

Driemaandelijks Bericht  
nummer 67, februari 1974

---

# deltawerken



---

# **Deltawerken**

## **Redactie:**

Deltadienst  
Van Alkemadeaan 400  
's-Gravenhage

## **Abonnementen en verkoop losse nummers:**

Staatsuitgeverij  
Chr. Plantijnstraat 1,  
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 15,- per jaar  
of f 4,- per nummer

---

## **Inhoud**

Onderzoek naar de primaire produktie van  
fytoplankton in de wateren van het Delta-  
gebied 326

Watervogels in het Deltagebied, verslag  
van drie totaalstellingen 333

### **A. De werken van het Deltaplan**

Metingen aan de Haringvlietsluizen 343

Versterking van de zeereep in het Westhoofd  
van Goeree en zandsuppletie op het strand  
daarlangs 349

Bescherming van de plaat van Oude  
Tonge 353

De zandsluiting van de Geul in de  
Oosterschelde 355

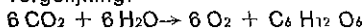
De nieuwe 'Jan Heijmans' 362

**Vorderingen 374**

## Onderzoek naar de primaire produktie van fytoplankton in de wateren van het Deltagebied

Wanneer na de voltooiing der Deltawerken het Zeeuwse Meer ontzilt zou worden met water rechtstreeks afkomstig uit Rijn en Maas, dan zou het meer sterk eutrofiëren. Het water van onze grote rivieren bevat namelijk zeer veel plantenvoedingsstoffen, waarvan fosfaat- en stikstofverbindingen de belangrijkste zijn. In natuurlijke wateren zijn de concentraties van deze nutriënten meestal gering, en ze werken daar dan ook beperkend op de primaire produktie van algen en waterplanten. De concentraties in het rivierwater zijn tegenwoordig echter dermate hoog, dat ze de algengroei niet langer beperken.

Onder primaire produktie moet worden verstaan de vorming van levend materiaal, door algen of waterplanten, uit koolzuur en water onder invloed van licht, volgens de basisvergelijking:



De gevormde glucose ( $\text{C}_6 \text{H}_{12} \text{O}_6$ ) wordt gebruikt voor verdere omzettingen tot allerlei koolhydraten, vetten, eiwitten en andere stoffen die essentieel zijn voor de opbouw van een organisme.

Wanneer de toevoer van voedingsstoffen klein is zal ook de primaire produktie klein zijn, terwijl bij een ruime toevoer de produktie veel groter zal kunnen zijn. Door het zo te stellen koppelt men de eutrofiëring dus aan de primaire produktie. Er zijn echter ook andere benaderingswijzen mogelijk, wanneer men bijvoorbeeld de trofiegraad – dat is de rijkdom aan nutriënten – koppelt aan andere indicaties, zoals de samenstelling van de levensgemeenschap of de zuurstofhuishouding. De vraag rijst, in welke opzichten oligotrofe of voedselarme meren zich van eutrofe,

voedselrijke meren onderscheiden. Oligotrofe meren hebben zoals reeds opgemerkt een kleinere primaire produktie dan eutrofe. Het blijkt echter dat de produktie per oppervlakte-eenheid geen scherpe scheiding teweeg brengt tussen oligotrofe en mesotrofe – matig voedselrijke –, en mesotrofe en eutrofe wateren. Eutrofe meren hebben soms een lagere produktie dan mesotrofe. De karakterisering eutroof/mesotroof berust dan natuurlijk op andere parameters, zoals zuurstofhuishouding en samenstelling van de levensgemeenschap. In figuur 1 is de primaire produktie van enige wateren met een verschillende trofiegraad uitgezet tegen de diepte. Daarbij valt op dat het optimum van de primaire produktie bij toenemende voedselarmoede van het water dieper ligt, en dat tevens de primaire produktie in het optimum afneemt. Het produktie-optimum ligt juist tussen het gebied waar een teveel aan licht de algengroei remt, en het gebied waar de produktie beperkt wordt door een tekort aan licht.

De primaire produktie, gemeten in het licht-optimum, is dan ook een veel betere maat om de trofiegraad te karakteriseren dan de produktie/m<sup>2</sup>. De produktie per oppervlakte-eenheid is in eutroof water wel groter dan in oligotroof water, maar door de geringere dikte van de laag waar nog produktie plaats vindt, de zogenaamde eufotische zone, is dit verschil niet zo groot als men op grond van de optimale produkties zou verwachten. De licht-doordringing is in eutroof water nu eenmaal geringer dan in oligotroof water. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat in eutroof water meer algen en dode organische stof voorkomen, die het licht beletten diep door te dringen. Dit noemt men het zelfbescha-

duwingseffect op de produktie. Het licht-klimaat is dus een tweede belangrijk onderscheidingscriterium. In het groeiseizoen zijn eutrofe wateren veel troebeler dan oligotrofe.

Uit het bovenstaande blijkt wel dat in eutrofe wateren meer algen per volume-eenheid voorkomen dan in oligotrofe. Dit wordt bevestigd door tellingen van plankton en door meting van het volume van bezonken plankton en van het gehalte aan chlorofyl, dat is de stof die de groene kleur in planten veroorzaakt en die de lichtenergie bindt en omzet in chemische energie.

In zeer voedselarme meren groeien weinig of geen waterplanten, met uitzondering van enkele mossoorten. Naarmate het water en de bodem voedselrijker zijn kunnen er meer water- en oeverplanten groeien. Treedt er echter

een zeer sterke en aanhoudende belasting met voedingsstoffen op, dan verdwijnen de meeste waterplanten. Niet omdat ze door de nutriënten worden vergiftigd, maar vanwege de strijd die fytoplankton en waterplanten voeren moeten om licht. De snel groeiende algen beschaduen bij voortdurende bemesting al vroeg in het voorjaar de waterplanten zo sterk dat die niet meer kunnen groeien. Door de grotere primaire produktie en de grotere biomassa van plankton fluctueert het zuurstofgehalte in een eutroof water gedurende een etmaal veel sterker dan in een oligotroof water. Niet alleen is de zuurstof- produktie van algen veel groter in eutroof water, maar ook stijgt het zuurstofverbruik van de levensgemeenschap naarmate de biomassa groter is. Overdag stijgt het zuurstofgehalte, om na de middag al weer af te nemen. Het

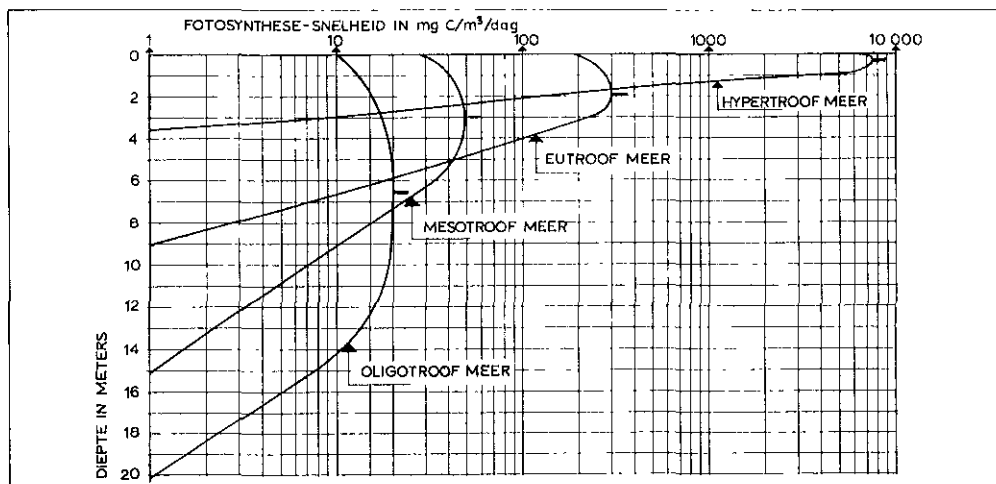
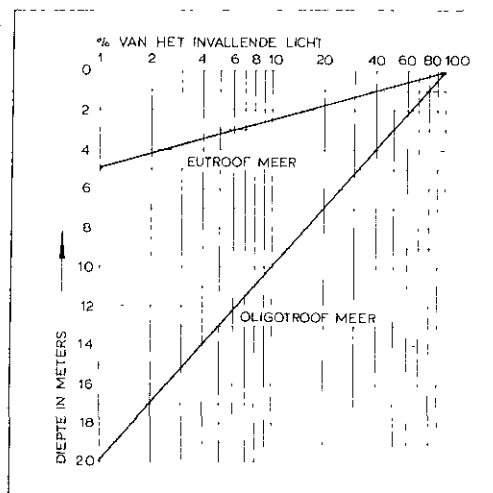


Fig. 1. Relatie tussen de diepte en de snelheid van de fotosynthese in een meer. De horizontale streepjes geven het produktie-optimum aan

minimum wordt meestal 's morgens vroeg gevonden.

De zuurstofhuishouding van diepe meren is ook over het seizoen bezien sterk verschillend voor eutrofe en oligotrofe meren. In diepe, thermisch gestratificeerde meren die oligotroof zijn, blijft het zuurstofgehalte de hele zomer hoog in de onderste lagen, het zogeheten *hypolimnion*. In eutrofe meren echter neemt het zuurstofgehalte in het hypolimnion gedurende de zomer sterk af, soms zelfs tot nul. Dit verschil wordt weer veroorzaakt door de grotere primaire produktie van een eutroof meer, waardoor ook de produktie van bezinkend en afstervend plankton groter is. Deze voortdurende regen van dode organische stof wordt afgebroken door bacteriën die daarbij zuurstof verbruiken. De totale zuurstofinhoud van een meer neemt dan ook of naarmate de



eutrofiëring voortschrijdt.

Zuurstofloosheid – anaërobie – van een hypolimnion heeft onder andere tot gevolg dat de in het bodemsediment opgeslagen fosfor in oplossing gaat. Door deze fosfaatmobilisatie ontstaat er een aanzienlijke interne belasting. De fosfaatconcentratie in het meerwater wordt dus plotseling verhoogd wanneer de bodem anaëroob wordt. De vermindering van de zuurstofconcentratie in het hypolimnion is niet alleen afhankelijk van de primaire productie en van lozingen van ongezuiverd afvalwater, maar ook van het volume van het hypolimnion ten opzichte van de oppervlakte van het meer. In een zeer diep meer is het zuurstofverbruik per liter hypolimnionwater veel kleiner dan in een ondieper meer met dezelfde oppervlakte en primaire productie. De afbraak van het dode plankton vindt in een relatief ondiep meer plaats in een veel kleiner volume, waardoor de zuurstofconcentratie sneller zal afnemen.

Een belangrijk gevolg van de eutrofiëring is de verandering van de levensgemeenschap. Voor een deel wordt deze verandering direct veroorzaakt door de verhoging van de nutriëntenconcentraties – men denke aan de zich wijzigende leefgemeenschappen der waterplanten –, anderzijds indirect, bijvoorbeeld door de reactie van organismen op de veranderde zuurstofhuishouding. Om met dit laatste te beginnen, het zal duidelijk zijn dat er geen zuurstofbehoefte organismen zullen voorkomen in zuurstofloze hypolimnia. Maar reeds lang voordat een hypolimnion zuurstofloos is, zullen sommige soorten al afnemen vanwege het lagere zuurstofgehalte, om aanvankelijk vervangen te worden door meer tolerante soorten. Men gebruikt dan ook wel de larven van be-

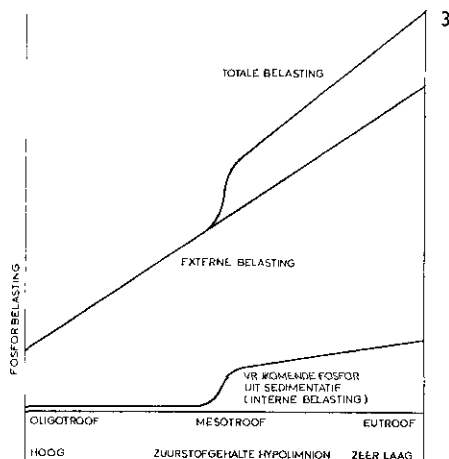


Fig. 2. Relatie tussen de diepte en de relatieve lichtsterkte in een eutroof en in een oligotroof meer

Fig. 3. Relatie tussen externe fosforbelasting en interne fosforbelasting, veroorzaakt door mobilisatie en trofiegraad

paalde muggesoorten als indicatoren voor de trofiegraad van meren. In het hypolimnion van eutrofe meren vindt men larven van het genus *Chironomus* en in het hypolimnion van oligotrofe meren vindt men larven van de zogenaamde *Tanytarsus*groep.

De visfauna reageert meestal duidelijk op eutrofiëring. Bepaalde soorten verdwijnen, maar de totale visproductie neemt toe. Forellen en houtingachtigen verdwijnen, terwijl de toename van de totale visproductie veroorzaakt wordt door karperachtigen, zoals de brasem en door de baars. Soms veranderen vissoorten hun levenswijze. Zo paaide de kwabaal, een verwant van de schelvis, in 1950, toen het Bodemeer nog oligotroof was, op de diepste plaatsen, wel op 100 m diepte. Door de eutrofiëring na de tweede wereldoorlog nam het zuurstofgehalte in het hypolimnion af tot verzadigingswaarden tussen 40 en 60%.

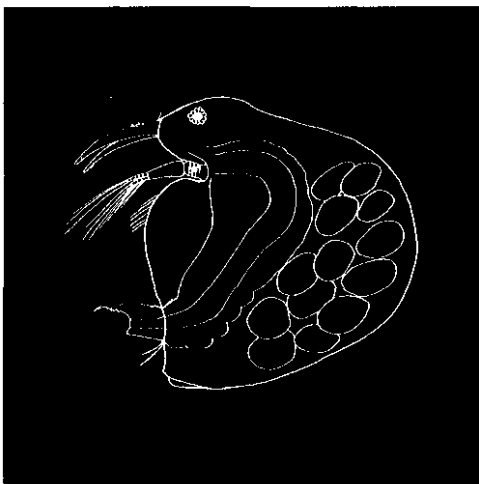
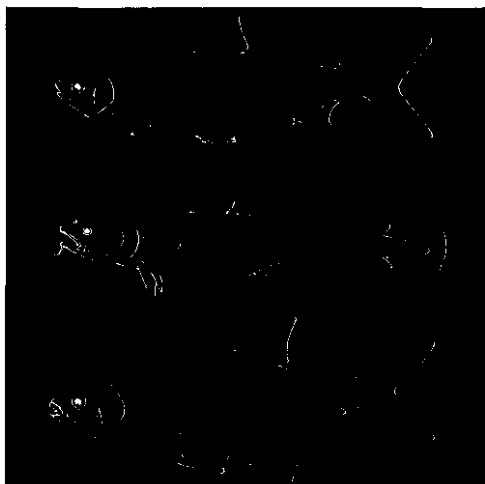
De kwabaal heeft sindsdien de diepstliggende paaiplassen niet meer gebruikt en hij paalt nu op veel ondiepere plaatsen, een meter of dertig beneden het wateroppervlak. Ook het zoöplankton wordt door eutrofiëring beïnvloed. Bekend is het verdwijnen van de watervlo *Bosmina coregoni longispina* uit eutrofiërende meren. De soort werd in de meeste gevallen vervangen door *Bosmina longirostris*. Het fytoplankton reageert meer onmiddellijk op de eutrofiëring. Alle fytoplankton (zie fig. 6) heeft voor zijn groei nutriënten nodig, maar er bestaan grote verschillen in nutriëntenbehoefte tussen de onderscheidene planktonsoorten. Sommige diatomeeën groeien bij fosforconcentraties van 1 microgram per liter, terwijl andere soorten bij veel hogere concentraties al niet meer groeien. Door onder andere deze

verschillen in nutriëntenbehoefte, verschilt het fytoplankton van oligotrofe en eutrofe meren aanzienlijk in samenstelling. Blauwwieren treden meestal sterker op naarmate het water eutrofer is. Het verschil in samenstelling van het plankton in eutroof en oligotroof water kan niet alleen verklaard worden uit het verschil in de minimale nutriëntenbehoefte van algen. Algen met een lage behoefte aan fosfor verdwijnen immers bij hogere fosforconcentraties. In monoculturen laten de meeste onderzochte soorten uit oligotroof water zich evenwel goed kweken bij hogere fosforconcentraties. Het is wel zeker dat de verandering van het fytoplankton door veel meer factoren veroorzaakt wordt dan alleen de nutriëntenconcentratie. Belangrijk zijn onder andere uitscheiding van remstoffen en selectieve vraat door zoöplankton.

Eutrofiëring heeft vele ingrijpende gevolgen voor een ecosysteem, waaronder verscheidene met een voor ons negatieve waarde. Ongunstig is allereerst de met de eutrofiëring toenemende labiliteit van de zuurstofbalans die blijkt uit de sterker wordende fluctuaties van het gehalte over het etmaal, de zuurstofloosheid van hypolimnia in gestratificeerde meren, en de sterke vermindering van zuurstofconcentratie door plotseling afsterven van algenbloei. Voorts heeft eutrofiëring zijn bezwaren voor de drinkwaterwinning: filters raken verstopt door algen, algen scheiden soms onaangename reuk- en smaakstoffen af, opgeloste organische stoffen doen de zuiveringskosten toenemen. Dan zijn er tenslotte nog een aantal niet te onderschatten esthetische bezwaren, alsook bezwaren voor recreatie, landbouw en visserij: drijvende lagen blauw-

Fig. 4. Van boven naar beneden: houtingachtige, Kwabaal, Brasem

Fig. 5. *Bosmina coregoni*, een zoöplanktonsoort behorende tot de cladocera



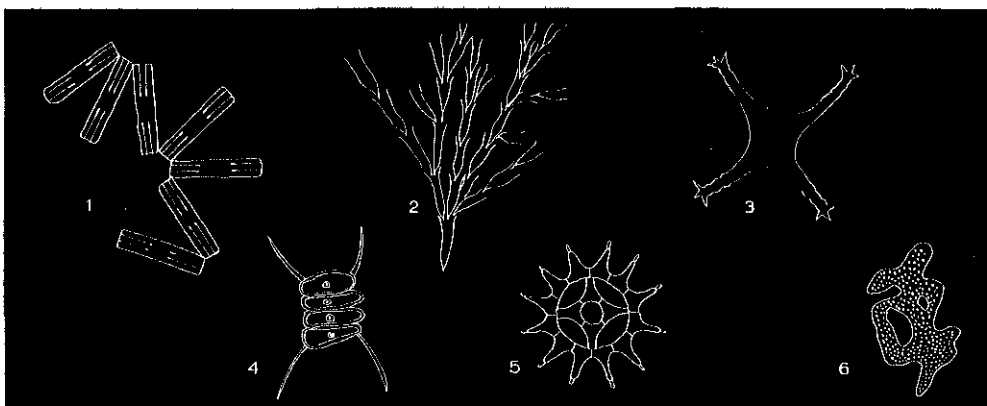


Fig 6. Fytoplankton.

1. *Tabellaria fenestrata*
2. *Dinbryon divergens*
3. *Staurostrum gracile*
4. *Scenedesmus quadricauda*
5. *Pediastrum simplex*
6. *Microcystis aeruginosa* kolonie

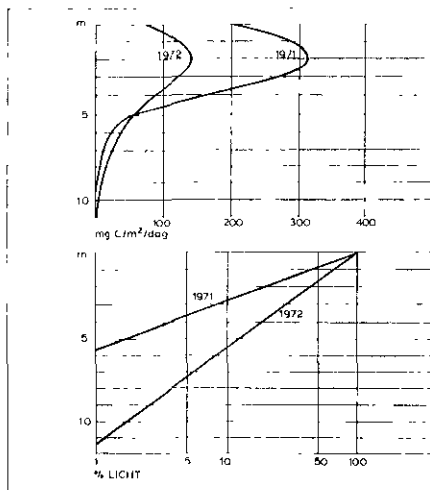
wieren, uitscheiding van toxische stoffen door blauwwieren en andere groepen, waardoor vissterfte en veesterfte kan optreden, en verlies van belangrijke groepen organismen uit de oecosystemen.

De wenselijkheid van het voorkomen of terugdringen van eutrofiëring is wel uit het bovenstaande naar voren gekomen. De aanpak van deze bestrijding geeft echter veel problemen. Ideaal zou zijn het nutriëntenkapitaal van onze samenleving te recirculeren zonder dat het oppervlaktewater beïnvloedt. Dit is eeuwenlang ook algemeen gebruik geweest, maar door de invoering van het watercloset, de moderne hygiënische normen en de industrialisatie is dat veranderd. Een andere mogelijkheid zou zijn de nutriënten meteen aan de bron te verwijderen. Ook deze oplossing is voorlopig niet realiseerbaar voor grote gebieden zoals Nederland of zelfs het stroomgebied van de Rijn.

Wanneer we deze problematiek op het Delta-gebied betrekken, dan spreekt de noodzaak van consequente bestrijding van eutrofiëring in dit waterrijke gebied wel heel sterk. In de praktijk zal deze bestrijding beperking moeten inhouden van de fosfaatlast, hetzij door defosfatering van inlaatwater, afvalwater en uitslagwater, hetzij door vermindering van het inlaatdebiet, of beide. Ook afleiding van polderwater naar zee kan soelaas bieden.

Van de twee belangrijkste nutriënten, fosfor en stikstof, geeft de verwijdering van fosfor de beste vooruitzichten. Stikstofverbindingen zijn ook wel te verwijderen, maar moeilijker omdat ze in verschillende vormen voorkomen, waar-

Fig 7. Primaire produktie van fytoplankton in  $\text{mg C/m}^2/\text{dag}$  en verticale lichtverdeling in de Grebner See, in juni 1971 en juni 1972 (naar Ohle)



door de verwijderingstechnieken duur worden. Bovendien werkt fosfor vaker beperkend op de algengroei dan stikstof, zodat ook uit dit oogpunt bezien de eliminatie van fosfor de voorkeur verdient. Daarbij komt nog dat in oppervlaktewater door microbiële processen zowel N-fixatie als N-eliminatie optreedt. Bij het eerste proces wordt atmosferische stikstof omgezet in celstikstof, bijvoorbeeld eiwit, bij het tweede proces worden onder anaërobe omstandigheden nitraten omgezet in gasvormig  $N_2$  dat ontwijkt. Dit alles pleit er voor juist de fosfor kunstmatig te gaan verwijderen. Hier bestaan verschillende technieken voor, waarvan die door middel van flocculatie en precipitatie met ijzer- of aluminiumzouten het meest bekend is. (Zie ook Bericht 61, augustus 1972.)

Er zijn reeds interessante resultaten verkregen met het defosfateren van oppervlaktewateren. Zo wordt sinds 1962 het inlaatwater van het drinkwaterspaarbekken 'de Grote Rug' bij Dordrecht gedefosfateerd. Het water in dit bekken is afkomstig uit het Wantij, een verbinding tussen de Nieuwe Merwede en de Beneden Merwede. Tijdens zijn verblijf van 100 dagen in het bekken wordt het water gedefosfateerd door toevoeging van 10 mg tweewaardig ijzer per liter. De verblijftijd is aanvankelijk, in 1962, langer geweest, maar daarna verminderd. Bij korte verblijftijden en daarmee hoge fosforbelastingen per  $m^3$ , trad blauwalgenbloei op. De grens voor de opbloei van blauwalgen bleek te liggen tussen 2,2 en 3,9 gram fosfor per vierkante meter per jaar. Bij de huidige behandeling komen maar weinig blauwalgen voor, tot een maximum van 10% van de totale biomassa en dan nog alleen in de nazomer. Productiecijfers van de 'Grote Rug' zijn helaas nog niet beschikbaar, maar het lijkt erop dat de primaire produktie in de zomer inderdaad beperkt wordt door fosfaatgebrek.

Een ander voorbeeld ontlenen we aan gegevens die door de N.V. Watermaatschappij Zeeland werden verstrekt aangaande de drinkwaterspaarbekkens van het pompstation Braakman bij Terneuzen. Deze bekkens worden in de winter gevuld met uitslagwater van polders, voedselrijk water. De bekkens vertonen dan ook ieder jaar sterke opbloei van algen. Door experimentele defosfatering werd het fosforgehalte sterk gereduceerd, tot 0,02 mg P/l. Het chlorofylgehalte – een maat voor de algenbiomassa – nam sterk af, van gemiddeld 150 mg per  $m^3$  tot gemiddeld minder dan 50 mg/ $m^3$ . De zichtdiepte nam toe, en het organisch gebonden stikstofgehalte nam af. Dit zijn allemaal aanwijzingen dat de primaire produktie sterk verminderde.

Blauwwieren waren in het gedefosfateerde water geheel afwezig, zulks in tegenstelling tot de toestand in een controlebekken, waarin het polderwater niet werd gedefosfateerd, en waarin de blauwalgen talrijk waren. Het derde voorbeeld wijkt af van de voorgaande. Door het Max Planck Institut für Limnologie in Plön (West-Duitsland), is een klein geëutrofeerd meer, de Grebener See, gesaneerd. Dit meertje had een in de zomer zuurstofloos hypolimnion waardoor tijdens de stratificatieperiode veel bodemfosfaat werd gemobiliseerd. Men heeft dit meertje gesaneerd door het hypolimnion te beluchten en een benthoniet-suspensie en een aluminiumsulfaat aan het water toe te voegen. De hypolimnionbeluchting hield in dat 5  $m^3$  lucht per minuut in een beluchtingsketel op 12–15 m diepte werd geperst. Het zuurstofrijke water verliet door de zijanten de ketel, terwijl de overtollige lucht door een slang naar de oppervlakte ontweek. Hierdoor werd bereikt dat de thermische stratificatie onaangetast bleef, terwijl het zuurstofgehalte in het hypolimnion steeg van 0 tot minimaal 2,8 mg  $O_2$ /l. Tegelijkertijd met de hypolimnionbeluchting werden de benthoniet- en aluminiumsulfaat-suspensies in het hypolimnion verspreid om de fosfor te binden en te doen bezinken. Deze maatregelen hebben onmiddellijk tot een spectaculaire verbetering van de waterkwaliteit geleid. De primaire produktie per dag werd ongeveer gehalveerd (zie fig. 7), de '1% van-het-opplaktelicht-grens' werd verlegd van 5,5 m naar 11,5 m, het minimum-zuurstofgehalte in het hypolimnion daalde tot 2,8 mg/l (het maximum lag op ongeveer 9) en de chlorofylconcentratie werd ten opzichte van 1971 gehalveerd, evenals de hoeveelheden van opgeloste en gesuspendeerde organische koolstof.

### Onderzoek in het Deltagebied

Het oecologisch onderzoek van het water in het Deltagebied zal zich in de nabije toekomst sterk richten op de relatie tussen fosfaatbelasting en primaire produktie. Op grond van het verrichte onderzoek wil men uiteindelijk een advies uitbrengen over de vraag hoe ver men moet gaan met de sanering, om in het toekomstige Zeeuwse Meer een goede waterkwaliteit te verkrijgen. De primaire produktie is niet de enige parameter die in beschouwing moet worden genomen, maar ook de met de primaire produktie samenhangende parameters, zoals het chlorofylgehalte, het lichtklimaat in het water en de verdeling van het plankton in verticale en horizontale richting. Het is de bedoeling in alle Deltabekkens dienaangaande

metingen te verrichten. Alleen het onderzoek van de primaire produktie blijft hiervan uitgezonderd. Het veldonderzoek naar deze parameter zal alleen worden uitgevoerd in het Hollands Diep en het Haringvliet en als onderdeel van het zuurstofhuishoudingsonderzoek in het Brielse Meer.

Het experimentele onderzoek naar de primaire produktie zal zich moeten richten op de effecten van defosfatering en van de verblijftijd, van water in proefbakken; dat zijn namelijk op dit ogenblik de belangrijkste middelen om de waterkwaliteit voor wat betreft de eutrofiëring te regelen.

Als bezwaren tegen de drie hierboven genoemde defosfateringsexperimenten zou kunnen worden aangevoerd dat er geen reeks van behandelingen mogelijk was en dat soms zelfs een controle ontbrak. Wil men het effect van de defosfatering goed leren kennen, dan zal de fosfaatbelasting in een reeks van proefbakken gevarieerd moeten kunnen worden. In de bakken zal men dan de primaire produktie moeten meten evenals de biomassa en de samenstelling van het plankton. Verder zal de fosfaat- en ijzerbalans van deze bakken onderzocht moeten worden. Een onderzoek zoals hierboven geschetst zal in 1974 worden opgezet in samenwerking met het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening in een drietal grote proefbakken van rubberdoek in het drinkwaterreservoir 'de Grote Rug' bij Dordrecht. Er zal gebruik worden gemaakt van water uit het Wantij. Het water in deze bakken krijgt een verblijftijd van 100 dagen: het zal worden gedefosfateerd met 5 tot 10 mg tweewaardig ijzer per liter, zulks afhankelijk van de fosforconcentratie in de rivier.

Een bak met onbehandeld rivierwater zal ter controle in de proef betrokken worden.

#### Andere onderzoeken

De zuurstofhuishouding van een meer over een korte termijn, bijvoorbeeld een etmaal, is een afspiegeling van de stofwisseling van het oecosysteem als geheel. De verandering van de zuurstofconcentratie gedurende een etmaal wordt namelijk veroorzaakt door de gezamenlijke werking van de zuurstofproduktie —: primaire produktie of fotosynthese — van alle primaire producenten in het oecosysteem, waaronder algen en waterplanten, het zuurstofverbruik door ademhaling van alle levende organismen en door chemisch zuurstofverbruik, het transport van zuurstof met waterstromingen en de re-aëratie, dat wil zeggen het transport van of naar de atmosfeer van zuurstof. De richting van het transport wordt

bepaald door de onder- of oververzadiging van het water. Door meting van de zuurstof fluctuaties gedurende een etmaal, de primaire produktie, het zuurstofverbruik en schattingen of berekeningen van de re-aëratie en het transport hoopt men meer inzicht in deze processen te krijgen. Dit onderzoek zal uitgevoerd worden in het Brielse Meer, in samenwerking met het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening. Daar een aantal diepe putten in het Zeeuwse Meer mogelijk ondiep zullen blijken te zijn aan thermische gelaagdheid, zal in aansluiting op het waterkwaliteitsonderzoek worden meegewerkt aan een onderzoek naar stratificatieverschijnselen in enkele putten. Hiertoe zal het stratificatieproces zo intensief mogelijk gevolgd worden en zullen de gevolgen van de stratificatie zoals de afneming van het zuurstofgehalte en andere chemische parameters gemeten worden. Daarnaast zullen ook biologische parameters onderzocht worden, zoals chlorofyl, en parameters die voor plankton-organismen van belang zijn, zoals het lichtklimaat onder water. In de wat verdere toekomst staan verder nog op het programma: een experimenteel onderzoek in een proefbak naar de gevolgen van snelle ontzilting; onderzoek naar de accumulatie van toxische organische stoffen in organismen, en het optreden van smaakbedervende stoffen in vissen, in samenwerking met in dat type onderzoek gespecialiseerde instanties; onderzoek ter karakterisering van de plankton- en benthos-levensgemeenschappen in de Deltawateren in samenwerking met het Delta Instituut voor Hydrologisch Onderzoek te Yerseke.

Naast de geplande waterkwaliteitsbewaking door monitors zal ook een waterkwaliteitsbewaking nodig zijn die gebaseerd is op reacties van organismen. Deze biologische waterkwaliteitsbewaking zal moeten plaats vinden bij de inlaatsluizen van het Zeeuwse Meer, bij gemalen en op de drukke scheepvaartroutes. Het is met de huidige stand van de techniek volstrekt onmogelijk om een chemisch monitor-systeem op te zetten waarmee het zeer grote aantal toxische stoffen in rivierwater kan worden aangetoond. Men komt sneller tot het doel, wanneer men het gedrag van vissen en andere organismen die zijn blootgesteld aan het te controleren water nauwkeurig en voortdurend observeert, om bij afwijkend gedrag de inlaat te verminderen, stop te zetten of andere maatregelen uit te voeren en watermonsters voor chemische analyse te nemen. Het registreren van het gedrag van de organismen moet dan wel zoveel mogelijk geautomatiseerd worden.

Ten gevolge van de watervogeltellingen in 1966 en 1967 zijn in 1972 en 1973 wederom drie zulke tellingen verricht in het gehele Deltagebied. Een der voornaamste redenen om de vogeltellingen ter herhalen was de behoefte aan gegevens omtrent de invloed die de Deltawerken tot nu toe hebben op de aantallen en de verspreiding van watervogels. Daarnaast was het in het algemeen van belang, een overzicht te krijgen van soorten en aantallen vogels in het Deltagebied.

## Watervogels in het deltagebied verslag van drie totaalstellingen

Sinds de tellingen van 1966 en 1967 hebben zich in enkele estuaria belangrijke wijzigingen voltrokken: in april 1969 werd het Volkerak gescheiden van het Haringvliet, waardoor het zoutgehalte op het traject Krammer-Volkerak aanzienlijk hoger werd. In oktober 1970 werden de sluizen in het Haringvliet gesloten. Hierdoor viel in de Biesbos, het Hollands Diep en het Haringvliet het getij voor het grootste deel weg en kon ook het westelijk deel van het Haringvliet geheel verzoeten. In mei 1971 ging het Brouwershavense gat dicht, waardoor het Grevelingenbekken veranderde in een zout binnenmeer met een constant peil. In de voordelta veranderde het stromingspatroon, waardoor het water rustiger en helderder werd.

Naast deze veranderingen ten gevolge van de Deltawerken zijn in het gebied ook veranderingen opgetreden als gevolg van andere ingrepen in het milieu. We noemen de industriële vestiging bij Moerdijk en in het Zuid-Sloe, de werkzaamheden ten behoeve van de Schelde-Rijnverbinding in de Krabbenkreek, de Eendracht en het Kreekrak en de dijkverhogingen langs de Westerschelde. Deze ingrepen kunnen mede bepalend zijn geweest voor veranderingen in de voor vogels belangrijke biotopen.

De tellingen van 1972 en 1973 geschieden onder auspiciën van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, het Staatsbosbeheer, het Deltainstituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en de Deltadienst. De organisatie beruiste bij de Deltadienst. Behalve door medewerkers van de samenwerkende diensten en instituten werd aan de tellingen ook deelgenomen door leden van de Jeugdbonden voor Natuurstudie in Nederland en België en door particulieren.

Volledigheidshalve wordt erop gewezen, dat de telgegevens aantallen per vogelsoort weer geven die op één dag zijn geteld. Van doortrekkende vogelsoorten is op deze manier misschien slechts een fractie waargenomen van het totaal aantal dat doortrok. Voor vogelsoorten die in het Deltagebied overwinteren, zijn de telgegevens daarentegen wel een indicatie voor de werkelijke aantallen. Men zou natuurlijk beter doen het werkelijke aantal te berekenen volgens een formule die zegt dat het werkelijke aantal vogels gelijk is aan het aantal vogels per teldag vermenigvuldigd met de telinterval en dit getal gedeeld door de gemiddelde verblijftijd van de bedoelde categorie vogels.

Het aantal 'vogeldagen' – aantal vogels per teldag maal de telinterval – is een indicatie voor de draagkracht van het gebied. Door het geringe aantal waarnemingen is de draagkracht in dit geval echter niet uit de waarnemingen te berekenen. Het werkelijke aantal geeft een indicatie over de waarde van het gebied voor de soort. Helaas is het werkelijke aantal ook al niet te berekenen, omdat de gemiddelde verblijftijd per soort niet bekend is en de jaarlijkse variatie daarin ook moeilijk bepaald kan worden. Bovendien varieert de nauwkeurigheid van de tellingen per vogelsoort. Deze onnauwkeurigheden zijn echter minder belangrijk dan ze lijken. Belangrijk is wel, dat steeds dezelfde mate van (on)nauwkeurigheid blijft bestaan, doordat men steeds hetzelfde principe van tellen toepast. De cijfers van de verschillende tellingen blijven daardoor vergelijkbaar.

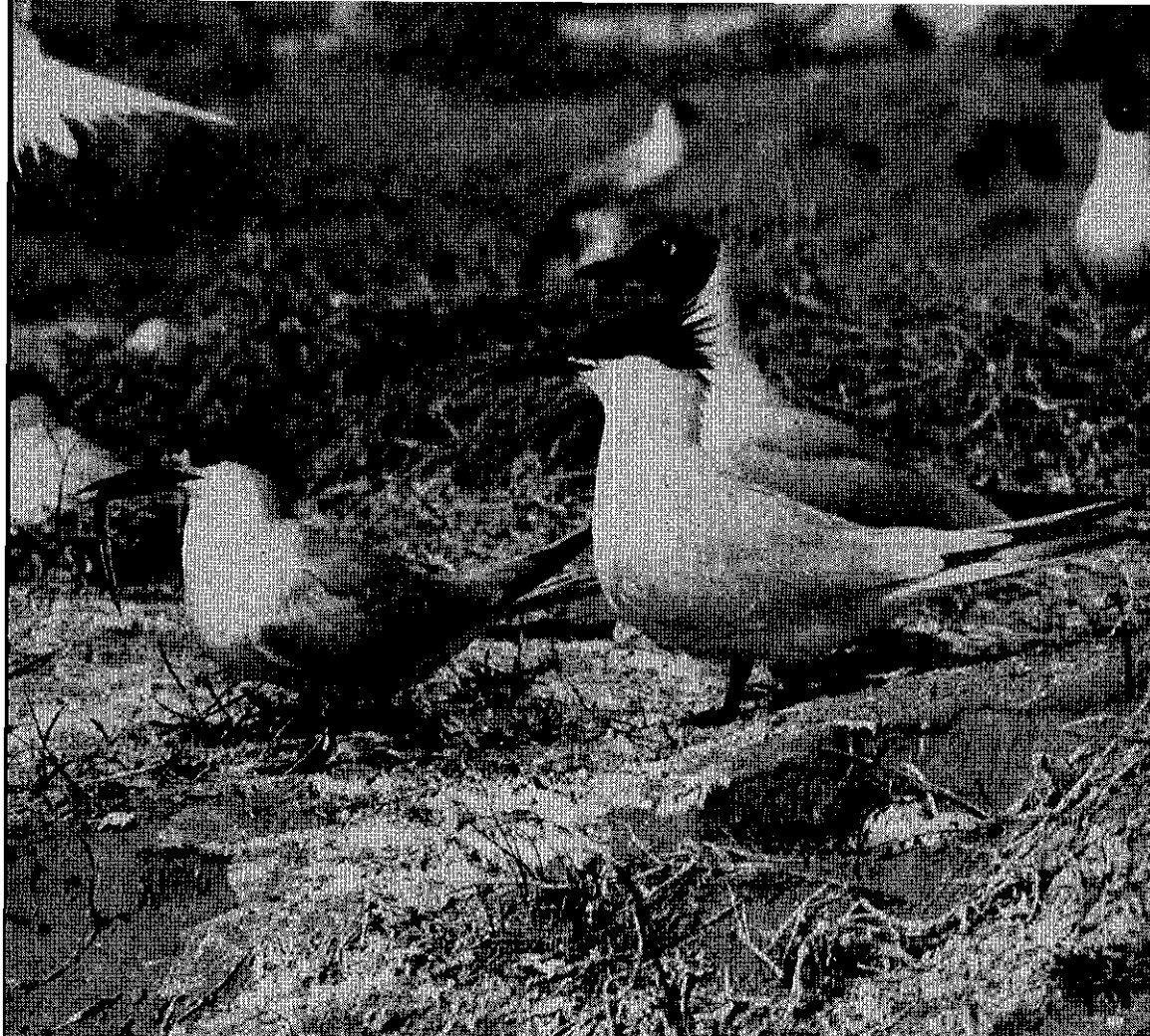
De jaarlijkse variatie in de aantallen vogels per soort is moeilijk aan te geven. Onder invloed van bepaalde klimaatsomstandigheden

kan de trek namelijk sneller of langzamer verlopen. Bij een variabele verblijftijd van de trekvogels kunnen de getelde aantallen variëren. Met de telgegevens worden wel tenden-

zen aangeduid van vóór- of achteruitgang, doch de grootte van de voor- of achteruitgang kan er niet nauwkeurig mee worden aangegeven.

Enkele resultaten van tellingen zijn weergegeven in tabel 1:

|                     | september '72 | oktober '72 | januari '73 |
|---------------------|---------------|-------------|-------------|
| Fuut                | 350           | 770         | 1.560       |
| Dodaars             | 70            | 425         | 520         |
| Aalscholver         | 770           | 530         | 100         |
| Blauwe Reiger       | 330           | 250         | 120         |
| Wilde Eend          | 47.750        | 41 000      | 40 300      |
| Wintertaling        | 9.100         | 11.700      | 5.500       |
| Smient              | 12.100        | 51.600      | 21.700      |
| Pijlstaart          | 4.600         | 10.100      | 11.000      |
| Slobeend            | 700           | 2.500       | 1.000       |
| Kuifeend            | 100           | 370         | 9.300       |
| Tafeleend           | 180           | 5.600       | 45.500      |
| Brilduiker          | —             | 130         | 1.600       |
| Zwarte Zee-eend     | 1             | 120         | 8.900       |
| Eidereend           | 260           | 120         | 220         |
| Grote Zaagbek       | 3             | 1           | 80          |
| Middelste Zaagbek   | —             | 330         | 920         |
| Bergeend            | 3.950         | 6.000       | 9.400       |
| Grauwe Gans         | 800           | 9.300       | 8.000       |
| Kolgans             | —             | 480         | 11.900      |
| Rietgans            | 80            | 6           | 5.400       |
| Rotgans             | —             | 3.200       | 4.200       |
| Brandgans           | 2             | 2           | 13.800      |
| Knobbelzwaan        | 640           | 280         | 270         |
| Meerkoet            | 6.400         | 13 900      | 22.700      |
| Scholekster         | 65.100        | 72.000      | 75.400      |
| Zilverplevier       | 4 600         | 4 200       | 1 520       |
| Bontbekplevier      | 2.300         | 170         | 27          |
| Strandplevier       | 980           | 30          | 5           |
| Steenloper          | 1 300         | 530         | 1.800       |
| Wulp                | 17.100        | 9.200       | 6.300       |
| Rosse Grutto        | 5.250         | 2.650       | 6.900       |
| Tureluur            | 9.200         | 5.300       | 2.400       |
| Zwarte Ruiter       | 830           | 350         | 32          |
| Groenpootruiter     | 800           | 90          | 4           |
| Kanoetstrandloper   | 4.800         | 10.900      | 18.100      |
| Bonte Strandloper   | 41.900        | 54 000      | 45.500      |
| Drieteenstrandloper | 100           | 32          | 76          |
| Kluut               | 1.600         | 1.160       | 117         |
| Grote Mantelmeeuw   | 2.200         | 2.360       | 630         |
| Kleine Mantelmeeuw  | 450           | 380         | 54          |
| Zilvermeeuw         | 8.200         | 23.000      | 6.900       |
| Stormmeeuw          | 4.100         | 3.900       | 2.660       |
| Kokmeeuw            | 15.500        | 7.500       | 4.300       |
| Diversen            | 24.500        | 22.530      | 10.290      |
| Totaal              | 299.000       | 379.000     | 407.000     |



Door vergelijkingen met de gegevens van tellingen uit 1966/'67 werd een indruk verkregen van de veranderingen in de vogelbevolking die mogelijk tengevolge van de ultvoering van het Deltaplan zijn opgetreden. Het blijkt dat sinds 1966/'67 sommige soorten meer en andere minder in het gebied voorkomen.

De tabellen op de volgende bladzijden geven een overzicht van de vooruitgang en achteruitgang van de verschillende soorten, gebaseerd op de maximaal waargenomen aantallen. Het aantal tellingen – het zij nogmaals gezegd – is onvoldoende voor een afgewogen inzicht. Men kan slechts indicatieve waarde aan de cijfers toekennen.

De vooruitgang van Fuut, Aalscholver, Middelse Zaagbek en Knobbelzwaan is mede of

zelfs grotendeels veroorzaakt door het afsluiten van de Grevelingen. Ook Dodaars en Meerkoet houden zich op in de afgesloten bekkens; toch lag de grootste vooruitgang van deze soorten op het Veerse Meer, dat ook al in 1966/67 afgesloten was. Zowel bij deze twee soorten als bij de overige die niet genoemd zijn bij de Grevelingen, is er misschien sprake van een grotere populatie of heeft de zachte winter zijn invloed doen gelden.

De Blauwe Reiger heeft zich ondanks de ogenschijnlijk gunstiger omstandigheden niet uitgebreid. De Strandplevier en de Steenloper hebben zich op de Grevelingen kunnen handhaven. Hetzelfde geldt voor de Brandgans en de Grote Zaagbek in het gebied van het Haringvliet, Hollands Diep en Biesbos. De om-

standigheden zijn voor de Kleine Zwaan niet veranderd. Scholekster, Rosse Grutto en Kanoetstrandloper hebben zich ondanks het afsluiten van de Grevelingen kunnen handhaven.

Bij de achteruitgang van Wilde Eend en Wintertaling hebben de veranderde omstandigheden in het gebied van Haringvliet, Hollands Diep en Biesbos ongetwijfeld een belangrijke rol gespeeld, doch dat is niet uitsluitend de oorzaak van deze achteruitgang. Welke andere oorzaken er in het spel zijn is nog niet duidelijk. De achteruitgang van Bontbekplevier, Wulp, Zwarte Ruiter, Groenpootruiter en Bonte Strandloper zijn voor een groot gedeelte het rechtstreeks gevolg van de afsluiting van de Grevelingen en Haringvliet.

Vooruitgegaan zijn:

| Soort             | 66/67 | 72/73  | Verschil | Huidige belangrijkste gebied                     |
|-------------------|-------|--------|----------|--------------------------------------------------|
| Fuut              | 320   | 1.560  | + 1.240  | Grevelingen, Haringvliet                         |
| Dodaars           | 90    | 520    | + 430    | Veerse Meer, Krabbekreek, Biesbos                |
| Aalscholver       | 160   | 770    | + 610    | Grevelingen, Haringvliet, Oosterschelde oost     |
| Pijlstaart        | 4.100 | 11.000 | + 6.900  | Oosterschelde, Westerschelde, Biesbos            |
| Brilduiker        | 630   | 1.600  | + 970    | Veerse Meer, Grevelingen                         |
| Middelste Zaagbek | 110   | 920    | + 810    | Veerse Meer, Grevelingen                         |
| Bergeend          | 6.000 | 9.400  | + 3.400  | Oosterschelde, Krammer-Volkerak, Westerschelde   |
| Rotgans           | 2.170 | 4.170  | + 2.000  | Oosterschelde, Grevelingen, Krammer, Veerse Meer |
| Knobbelzwaan      | 30    | 640    | + 610    | Grevelingen, Veerse Meer, Haringvliet            |
| Meerkoet          | 2.440 | 22.700 | + 20.260 | Veerse Meer, Haringvliet, Biesbos, Grevelingen   |
| Zilverplevier     | 2.790 | 4.600  | + 1.810  | Oosterschelde, Westerschelde                     |
| Tureluur          | 6.370 | 9.200  | + 2.830  | Oosterschelde, Westerschelde                     |

Soorten die in aantal ongeveer gelijk gebleven zijn:

|                   | 66/67  | 72/73  | Huidige belangrijkste gebied                   |
|-------------------|--------|--------|------------------------------------------------|
| Blauwe Reiger     | 330    | 330    | Grevelingen, Haringvliet, Hollands Diep        |
| Brandgans         | 12.420 | 13.800 | Haringvliet                                    |
| Grote Zaagbek     | 90     | 80     | Hollands Diep, Biesbos                         |
| Kleine Zwaan      | 223    | 179    | Walcheren, Schouwen, Biesbos                   |
| Scholekster       | 81.000 | 75.400 | Oosterschelde, Westerschelde, Krammer-Volkerak |
| Strandplevier     | 960    | 975    | Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen      |
| Steenloper        | 1.750  | 1.800  | Oosterschelde, Westerschelde, Grevelingen      |
| Rosse Grutto      | 5.300  | 5.250  | Oosterschelde                                  |
| Kanoetstrandloper | 14.300 | 18.100 | Westerschelde (o.a. Hoge Platen)               |

In aantal achteruitgegaan zijn:

1 achteruitgang voornamelijk in  
2 huidige belangrijkste gebied

| Soort             | 66/67  | 72/73  | verschil |                                                                                                                                    |
|-------------------|--------|--------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wilde eend        | 88.000 | 47.750 | - 40.000 | 1 Haringvliet, Hollands Diep, Biesbos, Krammer-Volkerak, Veerse Meer, Westerschelde<br>2 Haringvliet, Hollands Diep, Westerschelde |
| Wintertaling      | 32.000 | 11.700 | - 20.300 | 1 Alle gebieden<br>2 Haringvliet, Biesbos, Westerschelde                                                                           |
| Bontbekplevier    | 3.890  | 2.300  | - 1.590  | 1 Haringvliet, Westerschelde<br>2 Oosterschelde, Westerschelde                                                                     |
| Wulp              | 22.200 | 17.100 | - 5.100  | 1 Haringvliet, Grevelingen, Westerschelde<br>2 Oosterschelde, Westerschelde, Krammer-Volkerak                                      |
| Zwarte Ruiter     | 1.780  | 830    | - 950    | 1 Grevelingen, Haringvliet, Krammer-Volkerak<br>2 Oosterschelde, Eendracht, Krammer-Volkerak                                       |
| Groenpootruiter   | 1.960  | 800    | - 1.160  | 1 Haringvliet, Grevelingen, Oosterschelde, Westerschelde<br>2 Oosterschelde, Krammer-Volkerak, Krabbe-kreek                        |
| Bonte Strandloper | 65.000 | 54.000 | - 11.000 | 1 Grevelingen<br>2 Westerschelde, Oosterschelde                                                                                    |
| Kluut             | 8.300  | 1.600  | - 6.700  | 1 Haringvliet<br>2 Westerschelde                                                                                                   |

Bij de Kluut ligt de oorzaak zeer duidelijk in het verdwijnen van de gunstige omstandigheden op de Ventjagersplaten.

Ten aanzien van een aantal andere soorten is het moeilijk om aan te geven of er sprake is van voor of achteruitgang. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de Smient, de Slobeend en de Grauwe Gans. Waarschijnlijk als gevolg van de zachte winter zijn er van de laatste twee soorten veel meer achtergebleven dan gewoonlijk. De Smient schijnt echter voortijdig weggetrokken te zijn. Het is niet bekend of dit naar het zuiden of naar het noorden geweest is. Van de overige soorten zijn de aantallen in het gehele Deltagebied zo gering, dat het moeilijk is op grond van de weinige cijfers conclusies te trekken.

#### De verschillende gebieden

Het Oostvoornse Meer is het afgesloten deel van het Brielse Gat, waaruit zand is gewonnen ten behoeve van de Maasvlakte. Het maakt deel uit van de bufferzone tussen de industrieterreinen op de Maasvlakte en de natuurgebieden op Voorne. De oppervlakte bedraagt 2,8 km<sup>2</sup>. Het meer is tot 40 m diep en gevuld met zeewater van goede kwaliteit. De oevers zijn zandig met op vele plaatsen waardevolle ondiepe delen. Het afgesloten gedeelte is mede door zijn rijkdom aan vis van belang

voor Futen en Duikeenden. Vooral het grote aantal Futen is een indicatie voor de grote waarde van dit gebied. Behalve de Fuut komen ook de Dodaars, de Kulfduiker en de Geoorde Fuut op het meer voor.

Brilduiker, Middelste Zaagbek en Meerkoet zijn er belangrijke wintergasten. Langs de oevers vissen in het najaar Blauwe Reigers. De vlakke oevers en de vochtige laag begroeide delen worden veel bezocht door zwemeenden, ruitersoorten en strandlopers. Voor de andere steltlopers, die meest buitendijks fou-rageren, is het van groot belang dat zij bij slecht weer hier ook binnendijks voedsel kunnen vinden. Ganzen gebruiken het gebied als slaappleats.

Hoewel het buiten het kader van dit artikel valt is het interessant te vermelden dat hier 's winters vrijwel altijd flinke aantallen Strandleeuweriken te vinden zijn.

De Oude Maas is één van de weinige nu nog overgebleven zoewatergetijdegebieden, met helaas sterk vervuild water.

Er worden vrij grote aantallen Wilde Eenden en Wintertalingen aangetroffen en in mindere mate andere soorten zwemeenden. De combinatie van open water met vochtige weilanden is voor Meerkoeten en Kieviten een gunstig milieu.

*Het Haringvliet, het Hollands Diep en de Biesbos* zijn zoetwatergebieden met in het westen een schijngel, afhankelijk van het spuien van de Haringvlietssluisen. Vóór de afsluiting waren het Haringvliet en het Hollands Diep brakwatergetijdegebieden en de Biesbos een zoetwatergetijdegebied.

De vogelsoorten die voor hun voedsel aangevoerd waren op min of meer zout water – voornamelijk steltlopers – zijn vrijwel uit dit gebied verdwenen.

Wat van deze soorten overbleef verblijft voornamelijk buitendijks op de Kwade Hoek en op de Ventjagersplaten.

Door de nabijheid van het nu nog onder invloed van het getij staande Volkerak komen bij hoog water nog behoorlijke aantallen van deze soorten op de platen voor.

Het karakter van het gebied wordt nu voornamelijk bepaald door ganzen- en eendensoorten, die er in grote aantallen voorkomen. Het aantal Futen, Dodaarzen en Aalscholvers is er na de afsluiting groter geworden.

De aantallen Wilde Eenden en Wintertalingen zijn sterk afgenomen, enerzijds doordat het getij wegviel maar ook door het verminderde biezenbestand; de industrievestigingen zijn hiermede debet aan. Ook de Smient komt veel minder in het gebied voor, de Pijlstaart daarentegen komt meer voor, voornamelijk in de Biesbos. De laatste jaren vindt men hier bovendien grote aantallen Tafeleenden en Kuifeenden.

Brilduiker, Grote Zaagbek en Middelste Zaagbek vindt men in kleine groepjes, de Middelste Zaagbek komt merkwaardigerwijs vrijwel uitsluitend op het Haringvliet voor.

De Bergeend concentreert zich op de Ventjagersplaten; verder treft men hem alleen nog maar in de Biesbos.

De Grauwe Gans heeft zich kunnen handhaven door voor zijn voeding over te schakelen van biezen op bietenloof. In oktober 1966 is hier niet geteld, zodat er geen vergelijking met een vroegere toestand kan worden gemaakt. Uit andere gegevens kan men echter afleiden dat het bestand terugloopt. De vrij grote aantallen van januari kunnen veroorzaakt zijn door de zachte winter. Het aantal Brandganzen is ongeveer gelijk gebleven. De Knobbelzwaan is sterk in aantal toegenomen. Vaak treft men ze in grote groepen geconcentreerd aan. Ook het aantal Meerkoeten is toegenomen. Van de steltlopers is alleen de Wulp nog in enigen getale aanwezig, hoewel lang niet in zo groten getale als voor de afsluiting. Concentraties Kluten, zoals die vroeger op de Ventjagersplaat voorkwamen vindt men er thans niet meer. In

- 1 Zilverplevier
- 2 Dwergstern
- 3 Kluut
- 4 Grutto
- 5 Strandplevier
- 6 Visdief

het najaar zijn er nog maar enkele honderden. De belangrijkste gebieden zijn van oost naar west:

de *Brabantse Biesbos*, met als belangrijkste gasten enkele duizenden Wintertalingen en Pijlstaarten, enkele honderden Wilde Eenden, Smienten, Grauwe Ganzen en Meerkoeten en enkele tientallen Futen, Dodaarzen, Aalscholvers, Slobeenden en Meerkoeten.

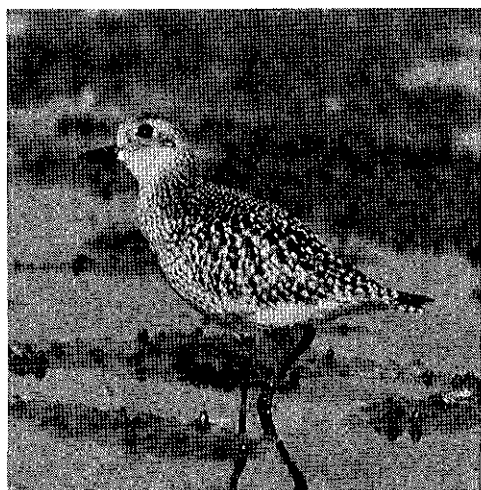
De *Dordtse Biesbos*, met duizenden Wilde Eenden en Meerkoeten, honderden Wintertalingen, Bergeenden en Grauwe Ganzen en tientallen Dodaarzen en Brilduikers. Op de aan dit gebied grenzende Nieuwe Merwede zaten ongeveer 40.000 Tafeleenden en 8.000 Kuifeenden.

In het Hollands Diep zijn de *Hoogezandse Gorzen* het belangrijkste, voornamelijk als rust- en voedselgebied voor Grauwe Gans, Wilde Eend en Slobeend. In de ondiepe gedeelten ervoor zitten vaak Futen, Aalscholvers en Grote Zaagbekken.

De *Ventjagersplaten* zijn voor de vogels van het Volkerak van belang als hoogwater-vluchtplaats, zodat hier dikwijls flinke aantallen Scholeksters, Wulpen, Rosse Grutto's en Strandlopers te vinden zijn.

In het najaar concentreren zich hier Bergeenden en Kluten, de laatste echter in lang niet zo groten getale als vroeger. In het water fourageren Futen, Middelste- en Grote Zaagbekken en Brilduikers.

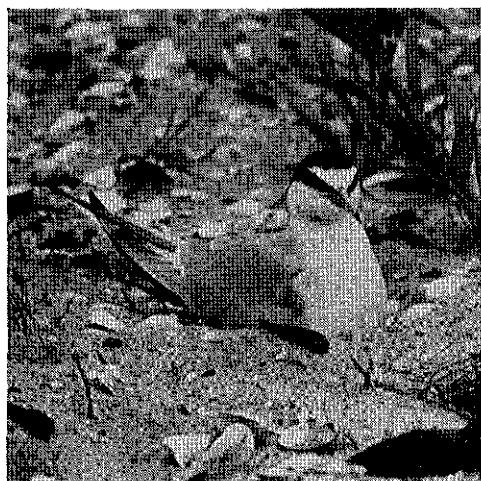
Op de dammetjes zijn vaak grote aantallen Aalscholvers te vinden, die er hun vleugels laten drogen. Een grote oppervlakte bestaat uit een net boven water komende slikplaat. Hierop fourageren en slapen duizenden ganzen en eenden, voornamelijk Grauwe Gans, Brandganzen, Wilde Eend, Smient en Pijlstaart.



1



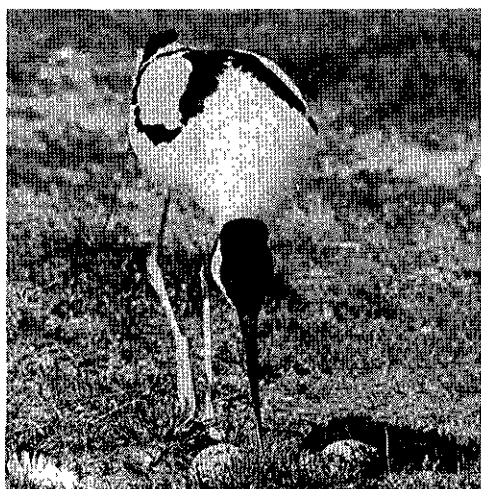
4



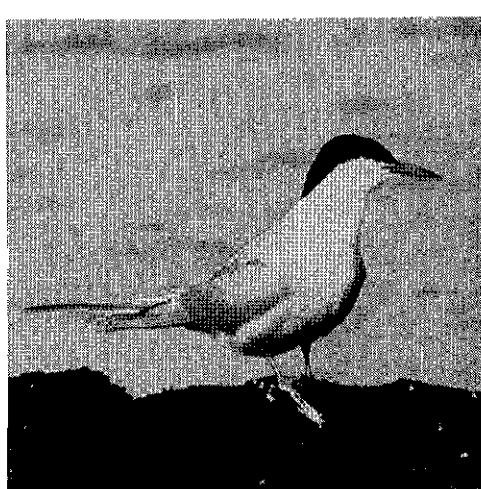
2



5



3



6

In de Griendweipolder op *Tiengemeten* fourageren veel Brandganzen. Langs de zuidkust van Tiengemeten en de kust van Overflakkee komen veel Grauwe Ganzen en Wilde Eenden voor, alsmede Wintertalingen en Slobeenden. Op de gorzen bij Middelharnis ziet men veel Brandganzen, Grauwe Ganzen en Smienten. *De Korendijkse en Beninger Slikken* in de Spuimond zijn pleisterplaatsen voor Grauwe Ganzen en verschillende soorten zwemeenden, Bergeenden en Meerkoeten.

*De Slijkplaat* is een belangrijke slaapplek voor ganzen en eenden. Geregeld treft men hier ook nog enkele soorten steltlopers aan, zoals Kluten, Rosse Grutto's en Strandlopers. De meest oostelijke punt wordt door de Aalscholver als rustplaats gebruikt.

*De Scheelhoek* is een belangrijk fourageergebied voor verschillende soorten ganzen en eenden. Ook wordt het gebied door reigers bezocht.

Vóór de afsluiting van het Brouwershavense Gat bood het *Grevelingenbekken* fourageermogelijkheden voor grote aantallen steltlopers en eenden. Na de afsluiting viel een groot deel van die mogelijkheden weg. De wadvogels zijn nu uitsluitend aangewezen op de oeverstroken, waarbij de flauwste helling de grootste mogelijkheden biedt. Gelukkig is dit soort gebieden in de Grevelingen nog op vele plaatsen aanwezig. Het meer heeft tot nu toe een hoog zoutgehalte, zodat van de oorspronkelijke wadvogelpopulatie nog steeds een deel aanwezig is gebleven.

Vóór de afsluiting was van een aantal soorten de winterpopulatie groter dan of gelijk aan de trekpopulatie; na de afsluiting is dat niet meer het geval.

Het duidelijkst komt dit tot uiting bij de Scholekster, Wulp, Kanoetstrandloper en Bonte Strandloper, waarvan de winteraantallen beduidend lager waren dan die van september. Dit kan erop wijzen dat de voedselvoorraden gedurende de trektijd uitgeput raakten. Een aanwijzing temeer vindt men dienaangaande in het aantal Scholeksters, Zilverplevieren, Bontbekplevieren, Wulpen, Rosse Grutto's, Tureluurs, Kanoetstrandlopers en Bonte Strandlopers. Van deze soorten tezamen waren er in september 1972 nog 20,3% overgebleven van het totaal van augustus 1966, doch in januari 1973 nog slechts 5,6% van het totaal van januari 1967; of in getallen uitgedrukt: in september waren er 6100 exemplaren van deze soorten aanwezig, in januari 2250. Dit verschijnsel doet zich niet voor bij de Steenloper. Daar waren er 's winters juist veel meer van dan in september. Deze vogel fourageert echter vrijwel uitsluitend in aangespoelde

wieren en niet in het slik. Ook de Tureluur is in dit opzicht een afwijkende soort: men zou verwachten dat er 's winters slechts zeer kleine aantallen aanwezig zouden zijn, maar het tegendeel bleek het geval. In januari 1973 werden er 190 geteld, in september 1972 260, wat vergeleken met andere tellingen omstreeks dezelfde tijd toch geen extra laag aantal is.

De zwemeenden hebben zich kunnen handhaven dank zij het zoute milieu en de uitgestrekte ondiepe gebieden.

Na de afsluiting hebben de zeegrasweiden van *Zostera marina* zich uitgebreid, waarvan Rotgans en Knobbelzwaan profiteerden. De aantallen Rotganzen zijn dan ook op peil gebleven en de Knobbelzwaan heeft zich zelfs zeer sterk uitgebreid. Duidelijk toegenomen, dankzij het nu rustige, heldere water zijn: Fuut, Dodaars, Aalscholver, Blauwe Reiger, Brilduiker en Middelste Zaagbek. Vooral de uitbreiding van de Fuut is zeer groot; in januari 1967 82 exemplaren, in januari 1973 990 exemplaren, terwijl er in maart 3500 exemplaren werden waargenomen. Ook in de voordelta vindt men zeer interessante ontwikkelingen. Het meest opvallend zijn de grote aantallen Zwarte Zee-eenden, tot 15 000 exemplaren. Verder vindt men er ook Futen, Geoorde Futen, Toppereenden, Brilduikers, Grote Zee-eenden, Eidereenden, IJseenden en Middelste Zaagbekken. Zij zoeken hun voedsel in de ondiepe gedeelten voor de kust en opvallend veel langs de randen van de vroegere stroomgeulen.

De afsluiting van het *Volkerak* heeft tot gevolg gehad dat het zoutgehalte en de getijbeweging toenamen. De soorten die zich van nature ophouden in brakwater-slikgebieden zijn daar dan ook afgenomen. Dit geldt in zeer sterke mate voor de Wintertaling en Slobeend en in mindere mate voor de Wilde Eend. De Rotgans daarentegen, die vroeger vrijwel niet voorkwam, is nu in behoorlijke aantallen waargenomen.

De steltlopers met een voorkeur voor zoutwatergebieden zoals Scholekster, Steenloper en Kanoetstrandloper, zijn in aantal toegenomen. Het is verleidelijk te veronderstellen dat een deel van de vogels van de Grevelingen hier naar toe is verhuisd. Ook de Bergeend vertoont een aanzienlijke toename.

Sommige soorten met voorkeur voor brakwater zoals de Zilverplevier en de Rosse Grutto zijn ondanks de verzilting toch toegenomen; andere – Wulp, Tureluur, Bonte Strandloper – zijn ongeveer gelijk gebleven. Ook in dit gebied bleken de winteraantallen van de Tureluur relatief erg hoog.

Op de Krammerse Slikken vindt men zeer grote aantallen Scholeksters, meestal tezamen met Smienten en Wulpen. In het najaar vindt men hier de grootste aantallen Ruitersoorten en Strandlopers. Verder oostwaarts langs de kust van Overflakkee vindt men van de meeste soorten nog maar geringe aantallen. Alleen de Wulp, de Bontbekplevier en de Strandplevier treft men er in behoorlijke aantallen aan. De noordkust van St. Philipsland is van groot belang voor Rotganzen, Steenlopers en Kluten.

De platen voor de kust herbergen grote aantallen Smienten en Scholeksters. Ook op de Slikken van de Heen treft men deze soorten veelvuldig aan, alsook Zilverplevieren en Wulpen. Ruitersoorten vindt men hier in kleineren getale dan op de Krammerse Slikken. Verder in de richting van Willemstad nemen de aantallen steltlopers af met uitzondering van de Wulp. Bergeenden en Wilde Eenden voelen zich hier echter weer uitstekend thuis: Smienten ziet men minder. Nog verder noordelijk ziet men vrijwel uitsluitend Wilde Eenden; iets verder uit de kust worden hier ook geregeld Futen en Brilduikers waargenomen.

Op de *Oosterschelde* zijn in vergelijking met 1966/1967 geen belangrijke wijzigingen opgetreden. Het westelijk gedeelte – met name de beide platen in de monding, de Neeltje Jans en de Roggeplaat – heeft een zandiger karakter dan het oostelijk gedeelte, waar vrij veel zacht slib wordt aangetroffen. Dit komt ook naar voren in de verspreiding der vogelsoorten. In het westelijk gedeelte treft men veel Scholeksters, Rosse Grutto's en Drieteenstrandlopers aan. In het oostelijk gedeelte, met name in de zak, vindt men meer Rotganzen, Wulpen, Zilverplevieren en Tureluurs. We noemen nu de belangrijkste verschillen met de tellingen van 1966/1967: De Pijlstaart bleek in januari 1973 in grote aantallen aanwezig in het oostelijk deel van het bekken; over het gehele bekken gerekend vertoonde hij een toename van 3300 exemplaren ten opzichte van 1967.

Ook de Slobeend is toegenomen tot ruim 1300 exemplaren. Zeer verheugend is de toename van de Rotgans: in januari 1967 waren er 1015 exemplaren terwijl er nu 2630 waargenomen werden. Van de Scholekster bleken er op de Oosterschelde ruim 10 000 meer te zijn dan in 1967, terwijl de aantallen over het gehele Deltagebied vrijwel gelijk gebleven waren. Ook de Zilverplevier blijkt toegenomen te zijn, van 1375 tot 2500 exemplaren.

In januari 1973 bleken er nog 5700 Rosse Grutto's op de Oosterschelde te verblijven.

Ze concentreerden zich op de Neeltje Jans en op de slikken van de Dortsman. De winteraantallen van de Kanoetstrandloper en de Bonte Strandloper lagen echter belangrijk lager dan in 1967.

De Kluut is op de Oosterschelde toegenomen, terwijl over het gehele Deltagebied gerekend sprake is van een duidelijke teruggang. Vroeger concentreerden deze vogels zich in het najaar op de Ventjagersplaten; nu is dat niet meer het geval, zij zijn verspreid over het gehele Deltagebied.

De Oosterschelde is nog steeds een van de belangrijkste overwinteringsgebieden in de Delta voor steltlopers, Rotganzen en verschillende soorten eenden.

De *Krabbekreek* is in biologische rijkdom vergelijkbaar met de zak van de Oosterschelde. In de *Eendracht* zijn ten gevolge van de werken aan de Schelde-Rijnverbinding veel voedselplaatsen voor vogels verloren gegaan. In de herfst vindt men in de Krabbekreek een relatief hoog aantal ruiters; 's winters vindt men er vrij veel Rotganzen en eenden.

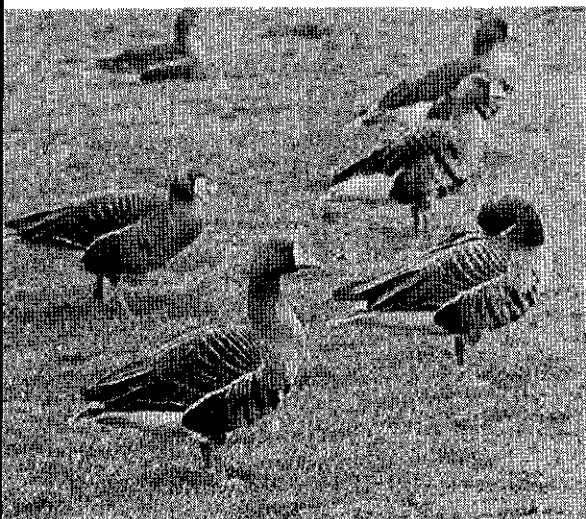
Het *Veerse Meer* was ook bij de tellingen van 1966/1967 al een afgesloten gebied. Sindsdien lijkt de betekenis van dit meer voor trekvogels weer toegenomen, mogelijk vanwege het weer enigszins gestegen zoutgehalte. 's Winters treft men alle soorten Futen aan, Dodaarzen zelfs in grote aantallen. Ook alle normaal voorkomende soorten zwemeenden overwinteren in dit gebied in flinke aantallen. De Brilduiker en de Middelste Zaagbek zijn de meest opvallende verschijningen op het open water. De Bergeend is er in aantal toegenomen. De Rotgans is als wintergast weer teruggekomen: er verbleven er in januari nu ruim 400.

De Brandgans is de hele winter te zien geweest op de Haringvleter en de Goudplaat. De Kleine Zwanen die op Walcheren fourageerden, sliepen op het meer. Het aantal Meerkoeten was deze winter bijzonder hoog; er zijn hierover echter geen gegevens van 1966/1967. De steltlopers waren deze winter in aanzienlijk groteren getale aanwezig dan in 1966/1967.

Na de voltooiing van het Deltaplan zal de *Westerschelde* in het Deltagebied als enig estuarium overblijven waar nog grote aantallen steltlopers kunnen pleisteren.

Op de Hooge Platen bij Breskens en Hoofdplaat bleken werkelijk enorme aantallen vogels te overtuigen.

Voor de zwemeenden bleek het Verdrongen Land van Saeftinge verreweg het belangrijkste gebied te zijn. Bergeenden daarentegen werden meer in het westelijk gedeelte aangetroffen. Ook in dit westelijk gedeelte bleken



Kolganzen

nog relatief hoge aantallen Eidereenden en Grote Zee-eenden te overwinteren. Voor de Rotgans is de Westerschelde vrijwel niet van betekenis. De steltlopersoorten – Scholekster, Bontbek-Grutto, Kanoetstrandloper en Bonte Strandplevier, Strandplevier, Steenloper, Rosse looper – bleken zich vrijwel alleen te verspreiden over het westelijk gedeelte. Vogels als Zilverplevier, Wulp en Tureluur werden in het gehele gebied aangetroffen en Groenpootruiter en Zwarte Ruiters alleen in het oostelijk gedeelte. Zilvermeeuwen rustten in behoorlijke aantallen op alle platen. Ook bleken er in september veel Visdiefjes en Zwarte Sterns op de Westerschelde te fourageren. Uit de tellingen blijkt dat de Westerschelde in orde van grootte nu al bijna even belangrijk is als de Oosterschelde.

## Conclusies

Over het algemeen is de invloed van de Deltawerken op de vogelpopulaties nog niet zeer groot geweest. De oppervlakte van de reeds afgesloten bekkens ten opzichte van de nog open bekkens is gering. De vogels konden op de open bekkens nog voldoende ruimte vinden. Na voltooiing van de Deltawerken zal de Westerschelde echter het enige opengebleven bekken zijn. Het is niet te verwachten dat daar dan grotere aantallen vogels terecht zullen komen. Wel zal er waarschijnlijk een snellere doortrek plaatsvinden, waardoor de betekenis van de Westerschelde veel groter wordt.

De vogelsoorten welke ten gevolge van de afsluitingswerken in aantal zijn toegenomen lijken vooral begunstigd te worden door het heldere water. De toename van Kuifeend en Tafeleend en in mindere mate van Fuut en Aalscholver vertoont overeenkomst met de ontwikkelingen in de randmeren van de IJsselmeerpolders. De enorme aantallen Futen, Dodaarzen, Brilduikers en Middelste Zaagbekken in het Grevelingenmeer en het brakke Veerse Meer zijn echter een tamelijk nieuw verschijnsel. In hoeverre de Noordwest-europese populaties van deze soorten hierdoor worden beïnvloed, lijkt een interessant studieonderwerp.

Uit de tellingen en hun onderlinge vergelijking kunnen zeker enige conclusies worden getrokken.

De estuaria van het Deltaplan hebben ook na afsluiting nog een grote betekenis voor watervogels.

Een zout bekken betekent voor watervogels meer dan een zoet bekken; dit geldt vooral voor steltlopers, Rotganzen en visetende vogels.

Steltlopers, in mindere mate Rotganzen, worden door de uitvoering van het Deltaplan sterk in hun mogelijkheden beperkt.

De Westerschelde neemt relatief in betekenis toe. Verdere aantasting van de fourageer- en rustgebieden aldaar dient zoveel mogelijk vermeden te worden. Bescherming en zo mogelijk uitbreiding van de pleisterplaatsen is in verband met de toenemende verontrusting door industrievestigingen en recreatie een urgente zaak.

## A. De werken van het Deltaplan

Bij het ontwerpen van de grote uitwaterings-sluizen in het Haringvliet is in ruime mate gebruik gemaakt van modelonderzoek. Bij dat modelonderzoek werd niet alleen aandacht besteed aan de te verwachten uitwendige belastingen op de constructie, maar ook aan de wijze waarop de verschillende delen van de constructie op die belastingen zouden reageren. Men vindt over dit onderwerp artikelen in Bericht 12 (mei 1960), 15 (februari 1961) en 20 (mei 1962).

Al tijdens het onderzoek werd door onderzoekers, ontwerpers en toekomstige gebruikers van het kunstwerk de behoefte gevoeld aan informatie omtrent de in werkelijkheid optredende belastingen en de door die belastingen veroorzaakte gedragingen van de constructie. In 1963 is dan ook opdracht gegeven aan het Waterloopkundig Laboratorium om de coördinatie te verzorgen van ontwerp en vervaardiging van een meetinstallatie voor de voltooide sluisen.

In Bericht 23 (februari 1963) en 42 (november 1967) is al sprake geweest van de achtergronden en de uitvoering van dat meetsysteem. Dit keer willen we een beknopt overzicht geven van de tot nu toe uitgevoerde metingen en de resultaten daarvan. Alle metingen werden uitgevoerd met behulp van apparatuur die is aangebracht in pijler 8 – midden in het sluisencomplex –, en op de aan die pijler opgehangen zee- en rivierschuif.

De metingen aan de sluis kunnen worden gerangschikt naar het doel dat ermee beoogd wordt. We krijgen dan vier groepen: excitatiemetingen, momentane correlatiemetingen, tijd-correlatiemetingen en permanente bewakingsmetingen. Deze metingen worden nu achtereenvolgens besproken.

De *excitatiemetingen* hebben ten doel, de trillings-karakteristieken van de nabaliggers en van de schuiven te meten en de invloed daarop van het omringende water vast te stellen. Men hanteert bij deze metingen een techniek waarbij een in de tijd variërende kracht van bekende grootte op de constructie wordt uitgeoefend. Die constructie raakt daardoor in trilling en de veroorzaakte trillingen worden gemeten. Zulke meetseries zijn uitgevoerd voor en tijdens het inrunderen van de bouwput.

## Metingen aan de Haringvlietssluizen

In feite zijn ze een eenmalige aangelegenheid geweest, waarover verslag is uitgebracht in Bericht 42 (november 1967).

*Momentane correlatiemetingen* dienen om de onmiddellijke samenhang te bepalen die er onder extreme omstandigheden bestaat tussen de hydro-dynamische grootheden en de op het kunstwerk uitgeoefende krachten. Tevens dient daaruit naar voren te komen of en onder welke omstandigheden er beperkingen moeten worden opgelegd aan de bedrijfsvoering. Ook zal men aan de hand van de vastgestelde momentane correlaties de statistische gegevens kunnen aanvullen die de tijd-correlatiemetingen opleveren. Die aanvullingen zullen vooral liggen in het gebied van de extreme omstandigheden.

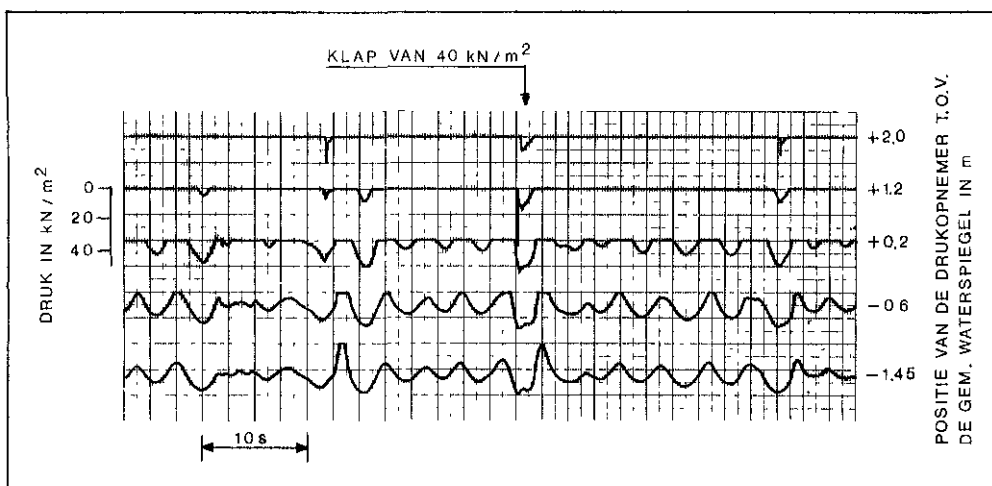
Men kan dit soort metingen nader verdelen in *trillingsmetingen*, die worden verricht wanneer, met name bij grote vervallen, de sluisdeuren gedeeltelijk worden geheven; en *golflapmetingen*, die men uitvoert bij noordwester of zuidooster storm.

### Trillingsmetingen

Eén van de factoren die zou kunnen leiden tot het opleggen van beperkingen aan de bedrijfsvoering van de uitwateringssluizen, wordt gevormd door het optreden van trillingen in de schuiven bij het spuien of inlaten van water. Het water dat onder de schuif doorstroomt kan een in de tijd wisselend stroombeeld vertonen, met als gevolg dat er drukvariatiën optreden op de onderzijde van de schuif. De schuif zal dan gaan trillen met een bepaalde frequentie en amplitude. Naarmate de frequentie van de drukvariatie dichter komt te liggen bij de eigen frequentie van de elastisch opgehangen schuif, zal de amplitude

van de trilling groter worden. In bepaalde gevallen kunnen de kleine bewegingen van de schuif zelfs weer een versterking oproepen van de wisselingen in het stroombeeld. Door die teruggekoppelde trilling wordt de gezamenlijke beweging dan nog groter. Bij het modelonderzoek in de ontwerpfase van de sluizen zijn de trillingen vooral onderzocht bij kleine sluisopeningen. Overigens zijn de veerstijfheid van de hefwerken en de massa van de schuiven anders geworden dan destijds werd voorzien. In het model werden alleen trillingen – en dan nog van geringe amplitude – geconstateerd wanneer de schuiven 10 tot 20 cm geheven waren. In één geval constateerde men een belangrijke trilling in de schuif aan de rivierzijde, toen die 85 cm was geheven. Deze laatste trilling trad echter merkwaardigerwijs bij herhaald

Fig. 1. Voorbeeld van een registratie van drukken op de schuif; storm van 21 oktober 1973



onderzoek niet weer op.

In de werkelijkheid zijn tot nu toe maar bij vier verschillende gelegenheden trillingsmetingen aan de schuiven uitgevoerd. Het aantal gunstige mogelijkheden om zulke metingen te verrichten is namelijk in de laatste jaren vrij beperkt geweest door de geringe rivierafvoeren. Met name heeft men lang moeten wachten op omstandigheden die meting bij een tamelijk groot vloedverval mogelijk maakten. In verband met de kwaliteitsbeheersing van het water in het Haringvlietbekken was het namelijk lange tijd niet toelaatbaar, ook maar een geringe hoeveelheid zeewater op het bekken toe te laten. Trillingsmetingen zijn uitgevoerd bij de hierna te noemen gelegenheden. Allereerst op 4 tot 7 augustus 1970, tijdens de sluiting van het Rak van Scheelhoek. Alle schuiven stonden toen open. Alleen

zee- en rivierschuij 8 werden bewogen bij zowel eb- als vloedvervallen van 50 cm. Dan zijn er op 5, 6 en 7 december 1972, toen de afsluiting van het Haringvliet al voltooid was, metingen gedaan aan een rivier- en een zeeschuij, uitsluitend bij ebvervallen van ongeveer 1 m. Op 1 mei 1973 konden er bij vloedvervallen van 1 m metingen worden gedaan aan de rivier- en de zeeschuij. Tenslotte vond op 22 oktober 1973 een onvoorbereide meting plaats, in verband met een toen optredend groot ebverval. Door allerlei omstandigheden kon er echter pas gemeten worden toen het verval al tot 120 à 80 cm was afgenomen. Deze metingen werden uitsluitend verricht aan de rivierschuij. Bij elk van deze metingen werd de stand van de schuij telkens met 25 of minder cm veranderd; iedere meting werd een of meer



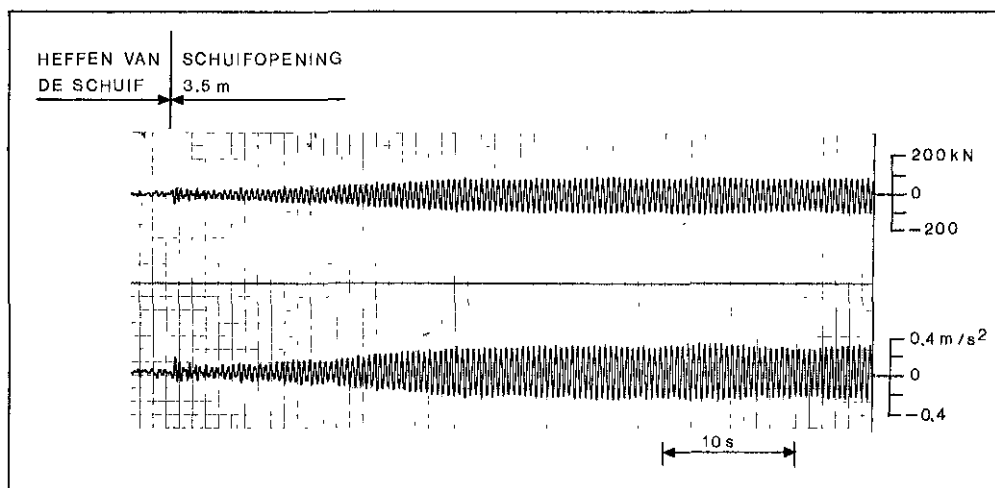


Fig. 2. Registratie van de kracht in een hefwerk (boven) en de tangentiële versnelling van de rivierschuif, nadat de schuifopening juist op 3,5 m is gebracht. Het ebverval bedraagt 1 m; storm van 22 oktober 1973

keren herhaald. Uit de waarnemingen bleek dat bijloedvervallen geen trillingen optraden. Bij ebvervallen werden in de schuif aan de zeezijde soms meetbare, maar kleine trillingen geconstateerd wanneer hij tussen de 2 en 3,5 m was geheven. De versnellingsamplitudes waren nooit groter dan  $0,05 \text{ m/s}^2$ . Tijdens de metingen van 1970 en 1972 vertoonde ook de schuif aan de rivierzijde bij ebverval en heffing tot 2 à 3,5 m soms duidelijk waarneembare trillingen. De amplitude liep daar op tot  $0,2 \text{ m/s}^2$ . De trillingsbeweging was daarbij meestal symmetrisch, dat wil zeggen dat de schuif horizontaal bleef en in zijn geheel, verend in zijn hefwerken, op en neer bewoog. De beweging had een frequentie van 2,3 Hz. Soms trad echter ook een zogenaamde keersymmetrische trillingsvorm op, met een frequentie van 3,5 Hz. Bij deze trilling bewoog het midden van de schuif niet, maar bewogen de beide uiteinden bij de hefwerken in tegenfase, dus steeds in tegenovergestelde richting, zodat er enigszins aan de schuif gewrongen werd.

Tijdens de korte meting van 22 oktober 1973 traden dezelfde verschijnselen op. Maar bovendien nam men nu, in een situatie waarbij al veel vaker was gemeten – een opening van 3,5 m en een verval van 1 m – onverwachte trillingen waar, met een versnellingsamplitude van  $0,35 \text{ m/s}^2$ , bijna twee maal zo groot als tot dan toe ooit was gemeten. De amplitude van de krachtsvariatie per hefwerk bedroeg daardoor ca. 100 kN, wat geen aanleiding geeft tot ongerustheid, maar wel tot nieuwsgierigheid naar dit grillige verschijnsel.

Afgezien hiervan zullen er nog trillingsmetingen worden uitgevoerd bij grote ebvervallen

van 1,5 m of meer. Daartoe moet echter op bijzondere weers- en getijomstandigheden worden gewacht.

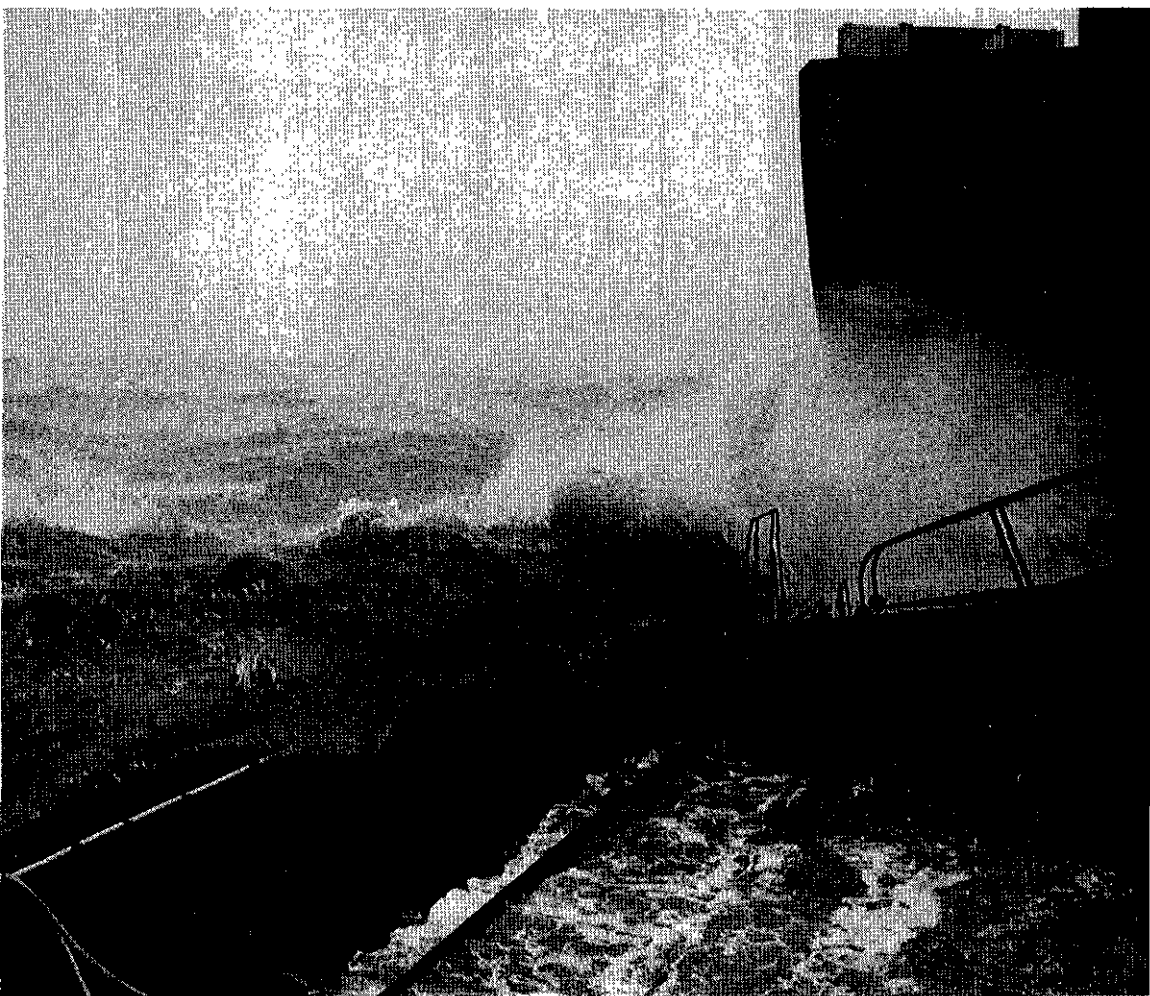
### Golfklapmetingen

Het ontwerp van de schuiven is voor het belangrijkste deel bepaald door de te verwachten golfaanval. De grootste belastingen zijn te verwachten van golfklappen. Een golfklap kan optreden wanneer het voorfront van een zeer stelle golf geheel of gedeeltelijk evenwijdig met de voorkant van een schuif op die schuif aankomt. Het water heeft dan als het ware een sterk verminderde ontsnapingsmogelijkheid in zijdelingse en opwaartse richting, waardoor in korte tijd een hoge druk wordt opgebouwd.

Plaatselijk loopt de druk daarbij in één honderdste tot een tiende seconde op tot hoge

waarden, om daarna bijna even snel weer af te nemen. De grootste drukken doen zich voor in de omgeving van de stilwaterlijn. Maar door het sterke toevalskarakter van het hier-voor beschreven mechanisme, komen ze nogal gespreid voor. De zwaarste klappen zullen in het algemeen optreden in perioden met hoge golven. De waterstanden zijn dan meestal ook hoog, niet alleen omdat dezelfde sterke wind die hoge golven opwekte ook opwaaiing zal veroorzaken, maar ook omdat golven uit zee bij lagere waterstanden de sluizen niet over het bankengebied in de Haringvlietmond heen kunnen bereiken. De zeer hoge golven die bij de bijbehorende hoge waterstanden optreden, zullen goeddeels over de zeeschuif heen lopen, maar toch voldoende afgevlakt worden om geen klappen meer te kunnen geven

op de rivierschuij. Bijgevolg krijgt de zeeschuif, zoals het hydraulisch onderzoek 15 jaar geleden al uitwees, alleen golfklappen te verduren bij niet zeer hoge waterstanden. De golven zijn dan echter klein en voornamelijk in de directe omgeving opgewekt; ook de golfklappen zijn dan maar van bescheiden grootte. Vooral de lokale windsnelheden zijn daarbij van belang. Verder is het optreden van golfklappen sterk gebonden aan de windrichting. De golffronten moeten loodrecht op de sluis aankomen om klappen te geven en de wind moet een voldoende grote strijklengte hebben om hoge golven te kunnen opwekken. Alleen in een zeer nauwe sector van het kompas – voor de zeeschuiven om het noordwesten, voor de rivierschuijven om het zuidoosten – kon de wind dus golfklappen veroorzaken.



Uit het voorgaande zal duidelijk zijn geworden dat de uitwateringssluizen slechts zelden aan belangrijke golfklappen worden onderworpen en dat ook de gelegenheden waarbij interessante meetresultaten verwacht mogen worden, schaars zijn. Van alle keren dat voor een meting werd uitgerukt, was de golfaanval maar in acht gevallen interessant genoeg om registraties te maken. Bij vier van die gelegenheden vielen dynamische klappen waarover we hier meer bijzonderheden willen geven. Bij de storm van 21 en 22 november 1971 was de windsterkte op zee 9 Beaufort, maar aan de kust duidelijk minder. De wind ruimde langzaam door het noordwesten. De significante golfhoogte op 1 km zeewaarts van de utiwateringssluizen varieerde afhankelijk van het getij tussen 1 en 1,5 m. Er werd 1 klap van 40 kN/m<sup>2</sup> gemeten en een aantal klappen van ongeveer 25 kN/m<sup>2</sup>. De zeer zware storm van 13 november 1972, die op het land zoveel schade veroorzaakte, heeft zich op het Haringvliet niet in volle hevigheid gemanifesteerd: de windkracht kwam daar niet hoger dan 9 Beaufort, waarbij het woei uit het NNW. De significante golfhoogte vóór de sluis bedroeg ongeveer 1,3 m. Er werden slechts een paar klappen van 22 kN/m<sup>2</sup> gemeten.

Gedurende de storm van 21 september 1973 was de windrichting gedurende korte tijd precies NW bij een windsterkte van 8 Beaufort. De significante golfhoogte bedroeg ongeveer 1 m. De zwaarste gemeten klap bij deze gelegenheid was er een van 35 kN/m<sup>2</sup>; één procent van alle tegen de zeeschuif aanlopende golven gaf een belasting van meer dan 15 kN/m<sup>2</sup>.

Op 21 oktober 1973 ruimde de wind, bij sterkte 8 Beaufort, van west naar noord. Er was een vrij aanzienlijke waterstandsverhoging, waardoor de gesloten zeeschuif geen klappen kreeg. Toen de zeeschuif over 1,5 m werd geheven, registreerde men één klap van 40 kN/m<sup>2</sup>; daarna kwamen nog een paar klappen van 20 tot 30 kN/m<sup>2</sup>. Tijdens de zeer zware storm van 2 april 1973 kwamen geen klappen voor. De windrichting was aanvankelijk vrijwel westelijk; de sterkte bedroeg 11 à 12 Beaufort. Tijdens het passeren van het front ruimde de wind zeer snel naar NW, terwijl de windkracht tegelijk en even snel afnam tot 7 Beaufort. Een dergelijk verloop werd overigens vaker geconstateerd.

Dit beperkte aantal interessante meetresultaten staat nog geen betrouwbare conclusies toe. De tot nu toe gemeten belastingen zijn in elk geval aanzienlijk lager dan die waarop de schuiven zijn berekend. De voorlopige

indruk bestaat dat het verloop van een klap in de tijd, zoals die destijds door het model werd voorgesteld, een goede overeenkomst vertoont met de werkelijkheid; de hoogte van de drukpiek lijkt in werkelijkheid wat lager te zijn dan het model aangaf.

*Tijdcorrelatiemetingen* hebben een statistisch doel: men wil er de algemene relatie mee bepalen tussen de omstandigheden op zee en de krachten in het kunstwerk. Met deze soort van metingen is pas eind 1972 goed begonnen. Dit was een gevolg van veelvuldig optredende storingen in de elektriciteitsvoorziening van de meetruimte. Met name de aldaar geïnstalleerde procescomputer, die continu een aantal meetkanalen bemonstert en registreert, toonde zich zeer gevoelig voor de aanvankelijk vaak optredende spanningswisselingen in de voeding. Deze moeilijkheden zijn nu overwonnen. Voor de interpretatie van deze lange-duur-metingen zijn trouwens ook waarnemingen nodig die zich uitstrekken over een reeks van jaren. Bijgevolg kunnen er op dit moment nog geen conclusies aan worden verbonden.

Voor de *permanente bewakingsmetingen*, die ertoe dienen, de belasting op het hefwerk voortdurend te volgen, zodat overbelasting voorkomen kan worden, is in de registratie- en bedieningszaal van het centraal bedieningsgebouw een verklikker geïnstalleerd van de kracht die op elk moment optreedt in een van de hefwerken van zeeschuif 8. Door deze verklikker wordt het sluispersoneel gewaarschuwd wanneer, door welke omstandigheden dan ook, de toelaatbare belasting van dat hefwerk dreigt overschreden te worden, zodat tijdig maatregelen kunnen worden genomen. Zo'n geval heeft zich echter nog niet voorgedaan.

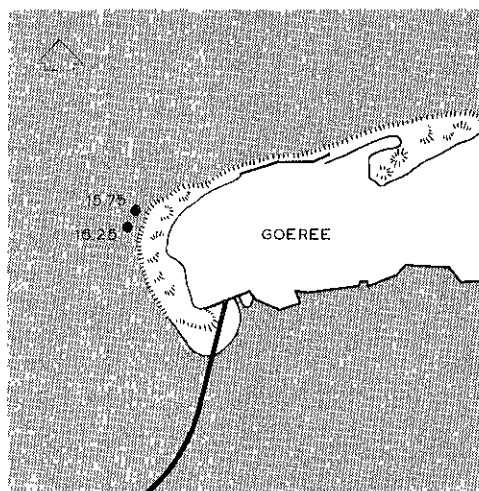
Uit de tot nu toe uitgevoerde metingen kunnen nog geen verstrekkende conclusies getrokken worden; wel lijkt het veilig te veronderstellen dat er voorshands geen reden is om beperkingen op te leggen aan het sluisbedrijf. Tot het nemen van maatregelen bij zeer uitzonderlijke omstandigheden zal steeds tijdig geadviseerd kunnen worden, omdat de meetapparatuur bij zulke omstandigheden volledig is ingeschakeld en de registraties voortdurend bewaakt worden. De metingen worden in opdracht van de Rijkswaterstaat uitgevoerd door personeel van het Waterloopkundig Laboratorium, waar ook de meetresultaten worden verwerkt.

## Versterking van de zeereep in het Westhoofd van Goeree en zandsuppletie op het strand daarlangs

De beide in de periode 1969–1971 uitgevoerde zandsuppleties op het Westhoofd van Goeree, waaraan in Bericht 65 van augustus 1973 een artikel werd gewijd, hebben uiteraard slechts een tijdelijk effect gehad. Er kon niet worden verwacht dat daarmee aan de aantasting van de kust in dit gebied een eind zou zijn gekomen.

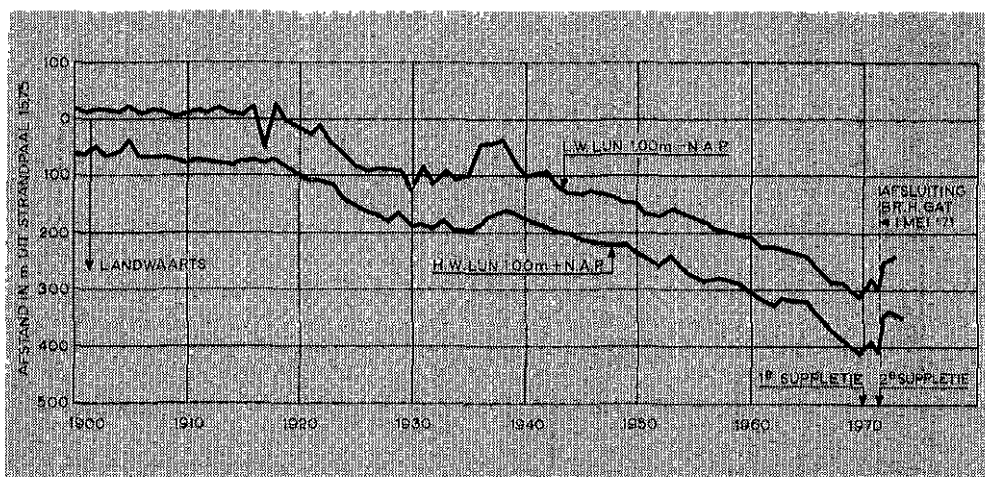
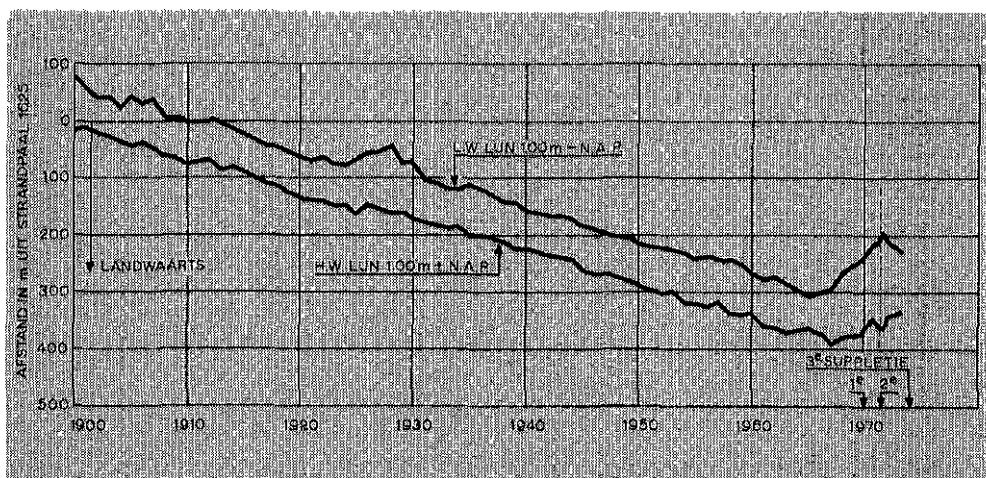
De kunstmatige aanvulling met zand is dan ook inmiddels voortgezet met een derde suppletie, die is aangevangen in oktober van het vorig jaar. Alvorens nader op de uitvoering van dat werk in te gaan zullen we eerst een samenvatting geven van de resultaten van de vorige suppleties. Vooraf moet echter worden opgemerkt dat de ervaringen die daarmee zijn opgedaan gedeeltelijk vallen in de periode die voorafging aan de sluiting van het Brouwershavense Gat, en waarin derhalve nog een kustregime heerste, praktisch gelijk aan dat van vóór de uitvoering der Deltawerken; pas na de sluiting van de stroomgeulen, in mei 1971, trad de nieuwe situatie in, die representatief kan worden geacht voor de toestand na de voltooiing van het Deltaplan. De afsluiting van de Oosterschelde zal namelijk op de stromingen bij de Kop van Goeree geen merkbare invloed meer uitoefenen.

Van de in 1969–1970 toegevoegde hoeveelheid zand van 400 000 m<sup>3</sup> was na afloop van de werkzaamheden nog ongeveer de helft in het aangevallen kustgedeelte aanwezig. Het totale verlies tussen november 1969 en juni 1970 komt in orde van grootte overeen met het normale jaarlijkse verlies, dat varieert van gemiddeld 200 000 m<sup>3</sup> tot maximaal ongeveer 450 000 m<sup>3</sup> zand. Tijdens de tweede suppletie, in 1971, toen 610 000 m<sup>3</sup> zand aan



de kust werd toegevoegd, is het verlies slechts 25% geweest. Na deze suppletie is in ongeveer een half jaar tijd, tot 1 maart 1972, nog eens 8% van het materiaal verloren gegaan, hetgeen ongeveer overeenkomt met een hoeveelheid van 50 000 m<sup>3</sup>. Na voornoemde datum resteerde nog ruim 400 000 m<sup>3</sup> zand; de teruggang van de kunstmatig verkregen nieuwe duinvoet was aanvankelijk geringer, maar nam later snel toe.

Half april 1973 resteerde nog ca. 50 à 100 000 m<sup>3</sup>. Fig. 1 toont het verloop van de hoog- en laag waterlijn in de raaien 15<sup>75</sup> en 16<sup>25</sup> in de loop van de tijd. Uit de metingen kan worden afgeleid dat de erosie sinds de afsluiting van het Brouwershavense Gat niet veel groter is geweest dan daarvoor. Het tijdsverloop van twee jaar is echter nog te kort om te kunnen stellen dat de verwachte



toeneming van de erosie in het geheel niet zal optreden.

De derde suppletie, die nu gaande is, vindt plaats over een lengte van 3 km langs de kust, tussen de strandpalen 14<sup>50</sup> en 17<sup>50</sup>.

Naast de op het strand gestorte hoeveelheid zand wordt langs de bestaande of verzwaarde duinen een stort aangebracht met een hoogte van tenminste N.A.P. + 6 m en een breedte variërend van 10 tot 60 m. De totale hoeveelheid hiervoor te verwerken zand bedraagt ongeveer 1 500 000 m<sup>3</sup>. Aangezien deze zandsuppletie alleen niet volstaat om de veiligheid van de hoogwaterkering te garanderen volgens de bij de Deltawerken gehanteerde norm, wordt tevens de bestaande duinregel verzwaard en verhoogd. De duinregel, eigenlijk een soort zanddijk, heeft nu een kruinhoogte van N.A.P. + 6 m en een

Fig. 1. Verloop van de H.W.- en L.W.-lijnen in de raaien 16.25 (boven) en 15.75 in de loop van een aantal jaren

Fig. 2. Voor de suppletie aangewezen zandwinplaatsen in het Grevelingenmeer

Fig. 3. Profiel van de ontworpen duinverzwaring

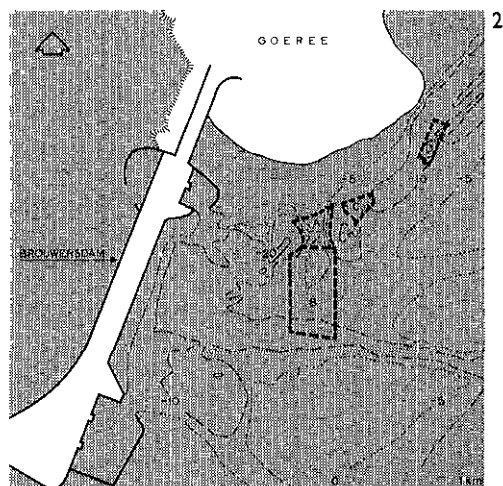
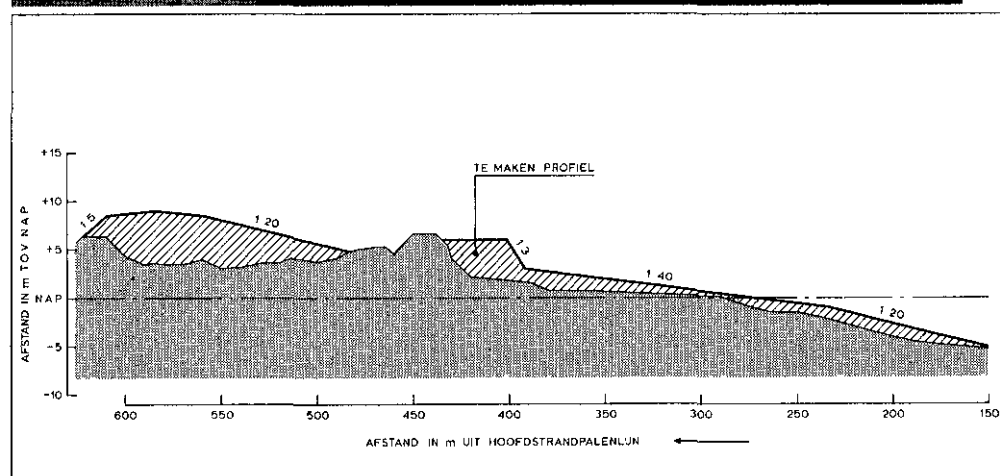


Foto: De zeereep aan de kop van Goeree





De natuurlijke duinregel moest plaatselijk worden doorgraven om water van de kunstmatige duinregel erachter naar zee te kunnen lozen

breedte van 15 m. Deze afmetingen zullen worden gebracht op N.A.P. + 8,50 m en 50 m. De voor deze versterking benodigde hoeveelheid zand is ongeveer 800 000 m<sup>3</sup>. De totale hoeveelheid te verwerken materiaal komt daarmee op 3 000 000 m<sup>3</sup>, waarin een geschat verlies van 20 à 25% is verdisconteerd.

Uiterlijk 12 april 1974 moet het werk opgeleverd worden en de gesuppleerde hoeveelheid van 1 500 000 m<sup>3</sup> zand wordt dan voldoende geacht om de voortgaande kusterosie tot minstens medio 1975 op te vangen. Om deze grote hoeveelheid zand in dit relatief korte tijdsbestek te spuiten is de

pasgebouwde bodemzuiger Sliedrecht 27 ingezet; dit vaartuig heeft een maximale zuigdiepte van 60 m. Het totaal geïnstalleerde vermogen bedraagt 10 000 pk, waarvan de perspompen 8000 pk voor hun rekening nemen.

Het zand wordt, evenals in voorgaande jaren, uit het Grevelingenbekken gezogen. Mede met het oog op de waterbeheersing in dit bekken worden hiervoor bepaalde plaatsen aangegeven (zie fig. 2). Uitgangspunt bij de keuze was dat de zandwinning op zodanige plaatsen dient te geschieden dat bestaande geulen en zandwinputten met elkaar in verbinding worden gebracht. Voorkomen diende te worden, dat opnieuw geïsoleerde putten zouden ontstaan. Verbindt men de putten en geulen onderling, dan werkt de zandwinning in gunstige zin op de circulatiestromen die door de wind op gang worden gebracht. Een gelijkmatige verdieping tot een niveau van N.A.P. - 15 m is in dit geval gewenst. Het opgezogen zand wordt via een 900 m lange drijvende leiding en een 350 m lange zinker naar de wal geperst, vanwaar het zand via een 2,5 tot 5,5 km lange walleiding in het werk wordt gespoten. Vanwege het grote geïnstalleerde vermogen van de zuiger kan het zand zonder tussenstation naar het werk worden geperst.

In de beginperiode van de suppletie zijn grotere verliespercentages opgetreden dan was verwacht. Uit de zuigputten kwam veel organisch materiaal omhoog, hetgeen de verliezen deed toenemen. Omdat slib gemakkelijker dan zand door de stroom wordt meegevoerd zullen hoge slibgehalten de verliespercentages groter maken en dus ook de kosten verhogen. Een nadelige bijkomstigheid was nog, dat het aan de kop van het eiland Goeree verloren gegane slib niet ten goede is gekomen aan de aangrenzende kustgedeelten.

Op grond van de tot nu toe opgedane ervaringen en van de ervaringen in de komende jaren zal de omvang van de maatregelen die nodig zijn ter bescherming van het Westhoofd van Goeree, in de toekomst nauwkeuriger kunnen worden voorspeld dan voorheen.

Naast suppletie worden voor het tegengaan van de kustaantasting ook alternatieve oplossingen in beschouwing genomen, zoals het afsluiten van het Schaar.

Uit regelmatig uitgevoerde pellingen en stroommetingen blijkt dat de Krammerplaat en de Plaat van Oude Tonge, gelegen aan weerszijden van de zogenaamde Afgesloten Krammer, sterk worden aangevallen door de ebstroom.

## Bescherming van de Plaat van Oude Tonge

Tussen 1958 en 1973 is de richting van de afgesloten Krammer aanzienlijk veranderd. Liep de geul voorheen van noord naar zuid, thans loopt de lengteas in de richting noordoost-zuidwest. Tengevolge van de ebstroom door de Krammer en de Afgesloten Krammer nemen de zuidelijke rand van de Krammerplaat en de Zuidoostpunt van de Plaat van Oude Tonge sterk af. De dieptellijn van N.A.P.-2,50 m is bij de zuidoostelijke punt van de Plaat van Oude Tonge sinds 1958 900 m teruggelopen, de geul heeft er zich verdiept van 8 tot 21 m, en de oevers, die vroeger een helling vertoonden van 1:22, staan nu onder een hoek van 1:3,5. Na de afsluiting van het Volkerak, in april 1969, is de teruggang van de Krammerplaat zeer gering geweest tot oktober 1970.

Eind 1969 is men maatregelen gaan nemen om verdere teruggang van de Plaat van Oude Tonge zoveel mogelijk tegen te gaan. De aanwezige strekdam werd verzwakt en aan de kop ervan werd een bezinkings- en bestortingsveld aangebracht. De beschermende werking van deze maatregelen bleek slechts van tijdelijke aard te zijn, want na oktober 1970 is de aantasting van zowel de Krammerplaat als de Plaat van Oude Tonge weer sterk toegenomen.

Tussen juni en november 1971 trad in dit gebied een grote oeverval op, waardoor de geul plaatselijk verondiepte van 17 tot 12 m beneden N.A.P. In februari 1972 mat men in dezelfde meetraai echter alweer een diepte van N.A.P. -20 m. Tussen februari en oktober 1972 deed zich een nieuwe oeverval voor, die de geul verondiepte tot N.A.P. -17 m. In juli 1973 werd geconstateerd dat de geul alweer was uitgeschuurd tot N.A.P.-21,5 m, terwijl de oeverhellingen sterker waren dan daar

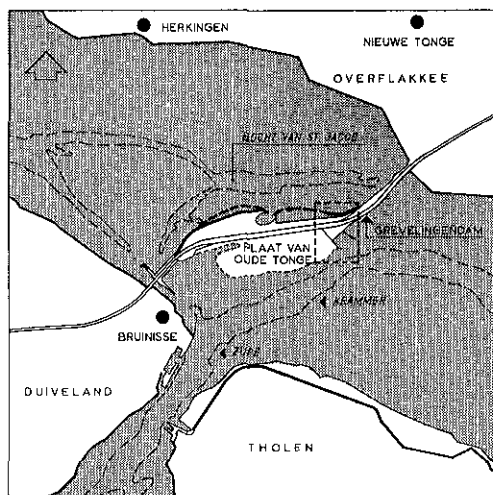


Fig. 1. Ligging van de Plaat van Oude Tonge; binnen het aangegeven vakje worden de maatregelen ter bescherming van de Plaat uitgevoerd

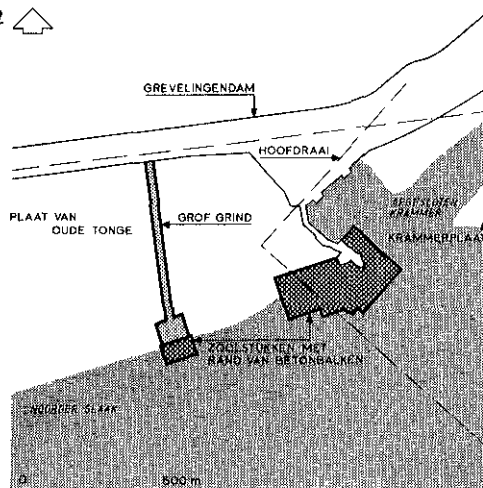
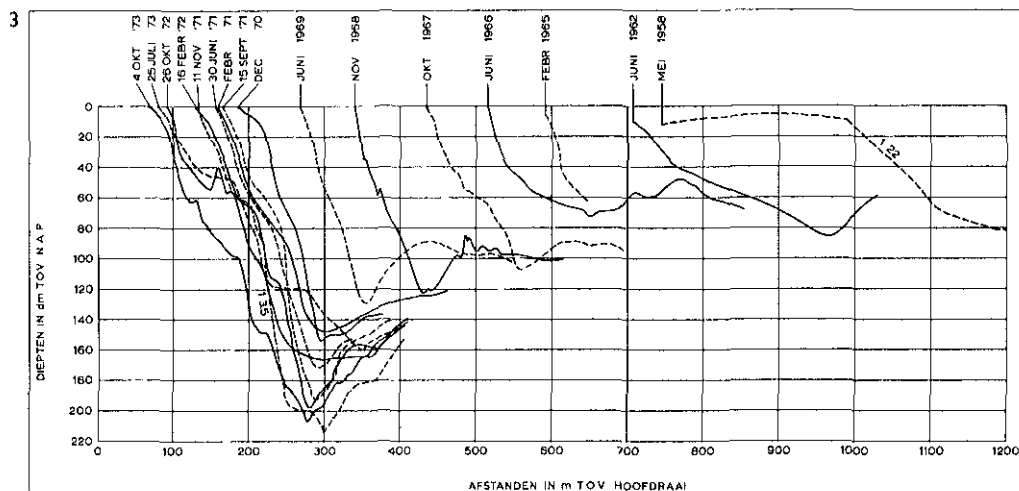


Fig. 3. Ontwikkeling van de zuidoostelijke rand van de Plaats van Oude Tonge in de jaren 1958-1973; de peilingen werden uitgevoerd in een raai dwars op de hoofdraai



oort tevoren was gemeten, namelijk gemiddeld 1:3,5 met maximale waarden 1:2,5.

Deze ontwikkeling, waarbij het erosieproces zich niet eenvoudig herhaalde, maar telkens omvangrijker werd, maakte het gewenst zo snel mogelijk maatregelen te nemen om verdere aantasting van met name de Plaats van Oude Tonge tegen te gaan. De verdediging van deze plaats is van belang enerzijds in verband met de veiligheid van de Grevelingendam in de periode tot de afsluiting van de Oosterschelde, anderzijds met het oog op de belangrijke recreatieve functie die de plaats zou kunnen vervullen na de afsluiting van de Oosterschelde.

De maatregelen die hiertoe noodzakelijk worden geacht, zijn aangegeven in figuur 2. In hoofdzaak zijn ze bedoeld om de sterk aan-

gevallen zuidoostpunt van de Plaats van Oude Tonge te verdedigen. In de omgeving van de bestaande strekdam zullen diepe geulgedeelten die onder een steil talud staan met mijnsteen worden opgevuld; daaroverheen wordt vervolgens een bezinking gelegd met een oppervlak van 70 000 m<sup>2</sup>.

De kop van de strekdam wordt onder een talud van 1:5 tot aan de bezinking doorgezet; de strekdam zelf wordt geherprofileerd. Ongeveer 600 m meer naar het westen wordt over de Plaats van Oude Tonge een grinddam aangelegd van 500 m lang, waarvan de kop wordt verzwaard door middel van een bestorting en een bezinking.

Deze werkzaamheden zijn op 30 oktober 1973 aanbesteed.

In de mond van de Oosterschelde kwamen in het tracé van de afsluiting aanvankelijk vier verschillende stroomgeulen voor, door zandplaten van elkaar geschieden. Een van deze vier, de Geul, tussen de werkelanden Neeltje Jans en Noordland is volgens het operationele plan van afsluiting in 1972 reeds geblokkeerd. Deze deelsluiting werd gerealiseerd door de stroomgeul vol te spuiten met zand. Er kwamen dus geen betonblokken of caissons aan te pas.

## De zandsluiting van de Geul in de Oosterschelde

De Geul is met zand gesloten omdat berekeningen uitwezen dat dit niet slechts technisch zeer wel mogelijk, maar ook het goedkoopste was. Om dit laatste te kunnen vaststellen moest onder meer een benaderende schatting worden gemaakt van de te verwachten zandverliezen. Nu was dit niet de eerste keer dat een stroomgeul met zand werd gedicht. In het Brielse Gat is dit twee keer gebeurd, een deel van de Lauwerszeedijk is zo tot stand gekomen, en ook de sluiting van het Noord-Pampus als onderdeel van de Haringvlietsluiting en van het Springersdiep in de Brouwersdam is met zandsputten verwerkt.

Een samenvattend artikel over deze materie verscheen in Bericht 62 (november 1972). Een bij de Rijkswaterstaat ontwikkelde methode om de zandverliezen te voorspellen was al enkele malen aan de praktijk getoetst. Bij de zandsluiting van de Geul heeft men daar zijn voordeel mee gedaan, en tegelijkertijd de rekenmethode opnieuw verijnd en getoetst. De gebruikte methode berust op de berekening van het zwevende zandtransport. Dat alleen het zwevende zandtransport in aanmerking wordt genomen heeft daar mee te maken dat bij alle gerealiseerde zandsluitingen alleen fijn zand is gebruikt, met een diameter van minder dan 250 micron. Het bodemtransport kan in dat geval verwaarloosd worden. Wordt grovere specie, met een diameter van meer dan 300 micron gebruikt, dan telt het bodemtransport wel mee.

Voor de berekening van het zwevende transport bestaan allang formules. Ze gelden echter voor stationaire stromen en onder evenwichtsvoorwaarden, dat wil zeggen dat er geen erosie of sedimentatie optreedt. Aan

geen van beide voorwaarden wordt bij een sluiting in een getijdengebied voldaan. De stromen veranderen gedurende het getij van snelheid en richting, en in het gebied van het sluitgat treden zowel erosie als sedimentatie op, vanwege de versnellingen en vertragingen die de waterstroom in het gebied van het sluitgat ondergaat. Het is echter gelukt de formule voor stationaire stromen en evenwichtstoestanden middels bepaalde schematiseringen ook toepasbaar te maken op de omstandigheden in een getijdengebied. Een sluitgat kan worden verdeeld in twee gebieden: het gebied van het stort en de rest van het sluitgat. In beide gebieden wordt de zandtransportcapaciteit, dat is de transportcapaciteit die onder evenwichtstoestand optreedt, groter onder invloed van de toename van de snelheid van de waterbeweging. Dat betekent dat er erosie van de bodem optreedt. Er is echter een zekere afstand nodig om een bepaalde opgewerkte hoeveelheid zand gelijkmatig over de verticaal te verdeden. Doorgaans is die afstand langer dan de breedte van het sluitgat. Daarom wordt uit het sluitgat minder zand geërodeerd dan de zandtransportcapaciteit aangeeft.

De evenredigheidsfactor kan worden bepaald door de in een sluitgat opgetreden erosie te vergelijken met de berekende zandtransportcapaciteit. Deze verhouding bleek te liggen tussen 0,05 en 0,6 met een gemiddelde waarde van 0,1. Tot nu toe werd altijd gerekend met een verhoudingsfactor 0,25.

Op het stort krijgen we een geheel andere toestand. Hier wordt zeer veel zand in suspensie aangevoerd vanuit de perspijpen zodat de hoeveelheid zand in het water veel groter is dan de zandtransportcapaciteit. Er is

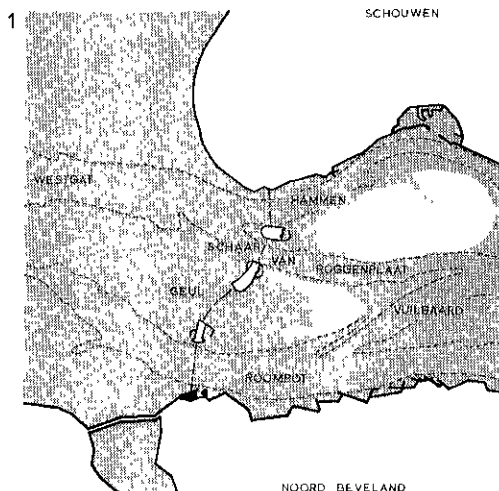


Fig 1 Situatie van de geulen in de mond van de Oosterschelde

enige tijd nodig om zoveel zand naar de bodem te laten zakken, dat in de verticaal een evenwichtige concentratieverdeling wordt bereikt. Een deel van het gespoten zand blijft in suspensie, wordt door het sluitgat heen meegevoerd, en komt buiten het tracé van de afsluitdam terecht. Dit zand is men kwijt. Bij de berekeningen wordt dit verlies gesteld op tweemaal de zandtransportcapaciteit.

Om het zandverlies te kunnen berekenen verdeelt men nu het lengteprofiel van het sluitgat in een aantal segmenten met ongeveer gelijke bodemdiepte en stroomsnelheid. Voor elk van deze segmenten wordt de zandtransportcapaciteit over het getij berekend. Het zandverlies in kubieke meters per getij wordt dan bepaald door de zandtransportcapaciteit voor het stort met een factor 2 te vermenigvuldigen en die voor het overige deel van het profiel met 0,25. Deze procedure wordt voor de verschillende stadia van de afsluiting herhaald.

Nu hangt het van de zuigerproductie op het werk af, hoe snel de verschillende stadia worden bereikt. Aangezien het zandverlies wordt uitgedrukt in kubieke meters per getij, behoeft het verder geen betoog dat hoe hoger de zuigerproductie is, des te sneller de sluiting dus opschiet, hoe kleiner het zandverlies zal zijn.

Met de bovenbeschreven rekenwijze wordt overigens het *bruto*-zandverlies bepaald, al dat zand dus, dat van het stort en van de bodem van het sluitgat wegstroomt. Een deel echter van het zand dat uit het sluitgat wordt weggevoerd, slaat terzijde van de beteuglingsdam, maar nog binnen de teenlijnen van de definitieve dam neer. Dit zand kan in het

totale werk niet als verloren worden beschouwd. Daarom voeren we nu een term *netto*-verlies in, dat is het verschil tussen de zuigerproductie en de sedimentatie tussen de teenlijnen van de definitieve dam

### De voorspelde bruto-zandverliezen

De zandverliezen hangen behalve van de zuigerproductie ook af van de werkwijze die men bij de sluiting toepast. Voor de afsluiting van de Geul waren 5 werkwijzen denkbaar; sluiting van noord naar zuid, al of niet voorafgegaan door de uitbouw van een damvak over de plaat bij Noordland; sluiting van zuid naar noord; sluiting van noord naar zuid voorafgegaan door zandklappen tot N.A.P.

— 4 m en aanleg van twee damaanzetten, een aan elke zijde van het sluitgat; en tenslotte sluiting met twee storten, een aan de noord- en een aan de zuidzijde.

Het laatste alternatief is niet onderzocht, aangezien bekend was dat de bruto-zandverliezen bij twee storten altijd hoger zijn dan bij één stort. Bovendien moet de eigenlijke sluiting dan plaatsvinden in het diepste gedeelte van de geul, waar over een langere periode hoge stroomsnelheden mogelijk blijven. Ook de voorafgaande uitbouw van een damvak over de plaat bij Noordland bleef ononderzocht. De resterende drie hoofdvarianten werden onderzocht aan de hand van een aantal proefnemingen in het Oosterschelde-model in het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst.

De verdeling van de stroomsnelheid over het sluitgat werd voor iedere fase van de afsluiting vastgesteld. Het ging daarbij vooral om de stroomsnelheden aan de oppervlakte, omdat in het model de waterdiepte in grote

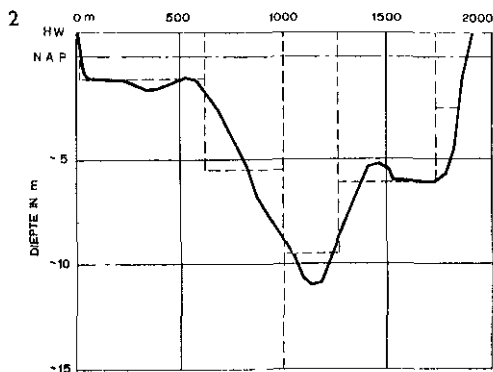


Fig. 2. Vertrokken schematisering van het sluitgat 'Geul'

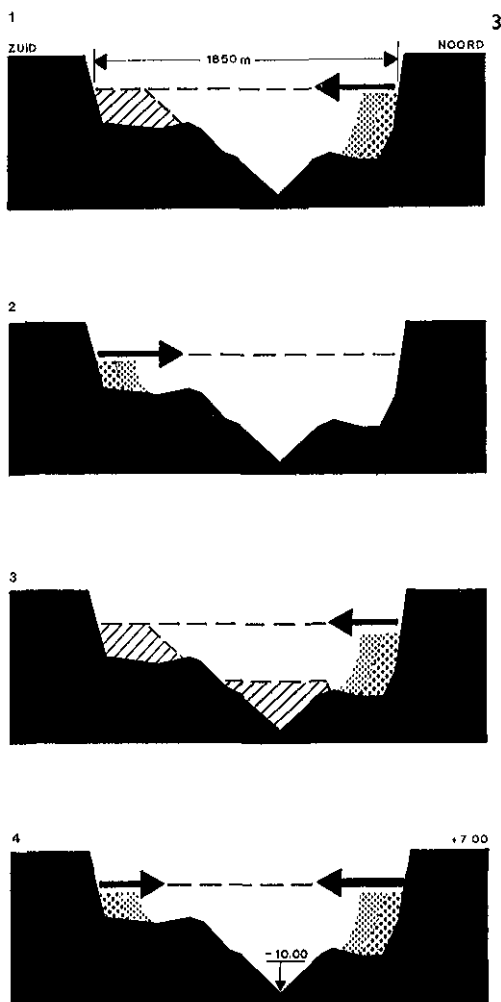
delen van de Geul te gering was om snelheidsverticalen te kunnen opzetten. Uitgaande van de aldus verkregen gegevens werden voor elk der drie hoofdvarianten de bruto-zandverliezen per fase van de afsluiting in kubieke meters per getij bepaald.

Om het totale zandverlies over de gehele sluiting te kunnen berekenen zijn daarnaast nog twee gegevens nodig. Ten eerste moet het profiel van de sluitkade bekend zijn. De afmetingen van de sluitkade maakt men in het belang van de werksnelheid natuurlijk zo klein als technisch maar verantwoord is. De zandinhoud van de sluitkade door de Geul bedoeg 3,3 miljoen  $m^3$ . Ten tweede dient men de zuigerproduktie te kennen. Bij de Geul is na oriënterende berekeningen een zuigerproduktie aangenomen van 500 000  $m^3$  per week ofwel ongeveer 30 000  $m^3$  per getij. Voor het opstorten van de drempel werd op een produktie van 200 000  $m^3$  per week of 14 000  $m^3$  per getij gerekend. Op basis van deze gegevens werden de zandverliezen berekend als weergegeven in tabel 1.

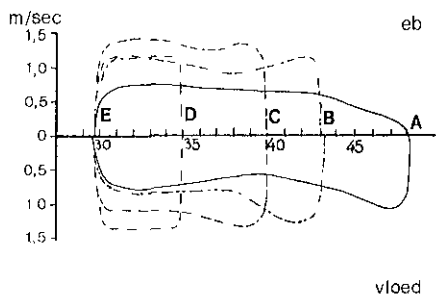
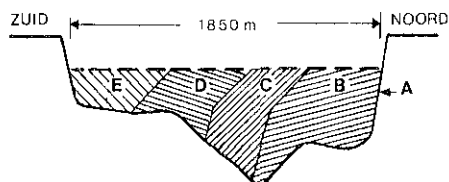
Tabel 1. Berekende zandverliezen in de Geul voor verschillende sluitingswijzen.

|                                                          | Voorspeld<br>zandverlies<br>milj. $m^3$ | Duur<br>sluiting in<br>aantal<br>getijden |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Sluiting van N naar Z                                    | 0,98                                    | 118                                       |
| Sluiting van Z naar N                                    | 1,36                                    | 126                                       |
| Sluiting opklappen<br>en daarna<br>sluiting van N naar Z | 2,72                                    | 172                                       |

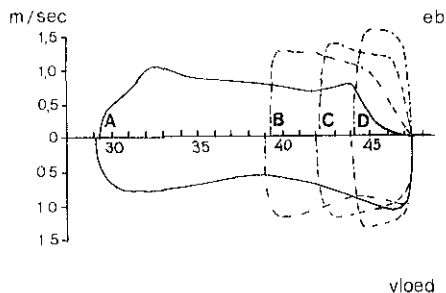
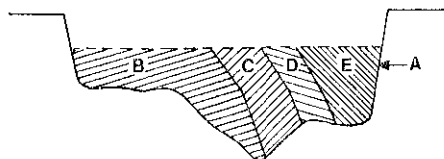
Fig. 3. De mogelijke sluitingsvarianten



## VARIANT 1



## VARIANT 2



## VARIANT 3

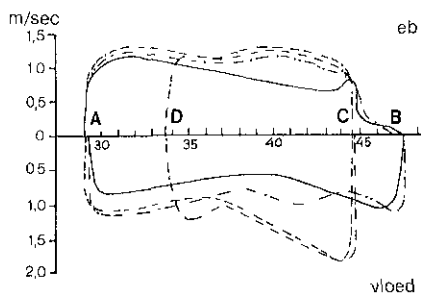
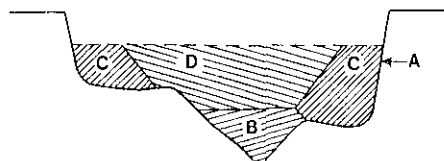


Fig. 4. Maximale eb- en vloed-snelheden bij de verschillende sluitingsvarianten

Fig. 5. Verloop van produktie en verlies gedurende de zand-sluiting

Fig. 6. Relatie tussen oppervlakesnelheden en gemiddelde snelheden in het sluitgat en de daaruit afgeleide reductiefactor

Uit de tabel blijkt dat sluiting van noord naar zuid de voorkeur verdient. De voorspelling van de bruto-zandverliezen bleek later aan de pessimistische kant geweest te zijn, toen volgens dezelfde methode een naberekening werd uitgevoerd, maar nu met de gemeten waarden voor de stroomsnelheidsgegevens, en in plaats van oppervlakesnelheden gemiddelde snelheden over de verticaal. De uitkomst van die berekening kwam neer op een totaal zandverlies van 0,28 m<sup>3</sup>. De sluiting werd voltrokken tussen 1 juni en 1 juli 1972. Het in werkelijkheid optredend zandverlies tijdens de sluiting werd vastgesteld door het verschil te bepalen tussen de totale produktie berekend uit de winputten, en de inhoud van de tot stand gekomen sluitkade. De produktie bedroeg 3,9 miljoen m<sup>3</sup>, en de inhoud van de sluitkade 3,29 miljoen m<sup>3</sup>. Bruto-zandverlies dus ongeveer 0,6 miljoen m<sup>3</sup>, dat is 15% van de produktie. Netto trad een verlies op van ongeveer 0,05 miljoen m<sup>3</sup>.

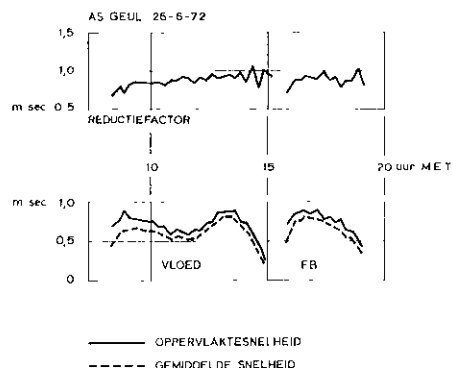
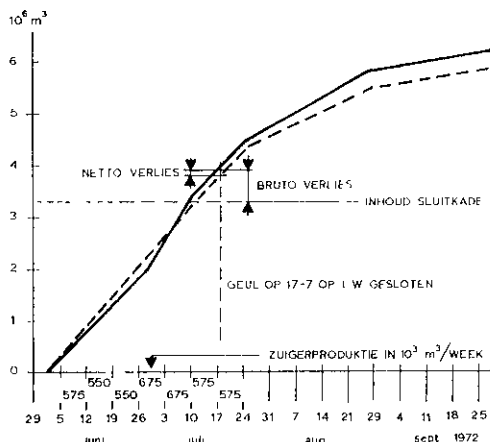
## Vergelijking

Tabel 2 vat de resultaten nog eens samen:

Tabel 2. Voorspelde en opgetreden zandverliezen in milj. m<sup>3</sup>

|                                          |             |
|------------------------------------------|-------------|
| Voorspeld bruto-zandverlies              | 0,98        |
| Gecorrigeerd voorspeld bruto-zandverlies | 0,63        |
| Opgetreden bruto-zandverlies             | 0,60 ± 0,10 |
| Naberekend bruto-zandverlies             | 0,28        |
| Opgetreden netto-zandverlies             | 0,05 ± 0,10 |

--- INHOUD ZANDDAM BINNEN T.E.F.N.L.U.N. DE FINITIEVE DAM  
— ZUIGERPRODUKTIE JIJT KUBERING ZANDWINGEBIEDEN



vergelijken we het voorspelde en het opgetreden bruto-zandverlies, dan blijkt dat de hier uiteengezette rekenmethode leidt tot een vrij nauwkeurige schatting van de te verwachten zandverliezen, mede gezien in het licht van de totale produktie van ca. 4 miljoen m<sup>3</sup>. De verkregen schatting is nauwkeurig genoeg om er in de praktijk economische beslissingen op te kunnen baseren inzake de te volgen afsluitingsmethode. Dat het netto-zandverlies zo gering is moet vermoedelijk worden toegeschreven aan het optredende stroombeeld terzijde van de dam, waardoor veel zand tot afzetting kon komen binnen de teenlijn van de definitieve dam. Achteraf kunnen er wel een paar redenen genoemd worden, waarom de aanvankelijke berekening van de zandverliezen zo pessimistisch uitviel.

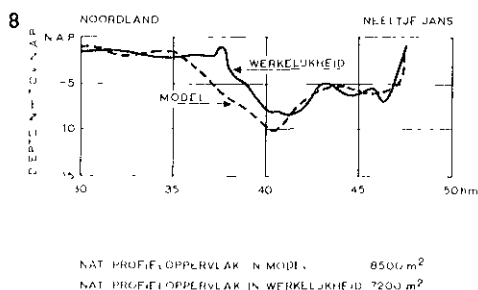
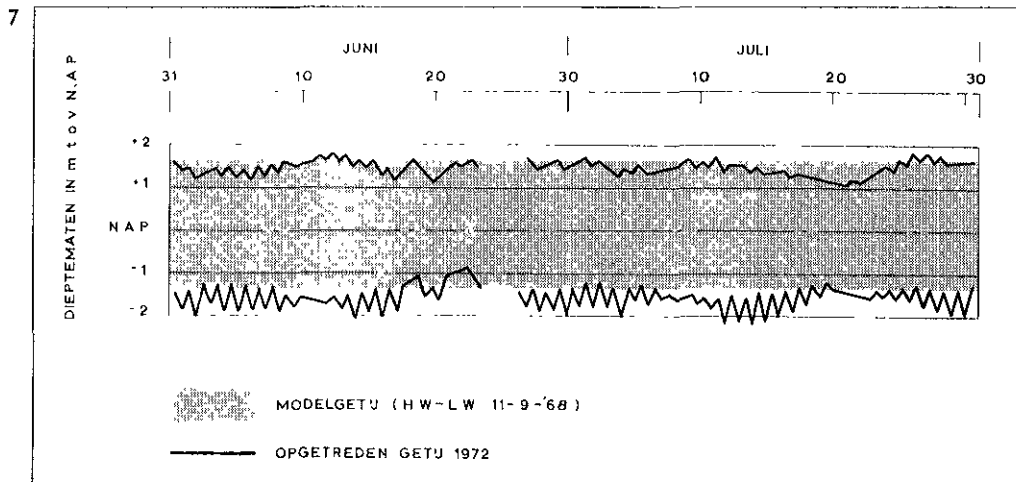


Fig. 7. Verschil tussen het modelgetij, gebaseerd op een meting in 1968, en het in 1972 werkelijk opgetreden verticale getij

Fig. 8. Verschil tussen het natte profieloppervlak van model en werkelijkheid

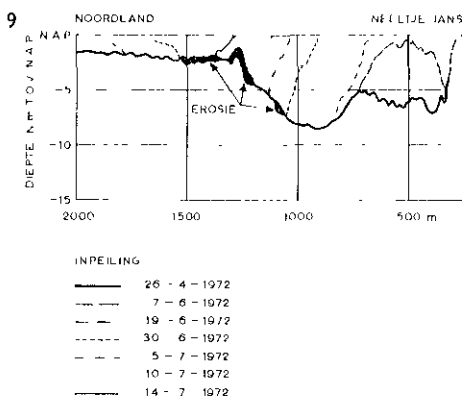


Fig. 9. De ontwikkeling van het sluitgat tijdens en onmiddellijk na de afsluiting

De schematisering der snelheden in het model leidde er in de praktijk toe dat de oppervlakesnelheden werden aangehouden, waardoor in de formule, die eigenlijk werkt met gemiddelde snelheden over de verticaal, te hoge waarden werden ingevoerd. Om de orde van grootte in tweede instantie toch nog juist in te schatten is tijdens de sluiting de algemene betrekking tussen gemiddelde snelheden en oppervlakesnelheden vastgesteld. De reductiefactor die daaruit volgde is vervolgens ook in het model ingevoerd. Daarna werden de zandverliezen opnieuw voorspeld. Het model blijkt bovendien in verhouding tot de werkelijkheid een hoger H.W., maar een minder laag L.W. te reproduceren; zulks tengevolge van het enigszins afwijkend karakter van de meetgegevens waaraan het is geijkt. Dit heeft ongetwijfeld gevolgen voor het

Tabel 3. Gegevens van een aantal zandsluitingen

|                                                                |                                | Brielse<br>Gat<br><i>primaire</i><br>dam | Brielse<br>Gat<br><i>secun-</i><br><i>daire</i> dam | Lauwers-<br>zee<br>Zuidwal | Noord-<br>Pampus | Sprin-<br>gersdiep | Geul O.-<br>Schelde |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Gemiddelde getij-amplitude                                     | m                              | 2,2                                      | 2,2                                                 | 2,6                        | 1,85             | 2,60               | 3,1                 |
| Lengte van het sluitgat                                        | m                              | 1820                                     | 1720                                                | 3351                       | 400              | 1000               | 1850                |
| Oppervlak van het sluitgat                                     | m <sup>2</sup>                 | 1120                                     | 390                                                 | 4280                       | 2430             | 4280               | 7200                |
| Inhoud van de afsluitdam                                       | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 1,19                                     | 0,22                                                | 1,04                       | 0,75             | 1,62               | 3,29                |
| Inhoud van de<br>voltooide dam                                 | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 3,28                                     | 0,23                                                | 1,24                       | 1,10             | 3,34               | 5,80                |
| Totale zuigerproductie<br>tijdens de sluiting                  | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 1,72                                     | 0,27                                                | 1,56                       | 0,97             | 1,87               | 3,90                |
| Totale zuigerproductie<br>voor het gehele werk                 | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 3,10                                     | 0,28                                                | 1,75                       | 1,50             | 3,60               | 6,00                |
| Totaal waargenomen zand-<br>verlies tijdens sluiting           | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | 0,53                                     | 0,06                                                | 0,52                       | 0,22             | 0,25               | 0,05                |
| Totaal waargenomen zand-<br>verlies tijdens het gehele<br>werk | 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> | + 0,18 <sup>1</sup>                      | 0,05                                                | 0,51                       | 0,40             | 0,26               | 0,20                |
| Voor de sluiting benodigde<br>tijd                             | dagen                          | 63                                       | 36                                                  | 70                         | 37               | 66                 | 25                  |
| Maximum aantal zuigers                                         |                                | 2                                        | 1                                                   | 3                          | 2                | 3                  | 3                   |
| Maximum zuigerproductie<br>per getij                           | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 20                                       | 10,5                                                | 16                         | 25               | 25                 | 25                  |
| Maximum voorspeld zand-<br>verlies per getij                   | 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> | 12                                       | 6                                                   | 1,48                       | 6                | 7,8                | 13,0                |
| Aantal zandstorten                                             |                                | 2                                        | 1                                                   | 2                          | 1                | 1                  | 1                   |
| Gemiddelde korreldiameter<br>van het zand                      | micron                         | —                                        | —                                                   | 130                        | 135              | 200                | 150                 |

<sup>1</sup> aanzanding

stroombeeld en de snelheden; het effect daarvan op de voorspelling van het zandverlies is echter niet nagetrokken. In dit model werd de Oosterschelde van 1967 afgebeeld. Het langprofiel van het sluitings-tracé in de Geul was in 1972 echter met 9% afgenomen. Er lag 570.000 m<sup>3</sup> meer zand in het profiel dan de modelproef aangaf, hetgeen het werk bekortte en de verliezen beperkte. De erosie van de Geulwand en de plaat bij Noordland viel ook mee, en de zuigerproductie lag in werkelijkheid boven de 500 000 m<sup>3</sup> per week. Tegenover al deze gunstige factoren staat alleen dat er in feite gewerkt is met zand van iets kleinere gemiddelde doorsnee dan bij de voorspelling werd aangenomen. De tweede berekening vooral van het bruto-

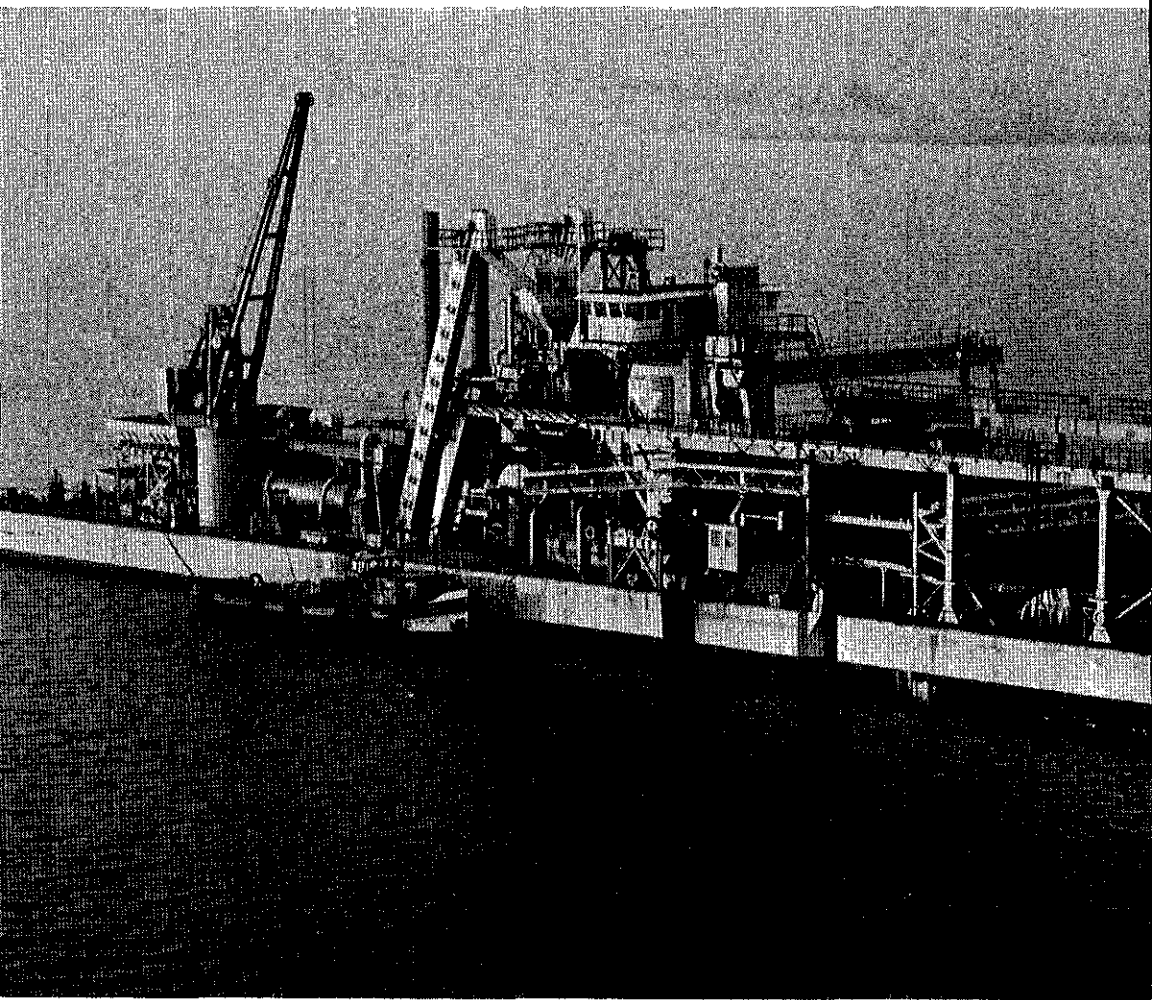
zandverlies op basis van de reductie der snelheden naar het gemiddelde van de verticaal en met inachtneming van het juiste profiel van de dam bij de inpelling, leidde tot een voorspeld verlies van 0,63 miljoen m<sup>3</sup>. Deze waarde stemt zeer goed overeen met de in werkelijkheid opgetreden bruto-zandverliezen.

In tabel 3 kunnen de resultaten verkregen bij de Geul vergeleken worden met die van de andere zandsluitingen.

Eens te meer is gebleken dat de toegepaste rekenwijze een redelijk nauwkeurige schatting oplevert van de zandverliezen bij een sluiting van dit type. Bovendien is het grote belang aan de dag getreden van de grootst mogelijke nauwkeurigheid bij het invoeren van de randvoorwaarden in de berekening.

---

## De nieuwe 'Jan Heijmans'



In het algemeen wordt bij het vooronderzoek, het ontwerp en de uitvoering van een waterstaatkundig werk in de eerste plaats uitgegaan van materieel en materialen die voorhanden zijn. Bij de voorbereiding van de afsluiting van de Oosterschelde ligt dat anders. Hier moeten voorzover dat technisch en economisch mogelijk is, de constructies van sommige onderdelen van het werk en de fasering van de uitvoering worden aangepast aan de bijzondere eisen die deze afsluiting stelt. De risico's die verbonden zijn aan het langzaam maar zeker plaatsen van een onverwrikbare waterscheiding in de labiele samenhang van stroom, lucht en bodem van de Oosterschelde, vereisten vooral vanwege de grote schaal van het probleem, een buitengewone voorzichtigheid. Deze overweging, gegrond als ze is op uit-

gebreid waterloopkundig en grondmechanisch onderzoek, heeft onder meer geleid tot de vaststelling dat er nieuwe bodembeschermingsconstructies moesten worden uitgevonden en dat de gebruikelijke afmetingen van zulke constructies niet langer bruikbaar waren. Ook de wijze van aanbrengen van deze bodembeschermingen in het overgangsgebied tussen de stabiele afsluitdam en de dynamische bodem van de Oosterschelde, behoefde herziening. Deze overweging rechtvaardigt ook de grote investeringen die voor het betrekkelijk korte fabricage- en verwerkingsproces van de zinkstukken – 2,3 miljoen m<sup>2</sup> in 3 jaar – nodig zijn, grote investeringen voor bodembeschermingen die slechts betrekkelijk kort zullen functioneren, alleen immers in de jaren van 1974 t/m 1979, tijdens de opbouwfase van de primaire afsluitdammen en het aanbrengen van zand aan weerszijden van de dammen.

Zoals in Bericht 64 (mei 1973) in het artikel 'Bodembeschermingen-ervaringen en ontwikkelingen' reeds is gesteld, is bij de afsluiting van de Oosterschelde mede op grond van prijsvergelijking met onder meer de gesloten bodembescherming van asfaltmastiek, gekozen voor bodembeschermingen die waterdoorlatend en zanddicht zijn, te weten semi-klassieke stukken van filterdoek en hout, blokkenmatten en steenasfaltmatten.

Met deze constructies wordt bereikt dat geen wateroverdrukken onder de bodembescherming zullen optreden terwijl toch voorkomen wordt dat het zand van de onderliggende bodem door de zinkstukken heen wordt gezogen. Aangezien de paalworm die in het water van de Oosterschelde welig tiert, het hout van de semi-klassieke stukken aantast, worden deze stukken slechts onder de wintersluitgatrempels van de primaire dam toegepast. Deze stukken behoeven immers maar één winter lang te functioneren; de ervaring wijst uit, dat ze dan nog praktisch onaangepast zijn. Voor de wintersluitgaten heeft men 450 000 m<sup>2</sup> aan bodembescherming nodig. De bodembeschermingen aan weerszijden van de primaire dammen zullen bestaan uit 800 000 m<sup>2</sup> blokkenmatten in het sluitgat Roompot en uit 1 000 000 m<sup>2</sup> steenasfaltmatten in de sluitgaten Schaar van Roggenplaat en Hammen.

De produktie van de blokkenmatten vindt, zoals Bericht 66 (november 1973) beschrijft, plaats in een speciaal daarvoor gebouwde fabriek op de wal van de werkhaven Sophia-polder. Het uitleggen ervan geschiedt met een eveneens speciaal daarvoor geconstrueerde ponton.



De steenasfaltmatten zouden ook wel in een nieuwe fabriek op de vaste wal kunnen worden gemaakt, bijvoorbeeld op het haven-terrein van de werkhaven Schelphoek, en ook kunnen worden gelegd met een speciaal daarvoor ontworpen vaartuig. Daarmede zou echter de 'Jan Heymans', het werkvaartuig van de B.V. Bitumarin dat zulke uitstekende diensten heeft bewezen bij het aanbrengen van gesloten bodembeschermingen van asfalt-mastiek bij de afsluiting van het Brouwers-havense Gat en het Haringvliet, buiten gebruik komen; mede in verband met de contractuele verplichtingen tussen het Rijk en de aannemer zou dat niet wenselijk zijn. Op grond van onder meer economische beschouwingen en de overweging dat een drijvende zinkstukkenfabriek die ook de stukken afzinkt, desnoods ook nog als reserve

variëren van 150 tot 200 m worden samen-gesteld van steenasfalt, dat met een dikte van 12 cm in twee lagen op polypropoeen-filterdoek wordt aangebracht. De maaswijdte van het filterdoek is afgestemd op een als gemiddelde voor het zand in de Ooster-schelde aangenomen korreldiameter van 150 micron. De matten zijn aan de kopranden verzwwaard met betonblokken, zodat de randen van de bezinking de te verwachten bodem-verdiepingen zullen kunnen volgen. Per rand zijn twee blokken 13 cm minder hoog ge-maakt dan de andere, zulks met het oog op de overlap van het ene stuk op het andere. Het gewicht van de randverzwaringen be-draagt 810 kg per meter, dat is totaal 5,6 ton per randverzwaring over de gehele breedte van het stuk. Omdat de matten tijdens het productieproces worden voortgetrokken en

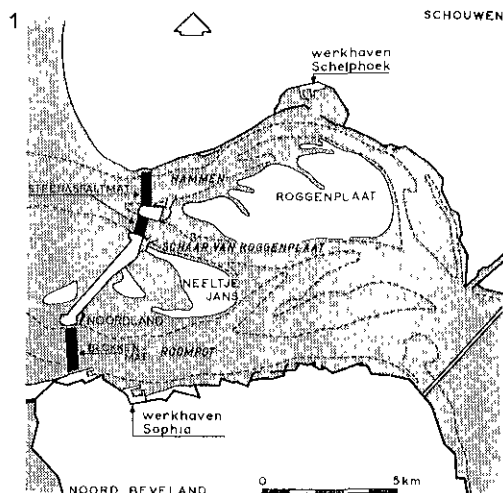


Fig. 1. Overzicht van de sluitingswerkzaamheden in de Oosterschelde

Fig. 2. Dwarsprofiel van de Oosterschelddam, met daarin de beteugelingsdam

zou kunnen invallen in het sluitgat Roompot, is besloten de 'Jan Heymans' daartoe om te bouwen. Deze beslissing lag des te meer voor de hand omdat aan dit schip nadat het in 1971 in de haven van het werkeiland Noordland was gekapseisd, toch grote restauratie-werkzaamheden zouden moeten geschieden; bovendien zou het om als asfalt-schip een grotere werkdiepte met de stortpijp te verkrijgen, in elk geval moeten worden verbreed. Deze verbreding van het casco die in verband met de doorvaart door sluisen beperkt moest blijven tot 23,80 m, maakt het tevens mogelijk om zinkstukken te fabriceren met een breedte van 17 m, waardoor het aantal overlappen in de bodembeschermingen beperkt kan blijven.

#### Constructie van de steenasfaltmatten

De 17 m brede matten, die in lengte zullen

er ook tijdens het leggen trekkrachten op worden uitgeoefend, zijn zij voorzien van 18 trekkabels en een wapening van gaas. De diameter van de kabels wordt aangepast aan de trekkrachten die op het stuk worden uitgeoefend, en deze krachten zijn op hun beurt afhankelijk van de diepte van de bodem waarop de stukken moeten worden gelegd. De kabels zijn met klemmen aan de wapening verbonden. Voor de verbinding van filterdoek, betonblokken en trekkabels zorgt een geborgde constructie van stalen pijpen in de zomen van het om de betonblokken geslagen filterdoek en in de draadlussen die bevestigd zijn aan de staaldraden. De staaldraden zijn aan beide zijden van de matten van lussen voorzien, voor de bevestiging van de staart-balk en de zinkbalk, die tijdens het leggen van de matten op de bodem nodig zijn.

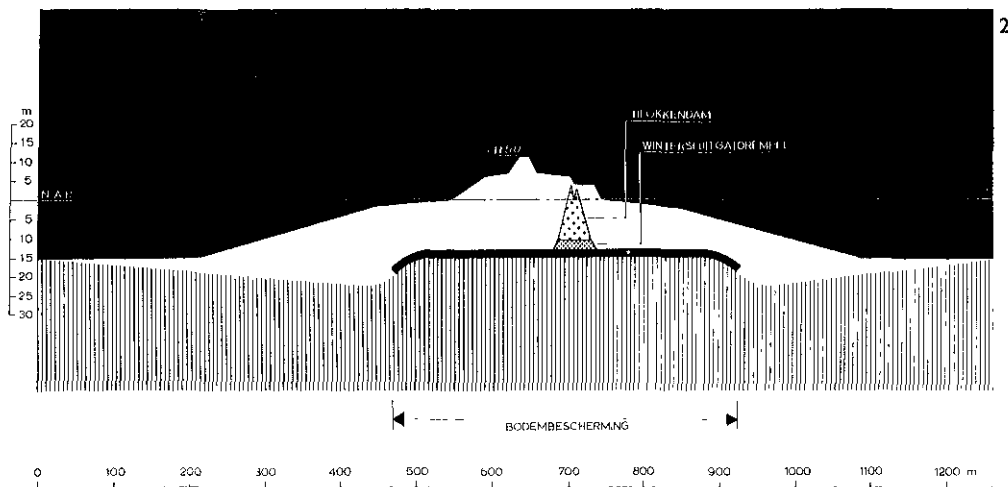
## De inrichting van de Jan Heymans

Omdat de Jan Heymans tot 220 m lange zinkstukken moet fabriceren, en ze bovendien ook nog moet uitleggen is het bestaande casco verlengd, en wel met 27,60 m.

De afmetingen van het schip zijn zo gewijzigd, dat de stabiliteit nu voldoende is om de vereiste nauwkeurigheid bij het leggen van de stukken onder normale werkomstandigheden te garanderen. Deze nauwkeurigheid is gedefinieerd als een toegelaten speling op de bodem van 1 m, bij golven van 50 cm hoogte en een periode van 4 seconden en bij stroomsnelheden tot 1 m per seconde. De hoofd-afmetingen van het schip zijn thans ten gevolge van de verbouwing: lengte 97,20 m, breedte 23,30 m en holte 5,15 m.

De werkdiepgang, die onder meer afhankelijk

steenasfalt per uur en die bestaat uit een overslagkraan met een hijsbereik van 10 ton op 18 m, vier silo's voor de opslag van 150 ton zand en 150 ton steenslag, twee droog-trommels, twee warme ladders voor het drogen van respectievelijk het zand en de steenslag, twee roerketels met een inhoud van respectievelijk 25 ton en 50 ton voor de opslag van het menggietafslt, en een lift voor het transport van het menggietafslt vanuit de onderste roerketel naar de hooggeplaatste menginstallatie. De andere zijde van het dek wordt in beslag genomen door een installatie voor de vervaardiging van steenasfaltmatten. Ze bestaat uit een horizontaal productieplatform dat als een hellingzate afloopt naar de matrol aan de voorzijde van het schip, en uit twee transportbakken die het steenasfalt langs respectievelijk ter bakboord- en stuurboord-



Is van de hoeveelheid ballast in de ballast-tanks en de op het schip opgeslagen bouwmaterialen, bedraagt gemiddeld 2,50 m. In het casco zijn een aantal droge tanks geplaatst, alsmede diverse tanks voor de opslag van zout-waterballast en voor drinkwater; voorts vindt men er twee bitumentanks voor de opslag van totaal 300 ton bitumen, twee vulstoftanks voor totaal 340 ton vulstof, vijf brandstoftanks voor 40 ton gasolie en 120 ton stookolie, drie machinekamers en ruimten voor de elektrische en hydraulische installaties, verwarming, compressoren en berging. Het casco bergt daarnaast ook nog 13 manschappenverblijven waarin totaal 24 personen kunnen overnachten.

Bovendeks staat op de ene helft van het schip de asfaltproductie-installatie opgesteld, die een capaciteit heeft van ten minste 250 ton

zijde van het schip aangebrachte railbanen vervoeren van de menginstallatie naar twee steenasfalt-verdeelwagens, die zich over twee traversen dwarsscheeps boven het productieplatform kunnen verplaatsen. Boven het productieplatform zijn voorts haspels met filterdoek geplaatst en nietmachines die de banen van het filterdoek moeten verbinden tot de vereiste breedte van 17 m, een haspel voor het afwikkelen van het 16,60 m brede wapeningsgaas en twee voorraadhaspels voor wapeningsgaas, ondersteuning voor het afleggen van lege haspels, vier boven elkaar geplaatste rekken voor de berging van de betonblokken die nodig zijn voor de randverzwaringen van de steenasfaltmatten, een spijkerrol die remkracht op het zinkstuk moet leveren tijdens het oprollen van de steenasfaltmat op de matrol via het aflopende

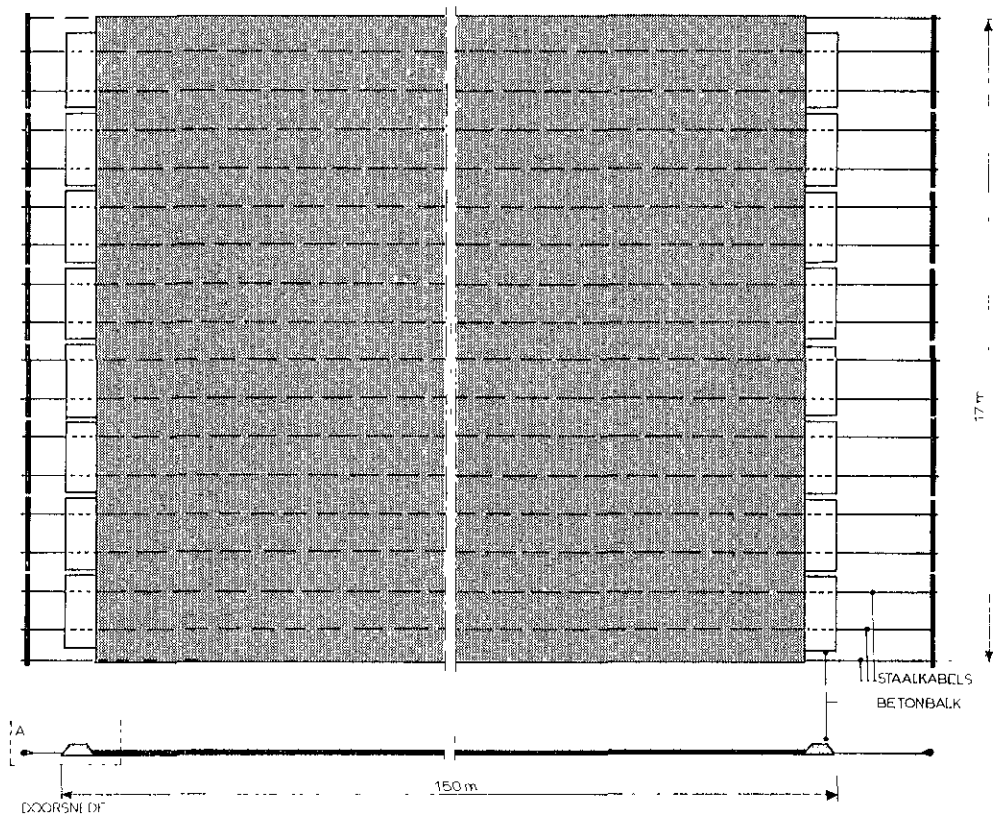
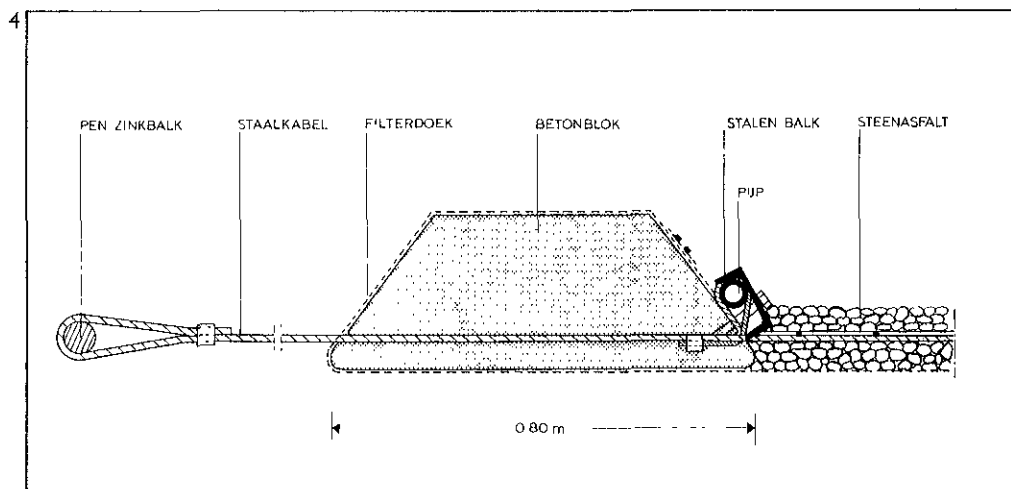


Fig. 3. Vorm en indeling van de steenasfaltmat

Fig. 4 Bevestiging van de randverzwaring



productie-platform en een geperforeerde buis voor de waterkoeling van de warme steenasfaltmat, alvorens zij wordt opgerold. Boven het productieplatform is langsscheeps een kraanbaan met loopborden aangebracht, waarover een traverse kan bewegen die op haar beurt weer is voorzien van een vaste en een verrijdbare bovenlooptakel, beide met een hefvermogen van 16 ton. In de taatsen aan de oren van het casco aan het voorinde van het schip is de matrol – die 17,10 lang is en een diameter heeft van 8 m – opgelegd. De beweging van de rol en daarmee ook het op- en afspoelen van de steenasfaltmat geschiedt met aan weerszijden van de rol op het casco geplaatste hydraulische vijzels met elk een trekvermogen van 250 ton. De rol wordt langzaam rondgewenteld door afwisselende werking van deze vijzels op de rol.

Bovendecks vindt men ook het centrale bedieningshuis, de keuken en de messroom, een laboratorium, was- en magazijnruimten en nog een vulstoftank voor 300 ton vulstof. Op het dek zijn zes verhaallieren geplaatst, drie op het achterdek voor het hekanker en twee achter-zijkankers en drie op het voordek voor het boeganker en twee voor-zijkankers; op het achterdek staat verder een drietrommellier en op het voordek een viertrommellier (met twee reservetrommels), van waaruit de manipulaties met de zinkbalk tijdens het leggen van de steenasfaltmat worden geregeld.

De elektrische energie wordt geleverd door drie hoofddiesels van 660 pk, waarop generatoren van 550 KVA zijn aangesloten, een diesel van 248 pk met een aansluitende generator van 220 KVA en een diesel van 105 pk, met erop aangesloten een generator van 87,5 KVA.

Voor de vereiste nauwkeurige plaatsbepaling in de dwarsrichting van het schip maakt men gebruik van een elektromagnetisch systeem (het Tellurosysteem 1200, zie Bericht 41, augustus 1967, pag. 35 en 36) en van het girkompas. Voor de plaatsbepaling in langsvan richting oriënteert men zich op aan de wal staande richtbakens.

Vanuit het midscheeps geplaatste bedieningshuis worden de verschillende op het schip aanwezige installaties, zoals de ankerlieren, de asfaltinstallatie, de transport- en verwerkingsinstallatie en de vijzels voor de rotatie van de matrol centraal bediend. In dit bedieningshuis kunnen de activiteiten op het schip worden gevolgd op de monitor van het gesloten televisiecircuit, dat op het vaartuig is aangebracht en waarvan de camera's op de meest strategische punten zijn opgesteld.

Ook kan in het bedieningshuis de zinkmanoeuvre worden geregistreerd, waarvan de gegevens worden opgenomen door een echopeilinstallatie die beweegbaar in de onderzijde van het schip is aangebracht.

De ombouw van de Jan Heymans is overigens zodanig uitgevoerd dat het schip in de beperkte tijd van ongeveer twee weken weer voor zijn oorspronkelijke functie – het aanbrengen van gesloten bodembeschermingen van asfaltmastiek door een stortpijp naar de bodem – kan worden ingericht.

### Vervaardiging van de steenasfaltmatten

Voor de vervaardiging van de matten is een gedetailleerd draaiboek opgesteld. Het zou te ver voeren hier op alle details nader in te gaan, maar de hoofdlijnen van het productieverloop willen we toch graag met u volgen. De vervaardiging van de matten zal geschieden terwijl het schip in het sluitgat voor anker ligt. Zand en steenslag worden dan vanuit de aangelegde depots op het haventerrein van de werkhaven Schelphoek met beunschepen naar de Jan Heymans aangevoerd en met behulp van de overslagkraan in de daarvoor bestemde silo's overgeslagen. De haspels met filterdoek, waarvan de baanbreedte 4,75 m bedraagt, worden vanuit het magazijn in de werkhaven op een zolderbak naar de drijvende fabriek vervoerd en daar met de traverse in de taatsen geplaatst. Op dezelfde wijze vindt de aanvoer en de opslag op het schip plaats van de haspels met wapeningsgaas. Dit gaas, dat vanuit de fabriek in rollen ter breedte van 4 m, 3,80 en 4,80 m naar de werkhaven is aangevoerd, is te voren in een assemblageruimte op de werkhaven tot de vereiste breedte van 16,60 m samengeknoot en op de lengte van het te maken zinkstuk afgeknipt. Een haspel met 200 m gaas weegt ongeveer 11 ton.

Het menggietasfalt wordt samengesteld uit 60 % plaatzand, 20 % zwakke vulstof, 10 % asfaltbitumen 270/330 en 10 % geblazen asfaltbitumen 85/40. Het bitumen is gemengd in de raffinaderij. Het eindproduct, steenasfalt, heeft een samenstelling van 80 % steenslag (20/40 mm) en 20 % menggietasfalt. Het steenasfalt wordt in twee fasen in dezelfde menginstallatie bereid; eerst wordt het menggietasfalt geproduceerd bij een temperatuur van 140° Celsius en een viscositeit van circa 400 Poises, en daarna vindt menging plaats van het gietasfalt met de steenslag, bij een temperatuur van 110° Celsius. Het bereidingsproces verloopt als volgt. Het zand wordt na in de droogtrommels te zijn gedroogd en verwarmd via de warme ladders

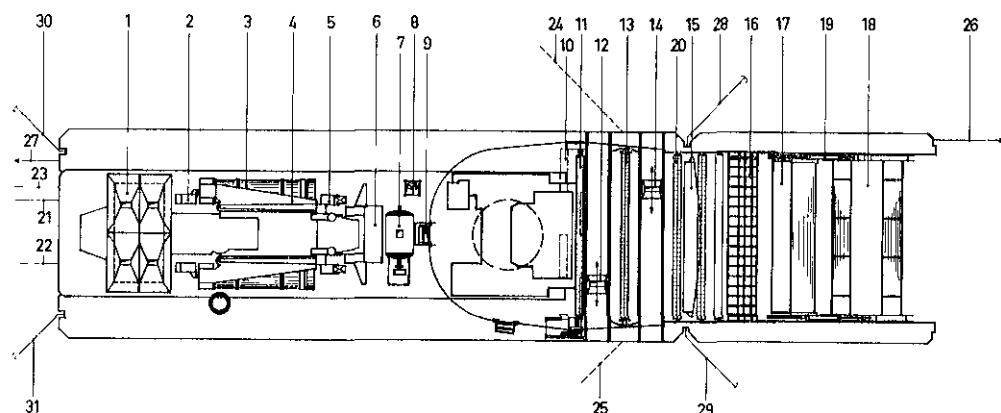
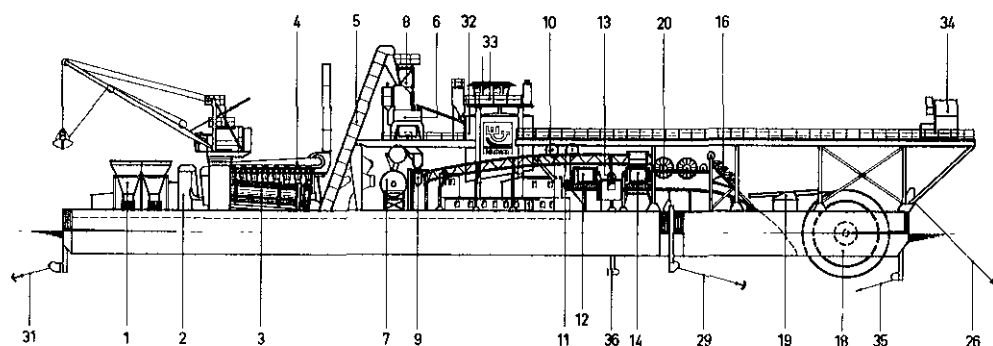
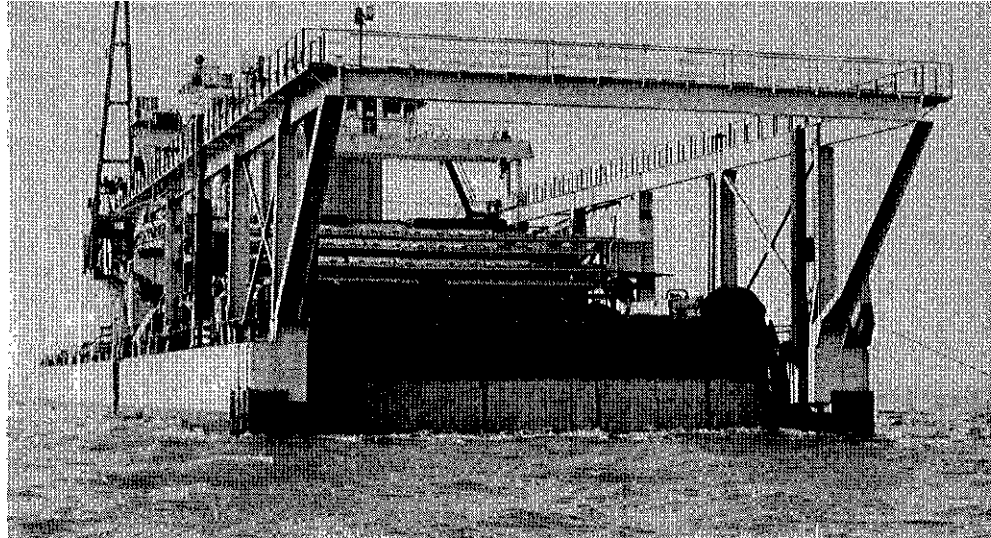


Fig. 5. De nieuwe 'Jan  
Heljmans'  
Bovenaanzicht en zijaanzicht



- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1 silo                       | 20 voorraadhaspel wapenings-    |
| 2 koude ladder               | gaas                            |
| 3 droogtommel                | 21 achterdraad zinkbalk         |
| 4 ontstopping                | 22 achterdraad zinkbalk         |
| 5 warme ladder               | 23 losdraad zinkbalk            |
| 6 menginstallatie            | 24 stuurdraad zinkbalk          |
| 7 roerketel                  | 25 stuurdraad zinkbalk          |
| 8 menggietafsluit            | 26 boegdraad                    |
| 9 transportkubel             | 27 hekdraad                     |
| 10 haspel filterdoek         | 28 voor-zijdraad                |
| 11 spijkerrol                | 29 voor-zijdraad                |
| 12 1e verdeelwagen           | 30 achter-zijdraad              |
| 13 haspel wapeningsgaas      | 31 achter-zijdraad              |
| 14 2e verdeelwagen           | 32 vulstoftank                  |
| 15 hulpbalk                  | 33 centraal bedieningshuis      |
| 16 opslag betonblokken       | 34 traverse met bovenlooptakels |
| 17 staartbalk                | 35 hijsdraad zinkbalk           |
| 18 matrol                    | 36 profiler                     |
| 19 vijzel aandrijving matrol |                                 |



naar de menginstallatie vervoerd en daarin met de opgepompte bitumenmix en de vulstof gemengd. Het zo verkregen menggietafslt wordt vervolgens afgevoerd en tijdelijk in de roerketels opgeslagen. Daarna wordt er vanuit de silo's via de droogtrommels en de warme ladders steenstg naar de menginstallatie aangevoerd en daar gemengd met het menggietafslt, dat vanuit de onderste roerketel met de gietafslift naar de menginstallatie is gebracht.

Aan de andere zijde van het schip kan men, zoals vermeld, de fabricage van de steenafslmat zelf volgen inclusief het oprollen ervan op de matrol. Dit gaat als volgt. De 4 banen filterdoek worden van hun haspels afgerold en met behulp van gegalvaniseerd stalen nieten aan elkaar verbonden, hetgeen geschiedt met 3 nietmachines die boven de spijkerrol zijn geplaatst. Het doek wordt vervolgens onder de spijkerrol doorgetrokken totdat het kopeinde ervan ongeveer over een lengte van 6 m op het productieplatform ligt. Dit trekwerk wordt gedeeltelijk door de traverse gedaan en gedeeltelijk geschiedt het met handkracht. De traverse trekt daarbij aan hulpdraden die enerzijds aan de traverse zijn bevestigd en aan de andere einden om de spijkerrol zijn geslagen. De rem van deze rol is tevoren gelicht. Nadat de ligging van het doek op het platform is gecontroleerd en zonodig is gecorrigeerd, wordt op het kopeinde van het doek – dit is het toekomstige staarteinde van het stuk op de bodem – de randverzwaring van betonblokken geplaatst. De betonblokken worden aan het doek en aan de straaldraadkabels van het wapeningsgaas bevestigd volgens de op fig. 3 aangegeven constructie. De betonblokken worden met de

De 'Jan Heijmans' van voren gezien

Fig. 6. De assemblageruimte en de onderdelen ervan

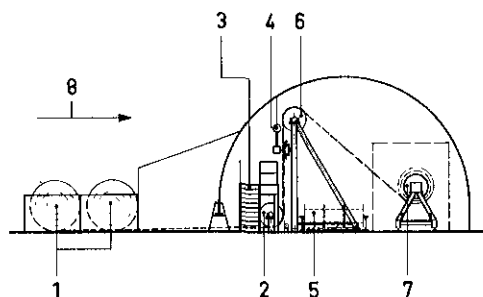


Fig. 6. Assemblageruimte

- 1 rollen wapeningsgaas
- 2 geleiderol
- 3 bordes
- 4 assemblage-apparaat

- 5 haspels met kabels
- 6 geleiderol
- 7 haspel wapeningsgaas
- 8 werkricting

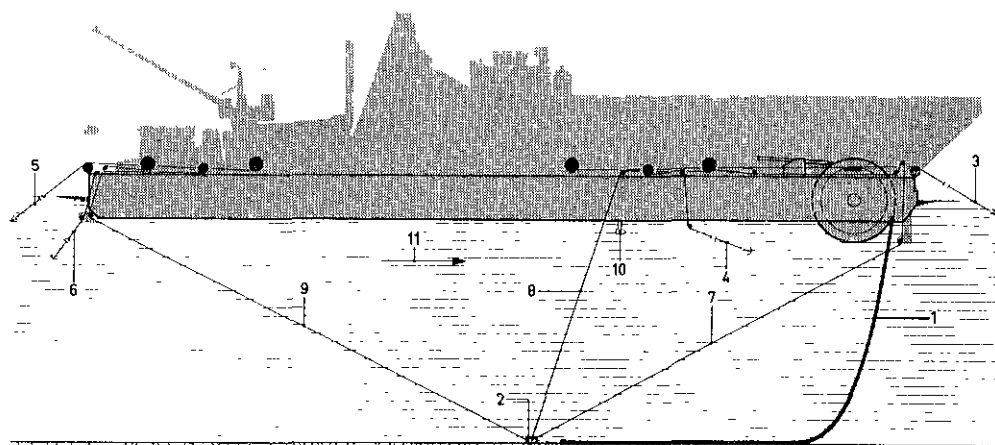
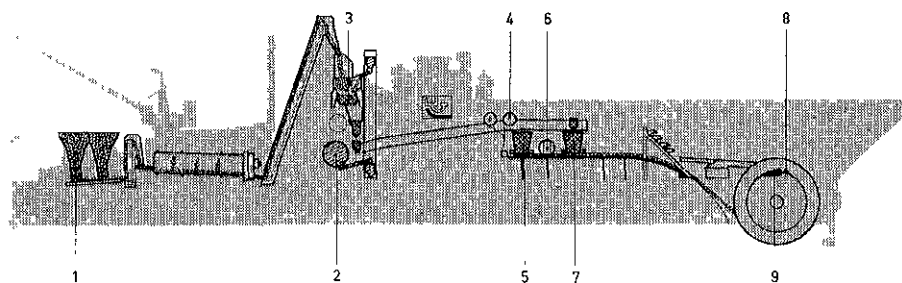
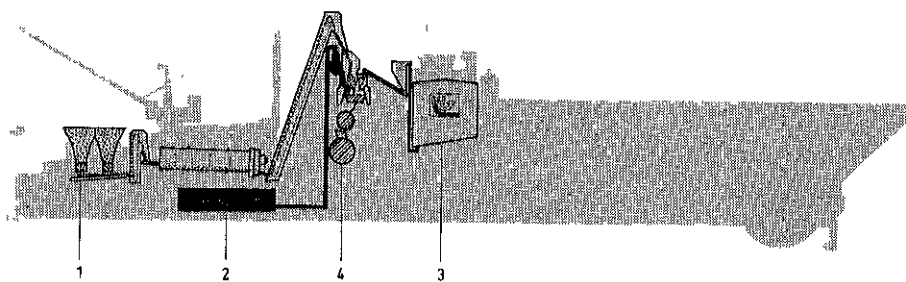


Fig. 7. Van boven naar beneden: de produktie van menggietafslt, de vervaardiging en het leggen van de steen-asfaltmat

- 1 zand
- 2 bitumen
- 3 vulstof
- 4 menggietafslt

- 1 steenslag
- 2 menggietafslt
- 3 steenasfalt
- 4 filterdoek
- 5 1e laag steenasfalt
- 6 wapeningsgaas
- 7 2e laag steenasfalt
- 8 randverzwaring
- 9 staartbalk

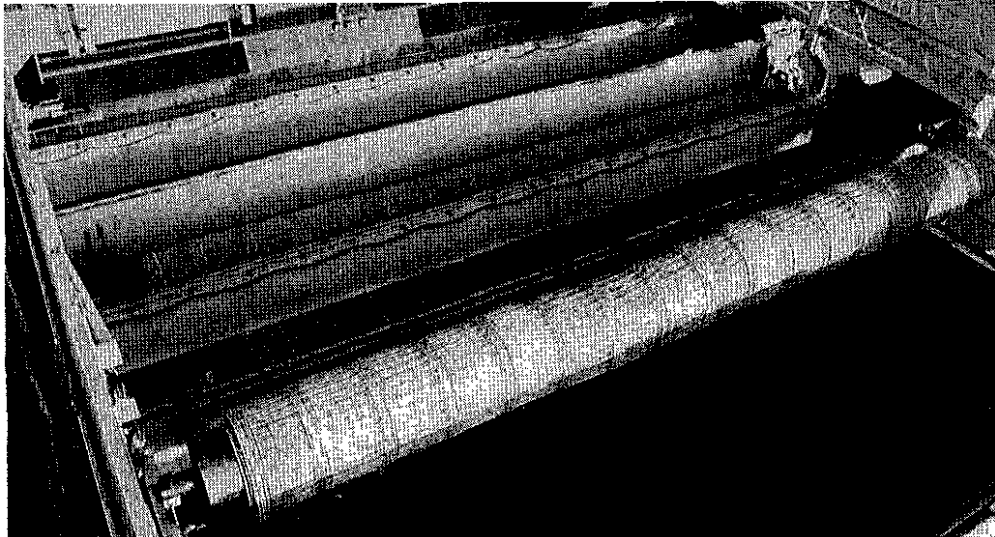
- 1 steenasfaltmat
- 2 zinkbalk
- 3 boegdraad
- 4 voor-zijdraden
- 5 hekdraad
- 6 achter-zijdraden
- 7 hijsdraden zinkbalk
- 8 stuurdraden zinkbalk
- 9 achterdraden zinkbalk
- 10 profiler
- 11 vaarrichting tijdens leggen

traverse, waaraan een evenaar is bevestigd, uit de voorraadrekken gelicht en op het doek geplaatst. Om de bevestigingsconstructie tot stand te brengen wordt het filterdoek aan het kopeinde, ter plaatse van de ligging van de staaldraadkabels, over een lengte van 1,75 m ingesneden, waarna met behulp van de kramplaten zomen in het doek worden gemaakt. De door de insnijdingen verkregen doekflappen worden om de betonblokken geslagen en de staaldraadkabels door de sleuven in de betonblokken gevoerd. De verbinding van het doek en de staaldraden wordt dan gemaakt met pijpen, die in de zomen van het doek en in de lussen op de staaldraden worden aangebracht, en ten slotte geborgd.

De evenaar, die eerder dienst heeft gedaan bij het aanbrengen van de betonblokken, wordt dan op het doek geplaatst en aan de ene kant vastgemaakt aan de staaldraadkabels en aan de andere kant aan een van de lieren op het schip verbonden. Door trekkracht uit te oefenen op deze hulpbalk terwijl de spijkerrol op het filterdoek blijft drukken kunnen het doek en de wapening over de volle breedte van het stuk worden strakgezet. Zijn deze werkzaamheden uitgevoerd, dan kan met het aanbrengen van het steenasfalt worden begonnen. Dit geschiedt in twee lagen: de onderste laag met de eerste verdeelwagen gerekend vanuit midscheeps, de bovenste laag met de andere verdeelwagen, nadat op de eerste laag het wapeningsgaas is aangebracht.

Voor de juiste verdeling van het steenasfalt op het doek wordt gezorgd door aan de verdeelwagens bevestigde verdeelwormen. De verdeelwagens worden vanuit de menginstallatie met steenasfalt gevoed door middel van transportbakken. Zowel de bakken als de verdeelwagens kunnen vier ton steenasfalt vervoeren.

Tijdens dit continue bedrijf – filterdoek nieten, eerste laag asfalt aanbrengen, wapening uitrollen, tweede laag asfalt aanbrengen, afkoelen van de mat met water, oprollen van de mat op de matrol –, wordt de mat met de lier met hulpbalk of evenaar over het produktieplatform voortgetrokken. Wanneer echter het kopeinde van de mat in de nabijheid van de helling van het platform is gekomen, wordt de voortbeweging overgenomen door de matrol. De hulpbalk wordt verwijderd en vervangen door de staartbalk, die met staaldraden aan de matrol is bevestigd. De rotatie van de rol wordt bewerkstelligd door de trekvijsels afwisselend inpalmdend op de rol te laten werken. Het stuk wordt op deze wijze naar de rol toegetrokken en opge-



wonden. Is het einde van de mat – dus het kopeinde van het stuk op de bodem – in de nabijheid van de helling van het produktieplatform gekomen, dan wordt de randverzwaring van betonblokken met de hulpbalk op het doek geplaatst en met dit doek en de staaldraden van de wapening verbonden. Nadat het laatste steenasfalt op het doek is verdeeld, wordt de mat verder op de rol gewerkt. De hulpbalk, weer bevestigd aan de lier op het schip en aan de kabels van de mat, moet voor de nodige tegenkracht zorgen wanneer de mat het produktieplatform verlaat. De hulpbalk wordt daarbij door het water meegevoerd en tenslotte aan de voorkant van het schip van de mat verwijderd met behulp van de traverse. De verplaatsingsnelheid van de mat tijdens de produktie bedraagt maximaal 1,5 m per minuut, overeenkomende met een rotatiesnelheid van de rol van 3 á 4 omwentelingen per uur.

De remkrachten die met de spijkerrol op het doek worden uitgevoerd tijdens de produktie van de mat liggen tussen de 45 en 60 ton. Door deze remkrachten wordt de horizontale verplaatsing van de mat op het platform in de vereiste verhouding gebracht tot de roterende verplaatsing van de mat op de rol. De verhouding tussen deze verplaatsingen komt voort uit de voorwaarde dat de mat tussen de helling van het produktieplatform en de rol niet zodanig mag gaan doorhangen dat er breuk in het steenasfalt van zou kunnen komen. In verband daarmee is de minimum kromtestraal voor de mat gesteld op 4 m.

De verhouding in de verplaatsingen wordt gecontroleerd door twee automatisch regis-

Een blik op het produktieplatform

trerende lengtemeters en wel één op het platform en één op de matrol.

De vervaardiging en het oprollen van een steenasfaltmat van 17 x 200 m, waarvan het gewicht 850 ton bedraagt, vergt ongeveer 10 uur: 4 uur fabricage en verwerking van het steenasfalt en 6 uur bijkomende werkzaamheden, zoals het aanvoeren van materialen en het aanbrengen van de randverzwaringen.

#### **Plaatsing van de steenasfaltmatten**

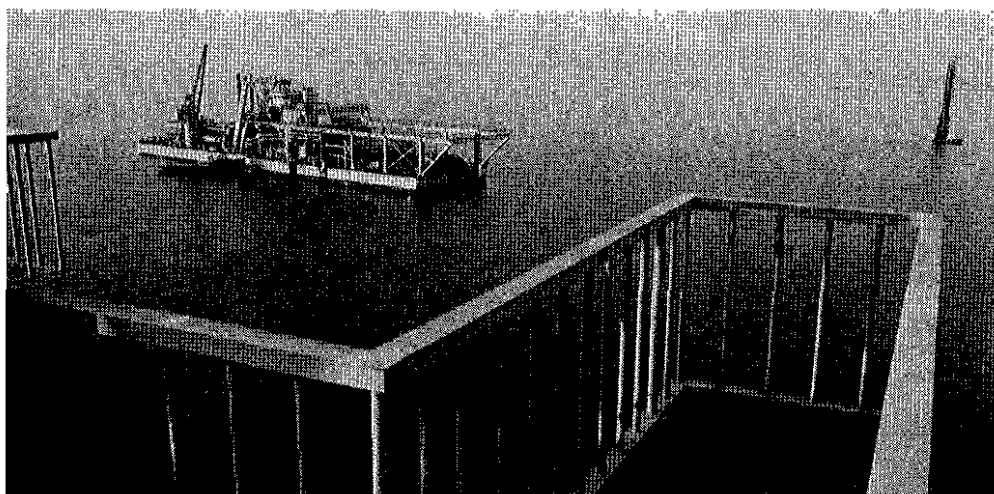
De matten worden omstreeks de laagwaterkenteringen gelegd. Daartoe is besloten omdat de variaties in richting en grootte van de stromingsdrukken op de matten tijdens de uitlegprocedure, en zeker in de beginfase daarvan, niet te groot mogen zijn. Daarom moet de Jan Heymans op zijn minst twee uur voor de laagwaterkentering met het

beschikbare verhaalsysteem van ankers, draden en lieren en met behulp van de voorzieningen voor de juiste plaatsbepaling, zoals richtbakens op de wal, tellurometers en giro-kompas, zo goed mogelijk in de juiste positie zijn gebracht en moet de zinkbalk aan de staaldraadkabels van de mat zijn bevestigd. Indien de stroomsnelheid van de nog lopende eb niet meer dan maximaal 0,5 m per seconde bedraagt en ook de stroomrichting gunstig wordt geacht, wordt de zinkbalk met de mat afgerold tot de balk 2 m boven de bodem hangt. De juiste positie van de zinkbalk moet dan verkregen worden door manipulaties met de lieren van de achter- en stuurdraden van de zinkbalk. Nadat de zinkbalk zo goed mogelijk is afgezonken wordt de ligging ervan gecontroleerd met de echo-peilinstallatie en daarna zonodig gecorrigeerd door met de

draden op de balk bij te sturen, hetgeen al dan niet gepaard gaat met een wijziging in de positie van het schip.

Heeft de zinkbalk tenslotte de juiste ligging op de bodem, dan kan de mat op de bodem worden uitgerold; het schip wordt daarbij over de mat verhaald. De snelheid van het schip moet tijdens deze manoeuvre aangepast zijn aan de snelheid van het afrollen omdat ook in deze fase van het werk de kromtestraal van de mat niet te klein mag worden en ook op de mat met zinkbalk niet te grote krachten mogen worden uitgeoefend, waardoor de mat beschadigd zou kunnen worden, dan wel de zinkbalk over de bodem zou kunnen worden versleept.

Nadat ook de staartbalk aan de grond is gekomen en door duikers de overlap van de



De 'Jan Heijmans' in het sluitgat Hammen, gefotografeerd vanaf het bordes van een kabel-draagtoren

mat op de reeds gelegde bodembescherming is gecontroleerd aan de hand van op de matten aangebrachte markeringen, wordt de verbinding tussen de staartbalk en de mat pneumatisch ontgrendeld en wordt de staartbalk weer opgetrokken. Vervolgens verhaalt men het schip achterwaarts, totdat het voorschip ongeveer verticaal boven de zinkbalk is gemanoeuvrerd. Op dat tijdstip wordt – nu met een losdraad – de verbinding tussen zinkbalk en mat verbroken, waarna de balk kan worden opgehaald.

Het leggen van zo'n steenasfaltmat duurt, afhankelijk van weersomstandigheden, deining en golf, ongeveer drie uur. De gehele procedure wordt ononderbroken gevolgd met de echo-peilinstallatie.

## Vorderingen

### A. De werken van het Deltaplan

#### Volkerak

De verlenging van de bestaande overbrugging is in november voor het verkeer opengesteld. De baileybruggen zijn gedemonsteerd en verwijderd. Men is begonnen aan het verwijderen van de betonplaten van pijlers en hoofd.

Aan beide zijden van de derde sluis is men in de verslagperiode begonnen aan het maken van keerwanden, in aansluiting op de westelijke sluis van het bestaande complex.

Voor de inlaatsluis werden vleugelwanden gemaakt, en werden vloeren gestort voor de stortebedden. Alle vloeren voor de jachtensluis zijn inmiddels gestort, behalve die voor de vleugelwanden. Inmiddels is daar ook al een aantal wanden gestort.

Vier van de pijlers voor de overbrugging van de inlaatsluis zijn gereed. De vervaardiging van voorgespannen liggers voor deze overbrugging verloopt geheel volgens schema.

Op 20 november 1973 werd aanbesteed 'Het maken van geleidedammen, voorhavens, toefleidingsgeulen en stortebedden voor de inlaatsluis en de jachtensluis in de Volkerakdam te Willemstad en Fijnaart en Heijningen'. Het werk werd, voor een bedrag van f 18 792 000,- opgedragen aan de Baggermaatschappij Holland B.V. te Hardinxveld. Met de uitvoering wordt in januari 1974 begonnen.

#### Oosterschelde

De aanvoer, verwerking en opslag van fosfor- en staalslakken via de havens op de werkeilanden Roggenplaat en Noordland werd voortgezet.

Op het werkeiland Neeltje-Jans en Sophiapolder in de werkhaven werd stortsteen aangevoerd en in depots opgeslagen. Op de werkerreinen bij de havens Schelphoek en Sophiapolder, respectievelijk aan de Schouwense en de Noordbevelandse oever, werd rijs-hout en filterdoek aangevoerd voor de te maken zoolstukken. Voor het maken van steenasfaltmatten werd op het terrein bij de haven Schelphoek steenslag, zand, filterdoek en wapeningsgaas aangevoerd.

Het werktein met toegangswegen op Schouwen werd verder afgewerkt. Het zand van het terrein werd onder profiel gebracht en vervolgens van een zand-cement verharding met ontwateringsleuven voorzien. Bermen en taluds van het terrein en van de toegangswegen werden met klei bekleed. De steiger ten behoeve van het personeelsvervoer per vaartuig van- en naar de werken in de Oosterschelde werd verder afgebouwd.

Het gedeelte van de bodembescherming in de Schaar en de Hammen, bestaande uit kraag- en zoolstukken met een nabestorting van steen en fosforslakken was eind oktober aangebracht. De stukken werden gemaakt op de zate bij de werkhaven Schelphoek. Het asfaltchip de 'Jan Heymans' werd in deze verslagperiode verder afgebouwd voor het produceren en het leggen van steenasfaltmatten als

verdere bodembescherming in de Hammen. De fabriek voor het samenstellen van het wapeningsnet voor deze steenasfaltmatten werd opgesteld en in bedrijf gesteld.

De betonfabriek, op het terrein van de werkhaven Sophiapolder, voor het maken van zinkstukken met vaste beton-ballast kwam gereed.

Een eerste proefzinkstuk van 10 x 100 meter werd gemaakt en op de zinkrol aangebracht. Dit proefzinkstuk werd in de Roompot uitgelegd en weer opgerold. Met gebruikmaking van de daarbij opgedane ervaringen en aan het licht gekomen onvolkomenheden werd inmiddels een tweede proefzinkstuk gemaakt van  $\pm 100 \times 30$  m en op de rol aangebracht.

De werkzaamheden aan de bouwput in het werkeiland Noordland voor de daar te bouwen sluis vonden normaal voortgang. In totaal is nu ca. 800 000 m<sup>3</sup> zand uit de bouwput ontgraven, door de cutterzuiger Beverwijk 54. Het uitkomende zand werd grotendeels in de westelijke en oostelijke ringdijk verwerkt.

De gehele verdediging van de westelijke ringdijk is voltooid. De verdediging van de oostelijke ringdijk kwam tot N.A.P. + 3 m gereed, uitgezonderd een gedeelte voor het doorbaggeren en uitvaren met de cutterzuiger. Het gedeelte van de bodembescherming in de Roompot bestaande uit met fosforslakken afgestorte zoolstukken kwam gereed.

Ten behoeve van de kabelbaan werden inmiddels in totaal 5 palen ingeheld, waarvan 4 in de Hammen en 1 in de Schaar van Roggenplaat. Op de 4 palen in de Hammen werden pylonen geplaatst en vastgelast en daarna voorzien van een pyloonkop met toebehoren

**Verantwoording van de foto's**

R. Beijerbergen 335-339

A. A. Andriessen 339.

