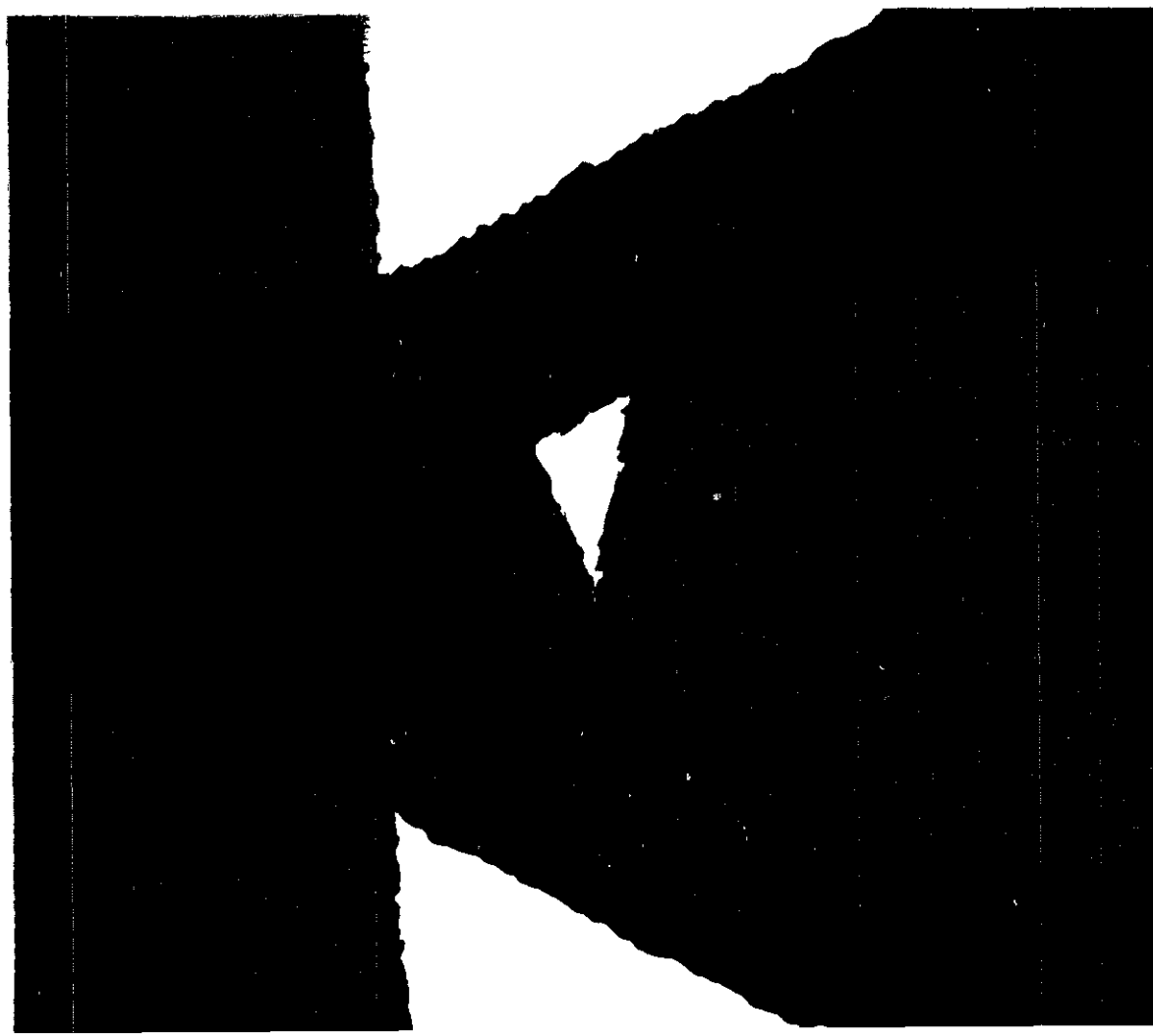


Driemaandelijks Bericht
nummer 103, februari 1983

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr Plantijnstraat 1
2515 TZ 's-Gravenhage
Telefoon. 070-78 99 11

De prijs bedraagt f 27,- per jaar
of f 7,- per nummer

Inhoud

Themanummer Oosterscheldekering

Inleiding 123

Maatvoering 131

Ontwerp en bouw van het bijzondere
materieel 138

Proeven met de werkschepen 146

Meetactiviteiten 154

Voorspellingssystemen 160

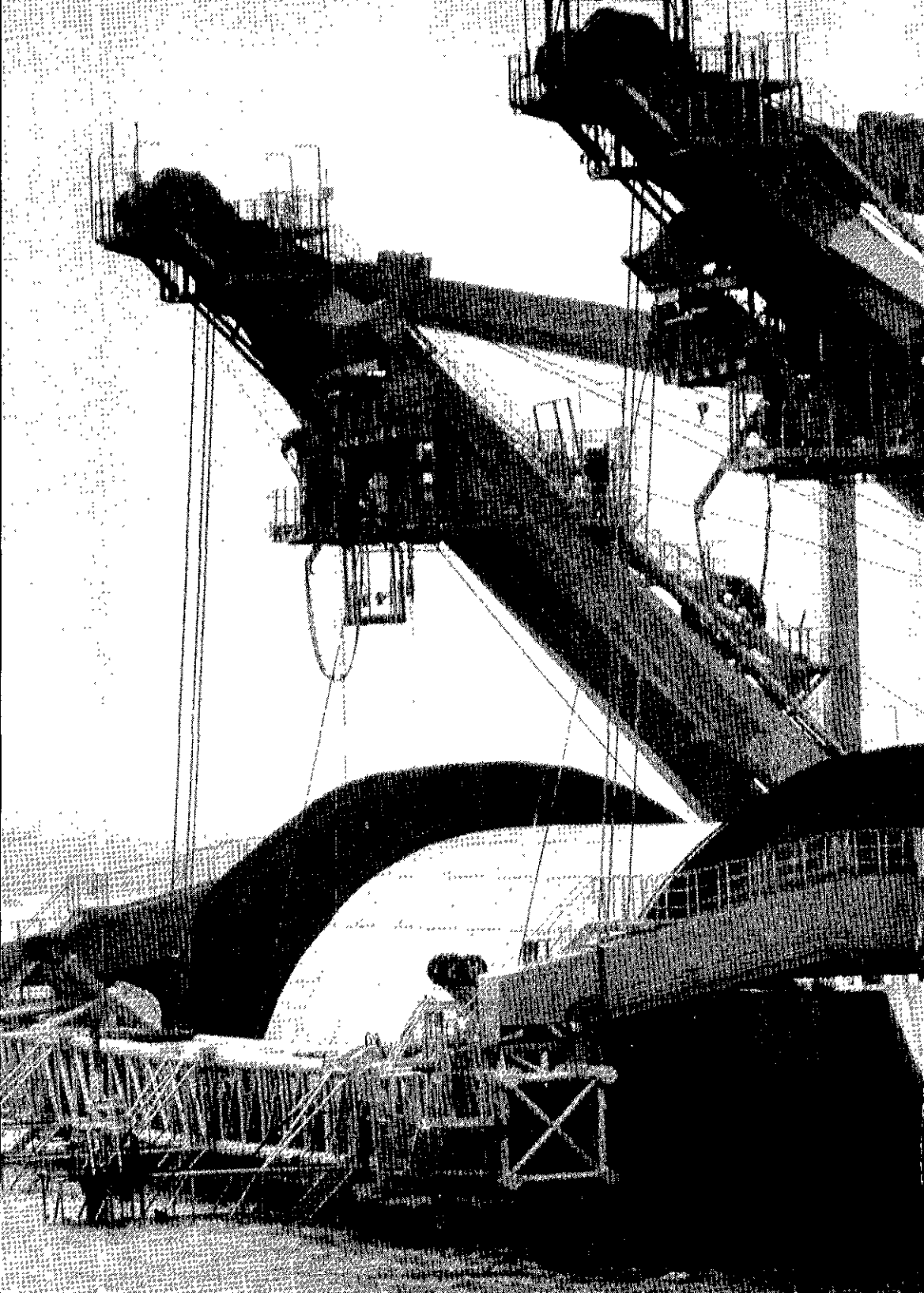
Technische uitvoering en contractvorm 165

Kostenbewaking en planning 174

Epiloog 176

Samenvatting/Summary 177

Vorderingen 180



Inleiding



'... die zal bij eenen dwazen man vergeleken worden, die zijn huis op het zand gebouwd heeft. En de slagregen is nedergefallen en de waterstromen zijn gekomen en de winden hebben gewaaid en zijn tegen dat huis aangeslagen en het is gevallen en zijn val was groot.'

Dit 2000 jaar oude citaat verwoordt op onnavolgbare wijze de situatie waar iedere ontwerper van een 'op staal' gefundeerde constructie beducht voor is. Verlies van stabiliteit door erosie of onvoldoende draagkracht van de ondergrond, is een gevreesd fenomeen dat reeds vele rampen heeft veroorzaakt. Ook de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde wordt op zand gebouwd. Hij moet waterstromen kunnen keren en door hevige winden veroorzaakte golven weerstaan. Waarom dan funderen op zand? Moet de ontwerpers onwetendheid of grenzeloze hoogmoed verweten worden? Nee, geen van beide.

In tegenstelling tot wat in vroeger tijden mogelijk was, kan heden te dagen grond, en dan met name zand, gebruikt worden als constructiemateriaal, zij het met inachtneming van speciale maatregelen. De vóórbehandeling die zandgrond moet ondergaan om als betrouwbare onderdeel van een waterbouwkundig werk te kunnen fungeren, vereist speciaal ontworpen en gebouwd materieel. Maar niet alleen het materieel dat de zandbodem verandert is kenmerkend voor de bouwwijze van de stormvloedkering. Als een rode draad herkent men, door het gehele ontwerpproces, het principe van prefabricage. Bij de uitvoering heeft dat tot gevolg dat een keur van speciaal voor dit doel ontworpen montage materieel wordt ingezet. Ook het bestaande landmeters-

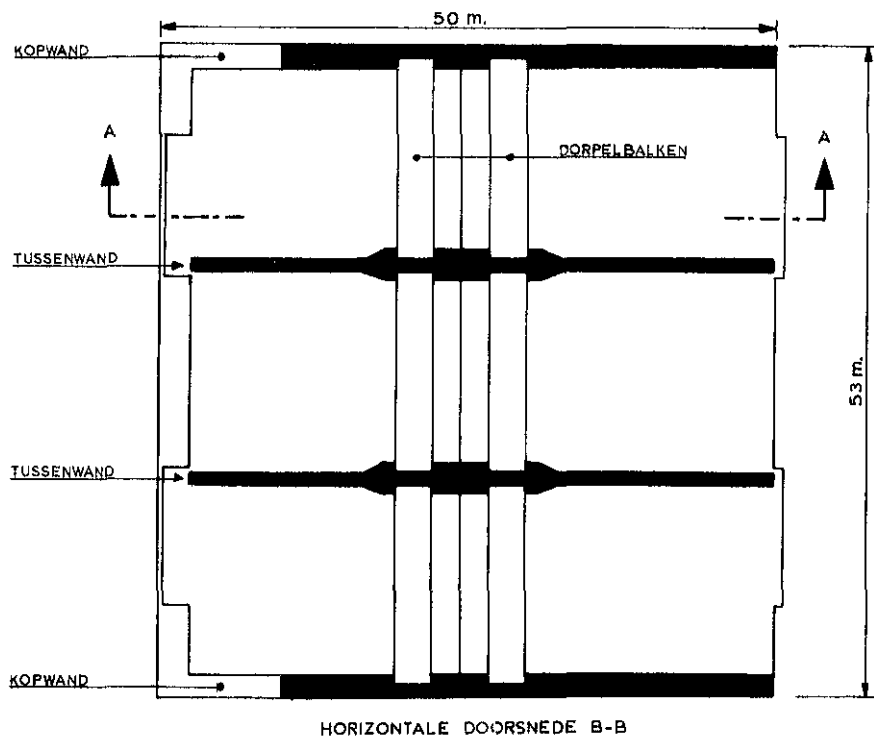
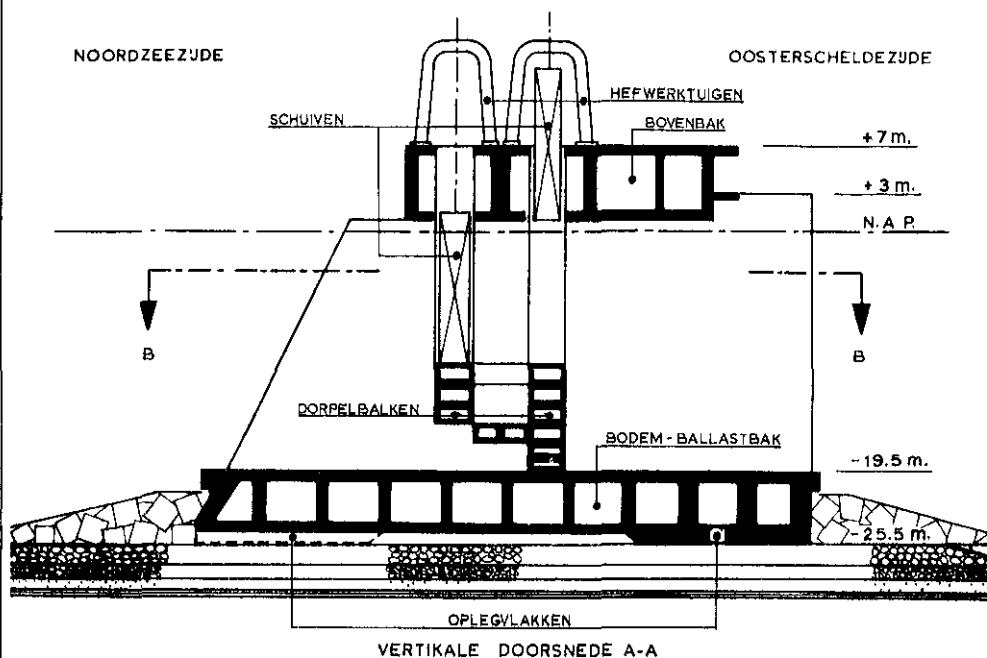


Fig. 1. Het oudste uitgewerkte ontwerp voor de Oosterscheldekering: Caissons, gefundeerd op staal.

instrumentarium was niet meer toereikend om te voldoen aan de hoge eisen van plaatsingsnauwkeurigheid die onder meer voortvloeden uit het bouwen op zand. Daarom moest ook geavanceerde meet- en controleapparatuur worden ontwikkeld en geïnstalleerd. Een science-fiction-achtig ogend bedrijf, met enkele hypergevoelige onderdelen, was het gevolg. Deze aflevering van het Driemaandelijks Bericht hoopt U enig inzicht te verschaffen in de redenen die hebben geleid tot het ontwerp zoals dat nu wordt uitgevoerd. U zult worden rondgeleid in het magazijn van bijzonder materieel dat nodig is om de zandgrond te veranderen in rots, en de onderdelen van de bouwdoos samen te voegen tot een harmonisch bouwwerk.

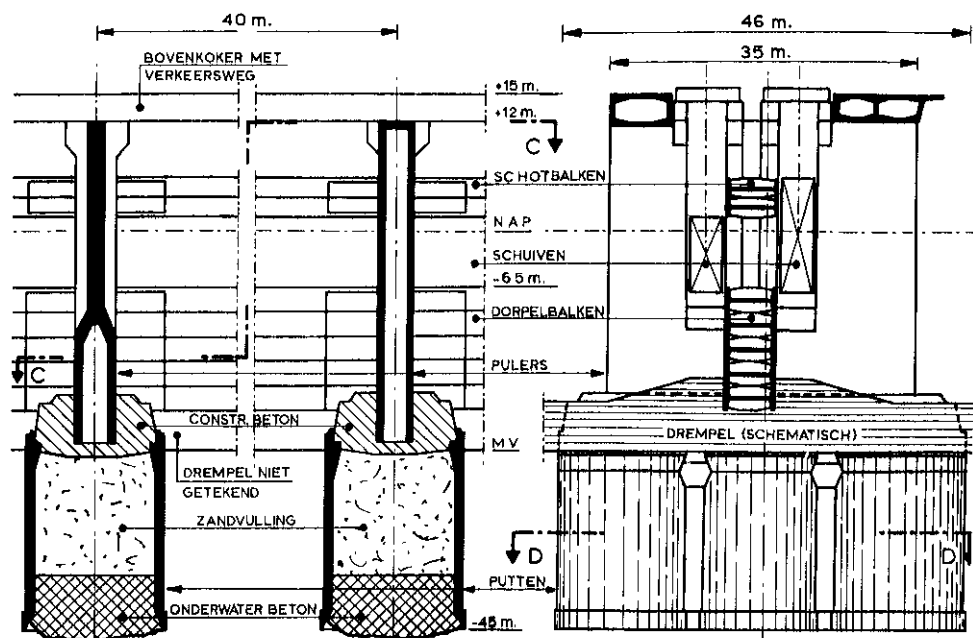
Historische ontwikkeling

De stormvloedkering kan, eenvoudig gezegd, in twee standen staan: open of dicht. Het kunstwerk heeft dan ook een dubbele functie. Normaliter werkt het als getijreductor, maar bij storm als volledige afsluiter van de Oosterschelde. De ontwikkeling van het ontwerp is hoogst curieus. De stormvloedkering heeft in de ontwerpfase een aantal vormen gekend die fundamenteel van elkaar verschilden. In 1973 stelde de door de regering ingestelde commissie-Klaasesz voor, een stormvloedkering te bouwen in een bouwput op het werkeiland Neeltje Jans; 'in den droge' dus. Dit maakt, onder geheel beheersbare omstandigheden, een zeer nauwkeurige bouw mogelijk. Deze wijze van bouwen kon echter helaas niet gerealiseerd worden, omdat ze de morfologie, en daarmee het ecologische systeem van het westelijke gedeelte van de Oosterschelde

rigoreus zou wijzigen en daarmee veroorzaken wat ze moest voorkomen: aantasting van het milieu. Honderden miljoenen kubieke meters zand zouden gebaggerd moeten worden om deze stormvloedkering tenslotte weer aan te doen sluiten op de bestaande stroomgeulen; ook dit strookte niet met het beoogde milieu-behoud. Na veel discussie prevaleerde de oplossing, in de bestaande sluitgaten Roompot, Schaar van Roggenplaat en Hammen een afsluitbare constructie te bouwen, en de werkeilanden als permanente, ondoorlatende delen in de totale waterkering op te nemen. Bouwen, vooral in het water, is een activiteit waarvan de voortgang in hoge mate bepaald wordt door de meerdere of mindere goedgunstigheid van de natuur. Geen wonder dat bouwers proberen hun afhankelijkheid van de natuur te verminderen. Een waterbouwer probeert dan ook in water te bouwen, maar zo min mogelijk tijd op het water te verdoen. Wat is dan aantrekkelijker dan in een beschutte omgeving alle belangrijke onderdelen reeds samen te brengen in één constructie, en die vervolgens in zijn geheel af te zinken ter bestemde plaatse?

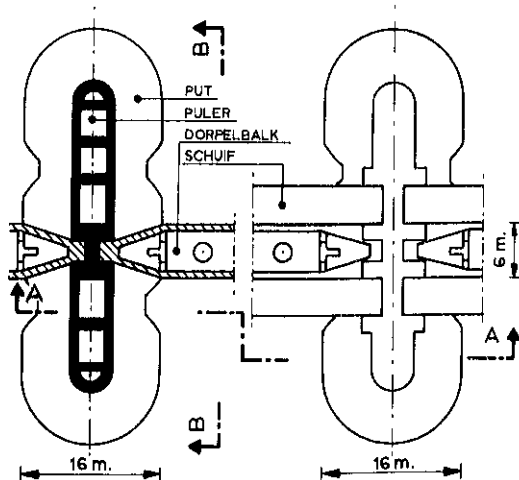
Een stormvloedkering bestaande uit een aantal caissons waarin alle belangrijke onderdelen aanwezig zouden zijn, gooide aanvankelijk dan ook hoge ogen. Temeer omdat men daar al veel ervaring mee had: de Zandkreek, het Veerse Gat, het Volkerak, het Brouwershavense Gat en de Lauwerszee waren alle met caissons gesloten. Deze caissonsluitingen hadden echter een zeer tijdelijke functie: na afsluiting van het gat volgde onmiddellijk een volledige inpakking in zand. Juist het blijvende karakter van de stormvloedkeringscaissons introduceerde echter een onoplosbaar probleem in het zandige milieu van de Oosterschelde. De stortstenen drempel die moest dienen als fundering van de caissons kon niet zo worden gemaakt, dat het zand onder de drempel bij de waterstandsverschillen die tijdens storm over de stormvloedkering ontstaan, kon worden vastgehouden. De mogelijke inzanding van de drempel tijdens de opbouw zou, na uitspoeling als gevolg van de grote waterstandsverschillen, ontoelaatbare vervormingen en daarmee desastreus grote krachten in de caissonconstructie hebben opgeroepen. Bij doorgaan op deze weg zou het eerder aangehaalde Bijbelcitaat onvermijdelijk van toepassing zijn geworden.

Het fundament werd toen dieper gezocht en men begon te denken aan caissons op putten: grote betonnen ringen, zo diep in de grond ingegraven dat de vaste grondslag werd bereikt, het reeds duizenden jaren geleden

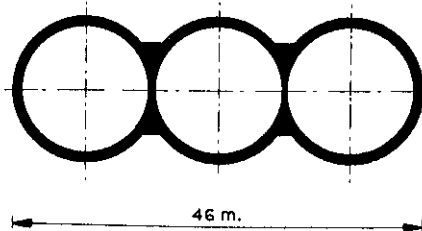


DOORSNEDE A-A
(PUT EN PIJLER)

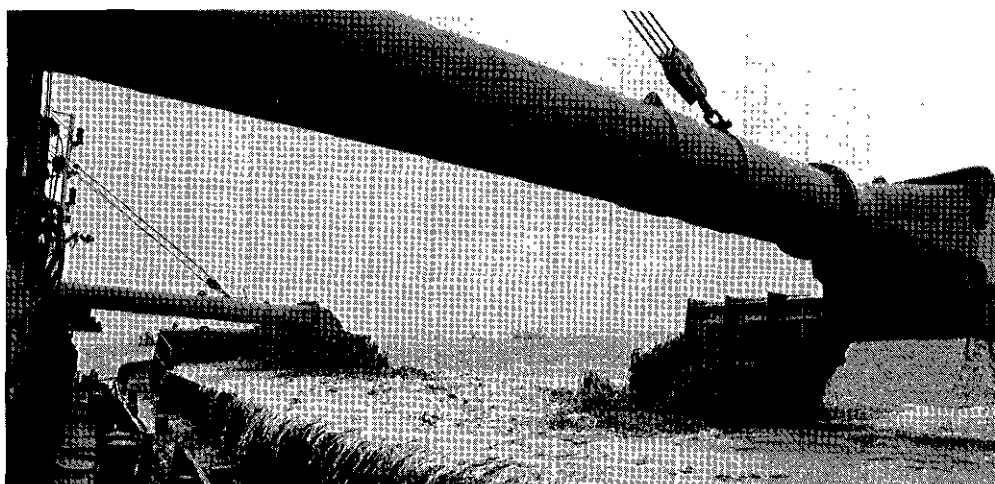
DOORSNEDE B-B
(DORPELBALKEN EN BOVENKOKERS)



DOORSNEDE C-C
(PULER EN SCHUIF)



DOORSNEDE D-D
(PUT)



Grondverbetering met de
'Sliedrecht 27'.

Fig. 2. Een geheel nieuwe
opzet: Pijlers op putten

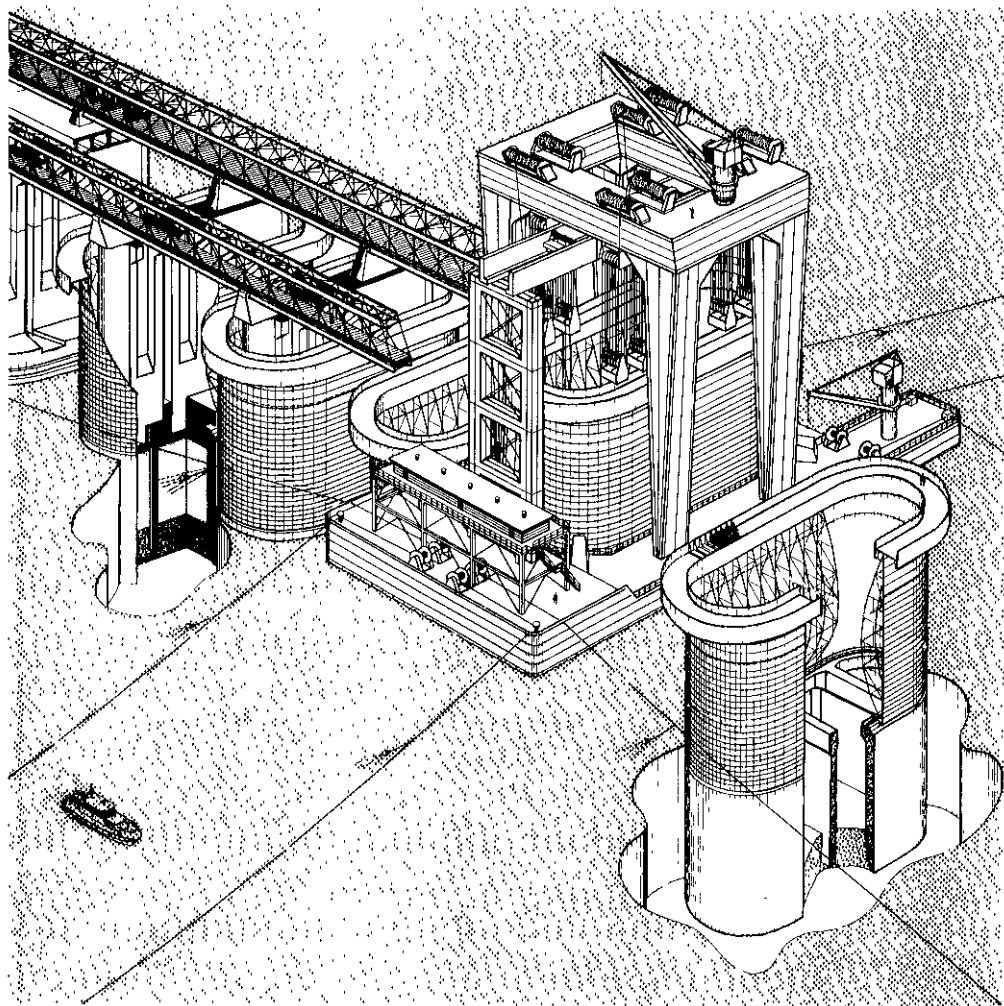
afgezette Pleistoceen. De tijd die de bouwers op het water zouden moeten verblijven nam bij dit ontwerp wel schrikbarend toe. Doorslaggevend waren echter de te hoog oplopende kosten. Inmiddels waren ook andere mogelijkheden onderzocht die min of meer haalbaar werden geacht.

Om een lang verhaal kort te maken: de putten-fundering bleef, maar de caissons verdwenen. In plaats daarvan zouden de putten verbonden worden met pijlers, waarin beweegbare schuiven hun geleiding en betonnen balken en verkeerskokers hun ondersteuning zouden vinden. De pijlers-op-putten-oplossing was geboren. Het idee van vrijwel volledige prefabricage werd echter verlaten. Wel zouden de elementen op het land gebouwd moeten worden, maar de samenbouw zou op het water plaats vinden. De putten zouden, met de erop

vastgemaakte tijdelijke bouwkuipen, door een speciaal daarvoor ontworpen hefschip verplaats worden. Het eerste stuk bijzonder materieel verscheen in de plannen.

In het sluitgat werd de putring in de grond gebracht door de grond binnen de put weg te graven; door het grote gewicht van de put zouden de scherpe putranden vanzelf de grond indringen. Deze techniek is niet nieuw, en er bestaat redelijk wat ervaring mee, ook in Nederland, maar dan met kleinere putten, zoals bijvoorbeeld bij de Zeelandbrug. De geprefabriceerde pijlerwand zou na afloop van deze operaties in de drooggepompte bouwkuip gehesen worden, en met veel gewapend beton aan de putring worden vastgemaakt. Uit grondmechanische onderzoeken kwam echter naar voren dat weliswaar de verticale krachten goed werden doorgegeven naar de vaste zandlagen, maar dat het veel losser gepakte holocene zand daarboven onvoldoende steun gaf tegen de horizontale krachten, afkomstig van waterstandsverschillen en golven. De constructie liep gevaar te kantelen en daarmee in samenhang dreigden vervormingen van de schuiven en balken. De beste maatregel daartegen bleek verdichting van het holocene zand, zodat de funderingseigenschappen op die van het Pleistoceen zouden gaan lijken.

Ook naast de bodembescherming aan weerszijden van de stormvloedkeuring, waar het holocene zand bloot ligt, moest het bodemmateriaal worden verdicht. Het eroderende geweld van het stromende water veroorzaakt daar anders ontgrondingen. Op zichzelf is dit niet ernstig, maar het holocene zand is zo losgepakt dat er zettingsvloeiingen in kunnen optreden, die uit stabiliteitsoverwegingen tot



elke prijs moeten worden voorkomen. De totale hoeveelheid verdichtingswerk werd al met al zo groot, dat het loonde een speciale verdichtingsponton te bouwen: het tweede stuk bijzonder materieel was geboren. Zand verdichten gaat echter niet zonder meer. Een te groot percentage slib of de aanwezigheid van kleilaagjes verhindert een goede verdichting. Uitgebreid grondonderzoek toonde aan, dat het te verdichten zand op de plaats waar de stormvloedkering moest komen te veel verontreinigd was. Een grondverbetering moest dus aan het verdichten voorafgaan. Het bestaande slechte zand zou vervangen moeten worden door schoon zand.

Nieuw materieel was hiervoor niet nodig. Een paar aanpassingen in het zuigsysteem van de cutterzuiger 'Sliedrecht 27' waren voldoende om het vervuilde zand te kunnen verwijderen

Fig. 3. Fantasiebeeld van het werk in de sluitgaten volgens het – inmiddels verlaten – ontwerp 'pijlars op putten'

Onderhoudswerkzaamheden aan boord van de verdichtingsponton 'Mytilus'

zonder de daaronder liggende zandlagen te verstoren. Wel werd daarmee de nieuwe techniek van het 'stofzuigen' of 'dustpannen' geïntroduceerd.

Na het verdichten is grondonderzoek van de verdichtingskwaliteit onontbeerlijk. De daarvoor ontwikkelde duikerklok is het derde stuk speciaal gereedschap dat bij de bouw van de stormvloedkering gebruikt wordt. Nu verdichting als kwaliteitsverbetering in het plan was opgenomen kwam de vraag op of de putringen nog wel zo diep in de bodem ingegraven moesten worden. Het ontkennende antwoord daarop leidde tot reductie van de hoogte van de putringen.

Bezwaarlijk waren en bleven de tijdelijke bouwkuipen bovenop de ringen. Allereerst waren ze nogal gevaarlijk voor de mensen die erin moesten werken. Tijdens storm zouden de golven over de kuiprand heen kunnen slaan. Daarvoor werden de kuipranden erg hoog gemaakt. Er zouden vijf kuipen gebruikt worden, die steeds verplaatst werden, naarmate het werk vorderde. Deze kuipen waren echter zo groot dat er door stroming en golven enorme krachten op zouden worden uitgeoefend. Op zichzelf waren ze onvoldoende stabiel. De koppelconstructies die ontworpen werden om ze aan elkaar vast te maken, werden ook door golven en stroom aangevallen en moesten daardoor zo zwaar worden uitgevoerd dat ze wel tussen twee kuipen vast te maken waren, maar na een storm, die de kuipen en ringen iets verplaatsen zou, niet meer losgemaakt zouden kunnen worden.

De kosten om ook dit probleem te ondervangen werden zo exorbitant groot, dat van het idee moest worden afgestapt. Dit kon ook, omdat de inzichten over de verwachte kwaliteit van de

grondslag zo waren toegenomen dat met vertrouwen gezegd kon worden: maak de putringen en de pijler reeds van tevoren aan elkaar vast en zet ze als een geheel met het hefschip op hun plaats. Zo is het huidige pijler-ontwerp ontstaan.

De mate van prefabricage nam weer toe, maar het onderloopsheidprobleem, dat ook al speelde bij de caissons, kwam weer terug. Het was geheel in de lijn van de prefabricage-gedachte om dit probleem op te lossen met behulp van een filterconstructie, die gemaakt zou worden op de wal en in zijn geheel op de plaats van bestemming zou worden afgezonken. De filtermat deed zijn intrede in het ontwerp. Inzanding van dit essentiële funderingsdeel was daarmee uitgesloten. Nu kan de vraag worden gesteld of men, op dit punt gekomen, het caissonontwerp niet weer uit de kast had moeten halen. Deze vraag heeft de gemoederen korte tijd bezig gehouden. Het was echter allerminst zeker dat de problemen die aan caissons kleefden, minder groot waren dan waarmee het pijlerontwerp was behept. Doorslaggevend was de overweging dat het overgaan op een zo geheel andere ontwerpconceptie de voortgang van het lopende ontwerp-proces zou verstoren, met als gevolg ernstige vertragingen in het gereedkomen van het ontwerp. Bouwen is immers aan de ene kant techniek, maar aan de andere kant management. De gedachte om de onderste lagen van het filter in matvorm te prefabriceren was ingegeven door de bodemverdediging van blokkenmatten, waarvan op dat moment reeds meer dan een vierkante kilometer gelegd was. Dat deze filtermatten netjes vlak neergelegd dienen te worden, maakte het 'dustpanproces' tot de aangewezen methode om de zandbodem met



minimale verstoring van de verdichte ondergrond vlak te zuigen. Het grootste speciale werktuig, de filtermattenlegger, was daarmee *een feit geworden*. Omdat vlakzuigen en matleggen vlak na elkaar moet gebeuren combineert deze ponton beide functies: aan de voorzijde is hij voorzien van een dustpansysteem zoals de 'Sliedrecht 27' bij de grondverbetering gebruikte, alleen aanmerkelijk groter; aan de achterzijde lijkt hij op de blokkenmatlegger. Nog was het onderloopsheidprobleem niet geheel opgelost. Indien de matten overlappend neergelegd worden zal er vrijwel zeker een spleet ontstaan in de bodembedekking – de overlappende mat kan niet zo goed aansluiten op de bodem –, juist op een plaats waar dit hoogst ongewenst is.

Tussen de pijlers treden de grootste statische drukkrachten in de fundering op. Uitspoeling van het zand onder en tussen deze overlap zou het gevolg zijn. De matten worden daarom expres op enige afstand van elkaar gelegd. De overblijvende strook zand wordt afgedekt met een losgestort filter dat uit een mengsel van zand en grind bestaat. Om ontmenging tijdens het storten van dit mengsel zoveel mogelijk tegen te gaan, is een kleine storthoogte boven de bodem geboden. Een ponton brengt als negatieve overlapstort met behulp van een speciaal ontwikkelde rolstrooier dit filtermateriaal tussen telkens twee matten aan. De stormvloedkering moet men zich voorstellen als een serie van 67 schuiframen, waarvan de sponningen in de losstaande pijlers zijn aangebracht. Dit vereist noodzakelijkerwijs een zeer nauwkeurige plaatsing. De schuiven mogen uiteraard niet klemlopen. Daaruit vloeit hoge plaatsingsnauwkeurigheid voort, waarvoor zeer nauwkeurige plaatsbepalings- en controle-apparatuur benodigd is. Het bijzondere materieel heeft deze geavanceerde apparatuur dan ook aan boord; heel wat ruimte wordt in beslag genomen door computers. Het aanzandingsprobleem wordt met *diverse hulpvaardigheden te lijf gegaan*, terwijl voor de controle van kritieke plaatsen een onbemand inspectie-voertuig ontworpen is, voorzien van televisiecamera's en zanddetectors.

Bij de montage van geprefabriceerde elementen hoort ook dat er een stelbaarheid is voor de pijlers. De oplossing werd gevonden in, alweer, matten. Matten bestaande uit betonblokken van verschillende dikte worden door het aangepaste blokkenmatschip als onderlegplaatjes neergelegd, indien uit de opmeting van de filtermatten blijkt, dat de pijler niet voldoende recht zou staan zonder zulke stelplaten

Daarvoor moest weer een speciaal vaartuig aan de vloot worden toegevoegd. Zowel het hefschip als deze tegelmatlegger moeten zeer nauwkeurig boven de pijlerlocatie gemanoeuvreed worden. Daarvoor is de hulp nodig van een grote opschoon- en afmeerponton. Omdat al het zand op de filtermat onaanvaardbaar is, is ook deze ponton voorzien van een stofzuigermond. Vlak voordat de tegelmat of de pijler wordt geplaatst, maakt de ponton de betreffende plaats met zijn dustpanmond zandvrij. Na de plaatsing van de pijlers moeten de betonbalken, de verkeerskokers en de schuiven worden gemonteerd. Voorzien van de nodige aanpassingen, zal een al bestaande grote hefbok gebruikt worden.

Rondom en tussen de pijlers moet een stortstenen drempel aangebracht worden, die bestand is tegen het geweld van het door de kering stromende water, zowel in de dagelijkse situatie, als in het geval dat er tijdens storm bij het sluiten van de kering eens een schuif open blijft staan. Voor de plaatsing van de zeer grote stenen die hiervoor nodig zijn is een laatste stuk bijzonder materieel in ontwikkeling: de topaagstorter. Hij bestaat uit een hydraulische kraan met een bijzondere arm en een stortbak, waarmee hij grote stenen valklip de betonnen pijlers en balken kan aanbrengen. De stenen van een meer gebruikelijk formaat zullen aangebracht worden met normale steenstorters, die echter zelfvarend zullen zijn om een flexibele inzet mogelijk te maken.

De volgende hoofdstukken van dit themanummer geven meer inzicht in de aspecten van het werk die door de hier beschreven principeoplossing van het Oosterschelde-vraagstuk onontwikkeld worden. Hoe het tolerantievraagstuk tegemoet wordt getreden, is onderwerp van het nu volgende artikel.

Daarna worden ontwerp en bouw van de werkschepen behandeld, dat wil zeggen in algemene en organisatorische zin. Een *technische beschrijving van het Rijksmaterieel* is verspreid over het themanummer te vinden. Proeven met de werkschepen worden behandeld in het vierde artikel. Daarna gaat het over meetactiviteiten – een uiterst gevoelig onderdeel van de uitvoering – en voorspellingsystemen. *Technische en financiële aspecten* volgen, en een epiloog rondt het verhaal af.

In de inleiding tot deze aflevering is uitgelegd waarom bij het ontwerp van de stormvloedkering in de Oosterscheldemonde is gekozen voor een grote mate van prefabricage. Een zo opgezet ontwerp stelt bijzondere eisen aan de maatvoering. Dit geldt bij de uitvoering, maar ook al bij de onderlinge afstemming van uitvoering en ontwerp is het noodzakelijk de problemen in verband met de maatvoering systematisch te analyseren en op te lossen.

Maatvoering

Het samenstellen van de constructie uit geprefabriceerde onderdelen impliceert dat er voegen komen tussen de onderdelen, bijvoorbeeld tussen de pijlers en de schuiven, en tussen de pijlers en de andere betonelementen. Zowel de functionele eisen die in de operationele fase aan de constructie zullen worden gesteld, als de monteerbaarheid leggen aan deze voegen beperkingen op: er is een maximale voegtolerantie. De grootte van de voegtoleranties wordt bepaald door de fabricage- en plaatsingstoleranties van de samenstellende delen. Nu dienen de in een bouwproces onvermijdelijke onnauwkeurigheden en maatafwijkingen kleiner of hoogstens gelijk te blijven aan de berekende toleranties. Met andere woorden: maatafwijkingen en toleranties moeten onderling op elkaar afgestemd worden. Bij de Oosterscheldedeking heeft deze afstemming plaatsgevonden door ten aanzien van de toleranties ontwerpuitgangspunten vast te stellen, en bij de uitvoering een keuringsstrategie te ontwikkelen, dus een soort kwaliteitscontrole.

De uitwerking daarvan is tot stand gekomen in onderling overleg tussen de ontwerp- en uitvoeringsteams van de opdrachtgever, de Rijkswaterstaat, en de aannemer, Dosbouw. Op beide aspecten gaan we nu kort in.

Toleranties

Het tolerantieprobleem van de kering in het ontwerpstadium is in hoofdlijnen als volgt aangepakt. De oorzaken van maatafwijkingen bij het samenbouwen van de kering werden geïnventariseerd. Voorts werden de uitgangspunten vastgesteld, die moesten gelden bij het samenstellen en beoordelen van maatafwijkin-

gen en toleranties. Ook is de invloed bepaald die de meetprocedures zouden hebben tijdens de uitvoering, en werden de maatregelen geïnventariseerd die men zou kunnen nemen bij tegenvallers in de uitvoering. In het volgende worden deze punten breder behandeld. Bij elk onderdeel kunnen plaatsings- en fabricageafwijkingen optreden. Op hun beurt worden deze afwijkingen voor een belangrijk deel veroorzaakt door uitzet- en meetfouten. Afwijkingen in de positie van de pijlers kunnen bijvoorbeeld worden veroorzaakt door afwijkingen in de bouwphase zowel als in de eindfase. Er kunnen fouten worden gemaakt bij de fabricage van de pijlers in de bouwdoeken, en er kunnen onvlakheden voorkomen in de ondergrond van de definitieve locatie.

Voordat de funderingsmatten worden gelegd, wordt de bodem zo vlak mogelijk gezogen. Door verschillende oorzaken, zoals mors, meet- en instel-onnauwkeurigheden, is het niet mogelijk het funderingsbed volledig vlak op te leveren. Om de vlakheid te verbeteren wordt een soort contramal gemaakt van twee tegelmatstroken. De resterende onvlakheid wordt dan voornamelijk bepaald door de meet-onnauwkeurigheid bij het vaststellen van de benodigde contramal. Het is ook mogelijk dat er fouten worden gemaakt bij het plaatsen van de pijlers, door onnauwkeurigheden in het plaatsbepalingssysteem en het positioneren met het ankerdradensysteem, en door de bewegingen van de pijler en het hefschip als gevolg van stroom en golven. Afwijkingen in de eindfase zullen vooral veroorzaakt worden door zettingen als gevolg van het uitspoelen van de zandlagen. Vóór het leggen van de tweede funderingsmat en de tegelmat en vóór het plaatsen van de

pijler is het noodzakelijk alle aanzandingen te verwijderen. In werkelijkheid zal dat niet helemaal lukken. De resterende zandlaagjes blijven in eerste instantie achter tussen de verschillende matten en onder de pijler. In een later stadium, als de kering operationeel is, kunnen deze zandlaagjes uitspoelen en zettingen veroorzaken. Maar ook los daarvan kan er zetting optreden van de fundering, afhankelijk van de samenstelling en de mate van verdichting van de ondergrond en van de optredende belastingen. Maatafwijkingen in de schuiven worden daarentegen veroorzaakt door fabricagefouten en door ongelijkloop van de schuiven. Iedere schuif is aan twee zijden opgehangen, en wordt daar aangedreven door hydraulische cilinders.

Ondanks een verfijnde meet- en regeltechniek kan het zijn dat de bewegingen niet volledig gesynchroniseerd worden, met als gevolg kleine toevallige rotaties in het vlak van de schuif.

De maatafwijkingen bij de overige betonelementen worden veroorzaakt door fabricagefouten en plaatsingsfouten bij de montage.

Voor de funderingsmatten geldt, dat maatafwijkingen in het horizontale vlak bepaald worden door plaatsingsfouten. Maatafwijkingen in het verticale vlak zijn reeds genoemd bij de bespreking van de pijler.

Bij het ontwerp is aangenomen dat alle maatafwijkingen statistisch verdeeld zijn, met een normale verwachtingswaarde en standaardafwijking. Maatafwijkingen met verschillende oorzaken worden samengesteld volgens de waarschijnlijkheidsteorie; daarbij wordt gebruik gemaakt van de foutenvoortplantingswet. Er wordt onderscheid gemaakt tussen maatafwijkingen die tijdens de bouwfase optreden, en andere die pas merkbaar worden in de eindfase, wanneer de kering klaar is. Niet alle toleranties mogen dus tijdens de bouw worden verbruikt; een vast en van te voren bepaald gedeelte moet in reserve worden gehouden voor de eindfase. Als karakteristieke waarde voor de samengestelde toleranties wordt de 95% betrouwbaarheidsgrens aangehouden; dat wil zeggen dat er niet meer dan 5% kans is dat een afwijking buiten het keuringsinterval komt te liggen. Het belangrijkste onderdeel van het tolerantieprobleem vormt de benodigde breedte van de schuifgeleidingen, omdat de schuiven zowel in gesloten als in geopende toestand te allen tijde moeten passen in de geleiding. In het ontwerp is de geleiding zo breed mogelijk gemaakt, al zijn er beperkingen, voornamelijk ten gevolge van de technische

mogelijkheden bij de fabricage. Indien alle onderdelen van de kering onafhankelijk zouden worden uitgevoerd, dan zou bij het samenstellen blijken dat er zeer grote voegtoleranties nodig zijn, op grond van de geschatte normen voor de maatafwijkingen. De breedte van de schuifgeleiding zou bijvoorbeeld oplopen tot 2 meter. De onderdelen worden daarom niet geheel onafhankelijk van elkaar uitgevoerd. De uitvoering duurt per pijlerlocatie enkele jaren. Dit maakt het mogelijk een deel van de afwijkingen die in het bouwproces blijken op te treden, in te meten en te corrigeren in de lengte van schuiven en betonelementen. Praktisch betekent dit dat de afwijkingen die zijn opgetreden tot en met het plaatsen van de

Onderdelen	soort fout
Pijler	
onderzijde billen	fabricage meten
onderstoel schuifgeleidingen	fabricage meten
hart schuifgeleidingen	fabricage meten
aanslagvlakken betonelementen	fabricage meten
Betonelementen	
lengte elementen	fabricage meten
hoogte hamerstukken	fabricage meten
hart oplegvlakken	fabricage meten
Lengte schuiven	
	fabricage meten
Fundering	
na leggen bovenmat (incl. zand)	fabricage meten
na leggen tegelmat (incl. zand)	fabricage meten
uitspoelen zandlaagjes	deformaties
Plaatsen pijlers	
meten tijdens plaatsen	fabricage meten
meten na plaatsen	meten

Tabel 1. Absolute waarden van de verwachte maatafwijkingen.

pijler, nog gecorrigeerd kunnen worden. Bij de schuiven en dorpelbalken vindt de aanpassing plaats in variabele eindstukken, bij de bovenbalken en verkeerskokers beschikt men over een variabele voeg tussen twee eerder gemaakte halve elementen. Door de schuiflengte te baseren op de gemeten afstand tussen twee pijlers is het mogelijk gebleken de voor de schuifgeleiding benodigde breedte terug te brengen tot 90 cm.

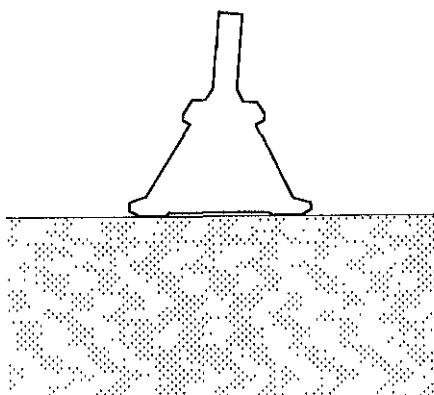
Behalve de mogelijkheid tot afkeuren van de onderdelen en tot herhaling van deelprocessen die tot maatafwijkingen hebben geleid, biedt het ontwerp nog enkele mogelijkheden tot correctie. Om de pijlers voldoende vlak of op hoogte te krijgen kan één van de volgende maatregelen worden genomen, of ook een

combinatie ervan: het aanbrengen van een extra bovenmat, plaatselijke of algehele verdunning van de bovenmat, en het plaatselijk verzwaren of weglaten van de tegelmat. De toleranties in de schuifgeleidingsbreedte kunnen zonodig nog worden vergroot door de aanslagen over de houtverbindingen te laten gaan (figuur 2, 3), of door de helling van de aanslagen op de schuif evenwijdig te maken aan de helling van de pijler. Wel zal de eerstgenoemde maatregel leiden tot meer onderhoud en eerdere vervanging van de schuifaanslagen. Ook verruiming van de toleranties in de voegen tussen bovenbalk en verkeerskoker enerzijds en pijler anderzijds is mogelijk. Dat kan bereikt worden door opvijzelen en herplaatsen van die onderdelen en eventueel

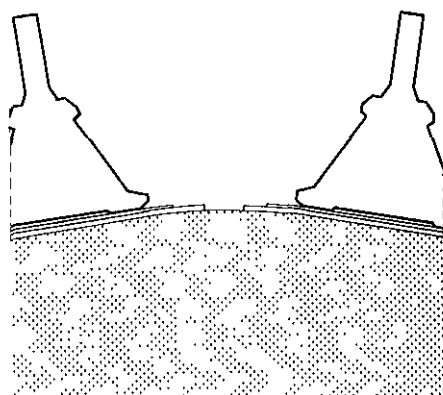
translaties in mm						rotaties in mm/m					
x		y		z		ϕ_x		ϕ_y		ϕ_z	
μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
0	15	0	15	0	5	0	.3	0	.15	0	—
0	3	0	3	0	1.5	0	.1	0	.05	0	—
0	8	0	8	0	—	0	—	0	—	0	.3
0	3	0	3	0	1.5	0	.1	0	.1	0	.1
0	5	0	5	0	0	0	.2	0	.1	0	.3
0	3	0	3	0	1.5	0	—	0	—	0	—
0	15	0	15	0	15	—	—	—	—	—	—
0	3	0	3	0	3	—	—	—	—	—	—
—	—	0	20	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0	3	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0	15	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0	1.5	—	—	—	—	—	—
0	15	0	15	0	15	—	—	—	—	—	—
0	3	0	3	0	1.5	—	—	—	—	—	—
0	—	0	5	0	5	0	.2	0	—	—	—
0	1.5	0	1.5	0	1.5	0	—	0	—	—	—
0	150	0	150	0	80	0	9.1	0	3.6	0	9
0	180	0	250	0	50	0	1.9	0	1	0	5
0	150	0	250	0	50	0	2.1	2	1.1	0	7
0	180	0	180	—	—	—	—	—	—	0	5
—	—	—	—	12	13	.8	1	.4	.5	—	—
0	150	0	150	—	—	—	—	—	—	0	2.1
0	18	0	18	0	13	0	.1	0	.1	0	1.3
0	15	0	11	0	11	0	.1	0	.1	0	.7

Verklaring der symbolen: μ : verwachtingswaarde, oftewel de meetwaarde die met een kans van 50% wordt onder- of overschreden. σ : standaardafwijking, een maat voor de spreiding van de waarden. x en y : coördinaten in het horizontale vlak; x staat loodrecht op de as van de kering ; y is er evenwijdig aan. z : coördinaat in het verticale vlak. ϕ : mate van scheefstand.

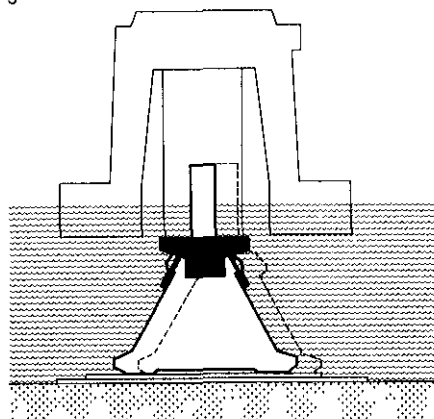
1



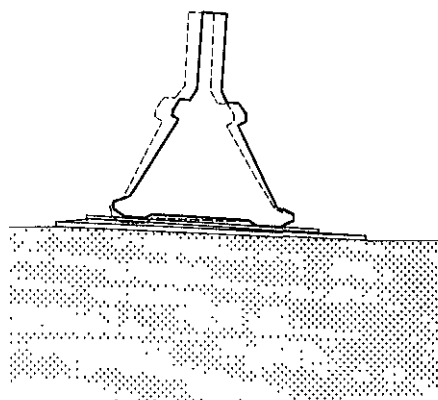
2



3



4



door het uitwisselen van de elementen van verschillende locaties.

Keuring

De tolerantie in de voegen tussen de onderdelen van de stormvloedkering is gekozen op basis van geschatte maatafwijkingen tijdens de bouw. Voor de maatafwijkingen is een normale statistische verdeling aangenomen, met een gemiddelde nul en een bepaalde standaardafwijking, zoals te zien in tabel 1. De kering bevat nu een drietal groepen van toetsen, die samen moeten zorgen voor een optimaal verloop van het assemblageproces.

Ten eerste wordt nagegaan of de in ieder deelproces opgetreden maatafwijkingen voldoen aan de geschatte normale verdeling. Ten tweede worden grenzen aangegeven

waarbinnen de maatafwijkingen zonder meer toelaatbaar worden geacht. En ten derde is er een econometrisch basismodel ontwikkeld, dat een afweging maakt tussen mogelijke oplossingen bij een grotere maatafwijking.

Om de bewaking van de maatafwijkingen mogelijk te maken worden de afwijkingen van de ideale maten per bouwproces opgemeten en geadministreerd. Tevens wordt met behulp van kleine steekproeven vastgesteld, wat de gemiddelde waarde is van de maatafwijkingen, hoe ze zijn gespreid, en hoe deze waarden zich verhouden tot de van tevoren gedane schattingen. Tot slot wordt bezien of de waarden van de maatafwijkingen inderdaad een normale verdeling volgen. De controle van de gemiddelde waarde, de spreiding en het verdelingstype van de maatafwijking van een proces is essentieel, omdat op deze drie gegevens de

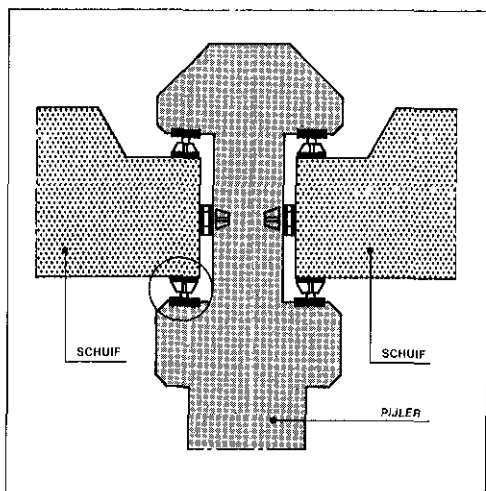


Fig 2, 3. Tolerantie in de schuifgeleiding (boven), met detail.

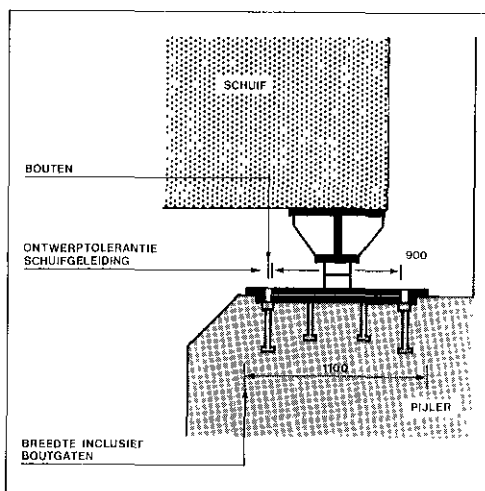


Fig. 1 De tolerantie moet verdeeld worden over de verschillende bouwfasen. Wat de pijlers betreft levert dit het volgende beeld:

1. Fouten bij de fabricage.
2. Onvlakheid van het funderingsbed.
3. Plaatsingsfouten.
4. Zetting door uitspoeling van zand

gehele tolerantiebeschouwing is gebaseerd.

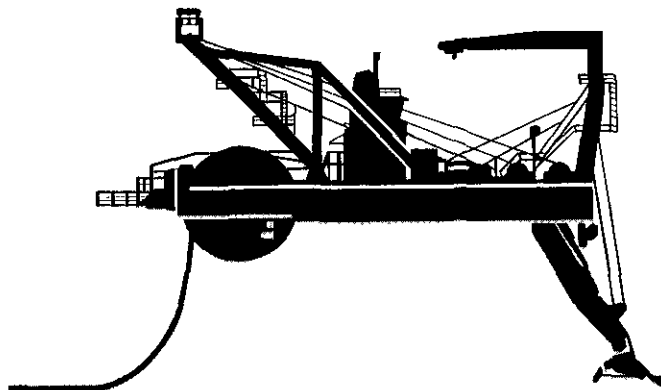
Een gunstig resultaat van de controle kan leiden tot een verruiming van de eisen, terwijl een ongunstig resultaat noodzaakt tot nieuwe maatregelen.

Ter ondersteuning van de hiervoor beschreven bewakingsroutine zijn voor elke handeling vaste goedkeurgrenzen aangegeven. Een maatafwijking die binnen deze grenzen valt, is altijd toelaatbaar. Over een maatafwijking die buiten deze grenzen valt, kan eerst na enige studie een besluit worden genomen. De vaste goedkeurgrenzen zijn vastgesteld op grond van een economische afweging. Zo wordt een proces dat tegen geringe kosten kan worden herhaald van strakkere grenzen voorzien dan een kostbaar proces.

Het doel van de vaste goedkeurgrenzen is tweeledig. Ten eerste schept men daarmee een

gebied waarbinnen de uitvoering zonder inmenging van de keurende instanties voortgang kan vinden. Ten tweede vormen deze grenzen een beperking van de mate waarin een tegenvallende standaardafwijking van een proces zich voortplant in de constructie. Als een maatafwijking buiten de vaste goedkeurgrenzen valt, dient een afweging plaats te vinden over de verder te volgen weg. In grote lijnen zijn er drie mogelijkheden: men kan normaal verder bouwen, men kan het resultaat afkeuren en de handeling opnieuw laten verrichten, maar ook kan men zijn toevlucht nemen tot één van de bijzondere maatregelen, zoals een extra bovenmat, het weglaten van de tegelmat, en dergelijke eerder opgesomde maatregelen. Het econometrische beslismodel berekent bij overschrijding van de vaste afkeurgrens, met inachtneming van de later in het bouwproces nog te verwachten maatafwijkingen, de kosten van de alternatieve mogelijkheden. De projectleiding kan dan, gesteund door de uitkomsten van het beslismodel, zelf de afweging maken en tot een beslissing komen.

Cardium



De 'Cardium' is het meest complexe van alle werkschepen in de Oosterschelde. Aan de voorzijde draagt het geheel andere functies dan aan de achterkant. Aan de ene zijde lijkt de 'Cardium' wat op een baggerwerktuig, en aan de andere kant is het schip een voortzetting van de ponton die jarenlang blokkenmatten heeft afgerold in de sluitgaten. De combinatie van beide functies op één werkvaartuig heeft allerlei nieuwe eisen gesteld, naar te begrijpen is vooral aan de apparatuur die moet zorgen voor de juiste positionering, voor controle op het resultaat van het werk en voor de combinatie en coördinatie van enkele sterk verschillende handelingen binnen één werkgang.

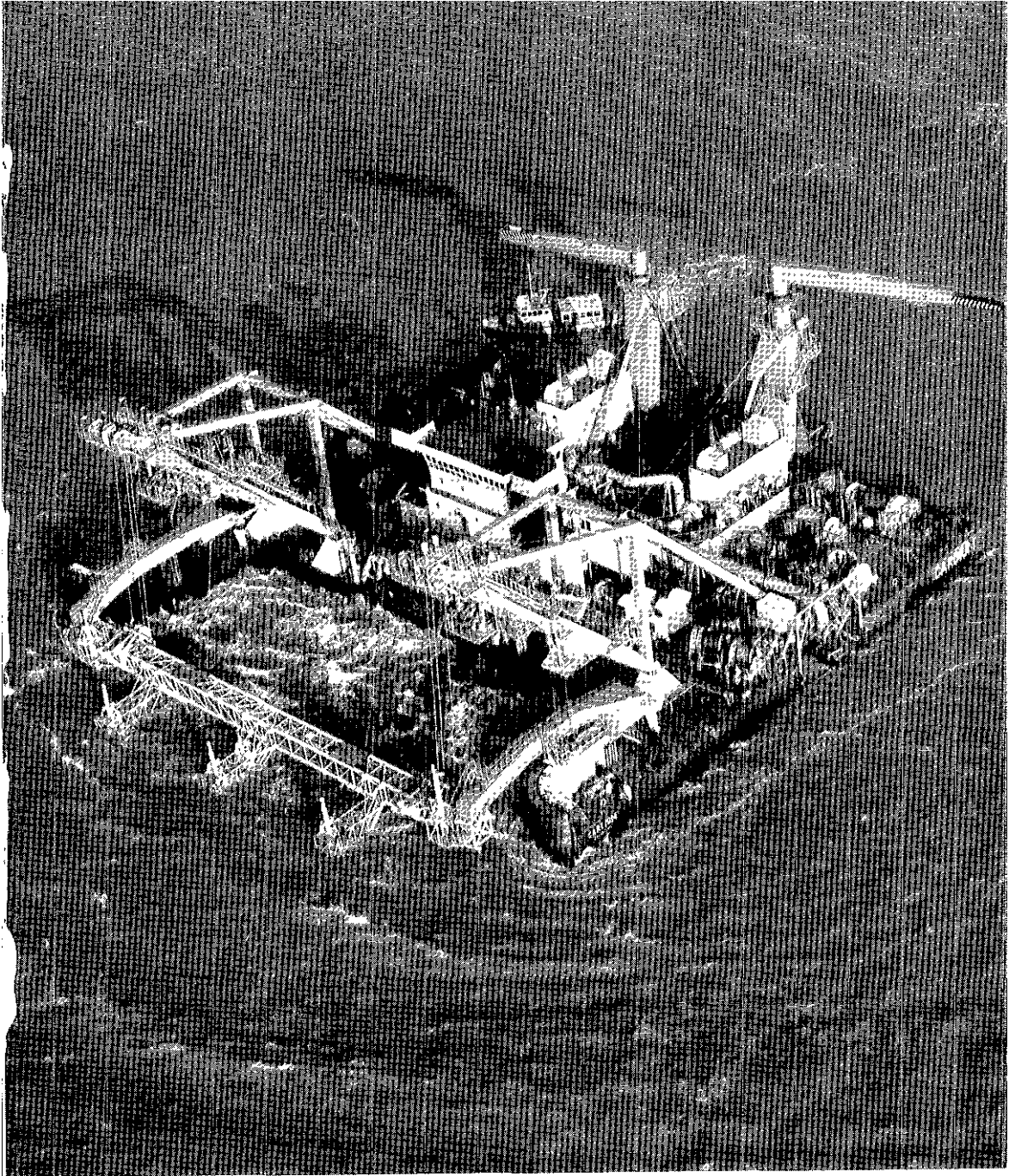
Om alle apparatuur onder te brengen is een groot casco gebouwd, dat niet minder meet dan 70 bij 82 m, ruim een half voetbalveld. Het machinehuis, met daarboven de bemanningsverblijven en de commandobrug, vormt een flatgebouw van zes verdiepingen.

Bekijken we het schip in de werkrichting, dan zit de zuig- en opschoonapparatuur aan de voorkant, gemonteerd op een grote beweegbare arm, die een werkdiepte mogelijk maakt tot 32 m beneden de waterspiegel. Aan die werkarm is een stofzuigermond vastgemaakt die over een breedte van 44 m met gelijkmatige kracht kan zuigen. De bedoeling is dat deze zogenaamde 'dustpan-zuigkoppen' over een lengte van 200 m dwars op de hoofdas van de kering eerst de erosiebestendige afdekking op het zandbed opzuigen, en daarna het zandbed egaliseren. Vooral dit laatste is een lastig zuigkarwei, waaraan wat betreft de vlakheid hogere eisen worden gesteld dan ooit tevoren in de baggerindustrie. De totale geïnstalleerde pompcapaciteit bedraagt dan ook niet minder dan 40 000 m³ water per uur, verdeeld over zes pompen.

Het achtereinde van de 'Cardium' is ervoor gemaakt om een op een gigantische klos gerolde funderingsmat van 200 bij 42 m op te vangen en te borgen. Deze mat wordt in dezelfde werkgang als het vlakzuigen van de bodem in een regelmatig tempo afgerold. Er is dus werkelijk maar een minimale kans op profielverstoring tussen het dustpannen en het neerleggen van de bodemmat.

Bovenop de funderingsmat moet echter nog een tweede, smallere mat worden neergelegd, precies op die plaatsen waar een pijler komt te staan; dit om de ondermat tegen beschadiging te beschermen. Maar voordien moet de ondermat worden opgeschoond. Daartoe wordt de stofzuigermond in de juiste stand gezet. Onmiddellijk na het opschonen van de ondermat gaat de bovenmat er overheen. Tenslotte wordt vanuit de mattenrolbeun een verdichtingsbalk neergelaten, die bestaat uit vier samengebouwde trilplaten, totaal een oppervlakte van 18 m². Deze trilbalk wordt stapsgewijs over de matten bewogen, en verdicht dan het filtermateriaal in die matten en het direct daaronder gelegen deel van het zandbed zodat ze een optimaal draagvlak vormen voor de pijlers die erop komen te staan.

De 'Cardium' heeft geen eigen voortstuwingsvermogen, maar verplaatst zich door middel van verhaallieren. Op elk hoekpunt van het schip staat er een van 120 ton, naast een van 80 ton. De lieren die van daaruit op de vaste verankeringspunten staan, kunnen gecoördineerd worden gehaald en gevierd. Voor de precieze plaatsbepaling tijdens de 'vaart' zorgt een stelsel van automatische theodolieten van het type 'Minilir', die vanaf de wal bepaalde bakens aan boord exact blijven volgen, en door



afstands- en hoekmeting de positie van het schip vaststellen. Exacte plaatsbepaling is vooral van belang aan het begin van de operatie, in die zin althans, dat als men op de verkeerde plaats vertrekt – in de breedterichting is de tolerantie één meter! –, daarna ook allos

verkeerd is. Voor die uitgangspositie en voor het vasthouden van de kopbalk van de fundo-ringsmat komt de 'Jan Heymans' de 'Cardium' te hulp. Op het werk spreekt men dan ook van het 'CARJAN'-bedrijf.

Het ontwerp van de werktuigen die voor de uitvoering van de stormvloedkering zijn gebouwd, is niet los te denken van het ontwerp van de kering zelf. Zij zijn het gereedschap dat speciaal ontworpen moest worden voor de realisering van deze ongebruikelijke constructie.

Ontwerp en bouw van het bijzondere materieel

Dit is in de Nederlandse waterbouwkundige praktijk bepaald geen nieuw verschijnsel. Men denke aan de kraaneilanden 'Kraanvogel' en 'Lepelaar', die gebouwd en gebruikt zijn voor de aanleg van de havendammen van IJmuiden, en aan de blokkenschepen 'Norma' en 'Libra', die tijdens de bouw van de nieuwe havenmond van Rotterdam veel aandacht trokken. Zo werd ook de hijsbok 'Ir. Snip', jarenlang de grootste drijvende bok in Nederland, speciaal gebouwd voor de Zeelandbrug.

Geldt in het algemeen voor het ontwerp van iedere civiele constructie dat er een intensief samenspel moet zijn tussen de ontwerpers en de bouwers, hier is dat wel in het bijzonder het geval geweest. Zodra bij het ontwerpen van de Oosterscheldekering varianten ten tonele gebracht werden die nieuw gereedschap noodzakelijk maakten, moesten onverwijld ook de materieelontwerper en soms ook de materieelbouwer in het overleg betrokken worden. Deze fase kenmerkt zich dan ook door een intensieve samenwerking tussen de ontwerpers van de constructie en die van het materieel, temeer daar een groot aantal varianten in het ontwerp en/of de uitvoeringsmethode de revue passeerde.

Na een analyse van de voor- en nadelen van de verschillende alternatieven blijft er doorgaans één over. Is de keuze minder duidelijk, dan worden vaak de twee meest aansprekende varianten nog verder uitgewerkt en wordt de keuze in een later stadium gemaakt. De hoofdlijnen van het bouwkundige ontwerp staan op dat ogenblik doorgaans vast. Dan kan het programma van eisen voor het materieel worden opgesteld, waarna de materieelontwerpers zich redelijk zelfstandig aan hun taak kunnen wijden. Goede verslaggeving van

voortgangsbesprekingen, ad-hoc-besprekingen over knelpunten of over wijzigingen in het programma van eisen waarborgen verder een optimale afstemming van het materieelontwerp op het constructie-ontwerp en de gekozen uitvoeringsmethode.

Als de materieelontwerpers eenmaal volop aan het werk zijn, dient vaak nog de beslissing genomen te worden tussen algehele nieuwbouw of de mogelijkheid bestaand materieel om te bouwen of om uit bestaande componenten een nieuw werktuig te realiseren.

Bij de bouw van werkschepen voor de Oosterscheldekering zijn al vele varianten voorgekomen.

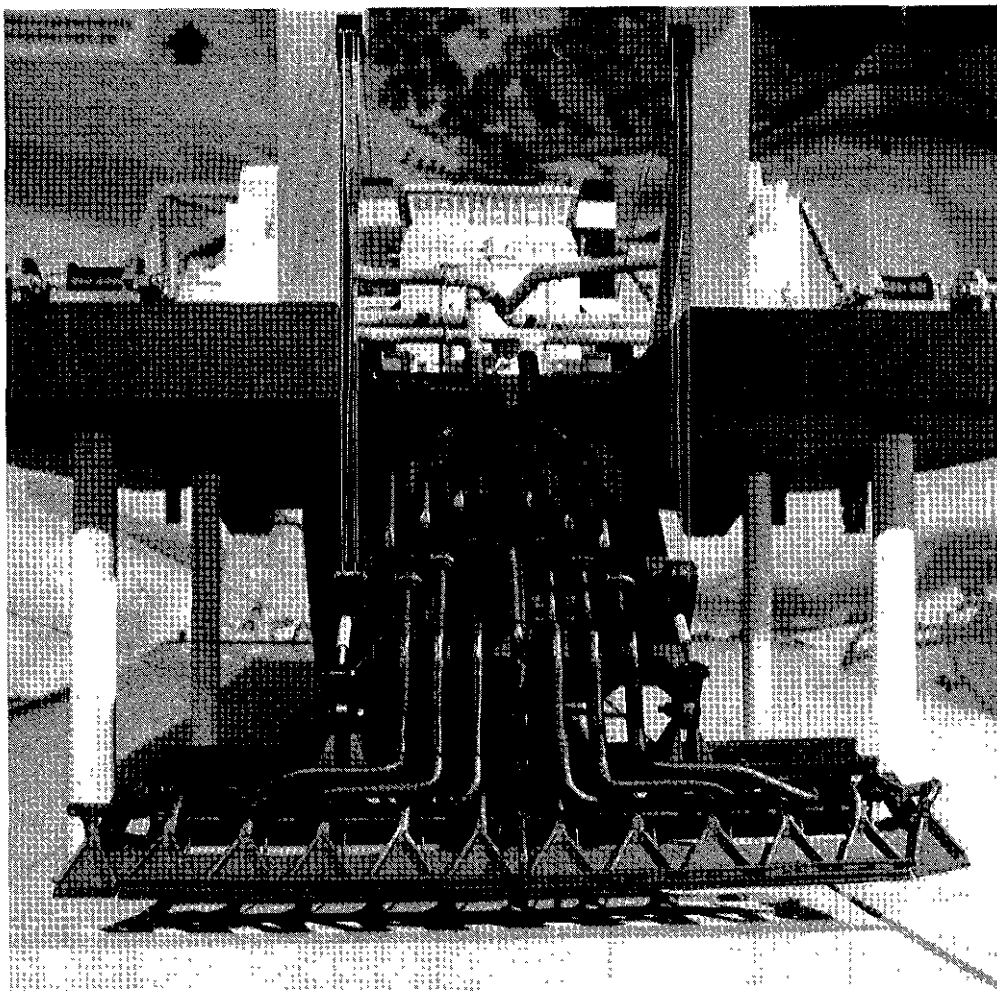
Zo vereiste het ontwerp van de fundering en de pijlers door de grote schaal ervan en het specifieke uiterlijk grote investeringen in nieuwbouw van materieel: de mattenlegger 'Cadium' en het hefschip 'Ostrea'.

Voor de montage van de bovenbouw van de kering was eveneens nieuwbouw noodzakelijk van een zeer grote drijvende hijsbok, de 'Taklift IV', doch het ontwerp was niet nieuw: in feite hebben we hier te maken met een extrapolatie van bestaande hijsbokken.

Het materieel voor de opbouw van de drempel valt voor een groot deel te beschrijven als aangepast bestaand materieel of als een combinatie van verbouwing van bestaand materieel met nieuw ontwikkelde componenten, zoals de toplaagstorter.

In fig. 1 is het materieel volgens deze onderverdeling gegroepeerd, waarbij ter illustratie tevens de orde van grootte van de investering is aangeduid.

Een groot gedeelte van het hier besproken materieel is zo uniek en specifiek, dat het voor een zeer groot gedeelte op dit werk moet



Model van de dustpanzuiger
aan de 'Cardium'.

worden afgeschreven. Volgens de regels van de raamovereenkomst tussen de Rijkswaterstaat en aannemer Dosbouw wordt dit materieel gebouwd als Rijksmaterieel, waarbij Dosbouw dan wegens zijn bijzondere deskundigheid op het gebied van het ontwerpen en bouwen van aannemingsmaterieel namens het Rijk als opdrachtgever optreedt. Tijdens het ontwerp vervult Dosbouw derhalve de rol van voortrekker van de ontwerpen, waaraan verder ook de Rijkswaterstaat en een gespecialiseerd scheepsbouwkundig ingenieursbureau deelnemen. Zo'n ontwerpgroep is een onderdeel van de projectorganisatie, die de eindverantwoordelijkheid heeft voor het gehele ontwerp; ze beëindigt haar werkzaamheden op het moment dat het bestek en de tekeningen van het ontworpen werktuig gereed zijn, en zodra ze zijn goedgekeurd door de projectorganisatie.

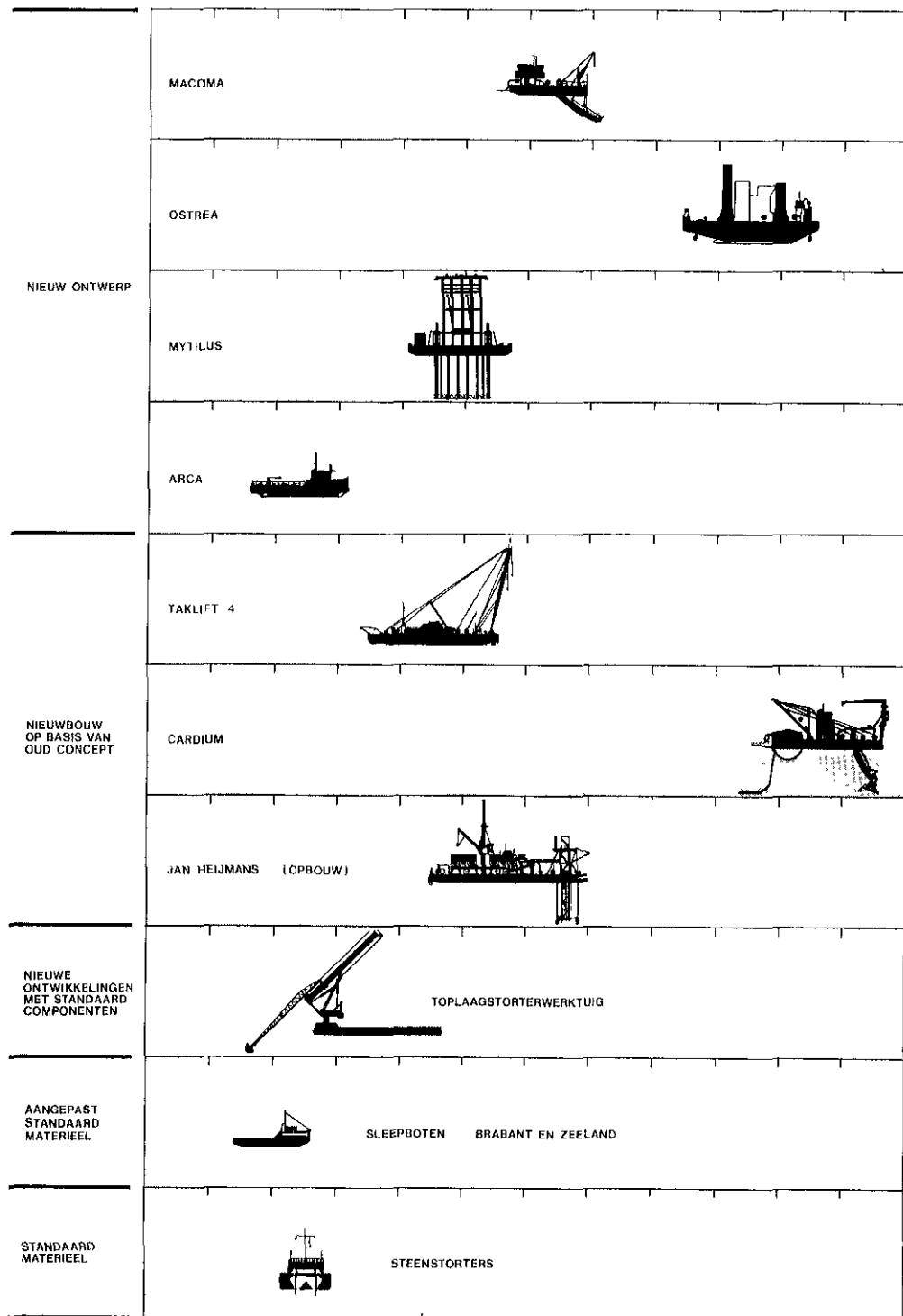
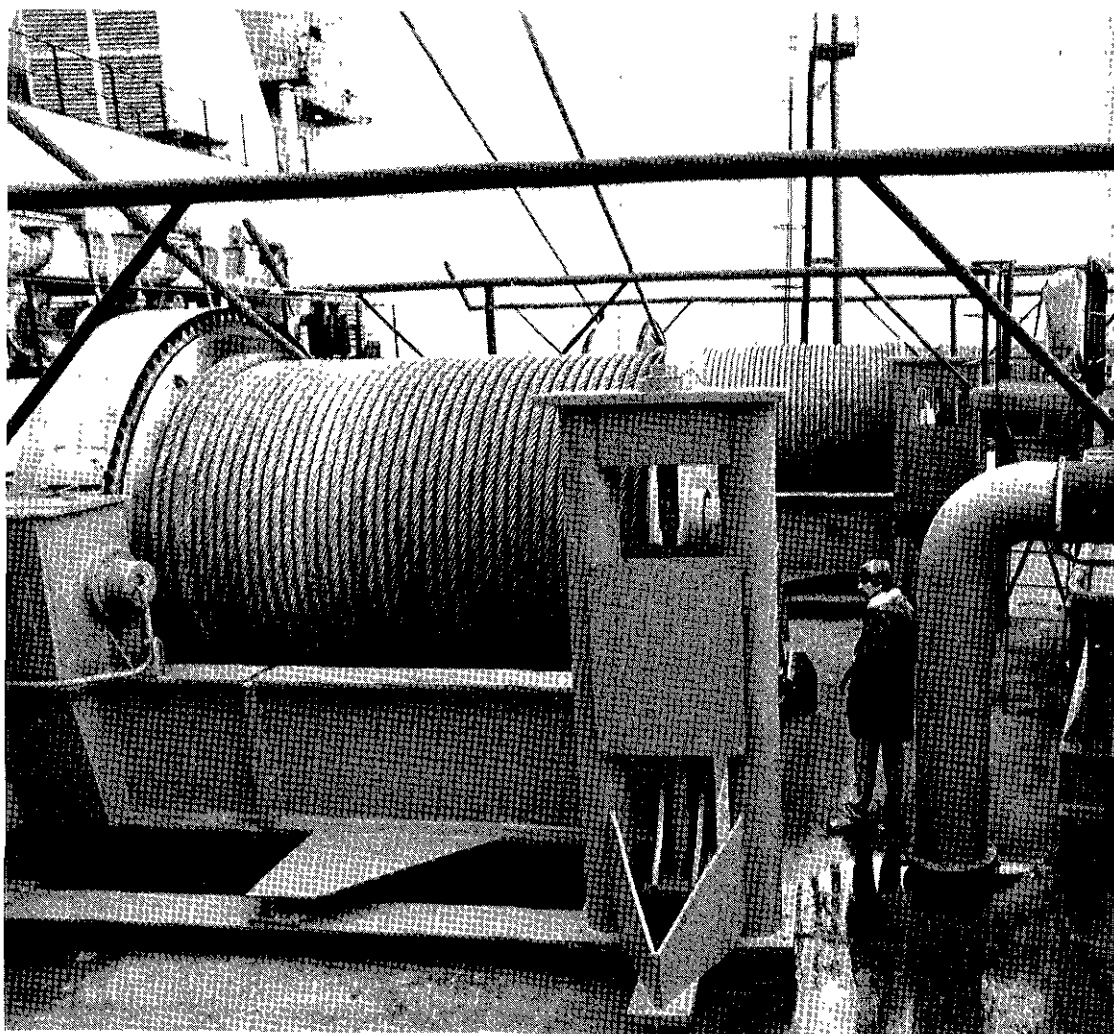


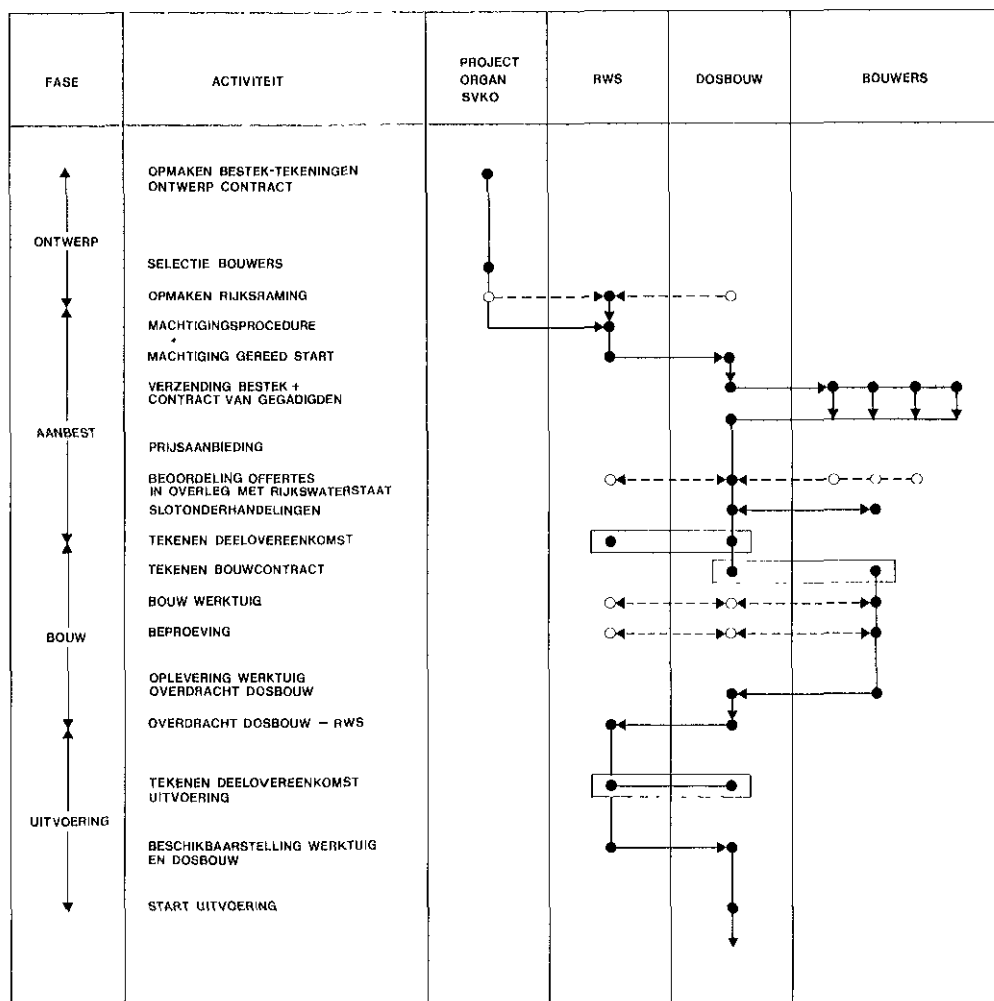
Fig. 1. Overzicht van het bijzondere werkmaterieel voor de Oosterscheldekering, met een indicatie van de investeringen.

De aanbesteding wordt vervolgens eveneens door Dosbouw behartigd, in nauw overleg met de Rijkswaterstaat, en zoals het in de raamovereenkomst is gesteld, handelend namens het Rijk.

Voor het rijksmaterieel de 'Mytilus', de 'Ostrea', de 'Cardium', is de aanbesteding geschied op basis van uitnodiging: een aantal bedrijven, die op grond van hun ervaring en de ter beschikking staande bouwfaciliteiten geschikt en in staat zijn om het werktuig te bouwen, werden uitgenodigd om een offerte voor de bouw uit te brengen. Na beoordeling van deze offertes op prijsniveau, levertijd en overige gestelde condities werd vastgesteld aan welk bedrijf de bouw zou worden gegund, waarna het bouwcontract getekend kon worden, en de bouw daadwerkelijk een aanvang kon nemen.

Lieren op het dek van de 'Cardium'





Bouw

Bij civiele bouwwerken is de rolverdeling van opdrachtgever en bouwer duidelijk; de opdrachtgever maakt het ontwerp, of laat het maken, en de aannemer bouwt overeenkomstig het gedetailleerde bouwbestek. In de scheepsbouwkundige wereld beperkt de opdrachtgever zich van oudsher tot het formuleren van de eisen die aan het schip of werktuig gesteld worden, en maakt een globaal ontwerp. De bouwer aan wie de opdracht gegund wordt, dient in eerste instantie het ontwerp uit te werken overeenkomstig de op zijn werf gebruikelijke bouwmethoden, en de detailbouwtekeningen te maken op basis waarvan de bouwproductie kan gaan starten. Het is dan ook gebruikelijk dat de scheepsbouwer de verantwoordelijkheid voor het ontwerp op zich

Fig 2. Schema van de contractverhoudingen

De 'Ostrea' in aanbouw, juli 1981.

neemt. Gedurende de eerste maanden na de datum van opdracht vindt daarom doorgaans zeer intensief overleg plaats tussen de technici die de opdrachtgever vertegenwoordigen – de directie – en de ontwerpers van de werf. Dit impliceert tevens, dat de directie niet kan volstaan met het houden van toezicht op de bouw, maar zich ook moet verdiepen in de ontwerpvoorstellen van de werf, en die moet beoordelen en van commentaar voorzien, alvorens tot goedkeuring over te gaan. Bij de bouw van de werktuigen voor de Oosterscheldekering werd het puur scheepsbouwkundige aandeel doorgaans in belang, ingewikkeldheid en kosten overtroffen door de omvangrijke werktuigkundige, elektrische en hydraulische installaties, alsmede de computerinstallaties voor de procesbesturing, de controle op de procesuitvoering en de meetsystemen.

Dosbouw heeft daarom een bouwbegeleidingsteam van niet minder dan acht technici nodig gehad voor bijvoorbeeld de bouw van de 'Ostrea'.

De grote verscheidenheid van de aard van de installaties aan boord betekende tevens, dat het bouwen van een werktuig of schip behalve aan het technisch vermogen met name hoge eisen stelde aan de organisatorische vaardigheid van de bouwer. Hij moest niet alleen zijn eigen aandeel produceren, maar vooral ook zorgen, dat een groot aantal produkten tijdig werd geleverd door toeleveranciers en onderaannemers, en dat dit heterogene geheel tenslotte binnen de planning werd samengesteld tot een schip, dat voldeed aan de kwaliteitseisen van de opdrachtgever.

Tijdens de bouw was de hoofdtaak van het bouwbegeleidingsteam om erop te letten of

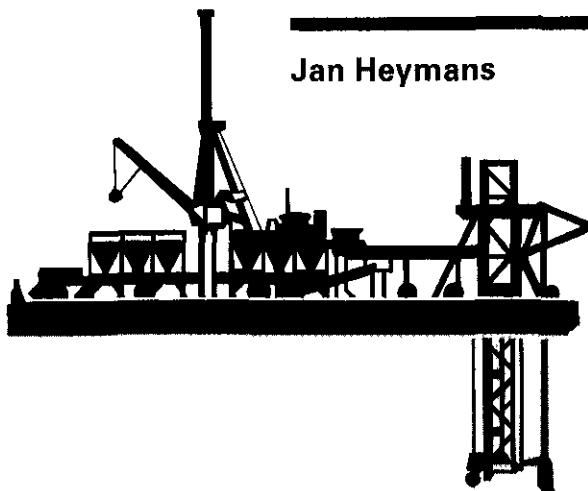
werd voldaan aan de in het bestek vermelde eisen. Dit toezicht strekte zich ook uit tot de bouwplaatsen van toeleveranciers en onderaannemers. Alle componenten werden doorgaans uitvoerig getest voor ze naar de plaats van samenbouw mochten worden getransporteerd. Na de samenbouw op de werf werden vervolgens op de werf tests en beproevingen uitgevoerd, om na te gaan of het werktuig als geheel goed en volgens de gestelde eisen functioneerde. Zodra deze beproevingen naar ieders tevredenheid waren afgerond kon het schip naar de Oosterschelde, om daar een laatste reeks beproevingen te ondergaan, onder de voor het gebied specifieke omstandigheden van golf en stroom. Ook werden daar proeven gedaan die bijzondere hulpmiddelen vereisten. Een proefpijler van 18 000 ton optillen, dat kan nu eenmaal alleen maar in de Oosterschelde.

Alhoewel al deze proefnemingen verricht werden onder verantwoordelijkheid van de bouwer, werd de toekomstige bemanning van het schip hier reeds nauw bij betrokken.

Tijdens de laatste maanden van de bouw was er al steeds een kernbemanning aan boord, om met het schip en zijn installaties vertrouwd te raken en ervaring op te doen bij de bediening. Met de werfbeproevingen in de Oosterschelde was de bouw afgesloten, en kon de overdracht aan de opdrachtgever plaatsvinden.

Het werktuig werd vervolgens door het Rijk aan Dosbouw ter beschikking gesteld. Dan kon begonnen worden met de werkbeproeving en zonodig de aanpassing van de gekozen werkmethodeken. Deze periode bestreek doorgaans vele maanden en diende om de bemanning verder in te werken.





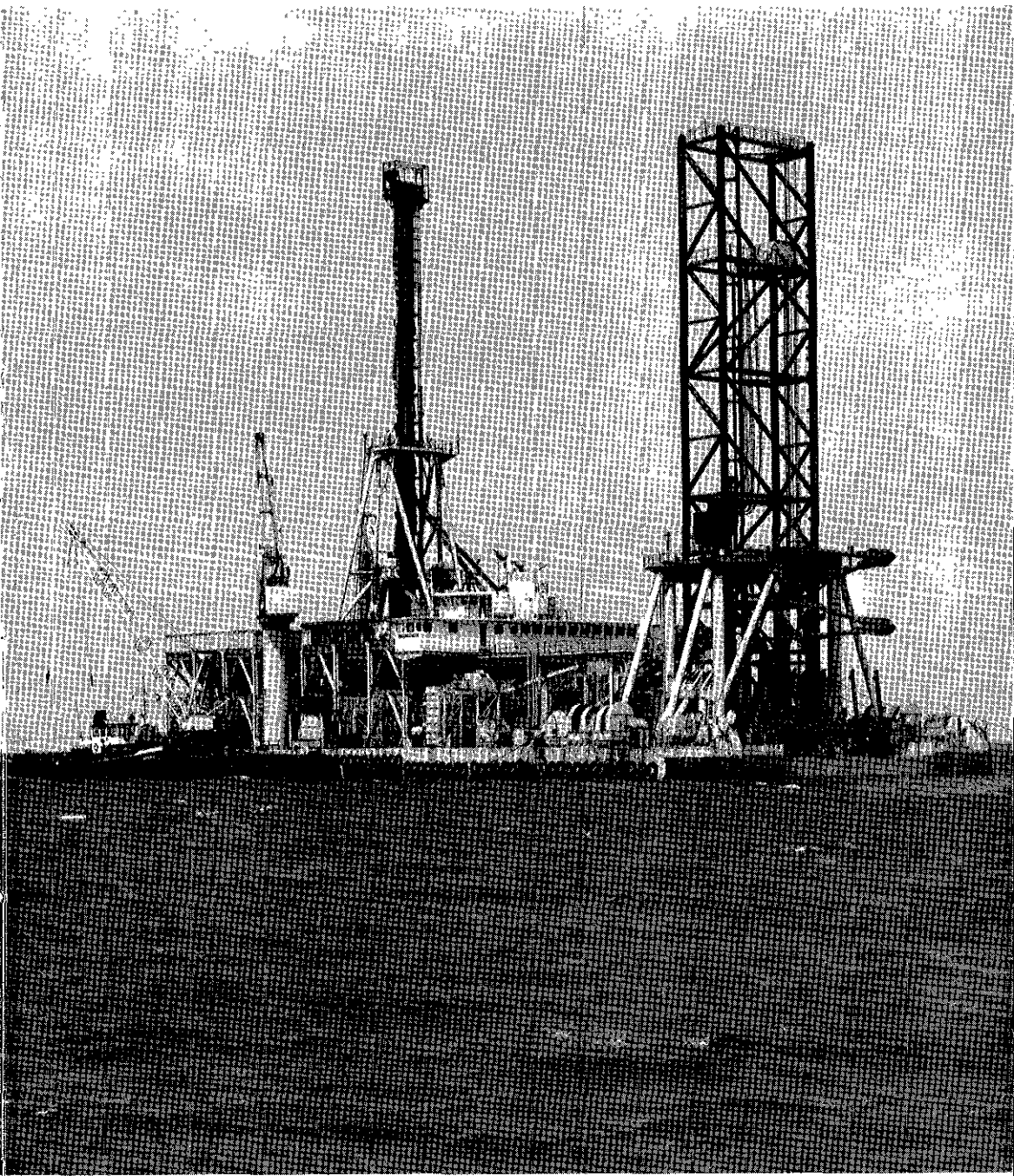
De 'Jan Heymans' is genoemd naar een van de aannemers van natte werken waarmee de Deltadienst zeer lang heeft samengewerkt. Dit schip heeft van alle bijzondere werkschepen in de Oosterschelde-mond ongetwijfeld de langste staat van dienst: het deed al mee bij de afsluitingen van het Haringvliet en het Brouwershavense Gat. Herhaaldelijk werd de 'Jan Heymans' ingrijpend verbouwd, maar toch bleef het in wezen hetzelfde schip, namelijk een drijvende asfaltfabriek. Was het aanvankelijk gemaakt om warm asfalt aan te brengen op geulbodems, met behulp van een lange stortpijp, later werd het uitgerust om aan boord matten te maken van steenasfalt op filterdoek, die het kon afrollen op de bodem, en in een nog later stadium ook op oevers. Het schip kan dat trouwens nog, want de asfaltinstallaties zijn bij de laatste verbouwing intact gebleven. Maar voor de bouw van de pijlerfundering in de Oosterschelde-mond werd in 1981 het een en ander aan het schip toegevoegd, zodat de 'Jan Heymans' er dit keer een paar functies bij kreeg die met asfalt niets te maken hebben.

Bij het leggen van de funderingsmatten werkt de 'Jan Heymans' samen met de 'Cardium'. Hij helpt de mattenlegger bij het kiezen van een juiste uitgangspositie, en doet mee aan de mattenleggerij door de kopbalk van elke mat die gelegd wordt met een nauwkeurig bepaalde kracht vast te houden. Naderhand wordt de kopbalk onder water gelost, en de 'Jan Heymans' haalt hem dan binnen voor hergebruik. Maar dit is niet de meest gespecialiseerde dienst die het asfaltschip na zijn verbouwing kan verlenen. Hij is bevorderd tot 'steenstort negatieve overlap'. Wat dat inhoudt, wordt nu kort uitgelegd.

De funderingsmatten worden niet vlak naast elkaar gelegd, omdat dat teveel risico meebrengt dat ze gedeeltelijk op elkaar zouden worden gelegd. Men heeft ervoor gekozen, ze met een tussenruimte van drie meter te leggen: dat is de 'negatieve overlap'. Deze ruimte mag natuurlijk niet onverdedigd blijven, anders gaat de getijstroom op die plaatsen geulen trekken; er moet net zo'n filter komen als in de funderingsmatten is opgesloten. De 'Jan Heymans' moet dat losse filter aanbrengen, met behulp van een aantal stortpijpen. Om de benodigde nauwkeurigheid te bereiken kan het filter namelijk niet aan de oppervlakte gelost worden, maar moet het vlak bij de bodem worden gestort.

Allereerst moet er een ontzandingsapparaat gehaald worden over de matten aan weerszijden van de 3 m brede onbeschermd strook. De 'Jan Heymans' heeft daartoe een spuitinstallatie van 18 m breed, die tot 50 cm aanzanding in één keer kan wegblazen. Om de vorm van het te ontzanden gebied goed te kunnen volgen is de ontzandingsinstallatie opgebouwd uit vijf scharnierende secties. Pas na de ontzanding kan het losse filter tussen de matten worden gestort.

Met een voortgangssnelheid van maximaal 5 m per minuut begint de 'Jan Heymans' nu een laag grind/zand van 85 cm dik uit te spugen. Aan de stortpijp is, om het materiaal goed te verdelen, een doseerapparaat verbonden, een ronddraaiende stalen rol. Op deze wijze kan de grindstort per uur 2200 ton materiaal aanbrengen op de bodem. Om de filterlaag tegen erosie te beschermen totdat de drempel verder wordt opgebouwd, komt er eerst een laag overheen van 40 cm grof grind. Dit gebeurt via een tweede stortpijp in dezelfde werkgang. In



een volgende werkgang wordt daar dan nog een dikke laag breuksteen overheen gebracht. Voor elke tussenruimte tussen twee matten is 3500 ton steen nodig.

De 'Jan Heymans' is niet alleen het oudste,

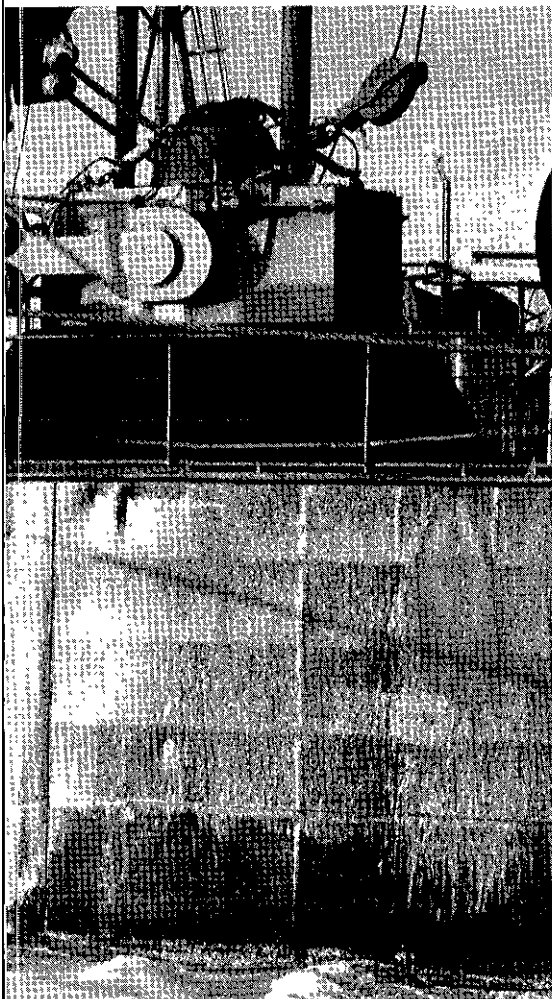
maar ook het grootste schip dat in de Oosterschelde werkt. Het is 97 m lang, en door de recente aanbouw van een aantal zijkasten voor de voorraadsilo's is de breedte uitgedijd tot 39 m.

Proeven met de werkschepen

De bumperconstructie van de 'Macoma' leverde tijdens de beproevingsperiode problemen op.



Voordat de pijlers van de Oosterscheldekering geplaatst kunnen worden, moet men een funderingsbed aanbrengen op de bodem van de Oosterschelde. Zoals bekend bestaat deze fundering uit een ondermat van $200 \times 42 \times 0,36$ m en een bovenmat van $60 \times 32 \times 0,36$ m; beide worden vooraf in een fabriek vervaardigd en daarna op de gewenste plaats in een sluitgat aangebracht. De ondermat wordt gevuld met drie lagen granulair materiaal: een onderlaag van grof zand om het Oosterschelde-zand vast te houden, en twee lagen van respectievelijk fijn en grover grind. Deze zogenaamde filterconstructie zorgt er voor, dat er geen zand vanuit de ondergrond kan verdwijnen. Zou dit wel gebeuren, dan zakken de pijlers scheef. De bovenmat is gevuld met drie lagen grof grind en dient onder andere ter bescherming van de ondermat.

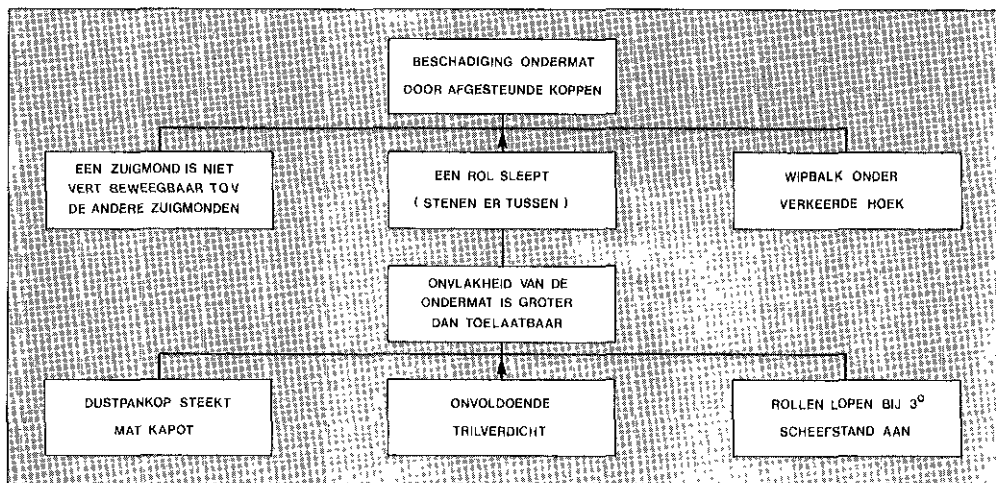


Om eventuele onvlakheden van het funderingsbed te corrigeren, maakt men gebruik van een zogeheten 'tegelmatt': die bestaat uit twee stroken van betontegels, waarvan men de dikte kan variëren, zodat de rechtstand van de erop te plaatsen pijler in elk geval binnen de toelaatbare afwijkingen valt. De ondermat en de bovenmat worden aangebracht met de mattenlegger 'Cadium' en het stortschip 'Jan Heymans'. De 'Jan Heymans' wordt tevens ingezet om de ruimtes tussen de ondermatten af te storten met zeegrind en breuksteen. De tegelmatten worden aangebracht met de mattenlegger 'DOSI', die voor deze gelegenheid is gekoppeld aan de afmeer- en opschoonpon-ton 'Macoma'. Uiteindelijk worden de pijlers geplaatst met het hefschip 'Ostrea', dat ook samenwerkt met de 'Macoma'.

Voordat nu met de eigenlijke uitvoering van het funderingsbed en met het plaatsen van de pijlers begonnen kan worden, moet men voldoende vertrouwen hebben in de voorgestelde werkwijze. Het gaat in feite om twee essentiële vragen: is het mogelijk het ontwerp te verwezenlijken binnen de toelaatbare maatafwijkingen? En: is het materieel voldoende betrouwbaar en het uitvoerende team genoeg ervaren om op verantwoorde wijze met de werkzaamheden in het sluitgat te beginnen? In de proefperiode moet men daarom te weten komen hoe betrouwbaar de uitvoeringswijze is, en of de resultaten van de gekozen werkmethode overeenkomen met het ontwerp.

Bij de proeven gaat men uit van de ontwerp-eisen. In beginsel liggen alle ontwerpuitgangspunten vast in een zogenaamde 'ontwerpnota', die een overzicht geeft van de achtergrond van die eisen. Na een algemene beschrijving van het ontwerp en van de voorgestelde uitvoering worden de eisen gespecificeerd die men aan het bestek stelt. Hoe gaat dit laatste nu in zijn werk?

Omdat de wijze van uitvoering de realiseerbaarheid van het ontwerp in hoge mate beïnvloedt, dient men bij het vaststellen van het ontwerp inzicht te hebben in de betrouwbaarheid van deze methode. Hiertoe wordt een risico-analyse uitgevoerd, waarbij men op systematische wijze vooraf de oorzaken van eventuele storingen probeert op te sporen en ook tracht, de gevolgen van dergelijke storingen zoveel mogelijk te bepalen. Dan kan reeds in de voorbereidende fase worden ingespeeld op eventuele tegenvallers ten gevolge van storingen. Een dergelijke risico-analyse levert dus tweemaal inventarisaties op: ten eerste van de gevolgen van een ongewenste gebeurtenis – dit noemt men een gebeurtenissenboom –, en verder van de oorzaken van zo'n ongewenste



gebeurtenis, een foutenboom (in figuur 1 wordt hiervan een voorbeeld gegeven). Met behulp van een statistische analyse gebaseerd op ervaringscijfers en berekeningsuitkomsten kan dan worden geschat, welk gevolg de grootste kans van voorkomen heeft en de grootste schade oplevert, en welke oorzaak de grootste kans van voorkomen heeft. Aldus is het mogelijk vooraf de zwakke schakels in het bedrijf op te sporen, zodat zogenaamde preventieve of responsieve maatregelen genomen kunnen worden. Preventieve maatregelen betekenen een wijziging in het voorgestelde ontwerp en/of de voorgestelde methode van uitvoeren, met als doel de kans op het optreden van de ongewenste gebeurtenis drastisch te verlagen en/of de schadelijke gevolgen ervan te minimaliseren. Responsieve maatregelen daarentegen zijn richtlijnen voor adequaat handelen nadat een ongewenste gebeurtenis werkelijk is opgetreden. Een voorbeeld van een preventieve maatregel is het in voorraad houden van voldoende reserve-onderdelen.

Als dit allemaal gebeurd is, zijn de ontwerpvoorbereidingen in principe dus afgerond. De ontwerpuitgangspunten liggen vast, en de voorgestelde methode van uitvoeren is zo goed mogelijk vooraf geanalyseerd. De vraag zou kunnen rijzen waarom dan nog zo'n uitgebreide proefperiode noodzakelijk is, als vooraf zoveel analyses zijn gemaakt. Hiervoor is een aantal redenen aan te wijzen. In de eerste plaats geschiedt de uitvoering met nieuwe of ingrijpend verbouwde vaartuigen, waarvan nagegaan moet worden, of alle systemen werken volgens de eisen. Ten tweede is er zowel bij het leggen van het funderingsbed als bij het plaatsen van de

pijlers sprake van een complex samenspel tussen verschillende vaartuigen; daarom moet men eerst ruime ervaring opdoen met het werken in deze situatie. Tenslotte moet aangevoerd kunnen worden dat men, na het opdoen van de nodige ervaring, de in het bestek geëiste kwaliteit ook inderdaad kan realiseren. Op grond van het bovenstaande wordt de proefperiode van de werkschepen 'Cardium' en 'Jan Heymans' enerzijds, en de 'Macoma', 'Ostrea' en 'DOS I' anderzijds ingedeeld in drie fasen; eerst worden de verschillende onderdelen en systemen van de vaartuigen ingeregeld, dan volgt het opdoen van ervaringen en het trainen van de bemanningen, en tenslotte wordt de kwaliteit van het opgeleverde product gecontroleerd. Na evaluatie van de behaalde resultaten kan alsnog worden besloten tot bijstelling van de ontwerpuitgangspunten of van de uitvoeringswijze.

Het inregelen van de onderdelen en systemen van de werkschepen houdt een controle in van de specificaties en de betrouwbaarheid. Blijken bepaalde elementen niet aan de gestelde eisen te voldoen, dan is aanpassing noodzakelijk. Een en ander kan betrekking hebben op zowel het mechanische, maar ook op het elektronische gedeelte. Soms gaat het om relatief eenvoudige zaken, zoals een drukopnemer, soms om zeer complexe systemen, bijvoorbeeld een door een computer gestuurd verhaalsysteem. De gevolgen van het niet goed functioneren zijn uiteraard sterk afhankelijk van de rol van het betreffende element.

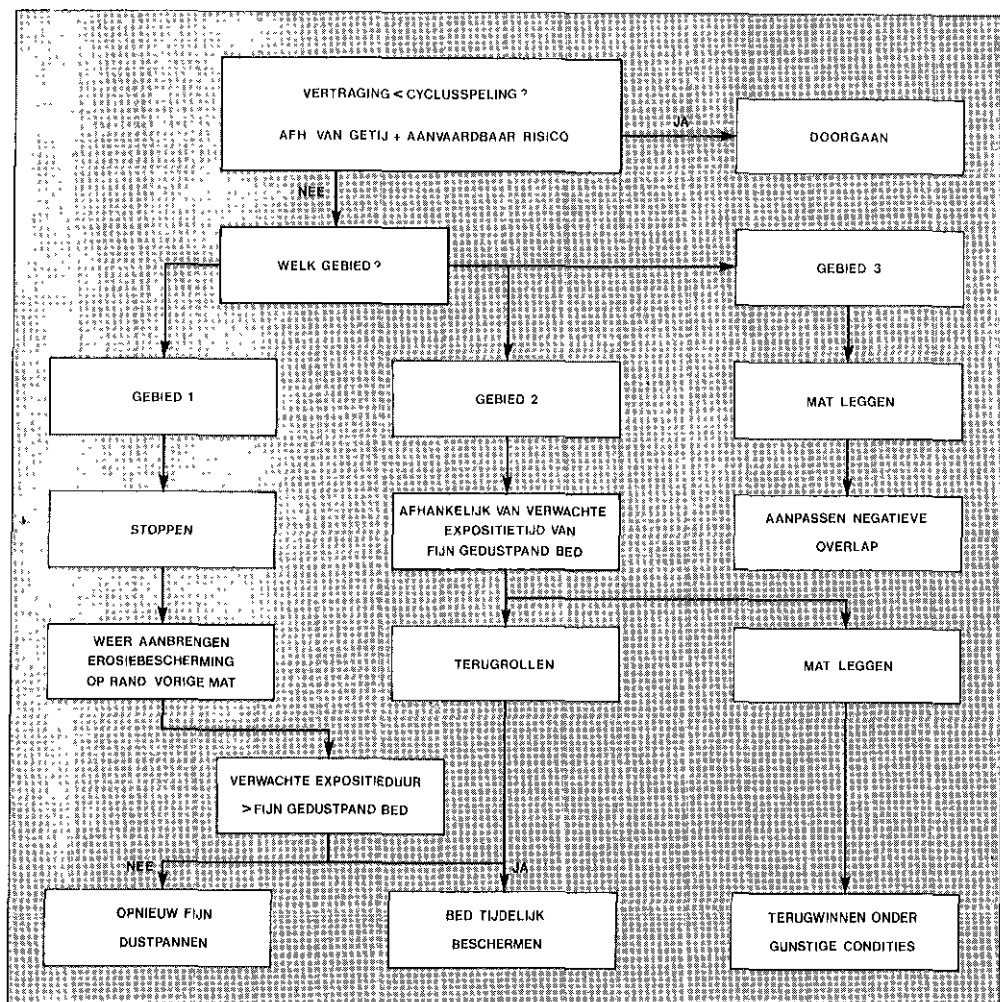
Voldoen op zeker moment alle elementen aan de eisen, of met andere woorden: functioneert het materieel naar behoren, dan is de tweede fase aangebroken, waarbij de bemanning ervaring op gaat doen met het werken met het

Fig. 1. Foutenboom bij
ongewenste gebeurtenis

materieel. Zoals gezegd is het hier heel belangrijk, dat er met verschillende schepen tegelijk moet worden geopereerd. Bovendien moet meer dan één bemanning de afzonderlijke handelingen uit kunnen voeren, omdat in de operationele fase gewerkt wordt in meer-ploegendiensten.

Tenslotte wordt de kwaliteit van het geleverde produkt gecontroleerd. Hiervoor is het noodzakelijk de in de voorbereiding aangehouden kwaliteitseisen te controleren. Ten tijde van de voorbereiding waren al vele berekeningen en modelproeven uitgevoerd om deze kwaliteitseisen vast te stellen. Omdat proeven en berekeningen in praktisch alle gevallen uitgaan van geschematiseerde omstandigheden, is het niet ondenkbaar dat bepaalde combinaties van parameters bij de werkelijke uitvoering tot andere resultaten leiden dan verwacht zou

Fig. 2. Maatregelen bij
stagnatie in het zuigproces.



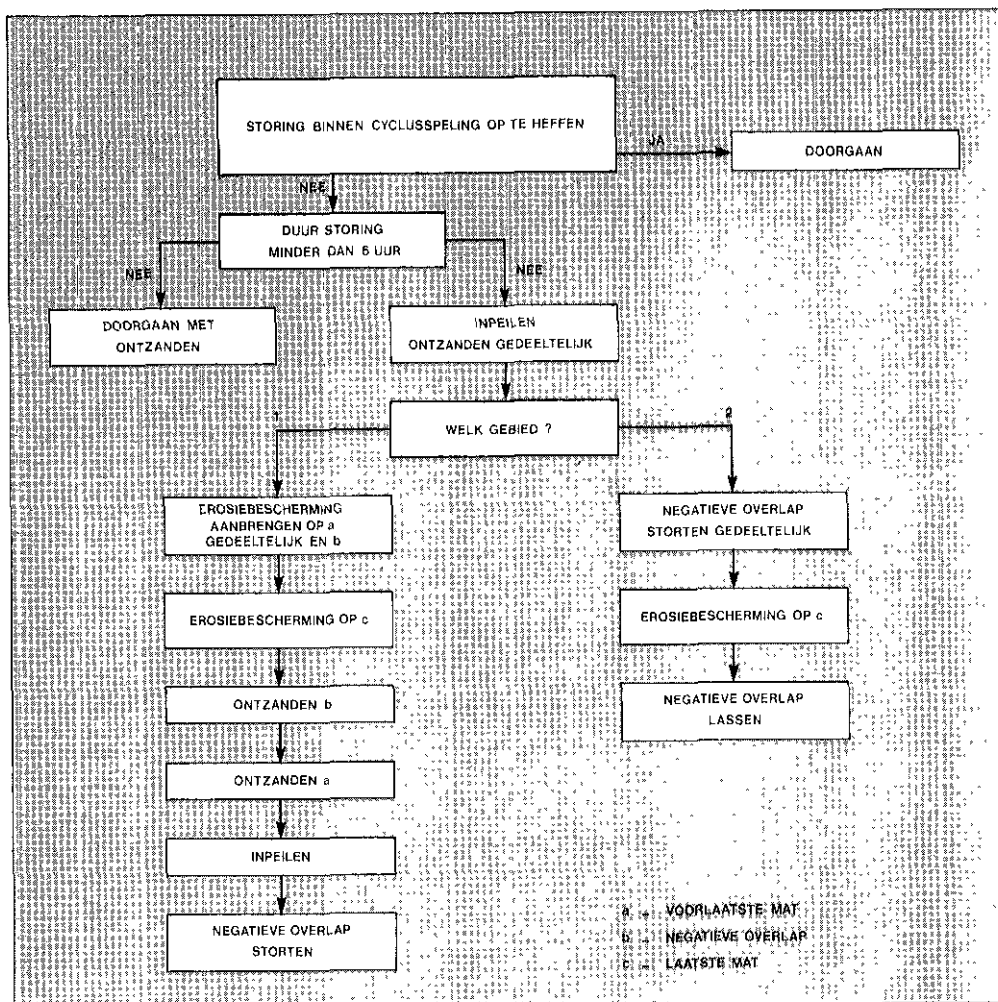


Fig 3 Maatregelen bij storing in het spuitsysteem van de 'Jan Heymans'.

mogen worden op basis van de bestaande kennis. Daarom is het noodzakelijk ook een groot aantal proeven in de werkelijkheid uit te voeren. Maar het is nu veel moeilijker dan in het model om de parameters die in het geding zijn nauwkeurig te bepalen en in te stellen. Alleen door middel van een systematische opzet van het proevenprogramma kan worden nagegaan in hoeverre aan de vooraf gestelde eisen wordt voldaan. Soms blijkt het dan inderdaad nodig bepaalde uitgangspunten aan de hand van de uitkomsten van de proefperiode bij te stellen. Dat gebeurde bijvoorbeeld met betrekking tot de aanzanding die optreedt vlak vóór het leggen van de bovenmat: op basis van modelproeven was een vrij ongunstig aanzandingsmodel ontwikkeld. Maar uit proeven in de werkelijkheid bleek, dat aanzanding van enig belang pas optrad bij hogere

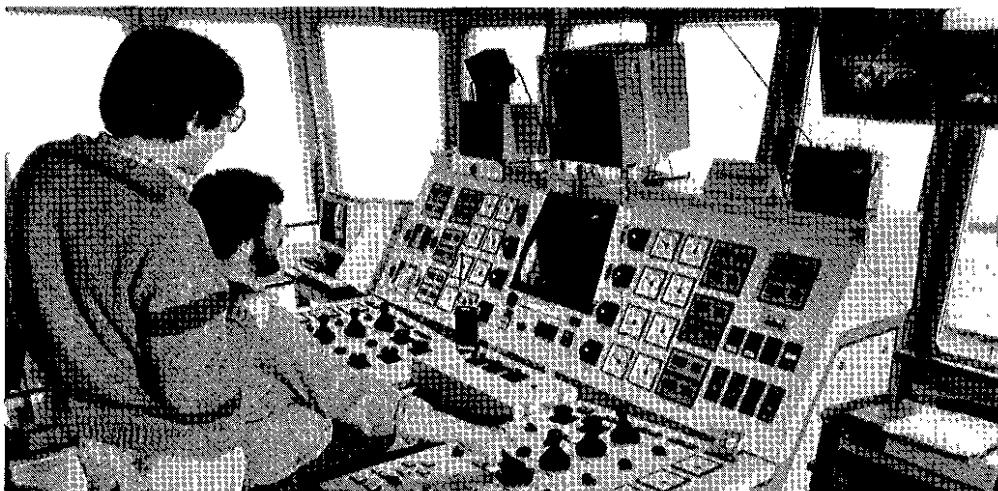
stroomsnelheden dan was aangenomen. Zo kon men, met handhaving van de eis van een minimaal zandbezwaar, de werkwijze bij het leggen van het funderingsbed aanpassen. Controle of aan bepaalde kwaliteitseisen voldaan wordt, is één onderdeel van de procesanalyse die wordt uitgevoerd op basis van de uitkomsten van de verschillende proeven. Daarnaast maakt de procesanalyse het mogelijk aanbevelingen te doen met betrekking tot wijzigingen in de methode van uitvoeren, ter verbetering van het op te leveren produkt. De procesanalyse is daarom een belangrijk deel van de kwaliteitsbewaking in de operationele fase.

Ten behoeve van de procesanalyse worden de deelprocessen gesplitst in zogenaamde functionele verbanden. Een functioneel verband geeft de relatie aan tussen een bepaald verschijnsel en de parameters die erop van invloed zijn. Zo wordt in het deelproces 'baggeren' het verschijnsel 'mors' bepaald door de parameters 'breshoogte', 'bressamenstelling' en 'voortgangssnelheid'. Blijkt uit de proefresultaten een eenduidig verband, dan kan men in de werkelijkheid eenzelfde combinatie van parameters verwachten, en de optimale instelling kiezen van de te beïnvloeden parameters, zoals in dit geval bijvoorbeeld de verhaalsnelheid. Bepaalde verbanden zullen echter niet volledig eenduidig blijken te zijn. Een dergelijk geval vereist extra proeven, om zoveel mogelijk informatie te verzamelen, zodat in de operationele fase teruggegrepen kan worden naar de resultaten van proeven onder vergelijkbare condities.

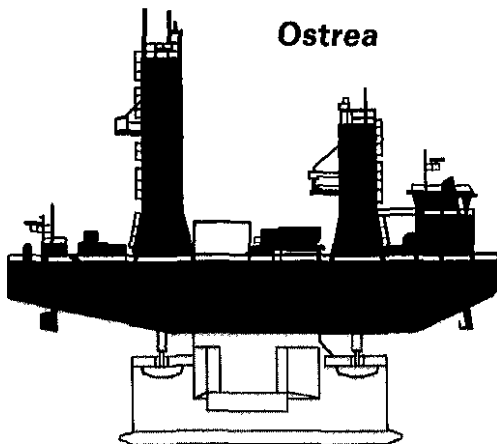
Bijzondere aandachtsgebieden in de procesanalyse zijn de vlakheid van het funderingsbed en de scheefstand van de pijler. Beide worden

beïnvloed door een groot aantal processen, zoals de mors van het baggeren, en de verdichting van de matten en de ondergrond. Deze processen kunnen vooraf niet met honderd procent zekerheid worden ingeschat, maar ze kunnen wel beschreven worden met behulp van een verwachtingswaarde met een zekere onzekerheidsband eromheen. Uit evaluatie van de in de proefperiode behaalde resultaten kan bijstelling van de parameters die bovengenoemde processen beïnvloeden, nodig blijken te zijn. Dit kan dan weer leiden tot verruiming of vernauwing van de eisen voor een bepaald deelproces. Zo kan het noodzakelijk zijn, als de vlakheid van de ondermat tegenvalt, aanpassingen door te voeren in de daarop volgende handelingen door bijvoorbeeld extra hoge tegels op te nemen in de tegelmat, of de schuif aan te passen. Het zal duidelijk zijn, dat de procesanalyse tot en met de laatste verwerking van ieder deelproces belangrijk blijft. Wel zal, afhankelijk van de uitkomsten, de aandacht zich soms meer concentreren op bepaalde moeilijke deelprocessen.

In de bedieningsruimte van de 'Cardium'



Ostrea



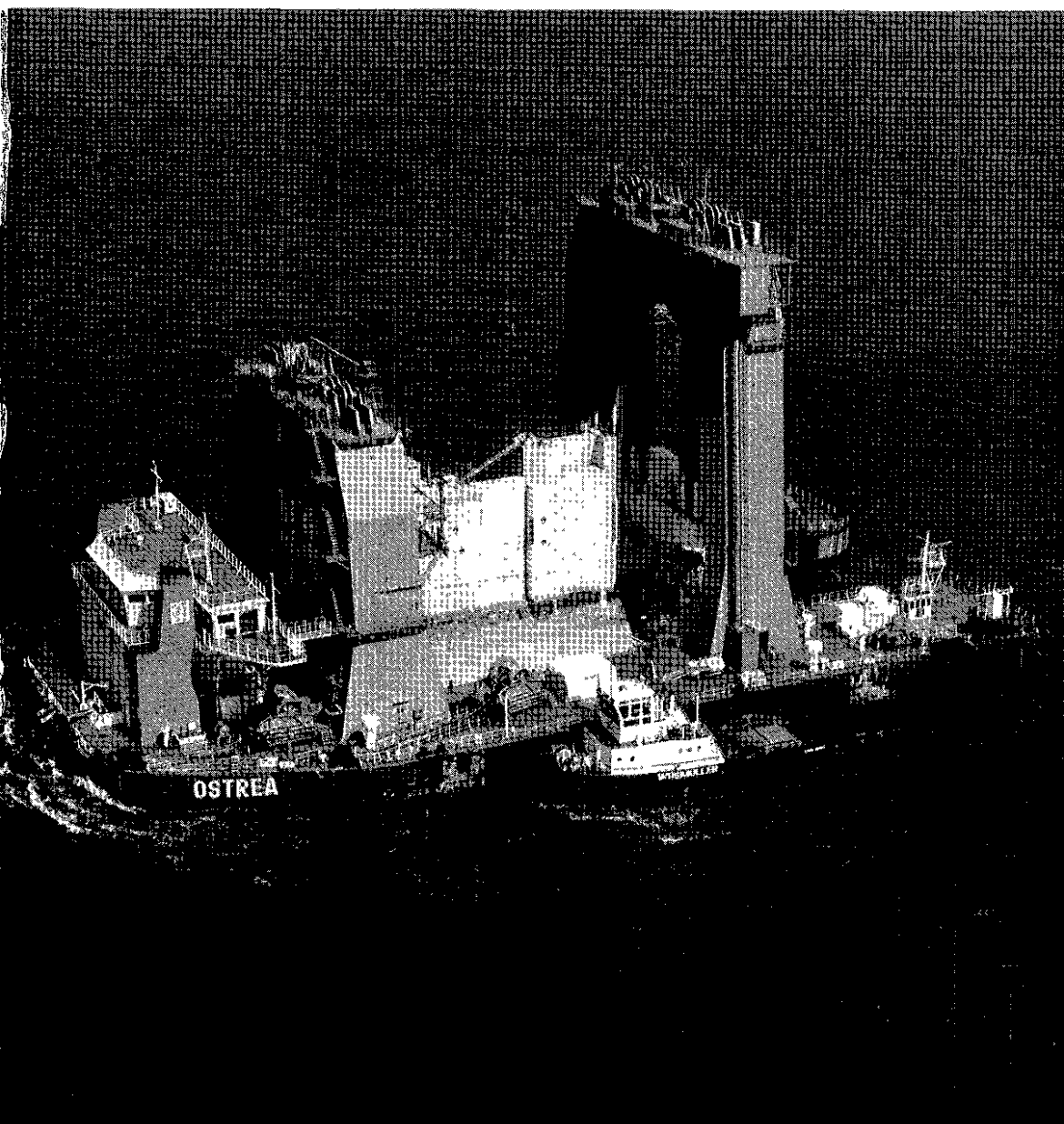
De 'Ostrea' is in een aantal opzichten zeker het mooiste stuk speciaal werkmaterieel dat voor de Oosterscheldewerken werd gebouwd. Het ontwerp van dit hefschip heeft talrijke fasen doorlopen, omdat het steeds moest veranderen met de veranderende ontwerpen van de pijlers. Zo wordt in Bericht 81 (augustus 1977) het ontwerp uit de doeken gedaan van een hefschip dat putten, bouwkuipen en pijlers naar de sluitgaten kon vervoeren en daar ter plaatse behulpzaam zijn bij het neerzetten en in de grond laten zakken van de putringen. De werkcyclus voor de plaatsing van één put/pijler-combinatie werd geschat op twee weken. Toen dit ontwerp was verlaten, en ingeruild voor de conceptie 'pijlers uit één stuk', veranderden ook de eisen aan het hefschip. Men dacht een tijdlang aan een schip dat zich in de sluitgaten als een hefeiland zou gedragen, door vier poten op de bodem te plaatsen en de pijler tussen die poten nauwkeurig af te lieren. Bij het nieuwe ontwerp behoeft het hefschip per pijlervplaatsing nog maar ruim 40 uur in het sluitgat te verblijven.

Een nadeel van het ontworpen hefeiland was wel, dat de poten de bodembescherming zouden beschadigen. Het bleek evenwel ook mogelijk die poten achterwege te laten en de pijler drijvend naar te zetten met voldoende nauwkeurigheid. Kwamen er in de lengterichting van de Oosterscheldekering maatafwijkingen voor, dan konden die later worden gecompenseerd in de afmetingen van dorpelbalken en schuiven.

In principe bestaat het hefschip uit een U-vormig drijflichaam met buitenafmetingen van 87 en 47 m, dat een beun omsluit van 70 bij 22 meter. Daaroverheen staan twee hijsportalen, een van 36 en een van 24 m bovendecks. Wie op een van

deze torens staat ziet de beun beneden zich als een zwembad. Vanuit de portalen lopen vier achtentwintig keer ingeschoren takels, verbonden door een evenaarconstructie. De klauwen die hieraan zitten passen om de hijsnokken van de pijlers. Bij elke takel staat een continu-lier van 315 kW. Een en ander is zo ontworpen dat de pijlerconstructie niet kan worden overbelast, terwijl het aftakelen ook doorgang kan vinden bij storing in één van de lieren. Een geplaatste pijler kan in geval van nood weer worden opgepakt en weggesleept.

Om zelfstandig in het bouwdoek te kunnen manoeuvreren beschikt de 'Ostrea' over een eigen voortstuwingsvermogen van 5350 kW, verdeeld over vier beweegbare propellers. Zo kan het schip om een pijler heen varen, hem optillen, de beun sluiten met een zware balk en het dok weer uitvaren. Om deze manoeuvre te kunnen volvoeren heeft de 'Ostrea' een zeer nauwkeurig navigatiesysteem, dat werkt met elektronische tachymeters. De afstand tot een pijler die benaderd wordt kan daarmee op 5 cm nauwkeurig worden bepaald; slingering en scheefstand van het schip worden daarbij door een scheepscomputer steeds verdisconteerd. Gedurende de vaart van het bouwdoek naar het sluitgat wordt gebruik gemaakt van peilinformatie die opgeslagen is op banden, en van een radiografisch plaatsbepalingssysteem dat zich steeds in drie richtingen oriënteert op walbalken. Het schip wordt tijdens deze tocht getrokken door twee sleepboten. De pijler, die in positie wordt gehouden door tien hydraulische buffers, sleept half door het water, wat hem 9000 ton minder zwaar maakt. De pijlervoet steekt nog 1 m uit onder het laagste punt van het hefschip, dat door het optillen van de pijler af is gezakt van 6,5 tot ongeveer 10 m beneden



de waterlijn. Voor dit transport zijn tussen bouwdoek en sluitgaten de vaargeulen gezogen op een diepte van 15 m.

In het sluitgat kiest de 'Ostrea' positie tegen de 'Macoma'. Met deze ponton wordt gekoppeld middels zware koppelpennen en daaroverheen passende sluitringen aan de uiteinden van het U-vormige drijflichaam. De 'Ostrea' is voorts uitgerust met vier ankerlieren van 80 ton; daarnaast is er een stel hulplieren van 30 ton.

Bij het afvieren van de pijler ontbreken de steun- en begeleidingsconstructies die in oudere ontwerpen om de pijler heenstonden: door zijn grote gewicht hangt de pijler vrijwel onbeweeglijk in de takels boven de afzinkpositie. Als de positie van de pijler na het begin van de afzinkmanoeuvre nogmaals is gecontroleerd en goedgekeurd, volgt volledige plaatsing. Is ook de grindzak om de pijlervoet gelost, dan kan de 'Ostrea' ontmeren en teruggaan.

Voordat het uiteindelijke ontwerp van de stormvloedkering in de Oosterschelde werd vastgesteld, zijn jarenlang metingen verricht om de hydraulische randvoorwaarden vast te leggen. Deze metingen hebben een ondersteunende functie vervuld bij het modelonderzoek voor het ontwerp van de kering. Tijdens de bouw zullen de waterlooppkundige omstandigheden sterk veranderen: de stroomsnelheden bijvoorbeeld worden hoger en de kenteringsvensters korter. Daarom is het modelonderzoek en het meetwerk niet afgesloten; het blijft, ook nu het ontwerp is voltooid, nodig als ondersteuning van de bouw.

Meetactiviteiten



Aan de hand van een dicht net van meetpunten, verdeeld over de drie sluitgaten – Roompot, Schaar van Roggenplaat en Hammen – vindt doorlopend onderzoek in de natuur plaats, om het getij en de stroom te meten. *Deze metingen dienen om te beginnen om vanuit berekeningen verkregen voorspellingen omtrent stroom en getij, en wijzigingen daarin, te toetsen, te ondersteunen en te verbeteren.*

Bovendien zijn ze van belang voor de operationele waterlooppkundige begeleiding: via HISTOS, het Hydro-Meteo Informatie Systeem voor de Oosterschelde, worden actuele stroom- en kenteringsgegevens direct aan de werkschepen die bij de uitvoering betrokken zijn ter beschikking gesteld. Zonodig worden deze gegevens ook op het werk zelf door een *aldaar gestationeerde meetvlet gemeten*. Tenslotte dragen de metingen bij tot de algemene studie naar de veranderingen in het stroombeeld tijdens de verschillende bouwfasen.

De metingen worden uitgevoerd door speciaal uitgeruste meetvaartuigen; bovendien is er stroommeetapparatuur opgesteld aan boord van de werkschepen 'Jan Helijmans' en 'Macomma', en aan enkele pijlers van de hulpbrug over de Hammen en de Schaar van Roggenplaat. Een andere belangrijke factor in de waterbeweging is het optreden van golven: windgolven, die lokaal worden opgewekt, en deininggolven, aanlopend van de Noordzee. Kennis van de golfhoogten en de golf lengtes die in het gebied kunnen optreden is van groot belang om uit weersverwachtingen te kunnen voorspellen welk golfbeeld te verwachten is. Daarnaast zijn actuele metingen noodzakelijk in verband met de werkbaarheids grenzen van de werkschepen. De golfgegevens worden verkregen uit golfmeetboeien, die op bepaalde plaatsen gesitueerd zijn. Ook deze gegevens komen beschikbaar via HISTOS.

Naast de kennis van getij, stroom en golven, zijn gegevens over erosie en sedimentatie van groot belang: waar en in welke mate vinden tijdens het bouwproces bodemverdieping en zandafzetting plaats ten gevolge van de getijstroom. Sinds kort is speciale meetapparatuur beschikbaar, waarmee op akoestische wijze zandconcentraties gemeten kunnen worden. *Deze metingen worden gebruikt om de aanzanding of erosie tijdens de bouw te voorspellen.*

Vorbereidende metingen

Nadat definitief was vastgesteld dat de dam in de Oosterschelde een afsluitbare stormvloedkering zou worden, moesten vele landmeetkundi-

ge taken worden vervuld. Om bouwplaatsen voor de pijlers te creëren werden bouwdoeken aangelegd, waarin coördinatenstelsels en hoogtepunten moesten worden aangebracht. *Dit laatste is geschied volgens een hydrostatische waterpassing, die zeer nauwkeurig het niveau van N.A.P. van het vasteland naar het werkeiland Neeltje Jans heeft overgebracht.* Om het werken in de sluitgaten nauwkeurig te kunnen relateren aan de uiteindelijke plaats van de kering is ieder sluitgat voorzien van een coördinatenstelsel. In elk sluitgat werd dit stelsel zo gekozen dat één van de assen evenwijdig loopt aan de as van de kering in dat sluitgat; de andere as staat er loodrecht op. Raaien en sextantpunten zijn aangebracht om werkschepen door middel van sextantmetingen het grove werk uit te kunnen laten voeren. Daarnaast zijn oriëntatiepunten aangebracht om de geavanceerde apparatuur die bij het plaatsen van de elementen betrokken is, te kunnen inregelen.

Al dit voorbereidende werk is nu verricht, maar men moet metingen blijven doen om de genoemde stelsels en raaien te controleren. En, zoals normaal bij werk in uitvoering, er is altijd uitzet- en opneemwerk te verrichten ten behoeve van de verrekking met de aannemer. Het bouwen van de pijlers bracht ook veel meetwerk met zich mee. Voor iedere pijler afzonderlijk moesten de stelconstructies zoals de bekisting worden gecontroleerd, zetting en gewicht bepaald, en ook moest aan de hand van een coördinatenstelsel binnen de pijler de vorm ervan worden bepaald, en de referentiepunten vastgelegd die later bij het oppakken en plaatsen zouden worden gebruikt.

Om een idee te geven van de nauwkeurigheidseisen geven we de volgende getallen: de vlakheid van de onderkant van de pijler heeft een tolerantie van 10 mm; de absolute nauwkeurigheid van de vormbepaling is 4 mm; de bouw en de vormbepaling van de hijsnokken hebben een tolerantie van 3 mm.

Om aan deze strenge eisen te kunnen voldoen is gebruik gemaakt van speciale theodolieten, elektronische afstandmeters, waterpassen en optische loden.

Omdat bij het assembleren van de kering zeer nauwkeurige metingen en berekeningen moeten worden uitgevoerd, moeten niet alleen van de te plaatsen onderdelen, maar ook van de werkschepen die de plaatsing verrichten, de vorm en de afmetingen nauwkeurig bekend zijn. Ook hiervoor zijn en worden uitgebreide metingen gedaan; verderop in dit artikel zal de noodzaak ervan blijken. Niets kan hier op het gevoel af worden gedaan, alles berust op berekening.

Bij de feitelijke bouw van de Oosterscheldekering komen vier belangrijke meetactiviteiten aan de orde: de zorg voor algemene plaatsbepaling, het verstrekken van hydraulische en peilgegevens tijdens de uitvoering, de realisering van de metingen op de werkschepen, en de onderwaterinspectie. We zullen deze taken nu een voor een behandelen.

Om de bouwactiviteiten op het water goed te laten verlopen heeft men een aantal plaatsbepalingsmiddelen nodig. Een oude, en indien niet al te hoge nauwkeurigheidseisen worden gesteld betrouwbare en beproefde methode, is die met behulp van raai en sextant. Als een grotere nauwkeurigheid vereist is, of als men continu over gegevens moet beschikken, zal gebruik gemaakt moeten worden van al dan niet geautomatiseerde radioplaatsbepalingssystemen. Zij zijn bijvoorbeeld aan boord van de duikvaartuigen, de peilvaartuigen, het schip voor ankerbehandeling en bij de op het werk aanwezige baggerschepen. Men gebruikt vooral 'Motorola Miniranger'- en 'Trident III'-systemen.

Bij het uitvoeren van natte werken moet men beschikken over algemene gegevens omtrent bodemtopografie en bodemveranderingen; bovendien is het van groot belang te weten hoe het werkgebied vóór en na de werkzaamheden er bij ligt. Deze informatie wordt verkregen aan de hand van peilkaarten. Dit zijn dieptecijfer- en dieptelijnskaarten of bodemprofielkaarten, waarvoor de gegevens verkregen zijn door metingen met een handlood of met akoestische middelen zoals een echolood. Voor men met het werk begint wordt een inpeiling gedaan. Mede op basis hiervan bepaalt de aannemer de werkwijze, terwijl de opdrachtgever de inpeiling kan gebruiken als basis voor de verrekking van het uit te voeren werk. Tijdens bagger- en stortwerkzaamheden worden ook peilingen verricht ter ondersteuning van het werk.

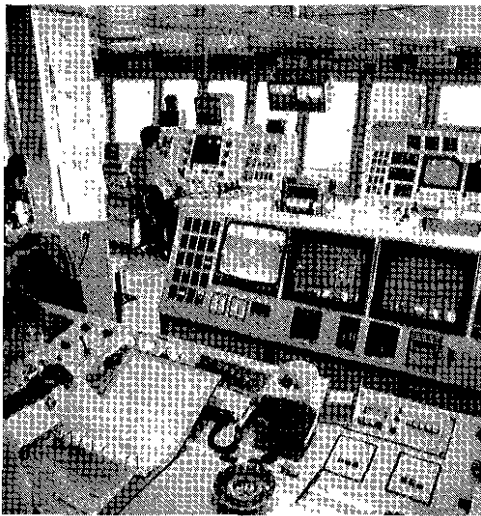
Na de werkzaamheden wordt een uitpeiling gedaan om het resultaat van het werk vast te leggen. Zo kan men als dat nodig is de verwerkte hoeveelheden bepalen, door middel van verschilberekeningen tussen in- en uitpeiling, ten behoeve van de afrekening van het werk. Om een indruk te geven van de hoeveelheid peilgegevens waar het om gaat, noemen we enige getallen. In 1981 was de topproductie, met 2 peilvaartuigen, 120 km opgenomen peilraai per dag. Om met de verwerking het opnemen bij te kunnen houden is eind 1981 een nieuw walverwerkingssysteem in bedrijf gesteld, met een maximale verwerkingscapaci-



In de techniek van plaatsbepaling en navigatie is in het afgelopen decennium wel wat veranderd.

teit van 250 km opgenomen raaien per 8 uur. Het totaal aan opgenomen peilkilometers voor de stormvloedkering bedroeg in 1981 18 000. Men kan dus wel zeggen, dat de bodembewegingen en de bouwactiviteiten nauwgezet worden gevolgd.

De verstrekking van actuele hydraulische gegevens omtrent stroom, getij, en golfhoogte en het te verwachten weer is voor een werk in uitvoering te allen tijde van groot belang. Elke minuut zendt het HISTOS-meetnet nieuwe gegevens uit, die middels een 'snelpcil-systeem' op de werkschepen kunnen worden ontvangen, en daar in een meet- en verwerkingssysteem worden ingelezen en gepresenteerd. Hoe deze gegevens worden verkregen, wordt verderop in het volgende artikel uitvoeriger beschreven. Aan de meetssystemen op de grote werkschepen zullen we nu extra aandacht besteden. Wanneer gekozen wordt voor het ter plekke samenstellen van geprefabriceerde onderdelen, eist dit hoge nauwkeurigheden bij het plaatsen van die onderdelen. Immers, een geringe afwijking kan enorme gevolgen hebben voor de rest van de samenstellende delen. Daar komt nog bij, dat alle werkzaamheden worden verricht vanaf min of meer beweeglijke werkschepen, en voor een belangrijk deel onder water plaats vinden. Dat betekent dat men geen vast uitgangspunt heeft, en geen zicht op het werk. Bovendien is het meestal niet mogelijk een element weer op te pakken en opnieuw te plaatsen; het moet in één keer goed gebeuren.



Dit alles tezamen stelt zeer hoge eisen aan de meet- en inspectietechnieken. Dit heeft geleid tot complexe en sterk geautomatiseerde meetsystemen.

We willen nu nagaan hoe deze meetsystemen tot stand zijn gekomen, en over wat voor nauwkeurigheden we eigenlijk praten.

Men heeft bij de Oosterscheldekering tijdens de ontwerp- en bouwfase van de meetsystemen gekozen voor een veel nauwere samenwerking tussen aannemer en opdrachtgever dan algemeen gebruikelijk was; de meetproblemen zijn immers zo complex, dat optimaal gebruik van kennis en capaciteit van beide zijden noodzakelijk is. Bovendien zullen aannemer en opdrachtgever bij de uitvoering van de werkzaamheden gezamenlijk gebruik maken van een en hetzelfde meetsysteem. Daarom zijn in het systeem ook extra controlemetingen en controleberekeningen gebouwd, die tevens gebruikt kunnen worden als reservemeting bij het wegvallen van essentiële primaire meetapparatuur. Zo wordt de tijd dat het werk stil ligt vanwege meetproblemen tot een minimum beperkt.

Aangezien de nauwkeurigheidseisen door het ontwerp van de kering worden opgelegd, was men niet altijd vrij in de keuze van apparatuur. Diepgaande studies zijn verricht om te bepalen uit welke instrumenten de verschillende meetsystemen konden worden samengesteld. Voor het bepalen van de nauwkeurigheid van metingen is een goede kennis van de statistiek een vereiste. Metingen van één en hetzelfde vertonen namelijk altijd enige spreiding in

meetwaarden; dit kunt u zelf nagaan door de lengte van deze regel 5x achtereenvolgend tot op tienden van millimeters nauwkeurig op te meten. Statistisch kan men ondanks deze spreiding toch de afmetingen van het object bepalen, door de gemiddelde afmetingen te geven plus een tolerantiegebied. Als dan echter samengestelde metingen worden verricht, dus verschillende metingen die samen leiden tot één uitkomst, dient men een goed overzicht te hebben over de optredende fouten – systematische en willekeurige – om statistisch het tolerantiegebied te kunnen vaststellen. De metingen die nodig zijn voor de totale positiebepaling kan men verdelen in drie soorten: metingen van de wal naar het werkschip voor de plaatsbepaling van het schip in het sluitgat, metingen op het werkschip om de scheepsbewegingen te bepalen, en metingen vanaf het werkschip naar het te plaatsen onderdeel, voor de plaatsbepalingen onder water.

Voor de positiebepaling van het werkschip in het sluitgat, met een maximale afstand tussen wal en schip van 2 km, staat een aantal alternatieven ter beschikking. Ten eerste een groep radioplaatsbepalingssystemen: 'Trident III', 'Motorola Miniranger III' en 'Artemis MKR III'. De nauwkeurigheid van deze systemen ligt tussen 0,5 en 3 meter, maar het bepalen van de hoogteligging van een werkschip is hiermee niet mogelijk. Wel kunnen verschillende gebruikers gebruik maken van dezelfde basis-stations, het zijn zogenaamde 'multi-user' systemen. Naast deze radiosystemen is er ook een micro-golfsysteem in gebruik, de 'Tellurometer MRA III'. Dit systeem heeft een nauwkeurigheid van 0,25 meter. Het is echter een 'single-user' systeem; een ander nadeel is dat er voor een positiebepaling twee eenheden nodig zijn.

Wanneer een hogere positie-nauwkeurigheid, in de orde van centimeters, wordt geëist, en als ook nauwkeurige hoogtebepalingen nodig zijn, wordt gebruik gemaakt van afstandsmeetinstrumenten, gebaseerd op infrarood of laserlicht, van theodolieten en van elektronische tachymeters. Vooral de automatisch volgende theodoliet 'Minilir' kan samen met de op een volgbuis gemonteerde afstandsmeter 'AGA 112' zeer nauwkeurige positiebepalingen uitvoeren in alle drie de dimensies. De combinatie is bijvoorbeeld in staat om automatisch een bewegende infrarood-bron met een hoeksnelheid tot 36°/s te volgen, met een nauwkeurigheid van 4,5 boogseconden, waar elke 0,1 s informatie vrijgegeven wordt van hetzij de horizontale, hetzij de verticale hoekmeting. Aan deze nauwkeurige instrumenten zijn echter ook

enige nadelen verbonden: ze zijn duur, het zijn 'single-user' systemen, en ze zijn gevoelig voor mist, sneeuw en breking door luchtlagen. Verder is de bewaking en bijsturing van het meetproces arbeidsintensief; bovendien staan deze instrumenten aan de wal opgesteld, dus moeten de gegevens telemetrisch naar het werkschip worden overgezonden, en dat werkt sterk kostenverhogend. De noodzakelijke toepassing van zes 'Minilir'/'AGA'-combinaties, drie bij het plaatsen van de pijlers, twee bij het aanbrengen van de funderingsmatten en één bij het verdichten van de bodem – de laatste is tevens reserve – is al een totale investering van ongeveer f4,5 miljoen. Aan boord van het werkschip geven nauwkeurige gyrosystemen informatie omtrent de koers; trim en slagzij worden gemeten met versnellingsopnemers of inclinometers. Sommige werkschepen zijn tevens voorzien van diepgangmeters, zodat samen met de getijgegevens van HISTOS informatie verkregen kan worden over de werkhoopte.

Wanneer een pijler wordt geplaatst installeert men daarop een speciaal ontwikkelde hellingmeter, die in staat is het statische en het dynamische gedrag *gelijktijdig te meten*. De genoemde meetsystemen geven hun informatie zo af, dat die direct door een computersysteem is uit te lezen en te verwerken.

Voor de positiebepalingen onder water staan ook een aantal meetsystemen ter beschikking. Om te beginnen een groep van akoestische *meetsystemen, variërend van echoloden via profielopnemers tot een akoestisch 'Super Short Baseline' onderwaterplaatsbepalingssysteem*.

Er zijn voor de bouw van de Oosterscheldekering profileersystemen ontwikkeld die in staat zijn om met behulp van een nauwkeurig *te sturen nauwe akoestische bundel afstands-* metingen uit te voeren ten opzichte van een zich onder water bevindend object. Tezamen met een hoekmeting aan de zendbundel kunnen op 30 m diepte objecten worden ingemeten met een nauwkeurigheid van enkele decimeters. Ook is speciaal voor dit project een zandlaagdijktometer ontwikkeld, voor de controle onder water na het schoonzuigen van de funderingsmatten. Hiermee zijn zandlaagdijkten tot op een halve cm nauwkeurig te meten. Behalve van akoestische systemen kan men ook van draadmeetsystemen gebruik maken, waarbij bijvoorbeeld de positie van de schepen wordt afgemeten aan de ankerdraadlengte ten opzichte van de verankeringspunten. Metingen van alleen de draadlengte zijn mogelijk, of van de draadlengte gecombineerd met de stand van de draad ten opzichte van de verticaal. Zo

kan onder meer nauwkeurig gemeten worden hoe diep de zuigkoppen onder de ponton hangen. De toepassing is echter beperkt, omdat draadmeters door stroom en vuil sterk beïnvloed kunnen worden.

Tenslotte is er nog een groep van instrumenten die gebruik maken van hoekmeting, cilinderstandmeting, drukdozen, tasters, enzovoort. Al deze sensoren worden toegepast op bewegende delen – zuigkoppen, afgezonden balken en dergelijke – die in een rechtstreekse mechanische verbinding staan met het werkschip, en maken dus gebruik van de vaste relaties die er onder water bestaan tussen het ingemeten meetpunt en het schip.

Alle genoemde meetsystemen worden in het centrale meet-verwerkingssysteem aan boord van de werkschepen ingelezen. Hier vinden de nodige controles, conversies en berekeningen plaats, *waarna de berekende gegevens, via een speciale beeldpresentatie-processor en op plotters en printers, aan de gebruikers worden gepresenteerd*. Het meetproces wordt, tezamen met vele procesgegevens van het werkproces aan boord, ook nog integraal geregistreerd voor verdere verwerking en analyse aan de wal. *Hoe deze verdere verwerking plaatsvindt, en hoe de uitwisseling van gegevens tussen de werkschepen onderling verloopt, komt nog ter sprake.*

Duidelijk is, dat hier metingen worden verwerkt met voor waterbouwkundige werken zeer hoge *nauwkeurigheden: zorgvuldige ijkingen, vormbepalingen van vaste objecten, opstel- en richtpunten*. Inclusief de bediening van de meet- en verwerkingsapparatuur omvat de organisatie van het meetwerk meer dan 100 medewerkers, als gezamenlijke inzet van aannemer en opdrachtgever.

De vele gegevens die op de verschillende schepen worden verzameld, kunnen op heel verschillende manier worden te pas gebracht bij het uitvoeringsproces. Allereerst zijn de gegevens van belang voor verwerking ten behoeve van de proces-analyses. Daartoe worden ze in een speciaal daarvoor opgezet walverwerkingssysteem uitgewerkt. Maar ook is het in de verschillende stadia van de werkzaamheden nodig om gegevens uit te wisselen; dit kan het beste duidelijk worden gemaakt aan de hand van een voorbeeld. Wanneer de 'Cardium' een onder- en een bovenmat op een pijlerlocatie heeft gelegd, wordt na het verdichten van een vlakheidsmeting van de gehele fundering uitgevoerd. Deze gegevens worden naar het walverwerkingscentrum gestuurd; daar wordt dan berekend of er ter correcte een tegelmat

nodig is, en zo ja, van welke afmetingen. Voordat de 'Macoma' deze correctiemat in samenwerking met de 'DOS I' gaat leggen moet een aantal baggerslagen worden gemaakt. Deze kunnen alleen goed worden uitgevoerd indien het computersysteem precieze gegevens bevat omtrent de ligging van de ondermat, de bovenmat en de tussenruimte tussen twee ondermatten, en omtrent de laatste inpeiling van het gebied. Deze gegevens zijn afkomstig van drie verschillende bedrijven: de 'Cadium'; de 'Jan Heijmans' en het peilbedrijf. Het walverwerkingscentrum selecteert nu al die gegevens uit de data-bestanden van bovengenoemde bedrijven en zet ze in het juiste formaat, in de juiste volgorde op de juiste drager, een geluidsband bijvoorbeeld, zodat aan boord van de 'Macoma' slechts die band opgezet hoeft te worden om de uitgangsgegevens te presenteren waarmee het werk kan worden aangevat. Dit garandeert een hoge produktie.

Voor de inspectie onder water wordt bij de bouw van de stormvloedkering gebruik gemaakt van een reeks van inspectiemiddelen. 'Sonar' heeft, zeker de laatste tijd, ruime aandacht gekregen, omdat dit systeem een snelle controle van de uitvoeringsprocessen mogelijk maakt. Evaluatie zal uit moeten wijzen waar en hoe 'sonar' als inspectiemiddel in het productieproces kan worden ingepast. Ook voor duikwerk is bij de bouw van de stormvloedkering een ruime taak weggelegd. Er wordt gebruik gemaakt van drie speciaal ingerichte duikvaartuigen, elk bemand met een groep duikers. In het algemeen ondersteunen de duikers de verschillende uitvoeringsprocessen door inspecties na het leggen van matten, en na het oppakken en plaatsen van de pijlers. Maar ook algemene inspectietaken, zoals het inspecteren van ankerpalen, vallen onder hun werkgebied. Vaak worden inspecties uitgevoerd met speciale

onderwater-videocamera's, zodat de opdrachtgever zelf mee kan kijken. Daarnaast wordt er van iedere inspectie een uitgebreid rapport opgesteld. De tijd waarin een duiker zijn inspecties kan voeren is echter beperkt, vooral door de stroom; de duiktijd kan per kentering 40 minuten bedragen. Deze tijden lopen gedurende de bouw van de kering verder terug. Duiken tot N.A.P. - 32 m, zoals in de Oosterschelde voorkomt, maakt dat er, afhankelijk van duiktijd en duikdiepte, gedeecomprimeerd moet worden. De duikschepen zijn daartoe alle voorzien van decompressietanks. Om aan alle inspectie-eisen te kunnen voldoen

is voor een aantal gespecificeerde inspecties de duiker vervangen door een op afstand bestuurbare drager van inspectie-apparatuur, de bodemkruiper 'Portunus'. Dit inspectievoertuig kan met zijn zes videocamera's, die aan de voorkant op het voertuig zijn gemonteerd, een strook van 3,5 m breedte in één keer op beeldschermen presenteren en op videorecorders vastleggen. Daarnaast is de 'Portunus' voorzien van akoestische zandlaagdiktemeters. Voor het inspecteren van de ruimtes tussen de matten, de zijkanten van de funderingsmatten en de tegelmatten is de 'Portunus' uitgerust met een inspectie-arm van het zogenaamde 'master/slave'-principe: de 'master'-arm op de 'Portunus' volgt exact de bewegingen die door de bediener met zijn arm, waaraan de 'master' is gekoppeld, worden gemaakt. Aan het uiteinde van de inspectie-arm is een aantal sensoren bevestigd: een profiel-opnemer, een tv-camera en een stroommeter. Bovendien is het voertuig om botsingen met obstakels te voorkomen, ook aan de voorkant voorzien van een sonar-apparaat van een speciaal type. Het contact tussen de bodemkruiper en het ondersteuningsschip 'Wijker Rib' wordt via een soort navelstreng onderhouden: een bundel aders, waardoorheen zowel besturings- als meetsignalen uitgewisseld worden. Tenslotte heeft de mattenlegger 'Cadium', voor de laatste controle op aanzanding vlak voor het leggen van de bovenmat, de beschikking over een inspectieslede als drager van zanddiktesensoren. Het apparaat wordt door de ponton zelf meegesleept tijdens het uitrollen van de bovenmatten en wel op korte afstand voor het zich verplaatsende raakpunt van de bovenmat uit. De slede, de 'Asterias', is net als de 'Portunus' met het ondersteuningsschip verbonden door een navelstreng, waardoorheen de sensorsignalen lopen. Na dit overzicht van de meet- en inspectietaken tijdens de bouw werpen we een blik in de toekomst, om ons af te vragen welke taken er na het plaatsen van de pijlers en de overige elementen nog liggen te wachten. Het zal dan vooral gaan om zogenaamde deformatie-metingen. Vanaf het moment van plaatsen zullen, in eerste instantie continu en later met bepaalde regelmaat, metingen moeten worden verricht om de standzekerheid van de kering te bewaken. Maar hoe dit precies zal plaatsvinden is nog niet bekend; studies hiernaar zijn nog maar in de beginfase. Ook zullen zonder onderbreking de veranderingen van de bodem vóór, achter en ter plaatse van de stormvloedkering in de gaten gehouden moeten worden.

Sinds april 1982 is het Hydro-Meteo-Centrum – na een inwerktijd van ruim een jaar – volledig operationeel in bedrijf. Het centrum, gevestigd in Zierikzee, moet zorgen dat het werkfront op gezette tijden de beschikking krijgt over de meest actuele prognoses van de meteorologische en waterloopkundige omstandigheden waaronder zal moeten worden gewerkt.

Deze informatie is nodig om minstens drie redenen: de veiligheid, de bedrijfseconomie en de technische uitvoering van het werk in de sluitgaten. De veiligheid van mensen en materieel dient zo goed mogelijk te worden gegarandeerd. Ongelukken die een gevolg zijn van het werken onder te ongunstige omstandigheden moeten waar mogelijk worden voorkomen. Het gaat daarbij immers om mensenlevens. Informatie over naderend slecht weer is zeer belangrijk, want ze biedt de mogelijkheid tijdig een veilig heenkomen te zoeken in de havens. Het werkmaterieel dient daarnaast efficiënt en zo economisch mogelijk te worden ingezet. Voorkomen moet worden dat er niet wordt gewerkt terwijl dat wel mogelijk zou zijn, want dat leidt tot financiële verliezen en onnodige vertraging. Anderzijds mag het ook niet voorkomen dat er wordt doorgewerkt onder te ongunstige omstandigheden. Er wordt gebruik gemaakt van uniek materieel, waarvoor geen reserve beschikbaar is; schade aan of verlies van dat materieel zou grote vertraging in de bouw doen ontstaan. De in vergaande mate geprefabriceerde bouw van de stormvloedkering brengt mee dat een groot aantal plaatsingsoperaties zal moeten worden uitgevoerd, zoals het leggen van de funderingsmatten en het plaatsen van pijlers, dorpelbalken en schuiven. Deze operaties kunnen slechts uitgevoerd worden bij geringe stroomsnelheden rond de kentering. Maar de voorbereidingen voor de uiteindelijke plaatsing beginnen al enige dagen eerder. Ook in die voorbereidingsfase zullen nauwkeurige en betrouwbare prognoses beschikbaar moeten zijn van de omstandigheden waaronder de plaatsing moet worden uitgevoerd, teneinde de operatie succesvol te laten verlopen.

Voorspellingssystemen

Het Hydro-Meteo-Centrum

Het Hydro-Meteo-Centrum is een samenwerkingsproject van het K.N.M.I., en de Deltadienst. Het bestaat uit een zogeheten gegevensinwinningbedrijf en een voorspelbedrijf. Voor de inwinning van gegevens is een werkploeg van zeven assistent-meteorologen en zeven assistent-waterloopkundigen in de weer. Zij bewaken de binnenkomende informatiestromen. Na controle en eventuele correctie worden de gegevens doorgezonden naar de voorspellers. Gegevens die van direct belang kunnen zijn voor de uitvoering worden bovendien rechtstreeks verstrekt aan de gebruikers, door middel van een snelpelstelsel: de informatie wordt verstrekt in een radiotelegram, dat elke minuut wordt ververs. Aan boord van de werk- en begeleidingsvaartuigen wordt dit telegram ontvangen met speciale ontvangers. Voor studiedoeleinden en advieswerk worden de gegevens tenslotte ook doorgegeven aan het Rekencentrum van de Meet- en Studiefdeling van de Rijkswaterstaat in Zierikzee. In het voorspelbedrijf werken vier meteorologen en vier waterloopkundigen samen. Zij interpreteren de ingewonnen informatie en stellen op basis daarvan prognoses op, in het algemeen met een geldigheidsduur van 24 uur. De prognose verschijnt als een zogeheten hydro-meteo-bulletin, dat dagelijks wordt verspreid om 8, 15, en 21 uur. Op zaterdagen en 's nachts worden normaliter geen bulletins verspreid, terwijl op zondag alleen bulletins uitgaan om 15 en 21 uur. Op zondagen wordt bovendien een meerdaagse prognose opgesteld, die kan worden gebruikt voor het plannen van de werkzaamheden in de daaropvolgende week. Omdat de plaatsingsoperaties worden verricht

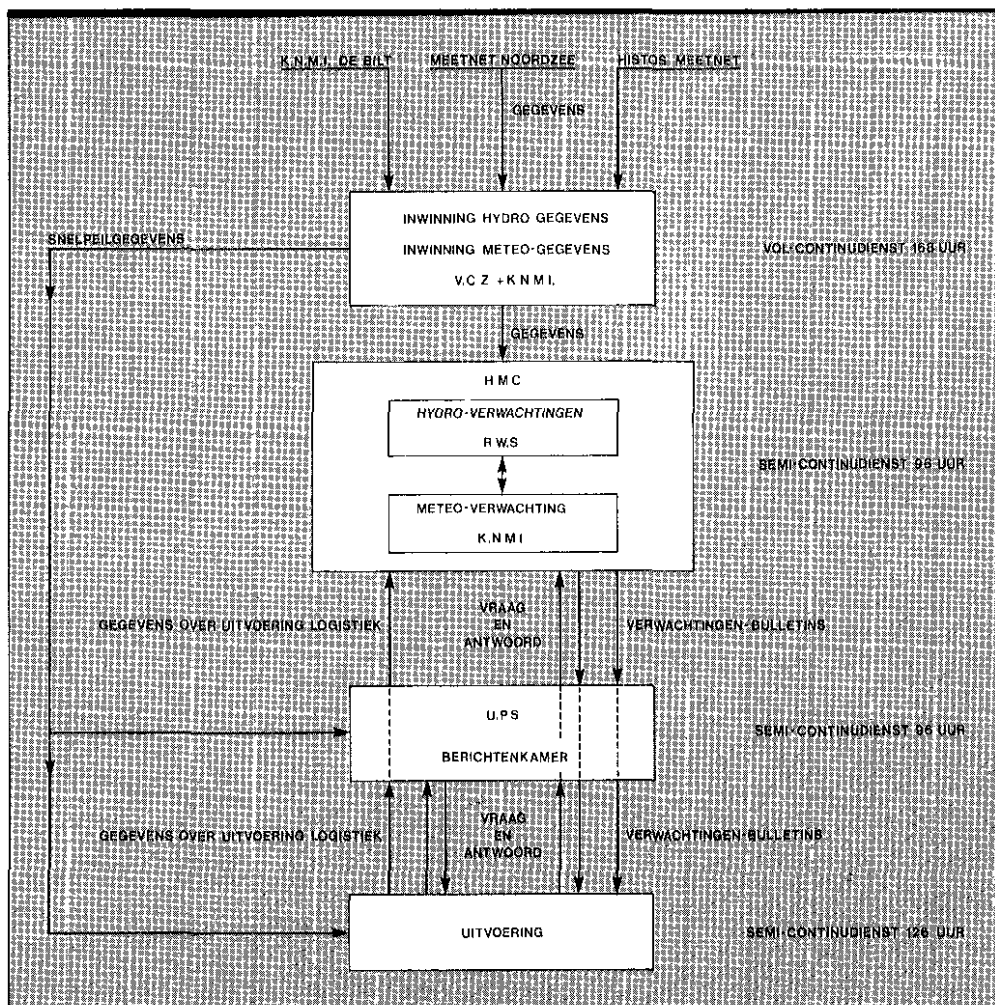


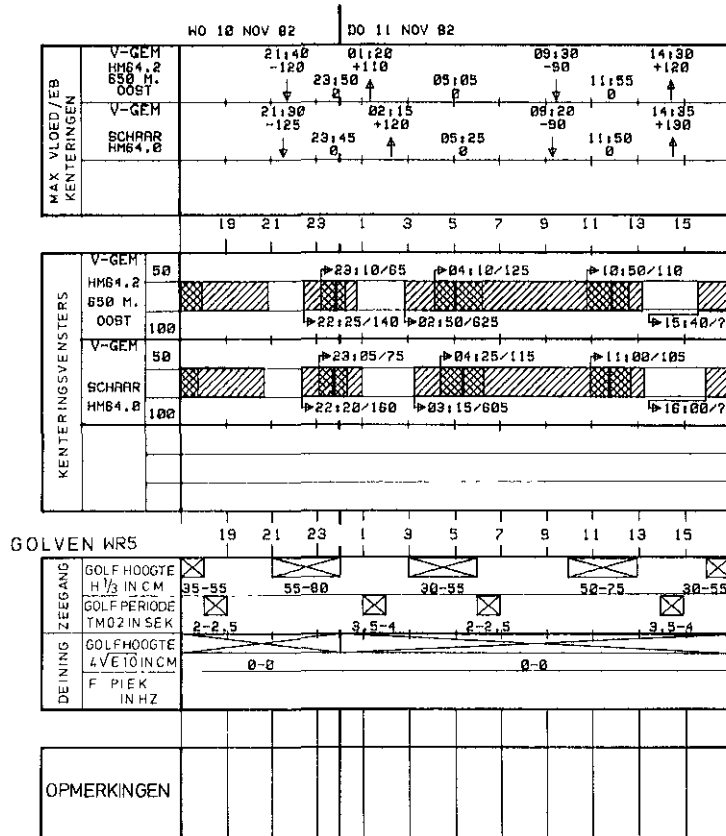
Fig 1 Operationeel schema voor de opstelling van hydro-meteo-verwachtingen in semi-continudienst.

in vol-continu bedrijf, is de personeelsbezetting van het Hydro-Meteo-Centrum erop voorbereid dat 's nachts en in de weekends regelmatig extra-bulletins kunnen moeten worden opgesteld, indien zulks door de uitvoering wordt verlangd. De verschijningstijdstippen van de bulletins zijn gerelateerd aan de tijdstippen waarop meteorologische waarnemingen binnenkomen van alle weerstations in West-Europa en op de Atlantische Oceaan. Volgens internationale afspraken gebeurt dit in een vaste cyclus: elke 6 uur komen er uitgebreide waarnemingen, en om de 3 uur minder uitgebreide. Bij snel veranderende omstandigheden kunnen de verwachtingen dus tussentijds worden bijgesteld. De hydro-meteo-bulletins bevatten een algemene verwachting van de meteorologische en waterloopkundige omstandigheden in de drie

HMC-HYDRO VERWACHTING

STROOMSNELHEID

DOS I/MACOMA



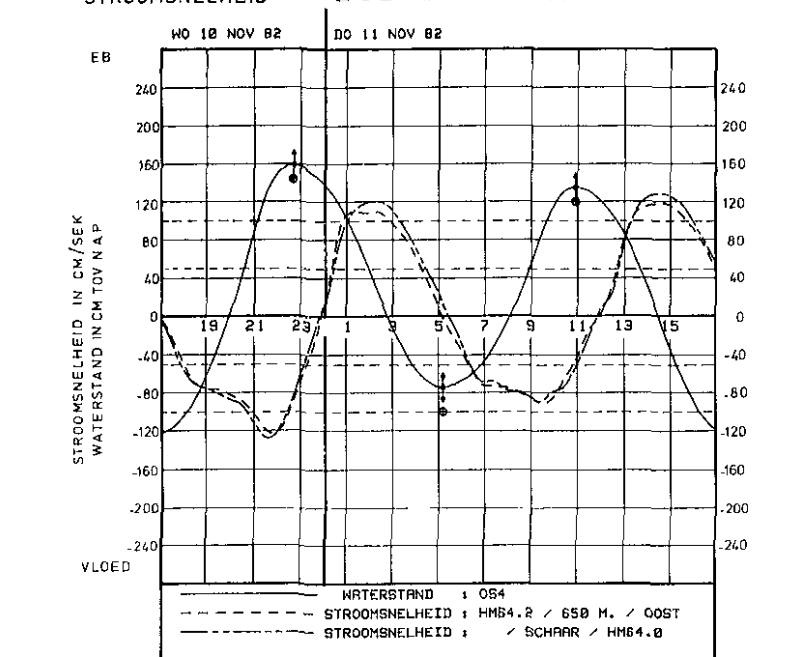
sluitgaten in de mond van de Oosterschelde. Ongeveer twee uur na de verspreiding ervan komen er ook extra hydrobulletins beschikbaar. Zij bevatten verwachtingen van de waterloopkundige omstandigheden op een specifieke locatie in één van de sluitgaten, waar op dat moment werkzaamheden worden uitgevoerd. Optimaal mag de dienstverlening door het Hydro-Meteo-Centrum pas heten wanneer het geleverde produkt precies aansluit op de wensen van de uitvoering. De zorg hiervoor berust bij de berichtenkamer van de Uitvoerings Post Stormvloedkering op het werkeiland Neeltje Jans, die als vooruitgeschoven post van het Hydro-Meteo-Centrum fungeert. De berichtenkamer verzorgt de verspreiding van alle bulletins over de werk- en begeleidingsvaartuigen. Vragen naar aanleiding van de verstrekte informatie worden zoveel mogelijk onmiddellijk

Fig 2.3. Voorbeelden van hydro-meteo-verwachtingen, gericht op bepaalde werkschepen.

HMC - HYDRO VERWACHTING

WATERSTAND
STROOMSNELHEID

DOS I/MACOMA



WATERSTAND OS4

	19	21	23	1	3	5	7	9	11	13	15
HW/LW			22:35 +160			05:10 -75			10:55 +135		

beantwoord; indien nodig kan daarbij teruggevallen worden op de meteorologen of waterloopkundigen. Omgekeerd is het de taak van de berichtenkamer informatie te verzamelen over de posities van de vaartuigen, de locaties waar gewerkt wordt, de korte-termijnplannen en het soort verwachtingen waaraan behoefte is.

Deze informatie wordt dan weer doorgegeven aan het Hydro-Meteo-Centrum, dat de gevraagde prognoses levert. De berichtenkamer is met het oog op deze taken volledig continu bemand.

De prognoses worden opgesteld op basis van continu ingewonnen meetgegevens. Daartoe werd reeds in 1977 begonnen met de opbouw van een meetnet, dat thans bestaat uit 40 meetpunten, verspreid over het Oosterscheldebekken, de mond van de Oosterschelde en het

kustgebied voor de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden. Er worden gegevens verzameld over golven, waterstand, stroomsnelheden, zoutgehalte, watertemperatuur en wind. Met vaste tussenpozen, die naar gelang van het soort gegevens kunnen variëren van twee keer per seconde tot één keer per 15 minuten, worden de gegevens van alle meetpunten via telemetrische verbindingen overgeseind naar het Verwerkingscentrum te Zierikzee, een onderdeel van het Hydro-Meteo-Centrum. Daar worden de gegevens verwerkt door de computer, en direct gepresenteerd, zodat ze op juistheid kunnen worden gecontroleerd.

Behalve over deze lokale meetgegevens kan men in het Verwerkingscentrum beschikken over gegevens van een aantal boorplatforms in het noordelijke deel van de Noordzee. Dit zijn meetpunten die primair zijn gerealiseerd ten



In de Uitvoeringspost Stormvloedkering op het werkeiland Neeltje Jans

dienste van de Stormvloedwaarschuwingdienst. Vooral informatie over de golfvelden bij deze locaties is van belang, omdat die veelal de oorzaak vormen voor het ontstaan van lange deining in de mond van de Oosterschelde, waar het bijzondere werkmaterieel zeer gevoelig voor is. Meteorologische gegevens worden ingewonnen via een directe verbinding met het K.N.M.I. in De Bilt en tevens via een aansluiting op het internationale meteonet. Zo krijgt men te Zierikzee de beschikking over analyses van de weersituatie die zijn opgesteld door een aantal nationale meteorologische instituten in West-Europa.

Uitgangspunt voor alle prognoses is de algemene weersverwachting. De meteorologen stellen op basis daarvan de verwachting op van de windsnelheid en windrichting en bepalen vervolgens de verwachte afwijking van

de waterstanden op hoog en laag water. Met deze gegevens gaan de waterloopkundigen aan de slag. Allereerst wordt bepaald hoe de waterstand zal verlopen. Met behulp van uit onderzoek gevonden correlaties tussen het verticale en horizontale getij wordt vervolgens het te verwachten verloop afgeleid van de stroomsnelheden en stroomrichtingen. Daaruit volgen weer de tijdstippen van kentering en de periodes dat de stroomsnelheid beneden een bepaalde waarde zal zijn, de 'kenteringsvensters'. Uit de verwachting van de wind wordt tenslotte de te verwachten hoogte en periode van de golven berekend, gebruik makend van de resultaten van het numerieke Golven Noordzeemodel (GONO) en van correlaties van de golfbeweging op verschillende locaties. De methodieken voor de stroomverwachtingen en de golfverwachtingen zijn eerder gedetailleerd beschreven in Bericht 93 (augustus 1980), waarnaar we dus kortheidshalve verwijzen.

De stormvloedkering die wordt gebouwd in de monding van de Oosterschelde moet gereëaliseerd worden onder wel zeer moeilijke hydraulische omstandigheden. De belangrijkste natuurlijke omstandigheden waarmee tijdens de bouw rekening moet worden gehouden zijn eb en vloed, die niet alleen een getijverschil veroorzaken van gemiddeld 3,50 m, maar ook sterke stromingen, die bovendien van plaats tot plaats kunnen verschillen. Verder heeft men te maken met golven en deining, met zandtransport over de bodem, en met de weersgesteldheid.

Technische uitvoering en contractvorm

De kering wordt in de stroomgeulen van de Oosterschelde samengesteld uit geprefabriceerde onderdelen. Deze bouwwijze is gekozen om het bestaande milieu zo weinig mogelijk te verstoren, maar ook om de bouwtijd op open water tot een minimum te beperken. Voor het assembleren van de geprefabriceerde onderdelen zijn bijzondere werktuigen gebouwd, die elders in deze aflevering worden beschreven: de 'Mytilus', de 'Cardium', de 'Ostrea' en de 'Macoma'. De moeilijkheidsgraad van het assembleren van vrij zware onderdelen wordt, behalve door de natuurelementen, in hoge mate bepaald door de geringe toelaatbare toleranties.

De kering wordt opgebouwd uit 66 pijlers – 16 in de Hammen, 17 in de Schaar, en 33 in de Roompot –, en 63 schuiven. De afstand tussen de pijlers bedraagt 45 m hart op hart. De schuiven bewegen verticaal tussen de pijlers en sluiten aan op een dorpel- en een bovenbalk. De bovenbalk ligt met de onderkant op N.A.P. + 1,00 m. De hoogteligging van de dorpelbalk varieert: middenin de geulen liggen de dorpels dieper, aan de randen minder diep. Beide balken zijn opgelegd in de pijlers. Het onderste deel van de dorpelbalk is ingepakt in een stenen drempel.

Over de kering en over de aansluitende grondwerken is een weg geprojecteerd. In de kering is een scheepvaartsluis opgenomen, 100 m lang en 16 m breed, en met een drempel op N.A.P. – 5,70 m.

Aan weerszijden van de kering is een bodembescherming aangebracht van hoofdzakelijk blokkenmatten, tot maximaal 650 m uit de as van de kering. Eveneens aan weerszijden van de kering liggen stortbedden van asfaltmastiek,

die aansluiten op de drempel met overgangsconstructie. De randen van de stortbedden zijn vastgelegd met stortsteen. De pijlers worden gefundeerd op een geprefabriceerde filterconstructie. In de as van de kering is een grondverbetering aangebracht van wisselende omvang. De grondverbetering en een deel van het onderliggende Oosterschelde-zand moesten worden verdicht om de benodigde draagkracht te verkrijgen. Ook langs de rand van de bodembescherming werd de Oosterscheldebodem plaatselijk verdicht. Langs de rand van de bodembescherming zullen naar verwachting ontgrondingskuilen ontstaan. Waar nodig zullen die worden bestort. De aansluiting van de kering op de oevers wordt gevormd door damaanzetten en landhoofden. De overspanning tussen landhoofd en randpijler bedraagt op Schouwen 65 m; de overige overspanningen meten 80 m. De openingen tussen de damaanzetten en de randpijlers worden gedicht met breukstenen dammen.

Het bewegingswerk van elke schuif bestaat uit twee hydraulische cilinders. De bijbehorende hydraulische eenheden worden ondergebracht in de verkeerskokers, evenals de elektrische installaties en de bekabeling. De schuiven worden langzaam gesloten en geopend. Elk van de bewegingen duurt maximaal een uur.

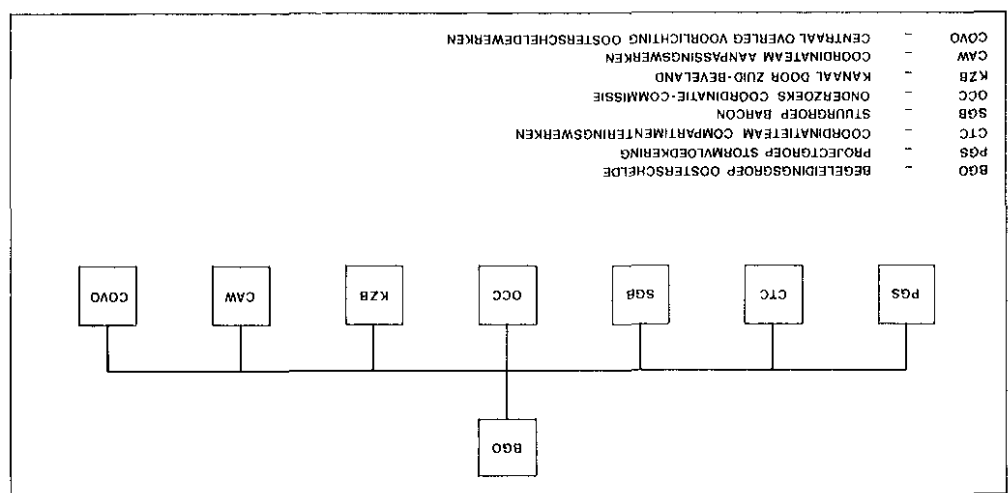
De gehele kering wordt bediend vanuit een centraal bedieningsgebouw, waarin tevens de dieselcentrale, de werkplaats en voorzieningen voor de voorlichting zijn ondergebracht. De mogelijkheid bestaat om, indien dit gewenst mocht zijn, maatregelen te nemen ter verbetering van de afvoercoëfficiënt. De kosten daarvan zijn niet begrepen in de geraamde

Een funderingsmat verlaat de fabriek en wordt op een transportrol gewikkeld.
kosten voor de bouw van de Oosterschelde-kering.

Organisatie

Een zo groot werk vraagt om een doordachte en wel gestructureerde projectorganisatie. Het project wordt geleid door een Begeleidingsgroep Oosterschelde – de B.G.O., die in principe gevormd wordt door de directeuren en hoofden van samenwerkende specialistische diensten en directies. De B.G.O. voert een uitsluitend superviserend beleid, als hoogste instantie in de organisatie. De structuur van de organisatie is verder als volgt
Voor de eigenlijke realisering van de stormvloedkering in de Oosterschelde is een projectorganisatie in het leven geroepen, de P.G.S., waarbinnen alle benodigde vakdisciplines zijn

Fig 1 De projectbureaus onder de Begeleidingsgroep Oosterschelde

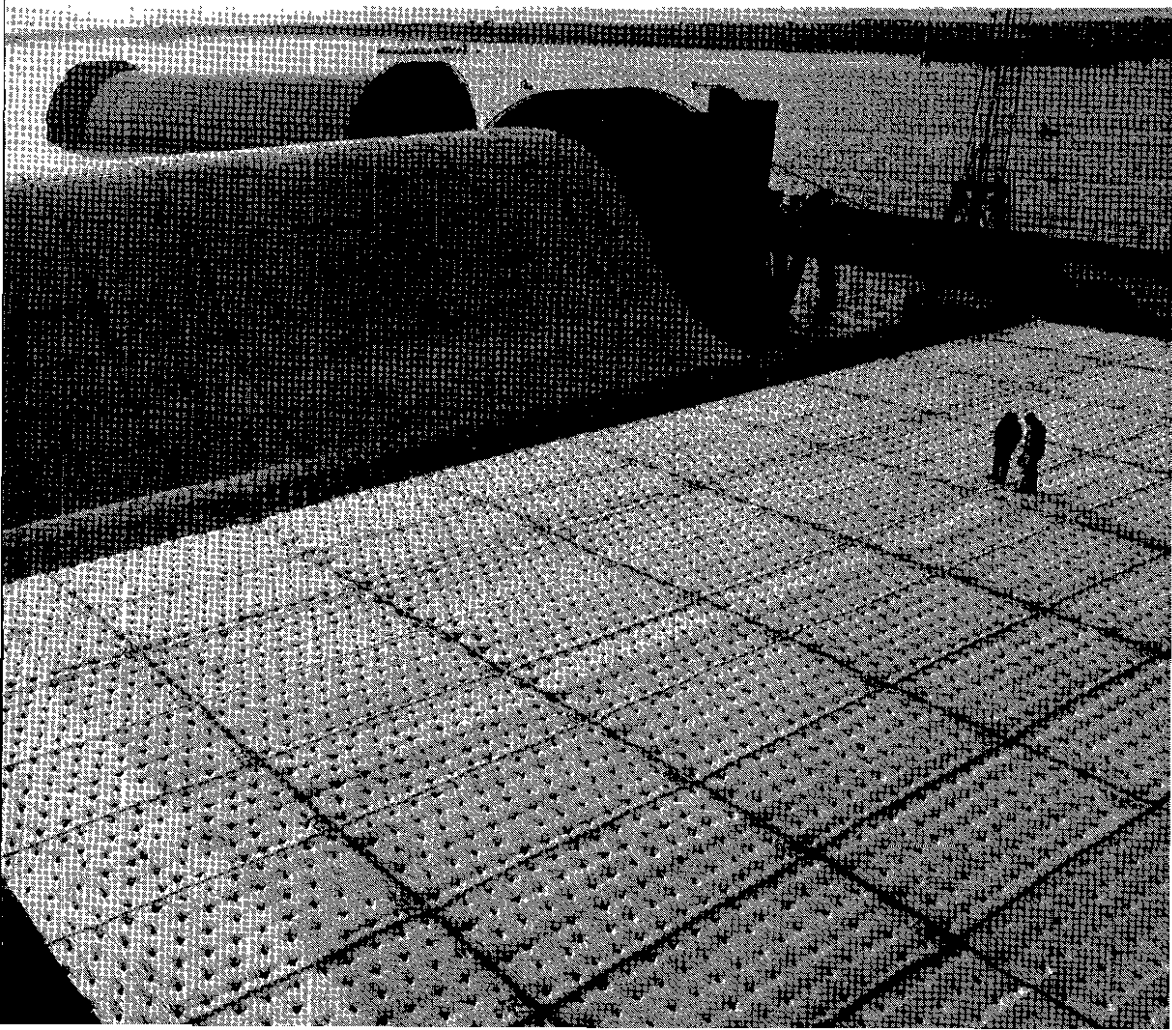


verenigd. De P.G.S. is een samenwerkingsverband, gericht op een volledige integratie van ontwerp en uitvoering; er is naar gestreefd te geraken tot een zo duidelijk mogelijk management met een minimum aan lagen in de organisatie, en dientengevolge korte beslissingslijnen.

De stormvloedkering is operationeel verdeeld in een aantal groepen van werken, die door de P.G.S. worden gedelegeerd aan de projectbureaus voor wat betreft het ontwerp, en aan de projectleiders voor wat betreft de uitvoering, althans het toezicht daarop.

De P.G.S. laat zich ondersteunen door een aantal stafgroepen die, ieder een specifiek takenpakket krijgen opgedragen. Zo is er de stafgroep STOVIL, die keuzes maakt of voorstellen doet met betrekking tot de esthetische vormgeving, de inrichting en de landschappe-

lijke inpassing van de verschillende zichtbare onderdelen van de Oosterscheldekering en bijbehorende werken. Een andere stafgroep is SURVEY, die de inzet van plaatsbepalings-, peil- en meetapparatuur coördineert. De stafgroep KOSTPY adviseert in kostprijzaken, terwijl UITMET, een verkorting van 'Uitvoeringsmethodieken', adviseert inzake risico-analyses van de uitvoeringssituatie. Hier worden risico-reducerende maatregelen bedacht, en rekent men de gevolgen van noodmaatregelen uit voor techniek, tijd en geld. UITMET beoordeelt tevens de uitvoeringresultaten in het licht van de vastgestelde toleranties. Verdere ondersteuning wordt geleverd door PLANNI, en wel op het gebied van de uitvoeringsplanning, SECRET voor secretariaatswerkzaamheden en voor de interne communicatie in de ruimste zin van het woord, en tenslotte



SOCCO, waar onderzoeksvorstellen worden beoordeeld.

Contracten

Het is niet goed denkbaar dat een werk van de omvang en de gecompliceerdheid van de Oosterscheldkering op gewone wijze zou worden aanbesteed: geen enkele aannemer of combinatie van aannemers kan zich verplichten voor een vastgestelde prijs binnen een afgesproken tijd een stormvloedkering in een zeegat op te leveren. Daarom is een andere contractvorm gekozen.

Al eerder werden voor de uitvoering van de grote werken van het Deltaplan met combinaties van Nederlandse aannemersbedrijven bijzondere contracten gesloten. Men spreekt in zo'n geval van 'raamcontracten', omdat een groot deel ervan bestaat uit een kader, waarbinnen de latere concrete deelcontracten nog moeten worden ingevuld. Het is eigenlijk een stel overeengekomen spelregels die in acht genomen moeten worden bij het afsluiten van deel-overeenkomsten. De algemene strekking is, dat opdrachtgever en aannemer zullen samenwerken tot het beoogde project is uitgevoerd. De aannemer verplicht zich voor elke uitvoeringsfase voldoende capaciteit ter beschikking te houden, en de opdrachtgever ziet af van het benutten van het marktmechanisme voor deelprestaties. Belangrijke punten zijn de afschrijvingsnormen en de opslagpercentages die de aannemer mag hanteren in zijn begrotingen en de regelingen bij verschillen tussen de raming van de opdrachtgever en de begroting van de aannemer.

Het grote voordeel van raamovereenkomsten is wel dat ze bij een buitengewoon gecompliceerd werk als dit, ontwerpers en uitvoerders al bijeenbrengen in een fase van het ontwerp waarin de werkwijze nog gedefinieerd moet worden. De aannemer aanvaardt door in een vroeg stadium te adviseren en mee goed te keuren een deel van de verantwoordelijkheid voor de met het ontwerp samenhangende werkwijze. De eindverantwoordelijkheid blijft uiteraard bij de opdrachtgever.

Voor de afsluiting van de Oosterschelde was in 1973 een raamovereenkomst gesloten, waarvan reeds verschillende deel-overeenkomsten in uitvoering waren toen het besluit tot heroverweging werd genomen. In de periode van 1974 tot 1976 – de afsluitingswerken lagen toen stil om de keus voor een stormvloedkeringsontwerp te kunnen bepalen – stonden voor de studie twee aannemerscombinaties de Rijkswaterstaat bij, een 'droge' en een 'natte'. Later, toen de beslissing tot uitvoering van de kering genomen

was, versmolten zij tot één organisatie, die zich 'Doshbouw' noemde. De voorwaarden van de huidige raamovereenkomst dateren dus van 1977. Veel van die voorwaarden betreffen de wijze waarop het bijzondere materieel voor de assemblage van de kering moest worden ontwikkeld en gebouwd. Gedeeltelijk is het materieel eigendom van de aannemers; gedeeltelijk werd het in Rijksopdracht gebouwd, onder leiding van de aannemer. 'Mytilus', 'Cardium', 'Ostrea' en 'Macoma' werden volgens deze laatste formule ontworpen en aanbesteed, terwijl bijvoorbeeld de 'Jan Heymans' en de ponton voor geologisch onderzoek 'Johan V' werktuigen zijn in eigendom van de aannemers.

Noodzakelijke verbouwingen aan deze werkschepen voor specifieke toepassingen in het stormvloedkeringsproject worden voor een groot deel afgeschreven op de werkonderdelen die ze uitvoeren.

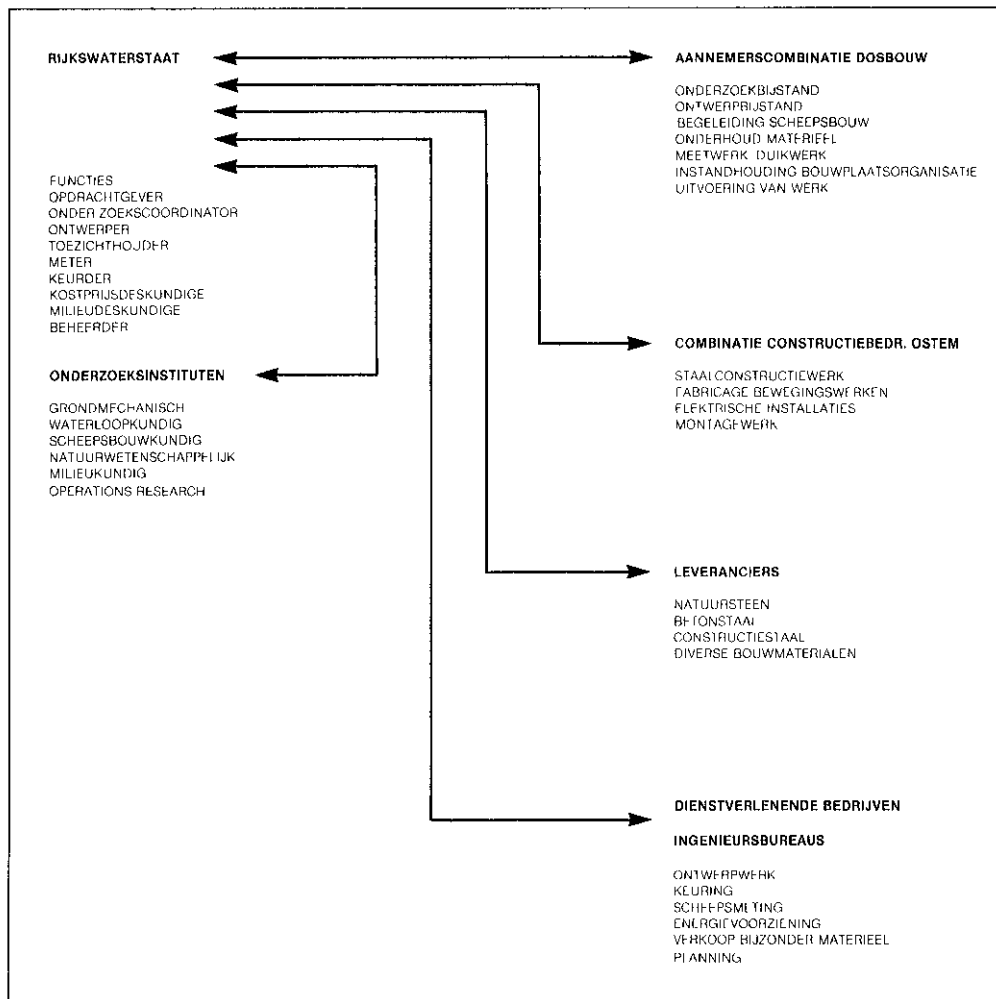
De relaties tussen opdrachtgever en aannemer liggen bij deze constructie op de verschillende niveaus zoals aangegeven in figuur 2.

In het raamcontract is ook beschreven wat de Rijkswaterstaat niet aan Doshbouw hoeft op te dragen. De inkoop van bouwmaterialen zoals natuursteen en bouwstaal bijvoorbeeld blijft buiten het contract, en geschiedt rechtstreeks via overeenkomsten met leveranciers. Deze materialen worden vervolgens, zoals het heet, 'ter beschikking gesteld aan de aannemer', die ze verwerkt.

Voor de constructie van de afsluitmiddelen – schuiven, bewegingswerken en wat dies meer zij – is een afzonderlijke raamovereenkomst gesloten met een combinatie van constructiebedrijven onder de naam 'Ostem'. Tenslotte zijn er dan nog overeenkomsten met instituten en ingenieursbureaus voor het verrichten van ondersteunende en dienstverlenende arbeid. Overeenkomsten met laboratoria en onderzoeksinstituten regelen de onderzoekswerkzaamheden ten behoeve van ontwerp, uitvoering en beheer van de kering.

Schematisch bestaan er dus contractverhoudingen zoals weergegeven in figuur 3.

Het beheer van de honderdtallen overeenkomsten vindt plaats in een matrix van samenwerkende Rijkswaterstaatsdiensten, onder bestuur van de P.G.S. In dit managementteam zitten alle personen die namens de opdrachtgever directie voeren over de overeenkomsten. Per onderdeel van enige omvang worden deelovereenkomsten afgesloten, waarin uitvoering, prijs en betaling worden geregeld. Op deze wijze is het mogelijk opgedane ervaring te verwerken in volgende deel-overeenkomsten.



voor het ontwerp en de uitvoering gescheiden blijven, en op elkaar volgen. De raamovereenkomst impliceert echter een zo vergaande samenwerking met de aannemer, dat het niet logisch zou zijn hem buiten de ontwerpprocedure te houden. Van stonde af aan was bijvoorbeeld overleg nodig over de wijze van uitvoering en het in te zetten materieel. Dit houdt in, dat de aannemer al in de ontwerpfase akkoord moet gaan met de kwalitatieve, de temporele en gedeeltelijk ook met de financiële aspecten, die de basis vormen voor elke uitvoeringsovereenkomst, een en ander bezien in het licht van de technische haalbaarheid en uitvoerbaarheid. De besluitvorming tijdens de uitvoering verloopt bij het Rijk aldus:

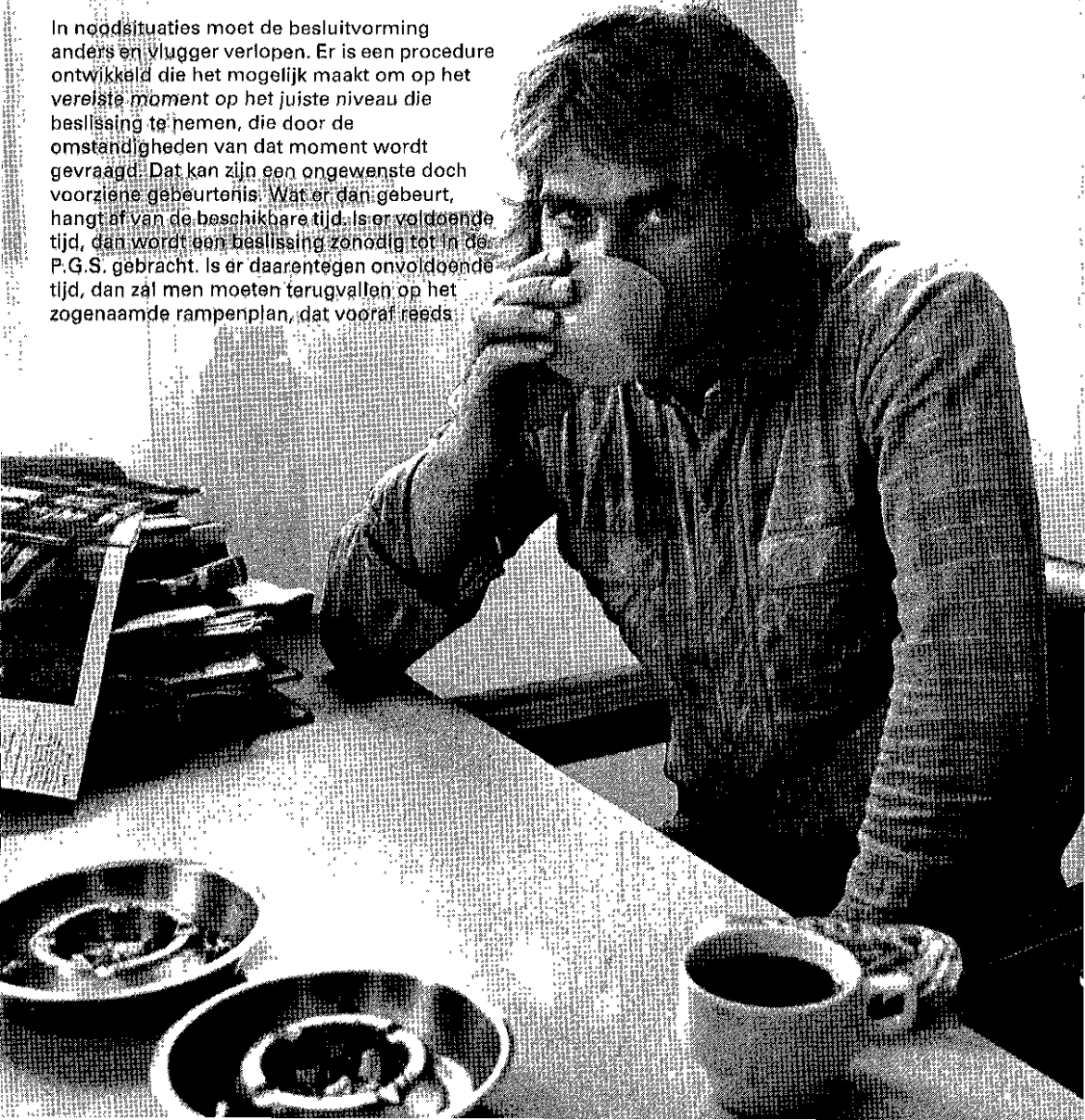
Fig 3 Rolverdeling tussen Rijkswaterstaat, 'Dosbouw' en leveranciers en onderzoeksinstituten bij het tot stand brengen van de Oosterschelde-werken.

Opdrachtgever	→ stelt toezicht aan, blijft verantwoordelijk
↓	
Directie	→ vertegenwoordigt de opdrachtgever in alle zaken het werk betreffende.
↓	
Projectleider	→ wordt toegevoegd aan de directie voor welomschreven inspectietaken
↓	
Opzichters	controleren de uitvoering op basis van de uitvoeringsovereenkomst

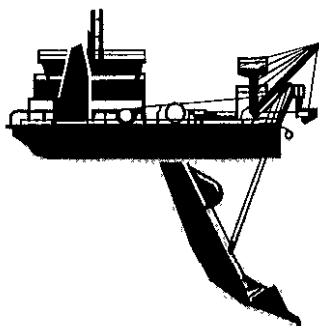
goedgekeurde procedures bevat, die moeten worden gevolgd bij voorziene ongewenste gebeurtenissen. Bij ongewenste onvoorziene gebeurtenissen is de directie beslissingsbevoegd. Voor elke doel-overeenkomst wordt een directie aangewezen die te allen tijde bereikbaar dient te zijn.

In alle voorziene gevallen is men in nauw overleg van directievoerder en uitvoerder gekomen tot opstelling van de procedures. De mogelijkheden, die er waren om vooruit te kijken en vooraf maatregelen te nemen, zijn in elk opzicht zoveel mogelijk benut, hetgeen het vertrouwen in de uitvoering moge verhogen.

In noodsituaties moet de besluitvorming anders en vlugger verlopen. Er is een procedure ontwikkeld die het mogelijk maakt om op het *verelste moment* op het juiste niveau die beslissing te nemen, die door de omstandigheden van dat moment wordt gevraagd. Dat kan zijn een ongewenste doch voorziene gebeurtenis. Wat er dan gebeurt, hangt af van de beschikbare tijd. Is er voldoende tijd, dan wordt een beslissing zonedig tot in de P.G.S. gebracht. Is er daarentegen onvoldoende tijd, dan zal men moeten terugvallen op het zogenaamde rampenplan, dat vooraf reeds



Macoma



De werkschepen in de Oosterschelde hebben namen gekregen van dieren die in dit zeegat voorkomen. Zo is de 'Macoma' genoemd naar het *Nonnetje*, een schelpdier van het zoute estuariene milieu.

De 'Macoma' dient als afmeer- en opschoon-ponton, en is voornamelijk hulpschip bij de 'Ostrea'. De ponton heeft een totale lengte van 45 m, terwijl de breedte varieert van ruim 33 tot ruim 47 m. Het dek van de ponton wordt, behalve door het bedieningshuis, met uitgebreide gescheiden lessenaars voor de bediening van de verschillende functies, vooral ingenomen door lier-opstellingen. Er staan vier lieren van 100 ton trekkracht, twee van 90 ton en twee van 60 ton. Voor de koppeling met de 'Ostrea' heeft de 'Macoma' bovendien de beschikking over een hydraulische koppelconstructie van 800 ton, bestaande uit vier horizontale cilinders die de benodigde kracht overbrengen op stalen ringen die sluiten over de pennen aan boord van de 'Ostrea'.

De koppeling tussen deze twee werkschepen wordt geleid met vanaf de wal op scheepsbakens gerichte 'Minilirs', die tien keer per seconde gegevens verstrekken over de plaatsafwijkingen van die bakens; tegelijk wordt automatisch de lineaire afstand ingemeten. Deze informatie wordt op de 'Ostrea' opgevangen en door een computer bewerkt, zodat het schip vrij varende de koppelpunten met de stilliggende 'Macoma' kan opzoeken.

Aan de voorzijde van de 'Macoma' zit een beun van 22,50 bij 9,50 m, die na de koppeling aansluit op de beun van de 'Ostrea'. Hierin beweegt de baggerladder van de opschooninstallatie waarmee de funderingsmat en eventueel de tegelmat vlak voor de pijler erop gaat worden neergezet, nog een keer zandvrij

worden gemaakt. De werkbreedte van de opschoon-apparatuur is 28,50 m, een ruimte die voornamelijk wordt ingenomen door zes stofzuigerkoppen van elk 4,70 m breed. Hierop staan twee onderwaterpompen met elk een vermogen van 800 kW, en een nominaal zuigdebiet van 2,3 m³/s. Om de aangetroffen aanzanding in suspensie te brengen zijn bovendien krachtige spuitinstallaties aangebracht. Achter de zuigkoppen zitten zanddiktemeters gemonteerd die na het zuigen de eventueel resterende laagdikte op de funderingsmat meten, zodat men meteen ziet of er afdoende gezogen is. De hier gebruikte echoloden werken tot op millimeters nauwkeurig. Het behoeft niet te verbazen dat ze ontwikkeld zijn in de medische research, zij het in eerste instantie voor andere doeleinden.

Bij het afzinken van de pijler worden allerlei verplaatsingen en rotaties ingemeten, maar ook het dynamisch gedrag van de pijlervoetplaat. De cyclustijd van de metingen tijdens deze kritieke bouwfase mag niet groter zijn dan drie seconden. Het hoofdbestanddeel van het meetbedrijf hier wordt gevormd door drie automatische theodolieten van het type 'Minilir', die reageren op reflectoren bovenop de pijler. Daarnaast gebruikt men zeer nauwkeurige hellingmeters. Voor de geïntegreerde presentatie van de meetresultaten is een computer onontbeerlijk. De computer voert ook berekeningen uit om de verhaalschipper te ondersteunen bij ankerdraadbewegingen, zodat er exact 'gevaaren' kan worden. De hele combinatie wordt namelijk vóór het afzinken nog eenmaal in zijn geheel verhaald over het funderingsbed om het voor de laatste keer op te schonen. Dit gebeurt tijdens hetzelfde laagwater-kenteringsvenster waarin de plaat-



sing wordt verricht, en wel zodra de stroom is afgenomen tot 1 m/s.

Bij het opschonen is de aanwezigheid van een tegelmat ter vereffening van onvlakheden in het funderingsbed wel een complicatie. De tegelmat kan tot 60 cm hoogte boven de funderingsmat uitsteken. De zuigkoppen van de opschoon-installatie zijn nu zo geplaatst, dat ze niettemin zowel de tegelmat als de funderingsmat bereiken. Bovendien zijn de eerder vermelde zanddetectoren in staat alle vlakken, en ook de hoek tussen de twee matten te inspecteren.

Is de inspectie bevredigend dan worden de

borgingen en buffers tussen de 'Ostrea' en de pijler verwijderd. Bij stroomsnelheden kleiner dan 1 m/s begint daarna het afvieren; daarbij bedraagt de toegestane fout wat betreft de plaats in beide richtingen 30 cm, die voor de scheefstand 7 mm per m. Is de pijler voor 20% van zijn gewicht op het funderingsbed neergelaten, dan vindt controle plaats van de positie. Na goedkeuring wordt de pijler verder afgevoerd en wordt de grindzak om de pijlervoet gelost. De 'Macoma' doet verder ook dienst als afmeerponton voor de 'Dos I', bij het leggen van tegelmatten.

De financiële voorwaarden voor de bouw van de stormvloedkering en de wijze waarop die worden nageleefd, vormen het onderwerp van dit hoofdstukje.

Toen het parlement in 1976 besloot dat de Oosterschelde niet met een dichte dam maar met een doorlatende constructie zou worden afgesloten, werd daarbij onder andere een financiële ontbindende voorwaarde gehanteerd. Hieruit vloeide voort dat, gerekend vanaf 1 januari 1974, het gehele Oosterscheldeproject niet méér mocht gaan kosten dan f 4,8 miljard op het prijspeil van begin 1976.

De in 1976 gemaakte ramingen berustten op de toenmalige, veelal globale inzichten in ontwerp en uitvoeringswijze. Bij het voortschrijden van de tijd en naarmate de kennis toenam door studie en onderzoek, werd het ontwerp op tal van punten fundamenteel gewijzigd en nader gedetailleerd. Dit proces leidde aan de ene kant tot stijgingen en aan de andere kant tot dalingen van de geraamde kosten. Getracht moest worden, de stijgingen te compenseren door dalingen. Om dit proces te kunnen beheersen werd en wordt gebruik gemaakt van zogenaamde taakstellende budgetten, anders gezegd een taakstellend financieel plan dat aangeeft hoeveel geld een organisatie mag gebruiken voor het uitvoeren van de haar opgedragen taken.

De verantwoordelijkheid voor de bewaking van het budget voor de bouw van de Oosterscheldedekering berust bij de Project Groep Stormvloedkering. Deze P.G.S. heeft de bewaking van de onderdelen van het budget weer gedelegeerd naar onder haar ressorterende projectgroepen. Het budget voor de Oosterscheldedekering maakt anderzijds zelf weer deel uit van het totale Oosterschelde-

budget dat bewaakt wordt door de Begeleidingsgroep Oosterschelde. De verdeling van de budgetten over de projectgroepen is erop gericht dat in de gehele organisatie een scherp kostenbesef wordt gestimuleerd, en dat het zoeken naar besparingen ter dekking van kostenstijgingen plaatsvindt op het niveau waar de consequenties daarvan het beste kunnen worden ingeschat. Wanneer het een organisatie-eenheid niet lukt om binnen het opgedragen budget te blijven, dan wordt de budgetoverschrijding gemeld aan het naast hogere niveau. Daar kan dan worden gezien of het mogelijk is de budgetoverschrijding te compenseren door budgetonderschijdingen bij andere organisatie-eenheden binnen de hogere eenheid, of men kan trachten binnen de eigen bevoegdheden besparingen te zoeken door prioriteitstelling.

Blijkt het niet mogelijk om de budgetoverschrijdingen te compenseren, dan wordt dit weer gemeld aan het daarboven liggende niveau, waar eenzelfde proces wordt doorlopen als hierboven beschreven. Het spreekt voor zich dat voor de beheersing van dit gehele proces financiële informatie- en rapportagestromen van essentieel belang zijn. Deze financiële informatie- en rapportagestromen bestaan voornamelijk in zogenaamde bestedingsplannen en daaraan ten grondslag liggende financiële voortgangsrapportages. Eens per jaar wordt door de ontwerpers het vigerend ontwerp van de Oosterscheldedekering vastgesteld, alsmede de benodigde soorten en hoeveelheden materialen en de toe te passen uitvoeringsmethodieken. Aan de hand daarvan worden door de kostprijsafdelingen nieuwe kostenramingen opgesteld. Het totale resultaat van deze exercitie wordt vastgelegd in de

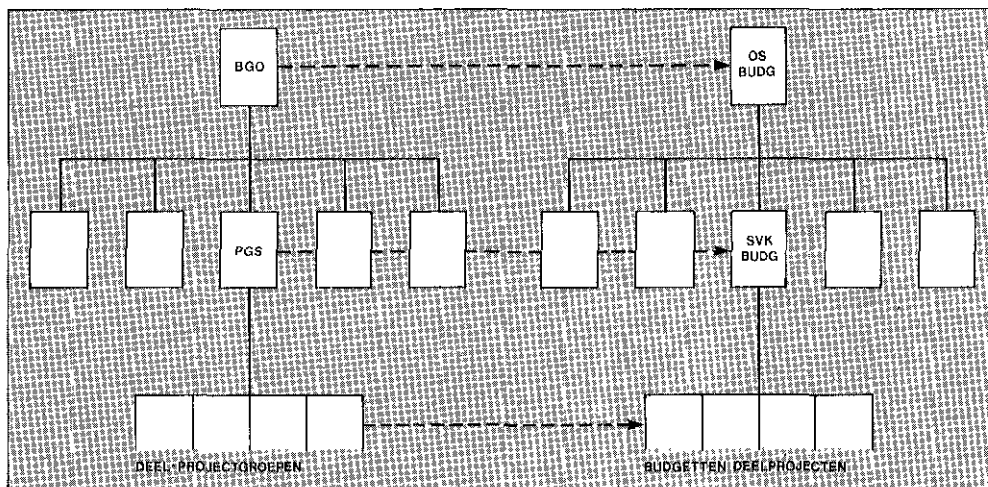


Fig. 1. Verdeling van het budget over de projectgroepen

jaarlijkse zogenaamde P.G.S.-nota. Op basis van de P.G.S.-nota wordt eens per twee maanden een financiële rapportage aan de B.G.O. opgesteld. Deze rapportages geven de financiële mutaties aan die in de periode daarvoor hebben plaatsgevonden. Bovendien wordt eens per kwartaal aan de hand van de financiële rapportages en de tijdplanning van de stormvloedkering een bestedingsplan opgesteld, waarin de werkelijke uitgaven in het voorgaande jaar en de verwachtingen voor het lopende jaar en de komende jaren worden aangegeven.

Uit het voorgaande zal het duidelijk zijn dat de bestedingsplannen in principe binnen de door het budget aangegeven grenzen dienen te blijven. Deze bestedingsplannen vormen ook de basis voor de halfjaarlijkse voortgangs-

rapportage aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal.

Parallel met bovengenoemde informatielijnen vindt nog de maandelijkse Financiële Rapportage Oosterschelde plaats. Deze 'FIRAPO' kan gezien worden als een onderdeel van het bestedingsplan dat alleen handelt over het betreffende begrotingsjaar. Het geeft weer hoeveel geld er voor het lopende jaar beschikbaar is, welke uitgaven tot en met de vorige maand zijn gedaan, wat voor uitgaven men verwacht in de voorliggende maand en in de verder komende maanden, welke financiële verplichtingen zijn aangegaan en of er eventueel nog te besteden vrije bedragen resteren. Het hier beschreven systeem van budgetten, kostenramingen, financiële voortgangsrapportages, bestedingsplannen en 'FIRAPO' maakt een actueel en gedifferentieerd inzicht mogelijk in de huidige stand van zaken en de financiële gevolgen van de besluitvorming op ieder niveau binnen de organisatie. Tevens vormt het een instrument voor de afweging van eventuele beleidsbijstellingen.

Epiloog

Het aanrakingsvlak van maatschappij en techniek onderging gedurende de looptijd van het Deltaplan een interessante verschuiving. Een gevolg is dat de opzet en de bedoeling van dit plan thans ingrijpend gewijzigd zijn. Behalve de veiligheid is nu ook de bescherming van het natuurlijk milieu tot hoofdbedoeling verheven, waardoor het op essentiële punten anders is gaan functioneren. Het afdammen van de Oosterschelde werd in 1960 door de Deltacommissie als de moeilijkste opgave van het Deltaplan beschouwd. Om waardevolle ervaring op te doen werd aanbevolen deze afdamming als laatste uit te voeren, hoewel overwegingen van veiligheid een andere volgorde zouden gebieden. Na de heroverweging werd in 1976 besloten dat de bouw van een stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde mogelijk was, hoewel de opbouw van ervaring hiervoor ontbrak. Een deel van het verworvene uit decennia van oefening in het afsluiten van zeegaten verloor weliswaar zijn betekenis, maar toch was de algemene vooruitgang van de waterbouwkundige techniek zo groot geweest, dat de overstap van een dichte dam naar een doorlatende constructie mogelijk werd geacht. Tijdens het proces van ontwerpen werd en passant een nieuwe benadering van de waterbouw geadopteerd. Gebruikelijk was, het kunstwerk in een drooggemaakte bouwkuip met bestaande hulpmiddelen te fabriceren en vervolgens te inunderen. Zo gebruikelijk was deze methode, dat de kosten van het maken en verwijderen van een bouwkuip als onvermijdelijk werden beschouwd. De nieuwe benadering bestond erin dat geïnvesteerd werd in te ontwikkelen speciale hulpmiddelen in plaats van bouwkuipen. Afgezien van de technische voordelen brengt deze methode mee dat er een tastbare restwaarde overblijft, de hulpmiddelen, dat wil zeggen de speciale werktuigen zijn er nog als het werk klaar is. Ze hebben materiële en immateriële waarde. Elk project dient beoordeeld te worden op de drie aspecten kwaliteit, levertijd en prijs. Deze aspecten zijn niet onafhankelijk van elkaar.

Levertijd en kwaliteit staan in functie van het beschikbare geld. In tenminste één van de drie aspecten moet enige ruimte zijn om de variaties in de andere te kunnen compenseren. Als een opdrachtgever alle drie aspecten minimaal stelt moet hij zich voorbereiden op een teleurstelling: variatie in één van de drie aspecten zal zich dan onverbiddelelijk uiten in één van of in beide andere. Een te krap gestelde prijs zal bij voorbeeld resulteren in concessies aan de kwaliteit.

Nu werd voor de stormvloedkering terecht de grootste nadruk gelegd op het aspect kwaliteit, wat in dit geval wilde zeggen: technische realiseerbaarheid. Bij gebrek aan ervaring met het bouwen van een gecompliceerd kunstwerk op lager wal van een ruwe zee is de spanning in technisch opzicht hoog. Wanneer daarbij kostprijs en bouwtijd krap gelimiteerd worden, is het eerder waarschijnlijk dan onwaarschijnlijk dat deze randvoorwaarden worden overschreden. Voorspellingen van deze aard waren destijds echter niet opportuun.

Het lot van de bouwers is nu dat ze, worstelend met de techniek, terecht gekomen zijn in een conjuncturele omgeving die voornamelijk geïnteresseerd is in de kosten. Daarbij komt dat de techniek zo snel is gegroeid, dat een afdamming, die twintig jaar geleden nog zeer moeilijk werd gevonden, thans als een gemakkelijk alternatief wordt aangeprezen. Dat de ontwerpen ook toen aan de rand van het technisch haalbare opereerden, wordt dan vergeten. Wie echter de aanvechting zou hebben alsnog op een verandering van plan aan te dringen dient te bedenken dat hij daarmee én het reeds bereikte dreigt te verliezen én de te behalen doelstelling van veiligheid voor Zeeland lange tijd voor zich uit schuift, terwijl bovendien de kans zou worden verzuimd om in een waarlijk grootse inspanning een geavanceerde oplossing te geven voor onze veiligheids- en milieuproblematiek.

Het nageslacht zal de stormvloedkering waarderen als kenmerk van een veranderde opvatting over de wijze waarop de mens met zijn omgeving dient om te gaan, en als een oefening in geavanceerde bouwtechniek. Maar daarvoor moet de stormvloedkering dan wel een goed bouwwerk worden en niet het slachtoffer van een te zeer op kosten gefixeerd oordeel. Een bondige formulering van deze overtuiging is te vinden bij J. K. Galbraith (Some reflections on public architecture and public works, 1960): 'A good building should naturally invite the question, not how much did it cost, but who was the architect. And it is bound to be controversial'.

Samenvatting

Themanummer Oosterscheldekering

In de *Inleiding* wordt de historische ontwikkeling beschreven van het ontwerp van de Oosterscheldekering, vanaf het moment van de heroverweging in 1974 tot het definitieve ontwerp van de pijlers, in 1979. De belangrijkste vraagstukken die in dit verband een rol speelden, waren enerzijds de fundering en anderzijds de prefabricage van de pijlers die zouden dienen als de ruggengraat van de gehele kering. Getoond wordt in dit hoofdstuk hoe de fabricage- en plaatsingsmethodiek van de pijlers en de wijze waarop men het funderingsbed wilde maken, leidden tot de constructie van talrijke speciale werkschepen: een verdichtingsponton, een schip voor het storten van een los filter, een hefschip en een afmeer- en opschoonponton. Deze schepen vindt de lezer gefotografeerd en beschreven op speciale bladzijden, verstrooid over deze uitgave.

Als eenmaal is gekozen voor een grote mate van prefabricage, wordt de *Maatvoering* tot een afzonderlijk probleem. Daarover gaat de tweede bijdrage. De oorzaken van maatafwijkingen worden hier geïnventariseerd en onderscheiden in plaatsings- en fabricage-afwijkingen enerzijds en afwijkingen ten gevolge van zettingen in de eindfase aan de andere kant. Aangenomen wordt dat alle maatafwijkingen statistisch verdeeld zijn, met een normale verwachtingswaarde en standaardafwijking. Tijdens de bouw mag maar een gedeelte van de toleranties worden verbruikt, maar daar staat tegenover dat afwijkingen die optreden tot en met de pijlerplaatsing nog kunnen worden gecorrigeerd door aanpassing van die onderdelen die tussen twee pijlers moeten passen. Het belangrijkste onderdeel vormt met

betrekking tot de maattolerantie de benodigde breedte van de schuifgeleidingen. In de praktijk werkt het tolerantiesysteem als een aantal samenhangende keuringscriteria, waarbij voor elke handeling vaste goedkeuringscriteria zijn aangegeven, en wel zo dat goedkope processen smallere marges hebben dan dure.

In de volgende bijdrage, over *Ontwerp en bouw van het bijzondere materieel*, wordt een beeld gegeven van de wijze waarop tegelijk met het ontwerp van de stormvloedkering zelf, zich het ontwerp ontwikkelde van het bijzondere materieel voor de Oosterscheldekering.

Sommige werkschepen, zoals de 'Macoma' en de 'Ostrea' zijn geheel nieuwe ontwerpen, andere, zoals de 'Taklift IV', alleen maar grotere exemplaren van een bekend ontwerp. In weer andere gevallen werd bestaand materieel aangepast of uitgebreid met nieuwe functies. Het nieuw ontworpen materieel is zo uniek, dat het voor een groot deel op dit werk moet worden afgeschreven. Het werd ontworpen in

samenwerking met de aannemer, Dosbouw en door de aannemer namens de Rijkswaterstaat aanbesteed. Bij al deze schepen gold dat het puur scheepsbouwkundige gedeelte in belang werd overtroffen door het werktuigkundige, door de elektrische installaties en door de meetsystemen, die door onderaannemers moesten worden aangeleverd. De bouw van deze schepen was dan ook in de eerste plaats organisatorisch een moeilijke opgave. De werkschepen en de activiteiten die ze in de sluitgaten moeten ondernemen, worden vooraf uitvoerig beproefd. Bij die proeven gaat men uit van de ontwerpeisen, en houdt men rekening met systematisch geanalyseerde risico's. Ten behoeve van de procesanalyse worden de deelprocessen nader gesplitst in 'functionele verbanden'. Deze procedures worden besproken in het hoofdstuk *Proeven met de werkschepen*.

Een volgend hoofdstuk handelt over de *Meetactiviteiten*. Jarenlang zijn metingen verricht om de hydraulische randvoorwaarden voor de Oosterscheldekering vast te stellen. Er is daarvoor een dicht meetnet opgezet in de Oosterscheldemond. Voor de bouw van de pijlers en de nauwkeurige plaatsbepaling bij de uitvoering van het werk is in de sluitgaten een stelsel van coördinaten en hoogtepunten aangebracht. Verschillende plaatsbepalingssystemen werden geïnstalleerd. Tevens wordt de bodemtopografie geregistreerd. Op de grote werkschepen werden nauwkeurige meetsystemen opgesteld, bij voorbeeld bestaande uit automatisch volgende theodolieten, akoestische apparaten en draadmeetsystemen. Voor waterbouwkundige begrippen worden thans

zeer hoge nauwkeurigheden bereikt. Onder water wordt veel gebruik gemaakt van sonar-technieken. Toch blijven daarnaast duikers onmisbaar.

De *Voorspellingssystemen* vereisen afzonderlijke aandacht. De condities waaronder de zeer gevoelige plaatsingsoperaties in de Oosterscheldemonnd kunnen plaatsvinden, zijn beperkt. In samenwerking met het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut is dan ook speciaal voor dit doel een instituut opgericht dat op de Oosterschelde gerichte weer- en werkbaarheidsvoorspellingen doet, en die verspreidt in de vorm van hydro-meteo-bulletins, als routine drie keer per etmaal, maar met aanvullingen op aanvraag. De coördinatie tussen het werkfront en de voorspellers is toevertrouwd aan de Uitvoerings Post Stormvloedkering op het werkeiland Neeltje Jans. De *Technische uitvoering* van het werk in de Oosterscheldemonnd vereist een complexe organisatie, waarbinnen allerlei projectgroepen redelijk zelfstandig kunnen optreden, met hulp van stafgroepen, en gecoördineerd door de projectleiding. De bijzondere wijze waarop de stormvloedkering tot stand moet worden gebracht, maakte een bijzondere contractvorm noodzakelijk, het zogenaamde raamcontract, waarbij aannemer en opdrachtgever zich verbinden tot langdurige samenwerking volgens vooraf overeengekomen regels. De deelcontracten worden in een later stadium gespecificeerd. Sommige onderdelen, zoals de aankoop van materialen, zijn buiten dit contract gehouden, om beter op de markt te kunnen reageren. In dit hoofdstuk wordt voorts ingegaan op de besluitvorming onder moeilijke uitvoeringsomstandigheden.

Kostenbewaking en planning zijn twee cruciale aspecten van het management achter de bouw van de Oosterscheldedekering; eens te meer bemoeilijkt door het feit dat de financiële voorwaarden werden vastgesteld in 1976, toen het ontwerp van de kering nog maar globaal bekend was. De verschillende projectgroepen werken met taakstellende budgetten, waarbinnen financiële tegenvallers zo mogelijk moeten worden opgevangen. Er is een informatie- en rapportagestroom op gang gebracht, die ervoor zorgt dat zowel de bestedingen als de planning steeds tijdig ter kennis komen van de hogere organisatie-eenheden.

In de *Epiloog* van dit themanummer wordt het Oosterscheldeproject gerelateerd aan de maatschappelijke veranderingen van de laatste jaren. Tevens wordt iets gezegd over de samenhang van tijd, geld en kwaliteit bij projecten als het onderhavige.

Summary

Special edition on the Oosterschelde barrier

The 'Introduction' reviews the historical development of the design of the Oosterschelde barrier; starting with the reconsideration of the plan in 1974 and ending with the final version of the pier-design in 1979. The most important problems that came into consideration were, on the one hand, the foundation and, on the other hand, the pre-fabrication of the piers which were to form the backbone of the entire barrier. This chapter explains how the adopted methods of manufacturing and positioning of the piers as well as the manner in which the foundationbed would be composed resulted in the construction of numerous purposebuilt working vessels. These were: a compaction pontoon, a vessel to dump rubble and quarry stones, a lifting rig and a mooring and cleaning pontoon. Photographs and descriptions of these vessels can be found on special pages throughout this issue.

As soon as it was decided that pre-fabrication would be applied on a large scale, the question of 'Standardisation' became an important issue. The second article of this bulletin deals with this subject. The causes of dimensional deviations are inventorised in this article and subsequently sub-divided into deviations occurring during manufacture and positioning on the one hand and deviations resulting from settling during the final stage on the other. It has been assumed statistically that all dimensional deviations follow a normal distribution pattern of expectancy and standard deviation. During construction only partial use of the tolerance rate is allowed. However, in this case, it will be possible to correct deviations that occur up to and including the actual pier-positioning by adapting those components that must fit between two piers. The most important factor, with regard to the acceptable rate of tolerance is the required width of the rabbet for the gates. In practice, this tolerance system acts as a number of interrelated inspection criteria, whereby set criteria for approval apply to each action in such a manner that cheap procedures have smaller margins than the more expensive ones.

The next article, dealing with 'Design and

Construction of purposebuilt Equipment', illustrates how the design of the special-purpose equipment for the Oosterschelde barrier developed simultaneously with the design of the storm-surge barrier itself. Some working vessels, such as the 'Macoma' and 'Ostrea' are completely new designs whereas others, such as the 'Taklift IV' are only bigger copies of a known design. In other cases, existing equipment was adapted or modified for new functions. The newly developed equipment is so unique that most of the costs involved will have to be written off against this project. The equipment was designed in collaboration with the Contractors Combination 'Dobbouw' who, on behalf of Rijkswaterstaat arranged tendering and putting out to contract. The purely technical side of shipbuilding, and this applied to all the vessels, was surpassed in importance by the technical engineering, by the electrical installations and by advanced measuring instruments which had to be supplied by sub-contractors. Therefore, the organisational side of building these ships was primarily the most difficult task.

The vessels, and all the activities that they would have to perform in the closure gaps, were subjected to a wide range of preliminary tests. During these tests not only the design-requirements were taken into account but also the systematically analysed risks. For the process-analyses, the subsidiary processes were subdivided into 'functional interrelations'. *These procedures are discussed in the chapter 'Tests performed with working vessels'.*

The next chapter describes the 'Measuring activities'. For many years, measurements have been taken to determine the hydraulic terms of reference for the Oosterschelde barrier. For this purpose a dense measuring grid was set out in the mouth of the Oosterschelde. For the construction of the piers, and for the exact position-finding during the execution of the works in the closure gaps, a system of coordinates and contours was laid out. Various position-finding systems were installed. The bed topography was also registered. All the large vessels were equipped with precision measuring systems which consisted of self-acting theodolites, acoustic apparatus and wire measuring systems. Bij hydraulic standards, extremely accurate information is now being gathered. Sonar techniques are being used for submarine measurements, although it must be conceded that the contribution of human divers is indispensable.

The 'Forecasting systems' require special attention. The conditions in which the very sensitive operations for positioning can take place in the mouth of the Oosterschelde are limited. In collaboration with the Royal Netherlands Meteorological Institute, a special agency has been instituted for this purpose. It forecasts the weather and working conditions exclusively for the Oosterschelde estuary. These forecasts are published regularly three times every 24 hours via hydro-meteo-bulletins and on request, additional information can be furnished. *Coordination between the work-force and the forecasters has been entrusted to the Executive Office Storm-surge Barrier (Uitvoeringspost Stormvloedkering) on the Neeltje Jans Construction Island.*

The 'Technical implementation' of the works in the mouth of the Oosterschelde requires a complex organisation within which various project groups can operate with a reasonable degree of independence with the assistance of staff groups and overall coordination by the project management. The special manner in which the barrier has to be built requires an exceptional type of contract i.e. a 'frame contract'. In this contract, the principal and contractor have committed themselves to a long-term collaboration in accordance with previously agreed rules. The subsidiary contracts will be specified at a later stage. Some items, such as the acquisition of materials, have been excluded from the contract so as to enable a better reaction to the prevailing market conditions. This chapter also discusses the decision-making process under difficult organisational circumstances.

'Control of the cost and planning' are two crucial aspects of the management behind the building of the Oosterschelde barrier. These were made even more difficult as the financial terms were laid down in 1976 at which time only a rough outline of the design existed. The various project groups are obliged to perform their specified tasks under strict budgetary limits, within which financial setbacks must be absorbed as best as possible. A stream of information and reports keeps the higher management levels posted on all aspects and variations in expenditure and planning.

In the 'Epilogue' of this special edition the Oosterschelde Project is related to the social changes which have occurred in recent years. It also briefly describes the interrelation between time, money and quality in projects such as this undertaking.

Vorderingen

in de periode
1 juli-1 oktober
1982

Philipsdam

Bij de Krammersluizen werden de ontgravingen en aanvullingen rondom en ter plaatse van de kunstwerken voortgezet. Het betonwerk verloopt volgens schema

Bij de duwvaartsluizen zijn nu alle geprefabriceerde balken van de geperforeerde vloer gelegd. Een begin is gemaakt met het aanbrengen van de hardhouten geleidedammen; in de tweede sluis is men hiermee inmiddels gereed. Tevens is voortgegaan met het afbouwen van de schuivengebouwen van het riolenstelsel en is begonnen aan de voltooiing van de gebouwen van de jachtensluizen.

Het heilwerk voor de damwanden rondom de jachtensluizen is geheel gereedgekomen. De geprefabriceerde liggers van de Zoommeerbruggen zijn alle gelegd; men is begonnen met de brugdekken. De voorgespannen balken voor 13 velden van de overbrugging zijn gelegd. Thans worden de voegen aangestort en de dwarsvoorspanning aangebracht.

Flakkeese Spuisluis

De Flakkeese Spuisluis is in de verslagperiode vrijwel gereedgekomen; op 1 november zal hij worden opgeleverd.

Op 14 september 1982 heeft de openbare aanbesteding plaatsgevonden van een bestek voor het maken van toeleidingsgeulen naar en het verleggen van wegen nabij de

Flakkeese Spuisluis. Het laagst werd ingeschreven door een combinatie van aannemers, voor een bedrag van f 4 291 000. Voorgesteld is het werk aan deze combinatie te gunnen. Met de uitvoering zal eind oktober worden begonnen

Omkading van het Markiezaat

De onderhandelingen over de prijs voor de eerste overeenkomst tot herstel van de westelijke Markiezaatskade zijn afgerond; het werk is opgedragen voor een bedrag van f 5 635 000. De werkzaamheden die volgen uit deze overeenkomst zijn inmiddels in uitvoering genomen.

De voormalige sluitkade is gedeeltelijk opgeruimd tot N.A.P. - 2 m, zodat weer een sluitgat van 800 m is verkregen. De bodem rondom de zuidelijke kop is vastgelegd met zinkstukken; bovendien wordt de kop verzwaaard met een 2 m dikke laag stortsteen 300/1000 kg. De bodem in het sluitgat is, waar hij niet beneden N.A.P. - 10 m ligt, vastgelegd met een laag fosforslakken. Daarna is met behulp van spijltbakken een drempel van mijnsteen aangebracht tot N.A.P. - 5 m. Deze drempel wordt nu afgedekt met een laag fosforslakken en vervolgens nog met een laag stortsteen

De tweede overeenkomst is inmiddels ook opgesteld; hij omvat de volgende werkzaamheden: verzwarend van het lage noordelijke en zuidelijke damvak, bouw van een damvak achter het resterende deel van de sluitkade inclusief een noordelijke kop, en van een ringdijk voor het te bouwen doorlaatmiddel in de westelijke Markiezaatskade, verhoging van een gedeelte van de oostelijke havendam van de Kreekraksluizen, en tenslotte het verhogen van de

sluitkade tot N.A.P. Voor de tweede overeenkomst is door dezelfde aannemerscombinatie wederom een prijsaanbieding gedaan; na onderhandelingen is overeengekomen dat het werk opgedragen zal worden voor een bedrag van f 7 945 000.

Bathse Spuikanaal

De aansluiting van de noordelijke afvalwaterleiding - die overigens deel uitmaakt van de zuidelijke zinkerbundel - op de drukput ten oosten van de Schelde-Rijnverbinding is nog steeds niet gerealiseerd. Inmiddels is het herstel van de drukput zover gevorderd dat de aansluiting van de afvalwaterleiding in de tweede helft van oktober kan worden uitgevoerd. De oplevering van het hele werk kan daar dan onmiddellijk op aansluiten. In de verslagperiode werd voortgegaan met het maken van kanaalinsteken voor het toekomstige Spuikanaal. De insteken tussen de bouwput van de spuisluis en de Kreekrakbruggen zijn gereed. Ten noorden daarvan worden goede vorderingen gemaakt. De in de westelijke oprijt van de Bathse brug aan te brengen duiker is nagenoeg gereed. De werkzaamheden aan de bouw van de vier verkeersbruggen en de leidingenbrug over het toekomstige Spuikanaal verlopen geheel volgens schema. De brug in de Bathseweg is opengesteld voor het verkeer. De noordelijke brug in de autosnelweg A58 is gereed, terwijl de werkzaamheden aan de zuidelijke brug goed vorderen: men is daar begonnen met het monteren van de voorgespannen liggers. De Brug in Rijksweg 258 is bijna gereed; begin oktober zal hij voor het verkeer kunnen worden opengesteld. Ook de bouw van de leidingenbrug vordert

goed. Eind oktober zal een gedeelte van het dek worden gestort.

Op 10 september 1982 heeft de openbare aanbesteding plaatsgevonden van het bestek voor het betonwerk van de spuisluis en de sifon. De laagste inschrijving beliep f 6 639 000. Met de uitvoering zal begin oktober worden aangevangen.

Oosterschelde-kering

Het verdichtingswerk in de as van de stormvloedkering is gereed, behalve ter plekke van één pijler in de Roompot. Ook de damaanzet Noord-Beveland werd met de 'Mytilus' verdicht. Resteert nog de verdichting aan de rand van de bodembescherming in de Roompot en de Schaar. De 'Mytilus' zal eind 1982 gereed zijn met het verdichtingswerk.

In de afgelopen drie maanden werd het proevenprogramma van de 'Cardium' en de 'Jan Heymans' verder afgewerkt. Het accent lag op training van de bemanning en het bereiken van de gewenste kwaliteit. De spuitinstallatie van de dustpankopen op de 'Cardium' is aangepast, zodat nu gebagerd kan worden met de gewenste voortgangssnelheid en capaciteit. Tevens is op de 'Cardium' een geavanceerder besturings- en verhaalsysteem geïnstalleerd, waarmee nauwkeuriger dan met het vorige systeem en ruim binnen de vereiste nauwkeurigheidsniveaus kan worden gema-

noeuvreerd. Bij het verdichten van de matten met de verdichtingsplaat bleek dat dit instrument de matten tijdens het verdichten beschadigde. De verdichtingsplaat is inmiddels aangepast en geïnstalleerd op de 'Cardium'. Nogmaals werd een proefmat gelegd met afmetingen overeenkomstig aan die in het sluitgat; nog-

maals werd de hele uitvoeringscyclus gesimuleerd. Het storten van materiaal tussen de ondermatten gaf de 'Jan Heymans' aanvankelijk enige problemen, die inmiddels zijn opgelost. Enige aanpassingen aan de opschooninstallatie zullen wellicht in oktober nog noodzakelijk zijn.

Bij de fabricage van proefmatten werd de gewenste productiesnelheid nog niet helemaal gehaald.

De steenstorters voor de opbouw van de drempel zijn in aanbouw. Het plaatsbepalingssysteem voor deze schepen wordt en détail uitgewerkt. Ook de toplaagstorters zijn nog in aanbouw; deze kraan wordt medio '83 op het werk verwacht.

Er wordt verder gewerkt aan de ontwikkeling van een nauwkeurig peilsysteem om het gemaakte werk te controleren.

De instrumentatie van de trijplaat voor het verdichten van de ruimtes tussen de ondermatten werd aanbesteed en de ponton voor dit bedrijf gekozen. De ontzandingsinstallatie is verder ontwikkeld; het ontwerp zal in modelproeven worden getest. De aanvoer van breuksteen uit Duitsland en Finland vond goede voortgang.

De eerste fase, dat wil zeggen de opbouw tot N.A.P. - 3,5 m, van de damaanzetten Roggenplaat-Zuid en -Noord is gereed. De laatste werkzaamheden bestonden uit het maken en aanbrengen van zinkstukken en bestortingen, het aanbrengen van een betonblokkenglooing, teen-schot en damwandplanken. Met de uitvoering van de damaanzet Neeltje Jans werd 15 juni 1982 begonnen. De werkzaamheden naderen hun einde. Ook de bouw van de rollenbaan is praktisch gereed. Onderhoud werd in de beschreven periode verricht aan

werkwegen, haveninrichtingen, loswallen en aan de hulpbrug. Onderhoudsbaggerwerk werd verricht in de invaart naar de buitenhaven Neeltje Jans.

De Roompotsluis is gereed; de bouwput kon worden geïnundeerd. De deuren zijn geplaatst. Het bedieningsgebouw is in aanbouw. De elektrische installaties van de deuren komen voorjaar 1983 gereed, evenals de geleidewerken. De buitenhaven nadert zijn voltooiing, evenals de doorbaggering van de oostelijke ringdijk.

Ook over de werkschepen is een en ander te melden.

Bij de 'Cardium' werd, zoals gezegd, de capaciteit van de spuitinstallatie vergroot. Dit was noodzakelijk om de gewenste productie te kunnen halen. Het semi-automatische verhaalsysteem van dit schip is gereedgekomen en in bedrijf gesteld. Behoudens wat kleine zaken, en afgezien van het inspectie-systeem, is de 'Cardium' gereed.

De tweede mattenrol, de 'Twensis', werd te water gelaten en in bedrijf gesteld. De verbouwing van de 'Jan Heymans' is in principe gereed. Nog lopende proeven moeten uitsluitel geven over eventuele verdere aanpassingen. Het storten van grindzand 1-32 mm gaf nog problemen. De werkbeproevingen van de 'Ostrea' zijn grotendeels succesvol verlopen. Thans ligt het accent op het trainen van de bemanning en het beproeven van de werkmethoden. *Met de 'Macoma' zijn zuig-, verhaal- en koppelproeven uitgevoerd.* De bumperconstructie geeft nog problemen. De verbouwing van de tegelmatponton 'DOS I' is 1 juli gereedgekomen. Een serie beproevingen werd met succes uitgevoerd, daaronder het afrollen van een stuk tegelmat en het koppelen met

de 'Macoma'. De tegelmatfabriek bevindt zich in de fase van inbedrijfstelling. De installaties hebben proefgedraaid. De eerste mat is gemaakt, en opgerold op de rol.

In voorbereiding is het doorbaggeren van de dijken tussen de compartimenten I en II, en II en III van het bouwdok Schaar. De uitvoering vindt plaats in het voorjaar van 1983.

Van 56 pijlers is thans het betonwerk gereed; er resteren dus nog 10 pijlers, waarvan de werkzaamheden al in een vergevorderd stadium zijn. Er wordt overwogen om de compartimenten II en III gelijktijdig te inunderen, hetgeen uitvoeringstechnische en financiële voordelen heeft, maar of een en ander qua planning haalbaar is, zal mede afhankelijk zijn van de voortgang van andere werkzaamheden.

In compartiment IV is begin augustus begonnen met de productie van de dorpelbalken. De werkzaamheden lopen volgens plan; de eerste vloeren zijn reeds gestort.

Werkerreinen worden ingericht, portaalkranen verzwaard, en funderingen gestort voor de productie van betonelementen op het werkterrein te Kats. Op 1 januari 1983 moet de productie daar beginnen.

Op 2 augustus werd begonnen met werkzaamheden aan het dienstengebouw. Het grondwerk is inmiddels gereed, en de eerste betonproeven voor de fundering van de hoogbouw worden gestort.

In de verslagperiode werden ten behoeve van de uitvoering van de Oosterscheldekering verscheidene praktijkproeven verricht.

Te Schelphoek werd met behulp van een 100-tons trekbank nagegaan wat de invloed is van smering, vervuiling en roestvorming op

de grootte van het aandraaimoment van de klembouten voor de bevestiging van de tegels aan de staalstrengen van de tegelmat.

Tijdens de proefperiode van de 'Jan Heymans' is gebleken dat de grindstort op ontoelaatbare wijze in trilling geraakt. Daarom zijn en worden er proeven uitgevoerd aan een schaalmodel van de installatie, met als doel, mogelijke maatregelen tegen dit verschijnsel op hun waarde te testen.

Verder is in het bassin te Schelphoek onderzoek uitgevoerd naar aanleiding van de schade die is toegebracht aan het bovendoek van een proefmat in het sluitgat, toen hij verdicht werd met de 'Cardium'. Verwacht mag worden dat de voorgestelde wijzigingen aan de vormgeving van de trilplaten tot gevolg hebben dat in het vervolg geen schade meer zal voorkomen.

In de stroomgoot in Lith wordt momenteel de stabiliteit onderzocht van het grind 30/60 mm ter plaatste van de aansluiting op de filtermat.

Fotoverantwoording

Jaap Wolterbeek 122, 139, 141, 146, 151, 154, 157, 164, 167

Willem Diepraam 127, 129, 156, 171

Bart Hofmeester 137, 153, 173
Rijkswaterstaat 143, 145

