in de uitvoering van dit werk als gevolg van de ongunstige arbeidsmarkt. Het is niet mogelijk gebleken tijdig voldoende vakbekwame arbeiders aan te trekken voor het aanbrengen van betonblokken en voor het vlijwerk van lichte steen.

Aan de aannemer is derhalve uitstel van oplevering verleend tot uiterlijk 7 september 1966. Voor de nog uit te voeren werkzaamheden – voornamelijk het afmaken van het onderwaterbeloop aan de binnenzijde van de havendam en de bekleding van de belopen – heeft de aannemer een redelijk werkplan ingediend. Hierbij moet echter opnieuw rekening worden gehouden met mogelijke vertraging wegens gebrek aan arbeiders. De overige onderdelen van het werk zijn gereedgekomen.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen

Met de uitvoering is op 1 april begonnen. De baggermolen 'Nereus', met een emmerinhoud van 450 l, is ingezet bij het baggerwerk van de grondverbetering voor de uitbreiding van de havendam. Met de baggermolen 'Triton', emmerinhoud 750 l, is medio april begonnen met het baggeren van de nieuwe scheepvaartgeul in de richting van Dintelsas. De baggermolen 'Port-Said', emmerinhoud 600 l, is vanaf 1 juni ingezet bij het baggeren van de toegang van de zuidelijke voorhaven en bij de grondverbetering van de

zuidoostelijke havenhol. Tot op heden zijn de verwachtingen ten aanzien van de produktie van alle drie de molens aanzienlijk overtroffen.

De specie wordt deels afgevoerd met zelfvarende bakken en deels met getrokken bakken met een inhoud van 400 tot 500 m³. De specie wordt geklapt nabij de Haringvlietbrug.

In april is tevens een aanvang gemaakt met de bouw van de 900 m lange scherm-dam langs de westzijde van de te baggeren scheepvaartgeul. Het zinken op stroom van zinkstukken van gemiddeld 60 × 20 m levert geen moeilijkheden op.

De Duitse mijnsteen voor de mijnsteenkern wordt in duwbakken aangevoerd; de lossing geschiedt met een 12-tons kraan. Tijdens de eb-perioden vallen duwbakken en kraan aan de grond, doch het losbedrijf gaat normaal door. Hierbij worden zeer goede produkties bereikt, zodat de mijnsteendam thans voor een derde gedeelte gereed is.

De mijnsteenkern is reeds geprofileerd met draglines en vervolgens bekleed met grind. Tot H.W. zal de dam worden beschermd door een kraag van stortsteen 80/200 kg, die later zal worden gevlijd.

Naar verwachting zal de scherm-dam, op het steenvlijwerk na, in september zijn voltooid.

In juni is reeds een aanvang gemaakt met het maken van de oevervoorzieningen en de havenhol aan de zuidzijde van de haveningang

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Door de bouw van het 800 m lange dijkvak ten westen van het werkeiland en de opbouw van de drempel in het Vaarwater naar Oostmahorn gaat het sluitgat zich al duidelijk aftekenen. Over de vormgeving van het sluitgat en de wijze van uitvoering van de drempel wordt elders in dit nummer uitvoeriger geschreven.



De bouw van een 800 m lang dijkvak ten westen van het werkeiland in de Lauwerszee is dit werkseizoen ter hand genomen.

Voor een goede stroomgeleiding in het sluitgatgebied is aan de zuidwestzijde van het werkeiland een 200 m lange dam ontworpen, die na de afsluiting zal blijven bestaan als geleidedam voor het naar de uitwateringssluizen stromende water. Deze dam kwam in de verslagperiode goeddeels gereed.

Na een aanvankelijk moeilijke start vordert de opbouw van de sluitgatdrempel thans goed. Doordat de 1 m dikke keileemafdekking op het grondlichaam van de drempel in voldoende mate stroomresistent is, en dus enige tijd zonder bezinking kan blijven liggen, is het mogelijk het zinkprogramma met grote regelmaat ten uitvoer te brengen.

Uit modelonderzoek was de noodzaak gebleken bij de bouw van het 800 m lange dijkvak allereerst zo snel mogelijk de zuidelijke keileemperskade vooruit te bouwen, om kopeffecten en daardoor materiaalverlies te voorkomen. Deze kade is nu tot een hoogte van G.L.W. gereed en het zandbedrijf is in volle gang.

Nu door het uitvoeren van deze werken in het gebied van het sluitgat een forse ingreep in het getijdenregime wordt gedaan, is het meer nog dan tevoren

zaak, uitvoerig controle uit te voeren door middel van peilingen en stroommetingen. Met medewerking van de Studiedienst te Baflo is daartoe op het werk een meet- en uitwerkcentrum ingericht.

Met de bouw van de caissons is in de verslagperiode begonnen.

Het betonwerk van de onderbouw van de uitwateringssluizen kwam gereed. Er worden thans stortebedden van koper-slakzuilen aangebracht. Voortgegaan wordt met de aanaardingen en de afwerking van de grondlichamen tussen de sluisgroepen. Voor de bovenbouw van de westelijke sluisgroep wordt gewerkt aan het stellen van bekisting en wapening.

Van de schutsluis in de afsluitdijk kwamen de vloeren gereed; de wanden van de kolknoten werden gestort.

Naast de eigenlijke afsluitingswerken is nu ook begonnen met het uitvoeren van aanpassingswerken op het oude land.

Op 27 april werd het bouwen van een nieuwe schutsluis bij Dokkumer Nieuwe Zijlen openbaar aanbesteed. Dit werk, waarvoor 43 inschrijvingen waren ingekomen, werd gegund aan de N.V. Aannemingsmaatschappij Hillen en Roosen te Amsterdam, voor een bedrag van f 3 778 000.

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

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
BR 2891a	9 november 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 2891 voor het vervaardigen en leveren van 68 gieken c.a. ten behoeve van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
BR 2892a	9 november 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 2892 voor het vervaardigen en leveren van 68 trekstangen c.a. giek/segmentschuif en 68 trekstangen c.a. giek/hydraulisch bewegingswerk ten behoeve van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
Br 3090a	25 juni 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 3090 voor het vervaardigen en vervoeren van 26 stuks stalen puntdeuren c.a. en het geheel bedrijfsvaardig inhangen van 24 stuks hiervan ten behoeve van de sluisen in het Volkerak.
BR 3388a	13 december 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst BR 3388 voor het vervaardigen en leveren van aanvullende onderdelen en het opstellen van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
BR 3706	19 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van een neopreenmantelkabel ten behoeve van het sluisencomplex Volkerak.
BR 3707	19 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van 194 lichtmasten, 2 seinmasten voor het landverkeer, 18 scheepvaartseinmasten en 1 uithouder ten behoeve van de Volkeraksluizen nabij Willemstad.
BR 3708	19 oktober 1965	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig monteren van de complete elektrische installatie voor twee sluisen in het Volkerak met twee basculebruggen over één van de sluisen.
BR 3709	18 oktober 1965	Het vervaardigen en leveren van nodulaire gietijzeren onderdelen ten behoeve van de sluisen in het Volkerak.
BR 3741	2 november 1965	Het leveren en plaatsen van twee Romney-loodsen op de Grevelingendam.
BR 3748	25 oktober 1965	Het leveren van ca. 3270 m ³ meskant bozaagd azobéhout ten behoeve van de geleidewerken voor de schutsluisen in het Volkerak.
BR 3768	13 december 1965	Het vervaardigen en leveren van twee pontons met loopbruggen c.a. ten behoeve van de inrichting van de werkhaven op de Middelpaai in het Brouwershavensche Gat.
SS 276a	29 september 1965	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst SS 276 voor het maken van twee schutsluisen van gewapend beton, met bijkomende werken, in een bouwput, gelegen in de gemeente Willemstad.
SS 407	20 augustus 1965	Het maken van geleidewerken en wachtplaatsen voor de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad.
SS 408	20 mei 1965	Het leveren van basaltzuilen ten behoeve van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad.
DED 780	1965-1966	Het maken van oeververdedigingen langs de drooggevalen gronden, gelegen voor de Soelekerke- en Spieringpolder op Noord-Boveland en langs de daarvoor gelegen plaat 'Haringvliet' onder de gemeenten Wissenkerke en Veere.
SS 365	1965-1967	Het maken van een uitwateringssluis, een viaduct en een brug van gewapend beton, met bijkomende werken, gelegen in verschillende bouwputten in het Zuiderdiep (Haringvliet) onder de gemeente Stollendam.
DED 597b	25 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 597, eerder gewijzigd bij overeenkomst nr. 597a, voor het verrichten van ontgravingen en het maken van stordebodden in de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet.
DED 678a	3 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 678 voor het verrichten van waterwaarnemingen in de bouwput in het Haringvliet.
DED 734a	3 februari 1966	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 734 voor het leveren van zink- en stortsteen t.b.v. het maken van het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen nabij Willemstad.

werken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingsom	Aannemer
—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij. te Amsterdam.
—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij. te Amsterdam.
—	Gusto Staalbouw N.V. te Schiedam.
—	Gusto Staalbouw N.V. te Schiedam.
f 10 700,—	N.V. Hollandsche Draad- en Kabelfabrick 'Draka' te Amsterdam.
f 70 980,—	N.V. Hoka te Oss.
f 628 360,—	van Rietschoten en Houwens' Electrotechnische Maatschappij N.V. te Rotterdam.
f 52 713,35	Nederlandse IJzergieterij 'Vulcanus' N.V. te Vaassen.
f 34 925,—	Firma J. Snoei te Rotterdam.
eenheidsprijzen	'De Zaaghoutcombinatie' te Amsterdam
f 43 292,—	Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis.
Aannemingsom gewijzigd van f 21 177 000,— in f 22 124 518,—	N.V. Amsterdamsche Ballast Mij. te Amsterdam; N.V. Internationale Gewapend Betonbouw te Breda; N.V. Nederlandsche Aanneming Maatschappij v/h fa. H. F. Boersma te 's-Gravenhage.
f 15 956 853,—	Mannesmann (Nederland) N.V. te Rotterdam
f 77 000,—	J. Vorburg te 's-Gravenhage.
f 248 700,—	Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem.
f 4 100 000,—	N.V. Lodewikus Bouw Maatschappij te Raamsdonkveer.
—	Deltacombinatie te Hellevoetsluis.
—	W. Bakelaar te Ouddorp.
eenheidsprijzen	N.V. Handelsmij Arnold Maassen te Maastricht.

