

Driemaandelijks Bericht
nummer 102, november 1982

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 26,25 per jaar of
f 6,75 per nummer

Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

De verbouwing van het asfaltschip 'Jan
Heijmans' tot stortapparaat 59

Uitvoering van de drempel 62

Ervaringen met het verdichten van de onder-
grond in de as van de Oosterscheldekering 66

Voorspelling van het verticale en het horizontale
getij met behulp van de harmonische getij-
analyse 72

*Fasering en sluitingsmethode van de comparti-
menteringsdammen 77*

Waterkwaliteitskenmerken van het Grevelingen-
meer 92

Landschappelijke vormgeving van het Bathse
Spuikanaal 99

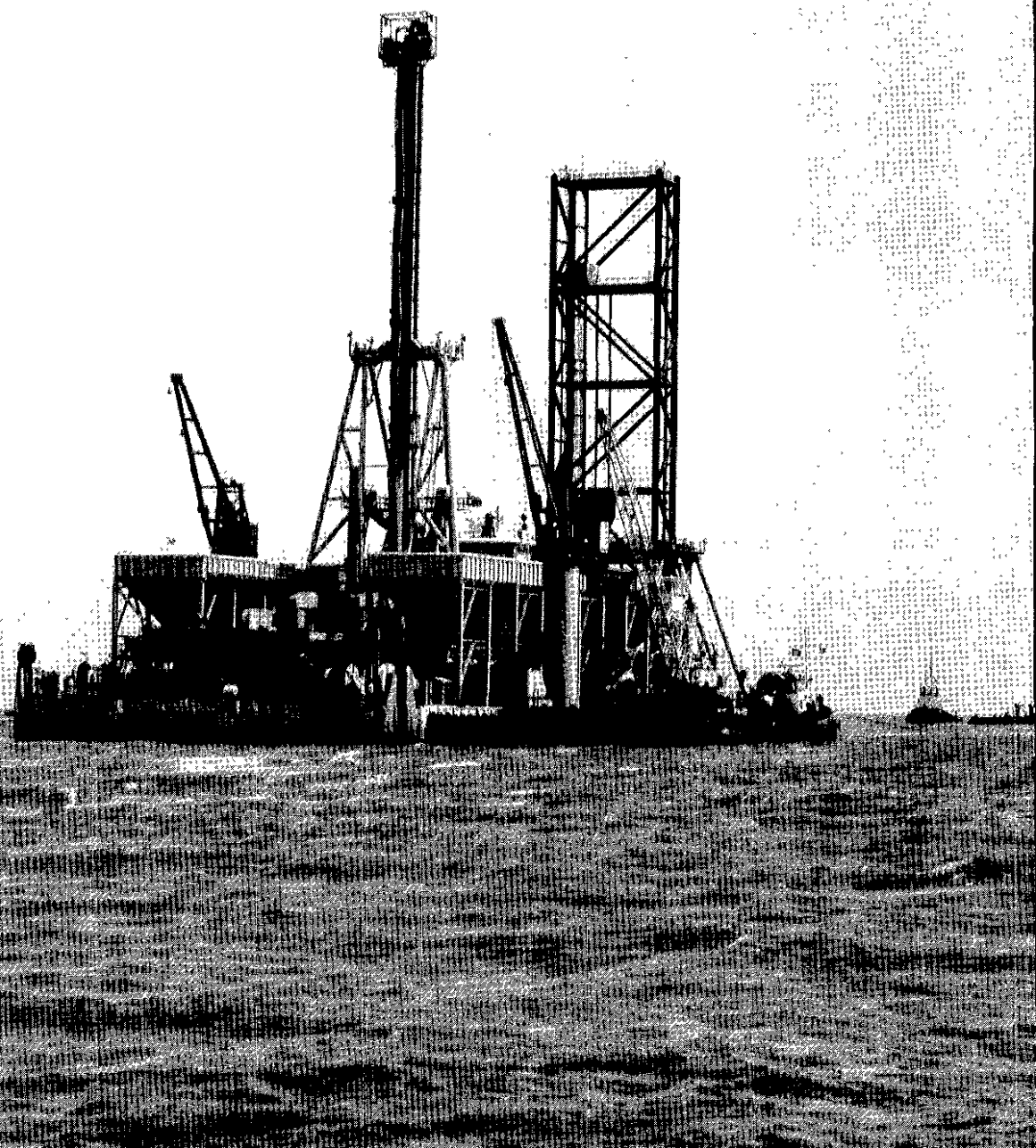
Vogelonderzoek in het Deltagebied 105

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Weer veilig wonen achter de duinen bij
Callantsoog 109

Samenvattingen/Summaries 112

Vorderingen 116



De verbouwing van het asfaltschip 'Jan Heijmans' tot stortapparaat

Het asfaltschip 'Jan Heijmans' is omgebouwd tot grindstorter. Deze verbouwing is voor een aanzienlijk deel in eigen beheer uitgevoerd; ze kwam binnen zeven maanden tot stand. Hierbij zijn de installaties voor de verwerking van asfaltmastiek intact gelaten. Op 11 december 1981 is men begonnen met de werkbeproevingen van de 'Jan Heijmans'.

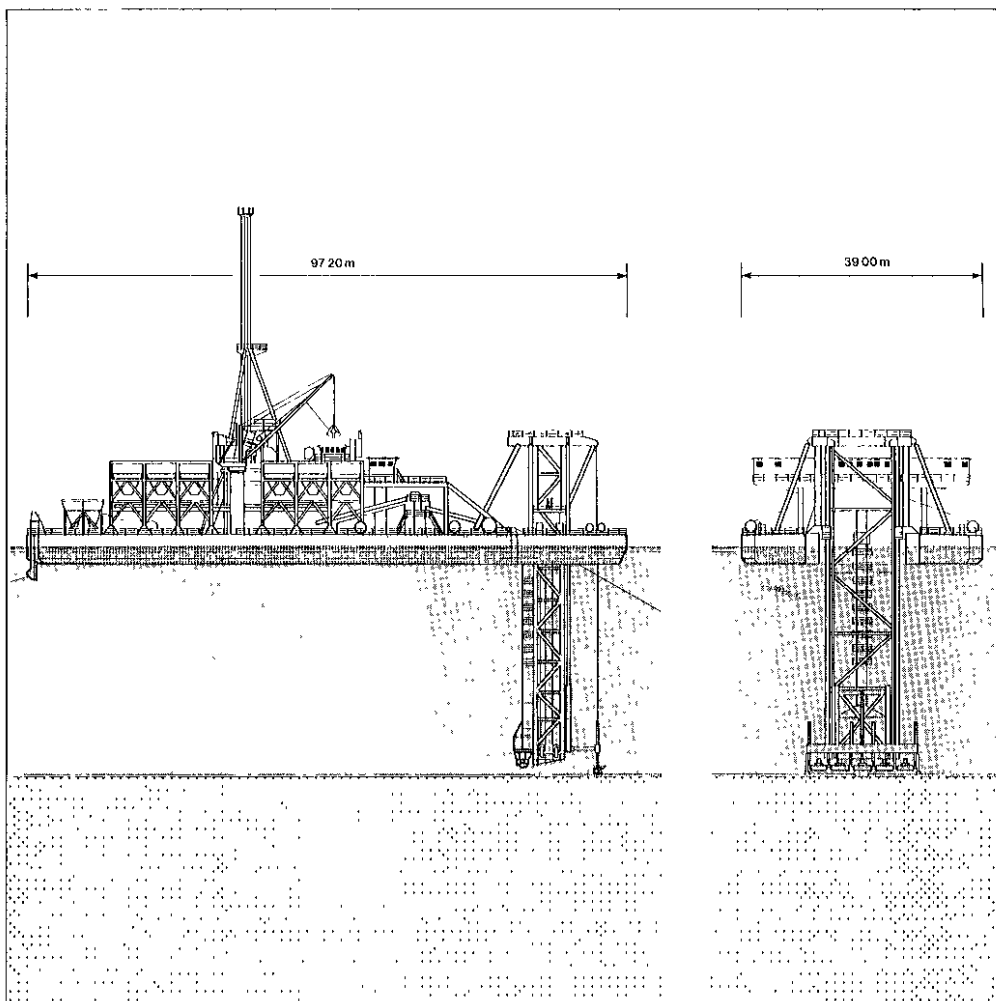
De pijlers van de Oosterscheldekering worden geplaatst op funderingsmatten, die op de zandbodem worden aangebracht door de mattenlegponton 'Cardium'. De fundering bestaat uit een ondermat van $200 \times 42 \times 0,30$ m, en een bovenmat van $60 \times 31 \times 0,30$ m op de plek waar een pijler komt te staan.

De ondermatten zijn samengesteld uit een laag grof zand, een laag kif en een laag grind, zodat een zanddicht filter wordt verkregen. De bovenmat is gevuld met grind. De ondermatten worden met een tussenruimte van ongeveer 3 m naast elkaar gelegd. Om te voorkomen dat de stroming het zand onder de matten wegspoelt, wordt in de ruimte tussen de matten een losgestort granulair filter aangebracht, bestaande uit een laag grind-zand van 1 – 32 mm, een laag grof grind van 30–60 mm en een laag breuksteen/koperslakken van 40 – 230 mm. Het filter wordt in twee fasen aangebracht. In de eerste fase, na het leggen van de ondermat, wordt het grind-zand en het grind gestort; de laag breuksteen wordt aangebracht na het leggen van de bovenmat.

Ter voorkoming van erosie aan het bouwfront wordt de buitenste matrand van de ondermat afgedekt met een laag grind.

Bij het vullen van de ruimten tussen de matten – telkens over een lengte van 200 m en op waterdiepten tussen 11 m en 37 m – gelden de volgende eisen: ten eerste moet het losgestort filter goed aansluiten op de filterlagen van de funderingsmatten; bovendien moet de laatst aangebrachte laag in elke opbouwphase van het filter voldoende stroombestendig zijn.

Deze randvoorwaarden impliceren een aantal taken die de 'Jan Heijmans' moet kunnen verrichten.



Langs- en dwarsaanzicht van de 'Jan Heijmans' met stortapparaat

Ten eerste moet er een ontzandingsinstallatie zijn, om de matranden over een lengte van 200 m te ontzanden; de werkende breedte van de installatie bedraagt 18 m. Die 200 m lengte is te verdelen in een horizontaal middendeel van 80 m en 2 variabele taluds van elk 60 m, onder hellingen van maximaal 1 : 4,5 in langsrichting en 1 : 3 in dwarsrichting. De minimaal vereiste voortgangssnelheid om laagdikten van 50 cm zand in één arbeidsgang te verwijderen bedraagt 2 m/min.

De ontzandingsinstallatie van de 'Jan Heijmans' werkt als volgt: de te verwijderen zandlaag wordt met een hogedrukmengsel van water en lucht in suspensie gebracht; door de luchttoevoeging stijgen de zandkorrels op en dan worden ze door de vloedstroom afgevoerd. Om de vorm van het te ontzanden gebied goed te volgen is de ontzandingsinstallatie opgebouwd

uit 5 secties, die scharnierend aan elkaar zijn verbonden; hydraulische cilinders zorgen voor de juiste hoekinstelling van de afzonderlijke secties. Op elke sectie is voor het spuiten een *onderwaterpomp gemonteerd*.

Na het ontzanden moet de erosiebescherming van de matranden worden verwijderd; dit geschiedt met een 4 m brede spuitbalk. De hoogte en de dwarsrotatie van deze balk worden geregeld met hydraulische cylinders; het benodigde water wordt geleverd door een bovendeks opgestelde pomp.

De te verwijderen materialen van de erosiebescherming worden in zijdelingse richting verplaatst, zodat een goede aansluiting op de funderingsmatten wordt verkregen.

Hierna worden de ruimten tussen de matten met een laag grind-zand van maximaal 85 cm bestort. De voortgangssnelheid tijdens het storten bedraagt maximaal 5 m/min. bij een stortcapaciteit van 2200 ton per uur. Het materiaal wordt aangebracht met een stortpijp, die aan de onderzijde is voorzien van een 9 m breed doseerapparaat. Dat is een stalen rol, die wordt aangedreven door vier hydromotoren. De doorlaatopening aan de uitstroomzijde van de rol wordt ingesteld met hydraulisch bedienbare schuiven. Om het storten regelmatig te laten verlopen, wordt de waterstand in de stortpijp hoger gehouden dan de buitenwaterstand.

Omdat grind-zand doorgaans onvoldoende stroombestendig is, wordt deze laag afgedekt met een laag grof grind van gemiddeld 40 cm dikte en 9 m breedte; dit gebeurt via een tweede stortpijp, in dezelfde arbeidsgang. Voordat de afdeklaag wordt aangebracht komt de ontzandingsinstallatie weer in bedrijf, om aanzandingen op de eerste lagen te verwijderen. De afdeklaag, die de stroombestendigheid van het gestorte materiaal moet garanderen gedurende de bouwphase waarin de pijlers worden geplaatst, is een 9 m brede en 1 m dikke laag breuksteen. Deze laag wordt ook weer aangebracht met behulp van de stortpijp met doseerapparaat. Voor elke tussenruimte tussen twee matten is 3500 ton steen nodig.

Tussentijds worden er in- en uitpeilingen verricht over de gehele breedte van de te vullen tussenruimten. De inpeilingen dienen er voor om de juiste hoogte in te stellen bij de ontzandingsinstallatie en de stortpijpen. De uitpeilingen dienen ter controle op het gemaakte werk. De peilingen worden verricht met behulp van 18 echoloden die aan de hoofdbalk van de ontzandingsinstallatie zijn bevestigd.

Om al deze taken te kunnen verrichten moest

het asfaltschip 'Jan Heijmans' ingrijpend worden verbouwd; dit is inmiddels de derde verbouwing. In 1963 werd het schip gebouwd voor het aanbrengen van asfaltmastiek op de zeebodem, tot op een diepte van 24 m. In 1971 werd het zo verbouwd, dat het gebruikt kon worden voor het maken en afzinken van waterdoorlatende matten als bodembescherming. In 1975 werd het schip voorzien van een installatie waarmee deze matten ook op oevers konden worden aangebracht. Tevens werd de asfalt-stortpijp verlengd, zodat verwerking van gietasfalt tot op een diepte van 40 m mogelijk werd.

De recente verbouwing tot grindstorter hield om te beginnen de aanbouw van twee zijkasten in aan het scheepslichaam. De afmetingen van het schip zijn nu: *lengte 97 m, breedte 39 m, holte 5 m en diepgang 2,70 m*. Op de zijkasten zijn 12 voorraadsilo's geplaatst, voor opslag van de te storten materialen, tot een maximum van 3500 ton. Deze materialen worden met elevatorbakken aangevoerd en door twee overslagkranen, elk met een capaciteit van 200 ton per uur, in de silo's gestort. Het stortmateriaal wordt via langs- en dwarsscheeps opgestelde transportbanden vanuit de silo's naar de eerste of de tweede stortpijp getransporteerd. De stortpijpen, de ontzandingsinstallatie en de spuitbalk zijn ondergebracht in een ladderconstructie, waarvan de hoogte verstelbaar is, en die geleid wordt door een bok op het voorschip. Hoe hoog de ladder moet worden ingesteld wordt bepaald door de gewenste stortdiepte; het instellen geschiedt door vier op het dek geplaatste hydraulische lieren.

Voor de verankering en het verplaatsen van het vaartuig is het schip uitgerust met 8 ankerlieren. De stortinstallaties, de ontzandingsinstallatie en de lieren worden vanuit een nieuw bedieningshuis bestuurd. Besturing en procesregistratie maken gebruik van een computersysteem bestaande uit drie calculators met randapparatuur.

Bij de opbouw van de fundering wordt beurte- lings een mat gelegd en de ruimte tussen die mat en de vorige bestort. Naast het aanbrengen van deze bestorting is de grindstorter ook verantwoordelijk voor de juiste positionering van het kopeinde van de funderingsmat. Bij deze operatie is de grindstorter via kabels verbonden met de kopbalk, een zware metalen balk waaraan het uiteinde van de mat is bevestigd. Voor het positioneren van de kopbalk zijn op het voorschip twee kopbalklieren geplaatst.

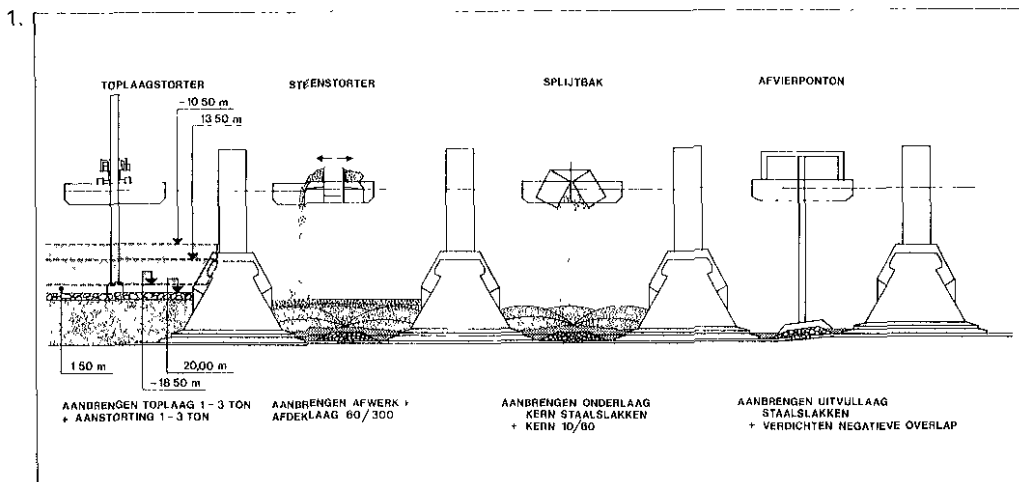
Uitvoering van de drempel

Wanneer de 'Ostrea' in 1983 klaar is met het plaatsen van enige pijlers in de Hammen, begint de aanleg van de drempel, een operatie waarbij tot medio 1986 ruim 5 miljoen ton steen wordt verwerkt in de drempel en in de breukstenen dammen van de Oosterschelde-kering. Voor het aanbrengen van de onderscheiden lagen van de drempel zullen verschillende typen vaartuigen worden ingezet. Inmiddels zijn op een aantal plaatsen van het werkeiland Neeltje Jans grote steendepots aangelegd. Dagelijks arriveren in de werkhavens duwbakken, rijnkaken en zeepontons met stortsteen uit België, Duitsland en Finland. Met hydraulische kranen op de wal en met grote drijvende kranen wordt de stortsteen overgeslagen, zowel in den droge als in een beperkt aantal natte depots. Men heeft de steendepots zo ingedeeld, dat niet alleen nu, maar ook

tijdens het aanleggen van de drempel zo min mogelijk afstemverliezen optreden bij de verwerking van de steen. Er is in principe een eigen loswal met eigen laad- en aanvoorzieningen beschikbaar voor elk van de stortbedrijven. Het ontwerp van de drempel heeft ertoe geleid dat grote hoeveelheden steen van verschillende soorten en formaten moeten worden aangebracht. Dat vereist verschillende stortingstechnieken: enerzijds met steenstorters en splijtbakken, anderzijds, voor de toplaag, met een speciale toplaagstorter. Immers, zware steen vanaf 300-1000 kg mag niet vanaf de waterlijn worden gestort; dat zou beschadigen aan het beton van de pijlers en de dorpelbalk ten gevolge kunnen hebben, en bovendien geen goede aansluiting van de toplaag opleveren, en dat is essentieel voor de kwaliteit.

Steenstorters en splijtbakken brengen zo snel mogelijk na plaatsen van de pijlers een afdeklaag aan op de bescherm laag tussen de funderingsmatten, dan de onderlagen van de overgangsconstructie, zowel aan de kant van de Oosterschelde als van de Noordzee, daarna de drempelkern inclusief de afwerklaag van de kern, vervolgens de toplaag van de drempel aan de zeezijde, en de toplagen van de overgangsconstructie aan de beide kanten en tenslotte de uitbouw van de dam aanzetten en de breuksteendammen tot N.A.P. - 5 m (figuur 1). In totaal moet door de steenstorters en splijtbakken 4 miljoen ton steen worden verwerkt.

De toplaagstorter brengt de volgende onderdelen van de drempel aan: de toplaag van de drempel onder de dorpelbalk aan de Oosterscheldezijde, aanstortingen tegen de dorpelbalk aan beide kanten, en de toplagen van de breukstenen dammen en asfaltzakken rondom



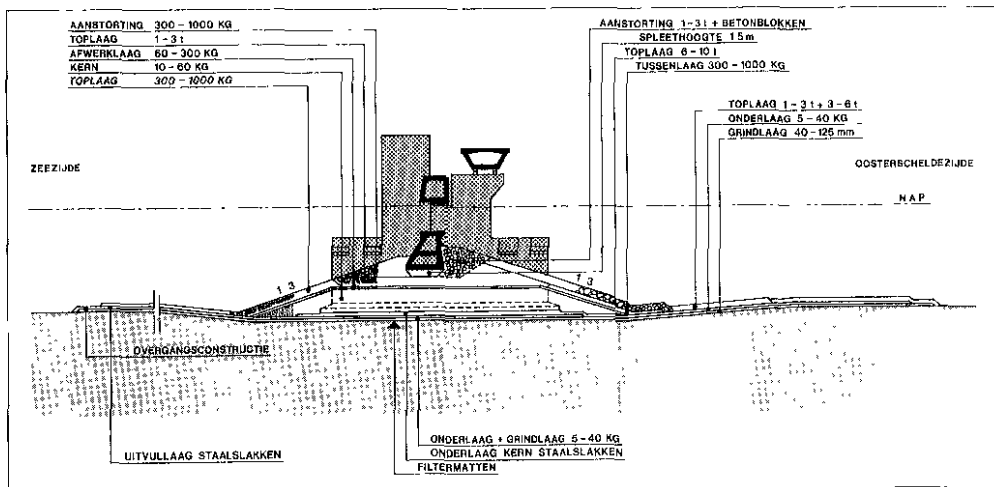
de pijlers. In totaal moet de toplaagstort 1,2 miljoen ton steen verwerken. Het steenstorten zal geschieden met zelfpositionerende stortschepen. De keuze van deze werkmethode boven die met afvierpontons is gebaseerd op de grotere flexibiliteit van deze methode, en de mogelijkheid om snel de eerste lagen aan te brengen na het plaatsen van de pijlers. Ter verbetering van de positioneringsnauwkeurigheid zullen deze schepen eventueel door 1 of 2 hulpdraden met de pijler verbonden zijn. De pijlervakken zijn opgedeeld in stortvakken met een breedte van 28 of 45 meter, overeenkomstig de laaddekbreedte van de steenstorters. De afmetingen van het stortvlak zijn zo bepaald, dat met één scheepslading van 1000 of 1500 ton de gewenste laagdikte wordt bereikt. De kwaliteit van het opgeleverde werk is afhankelijk van de methode van lossen, en

vooral van de optredende stroomsnelheden. Daarom zijn in het Waterloopkundig Laboratorium in Delft stortproeven uitgevoerd. Gestort wordt rond de kentering; het stortprogramma is zo opgesteld dat de aanstortingen rondom de pijlers bovenstrooms zullen plaatsvinden, om een zo goed mogelijke aansluiting met de pijlers te verkrijgen. Eén van de steenstorters die zal worden ingezet is de 'Libra', met een laadvermogen van 1500 ton. Dit schip is destijds gebouwd voor de uitbreiding van de havendammen van Hoek van Holland. Splijtbakken worden alleen ingezet bij het aanbrengen van de drempelkern, met uitzondering van de bovenste meter, die zal worden aangebracht met steenstorters. Voordat de 8 m hoge dorpelbalken worden neergezet zal het totale debiet door het gehele sluitgat nauwelijks veranderen. De stroomsnelheden zullen daarom, naarmate de drempelopbouw vordert en er meer pijlers geplaatst worden, slechts langzaam toenemen. Dit houdt wel in dat de kenteringsduur korter wordt en de werkbaarheid afneemt. De werkbaarheid van het materieel wordt ook bepaald door het golfklimaat rondom de kering. De golfhoogte is onder meer afhankelijk van de fase van het getij, de verstoringe invloed van de pijlers en de stroomsnelheid.

Zoals reeds is opgemerkt mogen stenen zwaarder dan 1000 kg niet vanaf de waterlijn gestort worden. De zwaarste stenen die in de drempel verwerkt worden hebben een gewicht van wel 10 ton. Daarom wordt de toplaag van de drempel, nadat de afwerklaag van de drempelkern is voltooid, door een toplaagstorter aangebracht. Dit is een grote kraan op rupsen die op een ponton is geplaatst (figuur 3). Het gewicht van de kraan is ongeveer 470 ton; de

Fig. 1. Verschillende stortbedrijven bij de opbouw van de drempel

Fig. 2. Doorsnede van de drempel met pijler



ponton meet 23 bij 80 meter, en heeft een waterverplaatsing van 3100 ton.

Om de ponton te kunnen verhalen is hij uitgerust met acht lieren. Extreem hoge krachten kunnen als gevolg van scheepsbewegingen optreden in de korte voorankerdraden van de ponton naar de kering, en in de ankerpunten op de pijlers. Om de krachten te reduceren zijn deze lieren uitgerust met zogenaamde deiningscompensatoren. De ankerdraden worden over hydraulische cilinders geleid, die de draden laten vieren bij extreme drukken in de cilinders.

De stenenbak is bevestigd aan een kelly die langs een schuinstaande giek – de zogenaamde makelaar – schuift, en kan zo onder water worden gebracht. In de bak wordt 15 ton steen geladen, vanaf een steenaanvoerponton met laadinrichting, die langs zij de toplaagstorter ligt afgemeerd.

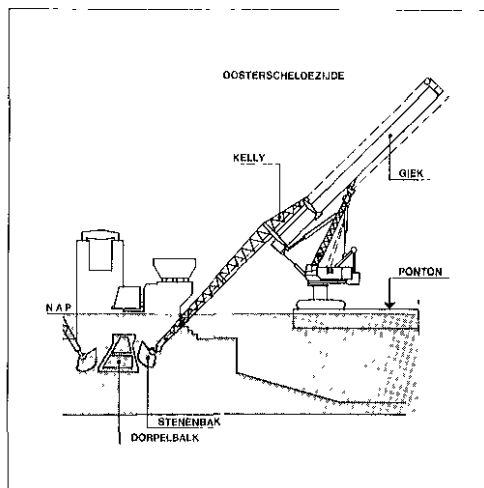
De toplaag wordt in twee lagen aangebracht. De machinist op de kraan kan op een beeldscherm zien wanneer en waar hij de stenenbak moet openen. Op deze wijze wordt ook geregistreerd waar hij de toplagen heeft aangebracht. Rondom de pijlers wordt ter bescherming van het beton door de toplaagstorter 60 000 ton steenasfalt aangebracht. Uit de resultaten van het toplaagonderzoek blijkt onder meer dat een goede aansluiting tussen beton en toplaag gewenst is. Dit houdt in dat de stenenbak dicht langs het beton van de pijlers en de dorpelbalk moet kunnen manoeuvreren. Om te voorkomen dat er beschadigingen optreden aan bak en beton, wordt de bak voorzien van een rubber beschermlaag.

De werkbaarheid wordt bepaald door de toelaatbare stroombelasting en de bewegingen van de stenenbak. Deze bewegingen komen voort uit de pontonbewegingen en uit het dynamische gedrag van de lange makelaar met de zware stenenbak. Bij storm verhaalt men de toplaagstorter tot op 200 à 300 meter uit de as van de kering en wordt de makelaar gestreken en afgesteund op het dek.

Nadat de dorpelbalken zijn geplaatst zullen de aanstortingen tegen de dorpelbalken worden aangebracht. Daarbij is het mogelijk een aantal reeds aangebrachte schuiven van de kering te sluiten, en onder gunstige hydraulische condities de aanstortingen aan te brengen. De aanstortingen aan de Noordzezijde zullen echter met geopende schuiven worden uitgevoerd, daar hier als gevolg van weerskaatsing hoge golven kunnen ontstaan, die tot grote bewegingen van de stenenbak zouden kunnen leiden.

Het bouwen van de drempel omvat ook nog

Fig. 3. Schematische voorstelling van de toplaagstorter



verdichtings- en opschoonwerkzaamheden.

Noodzakelijk is, dat de negatieve overlap en de afdeklaag verdicht worden. Door middel van trillen worden de holle ruimten in de steenlagen verkleind, en zo bereikt men een betere filterwerking en een goede aansluiting tussen de verschillende lagen.

De verdichtingskwaliteit is afhankelijk van de trillingsfrequentie, de slagkracht en de duur van het trillen. De trilplaat wordt vanaf een afvierponton neergelaten, waarna stappend verdicht wordt. Ook hier is nauwkeurig positioneren van belang.

Opschonen, dat wil zeggen het verwijderen van zand van de drempel, is nodig om te voorkomen dat zand in de drempel wordt ingesloten. Dit zou namelijk in een later stadium door uitspoelen tot ontoelaatbare zettingen van de drempel leiden.

Nauwkeurig meten en peilen is voor de uitvoering van de drempel een vereiste. Uit het ontwerp zijn de hydraulische en geometrische randvoorwaarden geformuleerd waaraan de aangebrachte lagen moeten voldoen. Meet-toleranties zijn opgesteld, uitgaande van de gegeven gemiddelde en minimum laagdiktes, aanlegniveaus en taluds. Dit is nodig om te controleren of de volgens het ontwerp aangebrachte hoeveelheden steen zo op de bodem zijn terechtgekomen dat aan de hydraulische en grondmechanische eisen wordt voldaan. Hoge eisen worden gesteld aan de kwaliteit van zowel de plaatsbepaling als de bodemcontrole. Het systeem voor de bodemcontrole dient relevante informatie te verstrekken en is tevens nodig voor het analyseren van het verloop van de verschillende werkzaamheden. Op de peilboten is apparatuur geïnstalleerd om de vlakheid en de laagdikte van de lagen te kunnen meten. Bovendien moet men eventuele gaten in de verschillende lagen van de drempel kunnen signaleren. Voor alle werkzaamheden bij de aanleg van de drempel is een nauwkeurig plaatsbepalingssysteem nodig. Elke schipper moet weten wat de werkelijke positie van zijn stortschip is ten opzichte van het gewenste stortvak. Voorts zijn aan boord gegevens nodig over de stroomsnelheid en -richting, de schuifstand van de steenstorter en de verhaalsnelheid. De machinist van de topplaagstorter moet de positie van de stenenbak kennen, zodat hij zijn stenen met behulp van een van tevoren gemaakte plotkaart kan plaatsen, en tevens kan voorkomen dat er botsingen zullen optreden tussen twee stenenbakken. Voor het positioneren van de verdichtingseenheden is met name de stapgrootte van belang, en het voorkomen van contact met de pijlers.

Steenoverslag in het depot



Ervaringen met het verdichten van de ondergrond in de as van de Oosterschelde-kering

In de Berichten 93 (augustus 1980) en 98 (november 1981) is al eerder verslag gedaan over het verdichten met de 'Mytilus'. Het ging toen achtereenvolgens over de resultaten van de verdichtingsonderzoeken voor het vaststellen van de randvoorwaarden en over de proef- en inwerkperiode.

In deze aflevering wordt verslag gedaan over de periode van april 1980 tot eind maart 1981: het eerste en grootste gedeelte van het operationeel werken met de 'Mytilus'.

De tijdens deze periode opgedane ervaringen zijn geanalyseerd en vervolgens geëvalueerd. Binnen de aanwezige mogelijkheden werd systematisch onderzocht op welke wijze de uitvoering van het verdichtingsproces kon worden geoptimaliseerd. Behalve het verdichtingsproces zelf en de trilnaaldenproblematiek zijn hier tevens het controle-onderzoek op de verdichting en het zogenaamde voorgrond-onderzoek bij betrokken.

Uiteindelijk heeft dit geleid tot een zo goed als optimaal verdichtingsproces, waarin naar verwachting geen wezenlijke veranderingen meer zullen worden aangebracht. Tevens is een beter inzicht verkregen in het benodigde controle-onderzoek, in relatie tot de wijze van beoordelen van de eisen waaraan de verdichting dient te voldoen, en in de noodzaak voldoende grondonderzoek ter beschikking te hebben ter plaatse van de uitgevulde cunetten, voorafgaand aan het verdichten.

Er blijft een aantal probleemgebieden over; enerzijds hebben die betrekking op de te volgen uitvoeringsprocedure van de verdichting, en anderzijds op grondmechanische en funderingstechnische aspecten, waaronder de geschiktheid van schelpen als funderingsgrondslag voor de pijlerconstructie.

We geven nu een samenvattend overzicht van het verloop van de verdichtingswerkzaamheden in de beschouwde periode.

In april 1980 werd in de Hammen begonnen met twee trilmotoren per naald, en een horizontale stapafstand van 5 m. De naalden

werden omhoog getrokken zodra een vermogen werd opgenomen van 2×90 kW. Gebeurde dat niet, dan werden de naalden in elk geval na 10 minuten verdichten omhooggetrokken naar een volgende positie. Bij deze procedure werden de elektromotoren veelvuldig overbelast; en er werd, hoewel de grondslag goed verdichtbaar was, niet aan de verdichtingseisen voldaan. Daarom werden in mei en juni 1980 verschillende belangrijke wijzigingen aangebracht:

er werd twee keer zo langzaam getrokken en de verticale stapafstand werd gehalveerd. Bij alternerend verdichten – de naald stijgt dan 1 m en zakt daarna weer 50 cm – werd de slagkracht vermindert. Besloten werd, een derde motoreenheid per trilnaald bij te plaatsen. In juli, augustus en september van datzelfde jaar werd alternerend verdicht op 6 à 7 m beneden de bodem. De nominale vermogensgrens van de vibratoren werd dikwijls met 20 à 50% overschreden. Dit veroorzaakte veel thermische uitval. De horizontale stapafstand werd definitief teruggebracht tot 4 m. Op sommige locaties in de Hammen was het verdichtingsresultaat nu bevredigend, maar op één plek helemaal niet, ten gevolge van een daar aangetroffen 1,25 m dikke kleilaag, 4 à 5 m beneden de onderkant van de pijlervoetplaat. In oktober werd de horizontale stapafstand bij wijze van proef opnieuw verkleind, tot 3,75 m. Geconcludeerd werd dat een horizontale stapafstand van 4 m optimaal is.

Van november 1980 tot maart 1981 is men in de Hammen en de Schaar van Roggenplaat bezig geweest met alternerend verdichten vanaf 7 tot 6 m beneden de Oosterschelde-bodem. Het kwam nu nog maar gedurende zeer korte tijd voor dat de trilmotoren

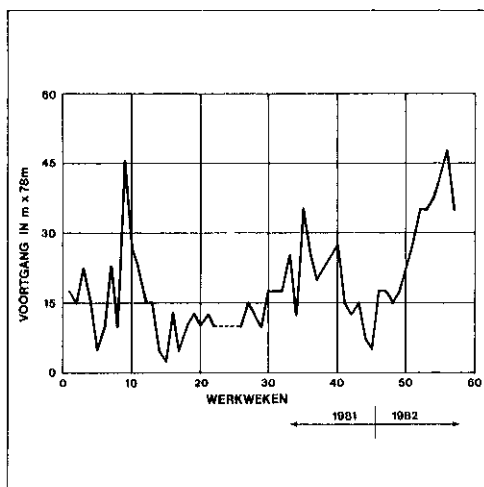


Fig. 1. Voortgangsgrafiek van het verdichtingswerk

werden overbelast, tot 15% boven het nominaal vermogen. De meeste locaties toonden bevredigende verdichtingsresultaten. In maart werd de verkorting van de verdichtingstijd geoptimaliseerd.

De verschillende grootheden die men in de bedrijfsvoering kan onderscheiden zijn tijdens deze periode nauwkeurig bijgehouden. Door reparatie aan schip en naalden werd een stagnatie-percentages veroorzaakt van 20 tot 50%. De bedrijfscoëfficiënt lag daardoor tussen 0,55 en 0,70. Bij veel mist en deining kon hij dalen tot 0,50, maar dat had op het gemiddelde weinig invloed.

In december 1980 is een groot aantal naalden achter elkaar stuk gegaan, zodat er zelfs gebrek ontstond aan reservenaalden. De zogenaamde 'naaldwaarde' kwam daardoor niet boven 0,80

uit. De effectiviteit van het bedrijf, die wordt bepaald door het produkt van de bedrijfscoëfficiënt en de naaldwaarde, lag derhalve tussen 0,45 en 0,55. De cyclustijd bedroeg bij alternerend verdichten ongeveer 3,5 uur, en anders 2,5 uur. Het spreekt vanzelf dat deze tijd vooral bepaald wordt door de perioden waarin werkelijk wordt verdicht. De voortgangssnelheid bedroeg 12 tot 17 strekkende meter per week wanneer er met één ploeg werd gewerkt. Bij tweeploegendienst haalde men 18 tot 20 m, en bij drieploegendienst 22 m per week. Eind 1980, toen er weer voldoende naalden waren, liep de weekprestatie op tot 33 à 35 meter.

Met behulp van de in de beschouwde periode bereikte resultaten is een analyse ondernomen van het gehele proces, en is bekeken op welke wijze de voortgangssnelheid van het verdichten kon worden vergroot. De analyse had betrekking op de bedrijfscoëfficiënt, de naaldwaarde, de cyclustijd en de horizontale stapafstand.

De bedrijfscoëfficiënt wordt alleen bepaald door de stagnaties. Stagnaties ten gevolge van mist, deining en wind zijn afhankelijk van het weer en de werkbaarheid van de 'Mytilus'. Aan het weer valt niets te veranderen, terwijl de werkbaarheid van de 'Mytilus' reeds zeer hoog is. Ook de stagnaties door reparatiewerkzaamheden aan het schip zijn normaal.

Een zeer geringe optimalisering is te verkrijgen door de 'Mytilus' zo min mogelijk van het ene naar het andere sluitgat te verplaatsen.

Wisselen van naalden en reparatie aan boord geschiedt reeds zoveel mogelijk tijdens het verdichten, en heeft daardoor weinig invloed op de bedrijfscoëfficiënt (wel op de naaldwaarde). De overige stagnaties vallen binnen het normale onderhoud.

De naaldwaarde is een bepalende factor voor de voortgangssnelheid. Van zeer groot belang is de beschikbaarheid van voldoende reserve-onderdelen. Verder moet men een open oog hebben voor het aantal benodigde reserve-onderdelen, en voor vraagstukken van controle, reparatie, en vervanging.

De gemiddelde cyclustijd wordt voor het grootste deel bepaald door de gemiddelde verdichtingstijd. Wil men de cyclustijd optimaliseren, dan zal men moeten zoeken naar een verdichtingsproces met een kortere verdichtingstijd, met behoud van de minimaal vereiste verdichtingskwaliteit. Eventuele verlaging van de verdichtingseisen heeft waarschijnlijk ook invloed op de gemiddelde cyclustijd.

De horizontale stapafstand is evenals de gemiddelde cyclustijd een bepalende factor voor de voortgangssnelheid; hij wordt in zeer belangrijke mate bepaald door de verdichtings-

eisen. Daarom is er een onderzoek uitgevoerd naar eventuele bijstelling van de verdichtings-eisen.

In hoeverre kan er op de bovengenoemde gebieden nu worden geoptimaliseerd? Optimalisering van de bedrijfscoëfficiënt is vrijwel niet mogelijk, daar de verlet-uren optreden door normale stagnaties bij de bedrijfsvoering van de 'Mytilus'. Voor de planning wordt daarom rekening gehouden met een bedrijfscoëfficiënt van 0,65.

Onderzocht is welke maatregelen er dienen te worden genomen om met een optimale naaldwaarde te kunnen werken. Geanalyseerd werd hoeveel reserve-onderdelen men in voorraad moet hebben en in de loop der tijd bestellen zodat de beschikbaarheid van reserve-onderdelen maximaal wordt. Daarnaast is nagegaan in hoeverre de kwaliteit van de verschillende trilnaaldonderdelen en verbindingen – lassen bijvoorbeeld – kan worden verbeterd, opdat de levensduur van de trilnaalden vergroot wordt.

De uit dit onderzoek voortgekomen verbeteringen zijn dan ook toegepast. Op grond van deze verbeteringen is een nieuwe prognose voor de levensduren van de verschillende trilnaald onderdelen opgesteld (zie onderstaande tabel).

De getallen tussen haakjes geven aan hoeveel de gemiddelde levensduren vóór de optimalisering bedroegen. De praktijk moet nog uitwijzen wat de levensduur is van de trilmotoren, daar nergens in de wereld ervaring is met zeer lang in bedrijf zijnde trilmotoren.

De resultaten van de uitgevoerde analyses geven aan dat voor 1981 11 volledige trilnaalden nodig waren, exclusief trilvibratoren. Voor 1982 zijn voorlopig 10 volledige trilnaalden nodig; of dit aantal juist is, zal blijken uit de gedurende 1981 opgedane ervaringen met het repareren en vervangen van trilnaaldonderdelen. Zoals gezegd is besloten tenminste één extra trilmotor per naald toe te voegen, gezien de onbekende levensduur en de kans dat er tijdens het

preventieve onderhoud van een trilmotor een andere stuk gaat.

Deze voorinvestering kost minder dan de schade die zou optreden indien er niet voldoende vibratoren aanwezig zouden zijn in geval van stukgaan. Voor de verlenging van de levensduur der trilnaaldonderdelen zijn grondige periodieke inspecties noodzakelijk, en de hieruit voortkomende reparaties. Bij het preventieve onderhoud is de trilurengrens belangrijk waarbij de verschillende trilnaaldonderdelen op gebreken moeten worden gecontroleerd. Na elke 200 draaiuren worden de trilnaalden, behalve de vibrators, dan ook gecontroleerd: de trilnaalden worden uitgewisseld, gedemonteerd en gecontroleerd in een werkplaats. Na 800 draaiuren wordt de naald ontmanteld: de schachten worden in pijpen en flenzen gesplitst, en de laszones verwijderd; daarna worden de delen weer tot schachten samengesteld. Daar naar verwachting de gemiddelde levensduur van een vibrator aanzienlijk groter zal zijn dan die van de andere trilnaaldonderdelen, worden de vibratoren na 1000 tot 1500 draaiuren volledig doorgeïllustreerd en gereviseerd. Voor een doeltreffende uitvoering van het preventieve onderhoud zijn voorzieningen aangebracht aan boord van de 'Mytilus' en in een reparatiedoel aan de wal.

Als er trilnaalden breken in de grond, is het niveau waarop de doorgaande scheur zich bevindt van zeer groot belang. Boven 50 cm onder de onderbegrenzing van de fijne op-schoonslag van de Cardium wordt het restant van de gescheurde naald uit de grond getrokken. Ligt de doorgaande scheur beneden dat niveau, dan is het goedkoper om het restant van de naald in de grond te laten zitten. Het uittrekken van de resterende naaldlengte en het hierna opnieuw verdichten van het gebied rondom de getrokken naald kost veel meer dan een nieuwe trilnaald.

Op grond van de resultaten van de uitgevoerde analyses en de daaruit voortvloeiende genomen of nog uit te voeren maatregelen, is de gemiddelde naaldwaarde gekomen op 0,80 à 0,85,

Onderdeel	1e levensduur (uren)	2e levensduur (na 1 × stuk gaan)	3e levensduur (na 2 × stuk gaan)
boven- en onderschacht	800 (500)	400 (200)	400 (200)
adaptors	800 (500)	400 (200)	400 (200)
resonatoren	800 (230)	600 (230)	400 (230)

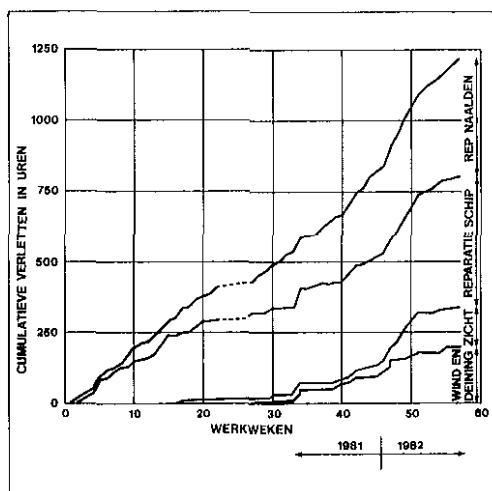


Fig. 2. Analyse van het verlet ten gevolge van verschillende oorzaken

tegen 0,75 tot 0,80 vóór de optimalisering. Nu naar verwachting in voldoende mate reserveonderdelen beschikbaar zullen zijn, is de kans dat de naaldwaarde gedurende een bepaalde periode kleiner dan 0,75 wordt, vrij gering.

De vanaf eind oktober 1980 toegepaste alternerende verdichtingsmethode heeft lange cyclustijden tot gevolg. In februari 1981 is gestart met een optimaliseringsonderzoek naar het alternerend verdichten. Daartoe werden in de Schaar en de Hammen drie proefvakken ingericht. Daar werden drie verdichtingsprocedures onderzocht. De methoden I en II verschillen onderling door een andere vorm van alterneren; bij methode III wordt er geheel niet gealterneerd. Bij het optimaliseringsprogramma is men tevens begonnen met aan boord beeldschermen te plaatsen waarop de naaldpuntdiepte digitaal kan worden afgelezen in meters beneden N.A.P.

De resultaten van het optimaliseringsonderzoek in de Schaar zijn in de volgende tabel weergegeven, omgerekend naar een verdichtingsdiepte van 10 m.

De beeldschermen aan boord van de 'Mytilus' maken het mogelijk beter de verticale stapgrootte te bepalen tijdens het trekken. Tevens worden daardoor automatisch de getijverschillen gecorrigeerd. Op deze wijze wordt enige cyclustijdverkorting verkregen.

De onderzochte verdichtingsprocessen I t/m III leveren alle een verkorting van de cyclustijd op ten opzichte van de gangbare alternerende verdichtingsmethode. Met alle drie de procedures wordt een verdichtingskwaliteit bereikt die voldoet aan de primaire verdichtingseis: een conusweerstand van 130 kg per vierkante cm. Waarschijnlijk is de effectiviteit van de verschillende verdichtingsmethoden mede afhankelijk van de grofheid van het te verdichten zand. In de proefvakken in de Schaar bestond de grondslag uit grof, schelphoudend zand met een d50-waarde van 300 micron, en in de Hammen uit matig fijn zand, van 200 micron. Voorlopig worden voor de verschillende sluitgaten de op de volgende pagina vermelde procesvoeringen aangehouden:

Methode	horizontale stapafstand (m)	gemiddelde cyclustijd voor 10 m verdichtingsdiepte (minuten)	conusweerstand kg/cm ²
normaal*	4,3	181	148-162
alterneren			
I	4,3	146	127-153
II	4,3	128	151-165
III	4,3	110	129-231

* normaal alterneren met toepassing van een beeldscherm

Plaats	aard grondslag	verdichtingsmethode
Hammen	matig fijn zand	II/III
Schaar	grof, schelphoudend zand	III
Roompot	grof, schelphoudend zand in het midden, en matig fijn zand aan de oevers	II/III

Hoewel in de proefvakken gewerkt werd met een horizontale stapafstand van 4,30 m, wordt toch voorlopig een horizontale stapafstand van 4,0 m aangehouden. Nadat enige ervaring met de veranderde procesvoeringen is opgedaan, wordt, indien de verdichtingsresultaten daartoe aanleiding geven, alsnog overwogen om de horizontale stapafstand te vergroten.

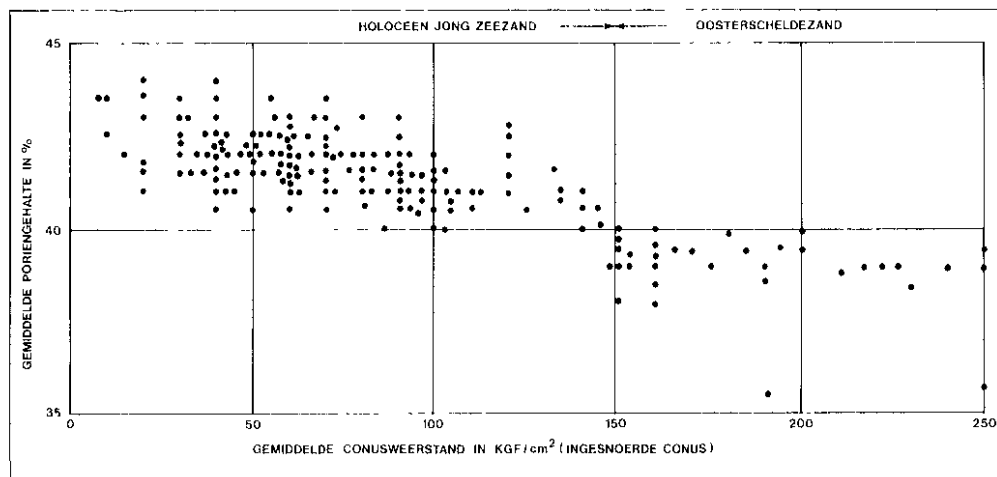
De horizontale stapafstand wordt in belangrijke mate bepaald door de aan de verdichting te stellen eisen. Er is daarom allereerst geanalyseerd in hoeverre de verdichtingseisen zouden kunnen worden bijgesteld, dat wil zeggen: verlaagd.

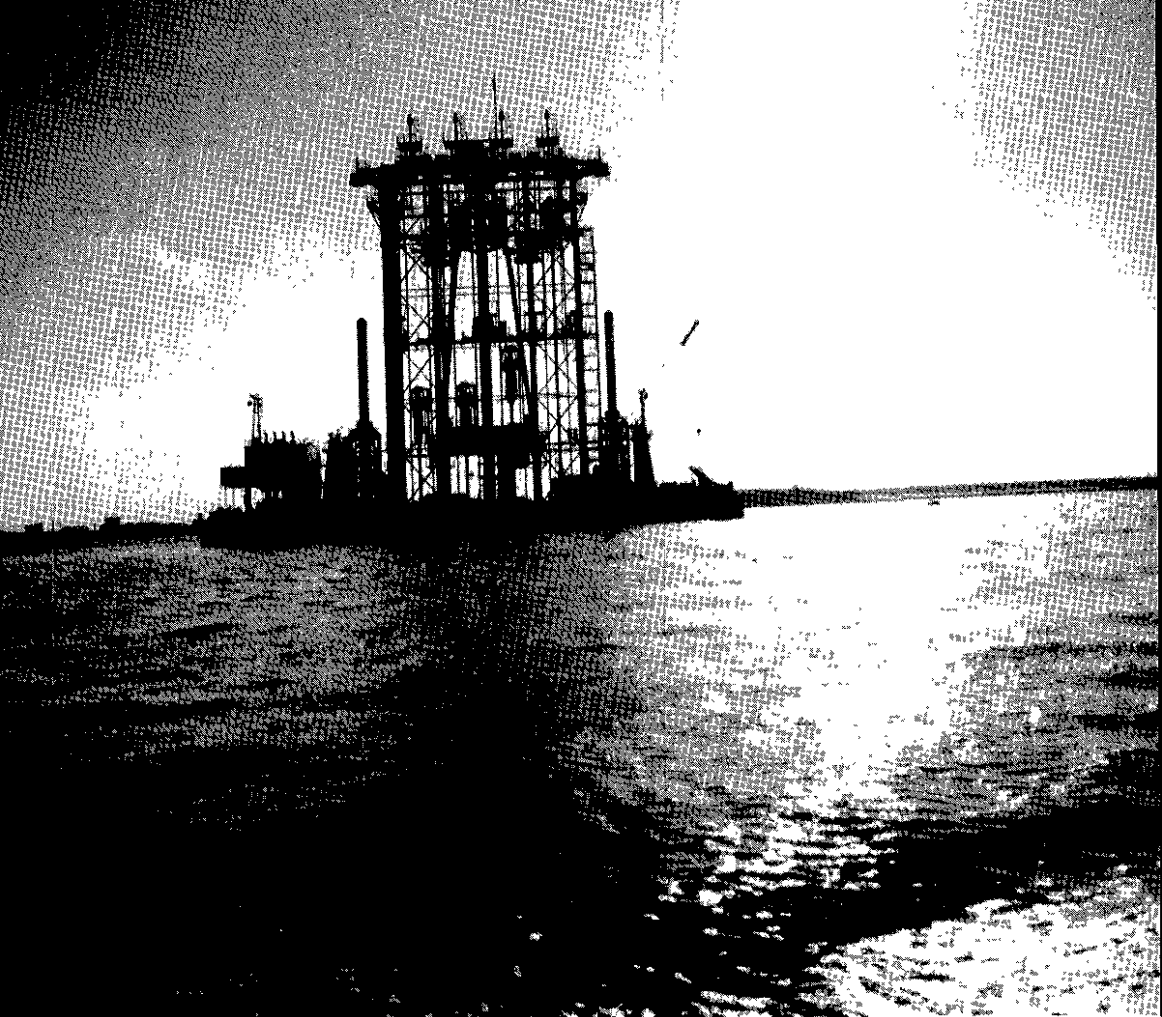
Bij de analyse van de verdichtingseisen gaat het voornamelijk om een eventuele bijstelling van de primaire eis, inhoudende dat de gemiddelde conusweerstand per pijler 130 kg/cm² moet bedragen, en het gemiddelde poriëngehalte 40%. Met gemiddelde conusweerstand wordt bedoeld: het rekenkundig gemiddelde van de vier gewogen conusweerstand op de hoekpunten van de pijler.

Om na te kunnen gaan hoe 'hard' de primaire verdichtingseis nu eigenlijk is, zijn opnieuw de achtergronden beschouwd van de wateroverspanningsberekeningen, die als basis dienden

voor de poriëngehalte-eis. Op grond van in de ontwerpfasen van de pijlers uitgevoerde onderzoeken en recent uitgevoerde berekeningen moet worden gesteld dat de waterspanningsgeneratie tijdens stormbelasting met name vanwege de stabiliteit van de pijlers beperkt moet blijven tot 10% van de ideale korrelspanning. Om aan deze eis te voldoen moet het zand onder de pijlers een vaste pakking hebben, ofwel een poriëngehalte van 40%. Dit impliceert dat de huidige eis ten aanzien van het poriëngehalte gehandhaafd blijft. Ook langs de weg van de conusweerstand, die bepalend is voor deformatie en verweking, kan geen argument gevonden worden voor verlaging van de verdichtingseis. Als uitgangspunt voor de deformatie-berekeningen van de pijlers is een gemiddelde conusweerstand van 150 kg/cm² gehanteerd, en een karakteristieke

Fig. 3 Verdichtingsresultaat in verschillend bodemmateriaal.
Rechts: de 'Mytilus' bezig met verdichtingswerk





ondergrens van 130 kg/cm^2 . Bij het vaststellen van de conusweerstandseis is met de karakteristieke ondergrens rekening gehouden, met andere woorden de eis dat de conusweerstand 130 kg/cm^2 bedraagt.

De controlesonderingen dienen niet alleen voor verificatie van de deformatie-eisen, doch ook van de verwekingseis; het controle-onderzoek bestaat namelijk uit 6 sonderingen en slechts 1 dichtheidsmeting. Uit een indertijd uitgevoerd correlatie-onderzoek bleek dat bij een conusweerstand van 130 kg/cm^2 een poriëngehalte behoort van 40%. Dit staat bekend als de 'bandcorrelatie'. De conusweerstand is dus tevens gekoppeld aan de verwekingseis.

De bandcorrelatie is opnieuw beschouwd door er de meetresultaten van de afgelopen anderhalf jaar bij te betrekken. Uit de resultaten van deze beschouwing blijkt dat het zogenaamde

omslagpunt inderdaad ligt bij een poriëngehalte van 40%.

De conclusie is dan ook dat op grond van de verwekingseis de conusweerstandseis niet kan worden verlaagd. Gezien deze ontwikkeling is een eventuele verlaging van de conusweerstandseis op grond van deformatie-eisen niet verder in beschouwing genomen, daar de verwekingseis reeds maatgevend is. Wel kan de kanttekening worden gemaakt dat eventuele verlaging van de conusweerstandseis inbreuk zou doen op de beschikbare tolerantieruimte voor alle uitvoeringshandelingen volgend op het verdichten; tevens zou dit consequenties hebben voor de krachten op de dorpelbalk.

De uitgevoerde analyses geven geen aanleiding om de verdichtingseisen te verlagen. Op grond van de verdichtingseisen is daarom geen vergroting van de horizontale stapafstand mogelijk.

Voorspelling van het verticale en het horizontale getij met behulp van de harmonische getijanalyse

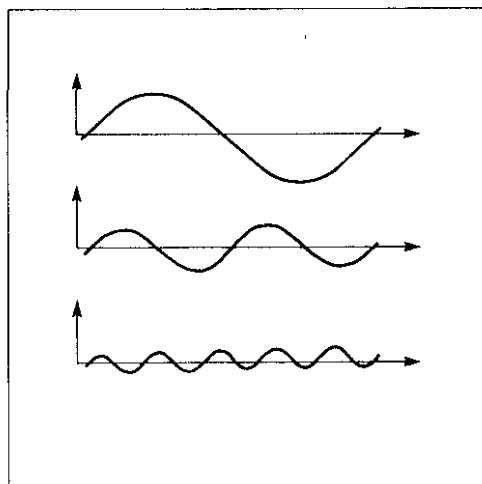
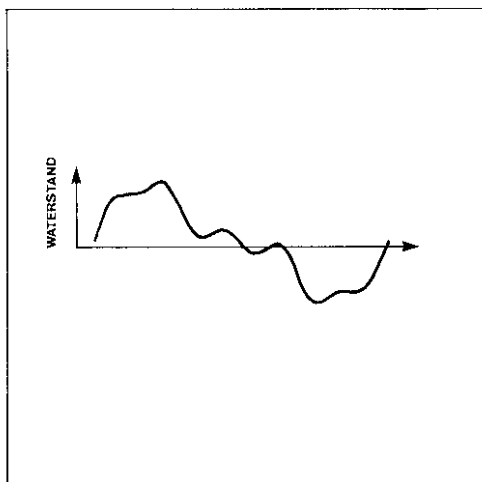
Voor een groot aantal werkzaamheden is het bij de uitvoering van de Oosterscheldewerken van belang het verloop van waterstand en stroomsnelheid nauwkeurig te kunnen voorspellen. Zo is het voor het plaatsen van pijlers en het leggen van funderingsmatten van belang enige tijd van te voren te kunnen beschikken over de tijdstippen en hoogten van hoog- en laagwater, en te weten waar het kenteringstijdstip zal liggen in het snelheidsverloop.

De voorspelling bevat twee componenten. In eerste instantie wordt ze gebaseerd op het zogeheten astronomische getij, de getijbeweging die veroorzaakt wordt door de aantrekkingskracht van maan en zon. Onder rustige weersomstandigheden kan hiermee worden volstaan; het werkelijke getij stemt dan zeer goed overeen met het astronomische. Tengevolge van meteorologische gebeurlijkheden kan het werkelijke getij evenwel sterk van het astronomische afwijken, zodat een definitieve voorspelling slechts kort tevoren kan worden gegeven. De uiteindelijke voorspelling bestaat dus in eerste instantie uit een voorspelling van het astronomische getij, en in tweede instantie uit een voorspelling van de afwijkingen hiervan tengevolge van meteorologische effecten.

We gaan nu eerst dieper in op de voorspelling van het astronomische getij.

Het getij in de oceanen wordt gegenereerd door twee verschillende soorten krachten: de centrifugale kracht die het gevolg is van de draaiing van de aarde om haar as, en de aantrekkingskrachten van de maan en de zon. De invloed van de maan is overigens twee maal zo groot als die van de zon. De overige hemellichamen hebben door hun geringe afmeting en/of door hun grote afstand tot de aarde een verwaarloosbare invloed op de getijbeweging. De resulterende kracht die de getijbeweging doet ontstaan, heeft door de cyclische bewegingen van de aarde, de maan en de zon een periodiek karakter. De respons van de watermassa's van de oceanen op deze kracht geeft deze periodiciteit getrouw weer.

Fig. 1 en 2. De werkelijke verticale getijbeweging kan worden ontleed in een aantal regelmatige sinussen



Het ligt dan voor de hand om de waterstand op de oceaan te beschouwen als de som van een aantal sinusbewegingen (figuur 1 en 2).

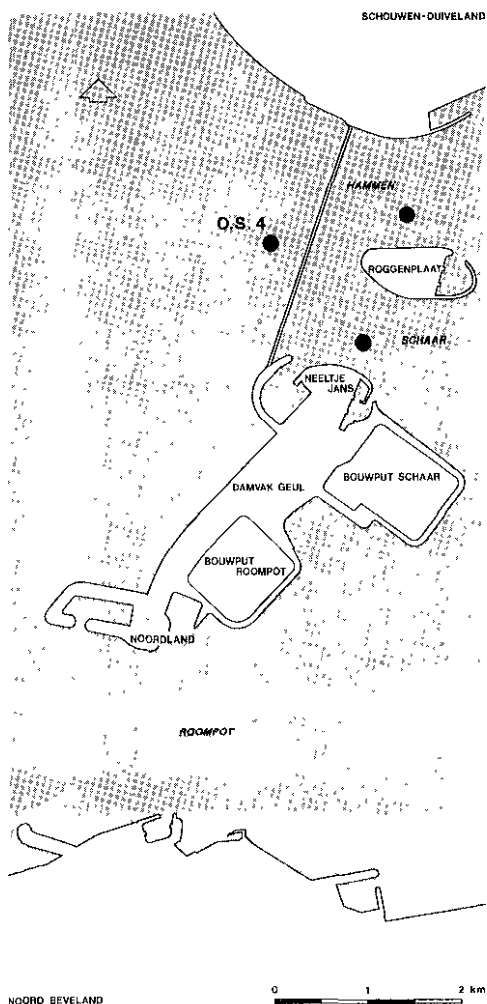
Wiskundig kan men de waterstand beschrijven als de som van een aantal sinusfuncties, waarvan de frequenties bepaald zijn door de bewegingen van de aarde, de maan en de zon. De bewegingen van het aarde-maan-zon systeem zijn te karakteriseren door zes basisfrequenties: de eerste drie daarvan zijn gebaseerd op de draaiing van de aarde om haar as, de draaiing van de maan om de aarde en de draaiing van de aarde om de zon. De overige drie hangen samen met de hellingen van die verschillende draaiingen ten opzichte van elkaar. Door interactie spelen verder allerlei combinaties van de zes basisfrequenties een rol. In principe ontstaan er zo oneindig veel frequenties. Echter, slechts enkele tientallen daarvan behoeven, afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid, in een berekening te worden verwerkt.

Voorspellingen van de waterhoogten worden nu berekend in twee stappen: allereerst worden de op een bepaalde plaats gemeten waterstanden geanalyseerd, om voor elk van de sinusvormige functies de bijbehorende amplitude en fasehoek te berekenen.

Als deze zogenaamde stationsconstanten eenmaal bekend zijn, kan men door de sinusfuncties weer samen te stellen de waterhoogte op dezelfde plaats voor ieder willekeurig ander tijdvak voorspellen. Op analoge wijze kunnen zo ook stroomsnelheden worden geanalyseerd en voorspeld. Dit is nu in het kort het principe van de harmonische getijanalyse, waarvoor de theoretische grondslag overigens al in 1867 werd geformuleerd. De analyse, waarbij vele amplituden en fasehoeken moeten worden berekend, is evenwel zo rekenintensief dat het pas met de hedendaagse computers mogelijk is, deze methode in de praktijk toe te passen. De rekenmethode van de harmonische getijanalyse is bij de Rijkswaterstaat beschikbaar in de vorm van het computerprogramma HATYAN (HARmonische geTYAnalyse); daarmee werden ook de verder in dit artikel beschreven resultaten verkregen.

Zolang het getij in de monding van de Oosterschelde, tengevolge van de bouw van de Oosterschelde-kering, niet teveel van vorm verandert, kan men uitgaan van meetreeksen die zich over verscheidene jaren uitstrekken. Op basis van zo'n lange meetreeks werden met behulp van HATYAN voor een groot aantal frequenties de amplituden en fasehoeken berekend voor het meetstation OS4, in de monding van de Oosterschelde (figuur 3).

Fig. 3. De Oosterschelde-mond met werkeilanden en de meetopstelling OS 4



Met de aldus verkregen stationsconstanten kunnen nu voorspellingen gedaan worden. In een periode met goed weer kan de voorspelling uitstekend zijn (figuur 4). Figuur 5 geeft een voorbeeld waarin het gemeten getij tengevolge van opwaaiing sterk afwijkt van het voorspelde astronomische getij. Interessanter is het, om het voorspelde getij over een veel langere periode te vergelijken met het in werkelijkheid opgetreden getij.

Voor het meetstation OS4 werden daartoe de voorspelde tijdstippen en hoogten van hoogwater en laagwater over een periode van een jaar vergeleken met de in werkelijkheid opgetreden waarden. Het verschil tussen voorspelling en meting werd vervolgens uitgedrukt in een gemiddelde en een standaardafwijking. De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel. Het astronomische deel van het opgetreden getij blijkt goed te zijn voorspeld.

Van verder praktisch belang is de vraag of met HATYAN ook goede voorspellingen kunnen worden gedaan als alleen korte meetreeksen ter beschikking staan. Zonder nu diep op de wiskundige achtergronden van de methode in te gaan is het toch wel begrijpelijk, dat het aantal frequenties waarvan de bijbehorende amplituden en fasehoeken kunnen worden bepaald, bij korte meetreeksen aanzienlijk beperkt is, met als gevolg dat bij de voorspelling van het getij moet worden volstaan met een geringer aantal harmonische componenten. De kwaliteit van de voorspelling zal dan minder zijn. Toch zullen we soms met zulke korte meetreeksen moeten werken, bijvoorbeeld wanneer de getijcurve van vorm verandert als gevolg van de bouw van de Oosterscheldkering, of wanneer het gaat om de analyse van snelheidsmeetcampagnes: stroommeters functioneren immers slechts gedurende relatief korte perioden.

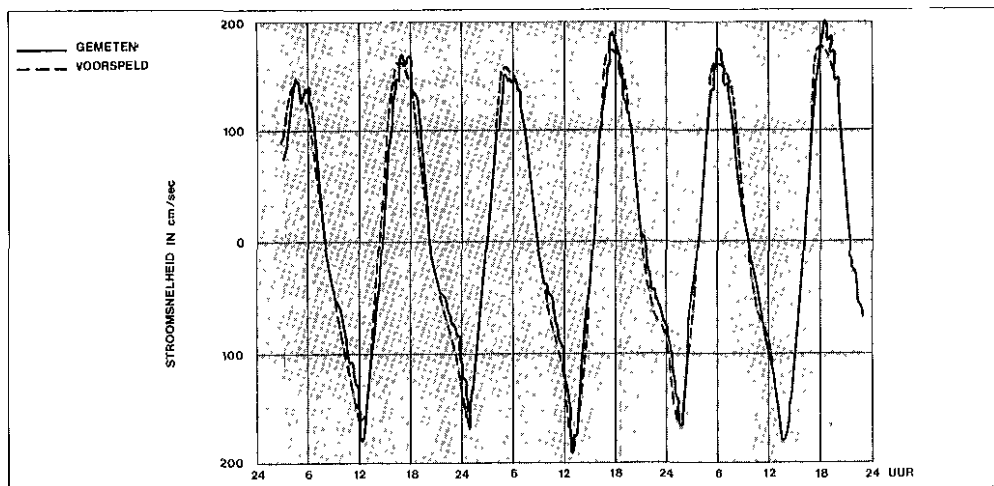
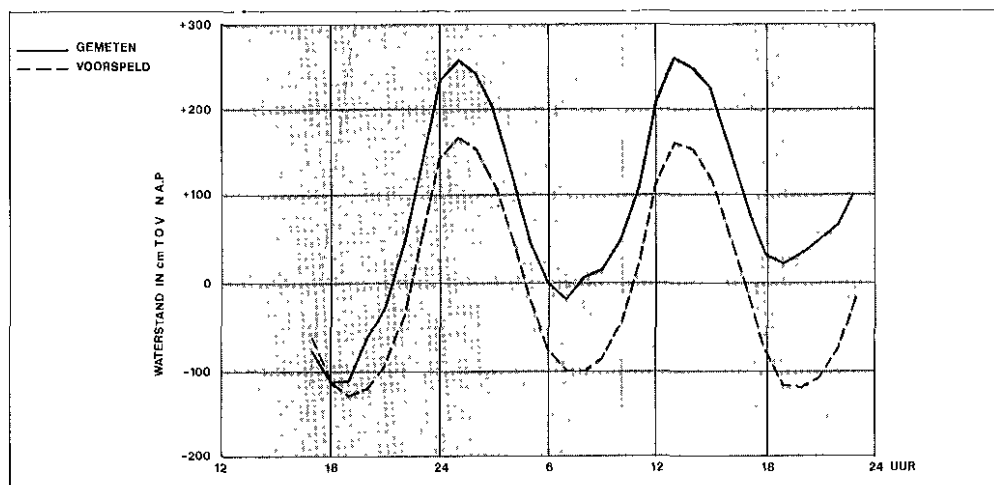
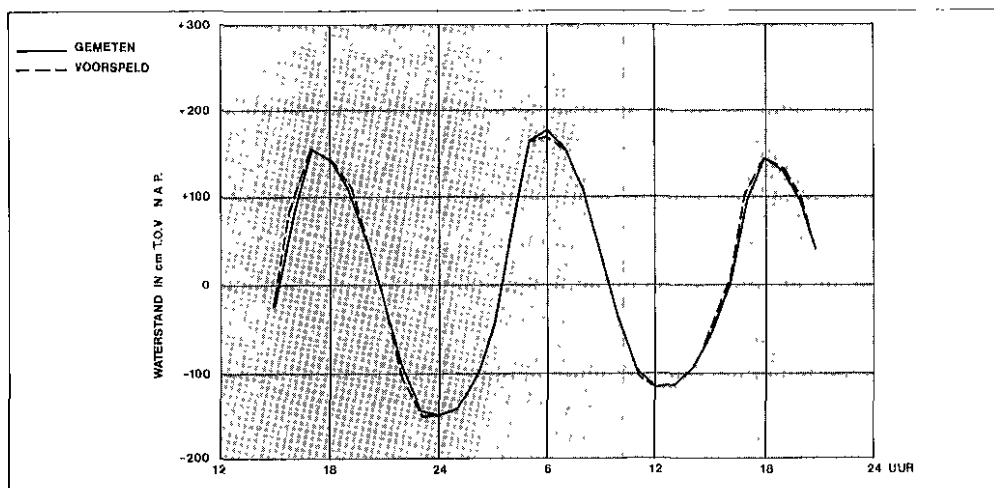
Uit onderzoek is gebleken dat het zonder al te veel kwaliteitsverlies mogelijk is het verticale getij één maand vooruit te voorspellen op basis van een harmonische analyse van het gemeten getij gedurende de voorafgaande één à twee maanden. Van de ongeveer honderd stationsconstanten die in het getij bij OS4 voorkomen, kunnen er als gevolg van de beperkte reekslengte slechts veertig worden bepaald. Dat de kwaliteit van de voorspelling

Fig. 4. Bij rustig weer komt het feitelijke getij goed overeen met het astronomische

Fig. 5. Grote verschillen tussen het astronomische en het feitelijke getij, als gevolg van opwaaiing

Fig. 6. Voorspelde en gemeten snelheden in de Hammen

Tijdstip T	gemiddelde	standaard	eenheid
Hoogte H	afwijking	afwijking	
HHW	0	19	cm
THW	-2	10	minuten
HLW	1	22	cm
TLW	-1	16	minuten



desondanks slechts weinig afneemt, is toe te schrijven aan het feit dat de bij de voorspelling niet in rekening gebrachte componenten slechts kleine tot zeer kleine amplituden hebben, en de fasehoeken redelijk uniform verdeeld zijn.

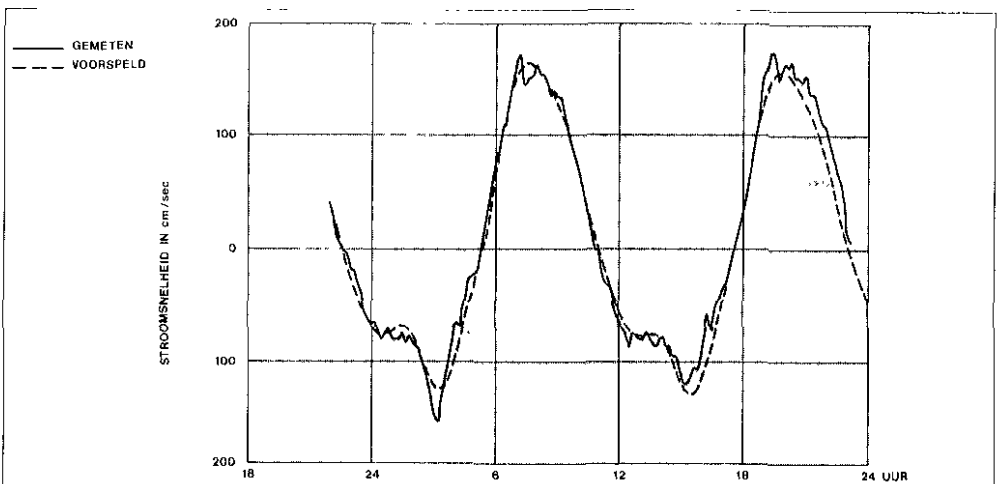
Voor het plaatsen van een pijler of het leggen van een funderingsmat moet onder meer het kenteringstijdstip nauwkeuring worden voorspeld. Verder is het gewenst van te voren informatie te hebben over het snelheidsvenster, dat is de periode waarin de stroomsnelheden beneden een bepaalde kritische waarde zullen blijven: zulke operaties kunnen alleen bij lage stroomsnelheden met de vereiste nauwkeuringheid worden uitgevoerd.

Ook snelheidsmetingen uit de Hammen en de Schaar van Roggenplaat met een reekslengte van twee maanden zijn in het HATYAN-programma geanalyseerd. Met behulp van de berekende stationsconstanten werd vervolgens het snelheidsverloop gedurende de daaropvolgende maand voorspeld, en vergeleken met de in werkelijkheid geregistreerde snelheden (figuur 6 en 7).

Daaruit bleek dat de stroomsnelheden goed werden voorspeld. De standaardafwijking bedraagt ongeveer 15 cm per seconde.

Hoewel nog steeds gewerkt wordt aan een verdere verfijning van het programma en de daaraan ten grondslag liggende methode van harmonische getijanalyse, kan op grond van het tot dusver verrichte onderzoek worden geconcludeerd dat deze techniek een praktisch bruikbaar hulpmiddel is om tot nauwkeurige voorspellingen van de getijbeweging te komen.

Fig. 7. Voorspelde en gemeten snelheden in de Schaar van Roggenplaat



Fasering en sluitingsmethode van de compartimenteringsdammen

Bericht 98 (november 1981) bevatte een artikel met dezelfde titel als dit. Daarin wordt de besluitvorming behandeld bij het kiezen van een sluitingsmethode voor de compartimenteringsdammen. Er bleven drie alternatieven over. Het eerste daarvan voorziet in sluiting van de Oesterdam met stortsteen en van de Philipsdam met betonblokken. Een andere mogelijkheid is, de Philipsdam niet met blokken, maar met zand op te bouwen; tenslotte is een zandsluiting mogelijk voor beide sluitgaten. In alle gevallen wordt gebruik gemaakt van de getijreductie die het gevolg is van de vorderingen bij de bouw van de Oosterscheldekering.

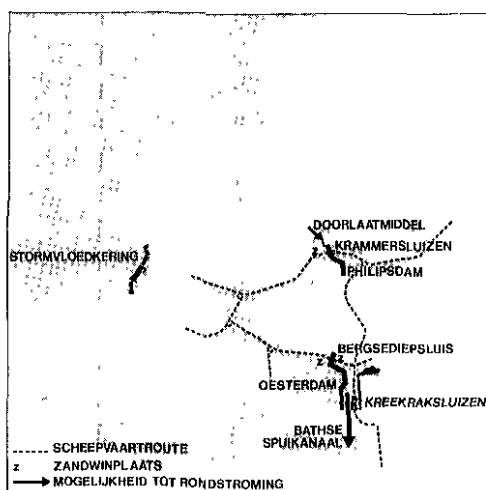
Nu zullen we het onderzoek ter vergelijking van de alternatieve sluitingsmethodes bespreken, en de overwegingen die gebruikt zijn bij het afwegen van de verschillende mogelijkheden. Om de faseringsproblematiek in algemene zin te kunnen behandelen heeft men een viertal tijdstippen aangenomen waarop de stormvloedkering in werking kan treden: 1 januari, 1 april, 1 juli en 1 oktober. Dit moment bepaalt welke invloed de stormvloedkering zal hebben op de sluiting van de compartimenteringsdammen. Voor elk van de genoemde tijdstippen is onderzocht in hoeverre het mogelijk zou zijn de zandsluitingen van de alternatieven II en III in een bepaald tijdvak in het jaar volgend op het gereedkomen van de stormvloedkering uit te voeren, en in hoeverre een bepaald tijdvak gunstig of ongunstig is als sluitingsperiode. De steensluitingen van de alternatieven I en II zijn reeds zo gepland, dat het gemiddelde getijverschil te Yerseke van 2,70 m niet wezenlijk wordt onderschreden.

Er moesten in totaal 36 sluitingsvarianten worden beschouwd. Omwille van de duidelijkheid en beknoptheid zullen we echter niet al deze varianten behandelen.

Randvoorwaarden en uitgangspunten

Alle sluitingsalternatieven zijn dus sterk gerelateerd aan de planning van de uitvoering van de stormvloedkering. Met name de voortgang van het plaatsen van dorpelbalken, het aantal schuiven dat tijdens de laatste bouwphase ten behoeve van een aantal werkzaamheden is gesloten én de tijd tussen het plaatsen van de dorpelbalken en het ogenblik waarop de stormvloedkering in werking treedt,

Fig. 1. De compartimentering van het Oosterscheldebekken



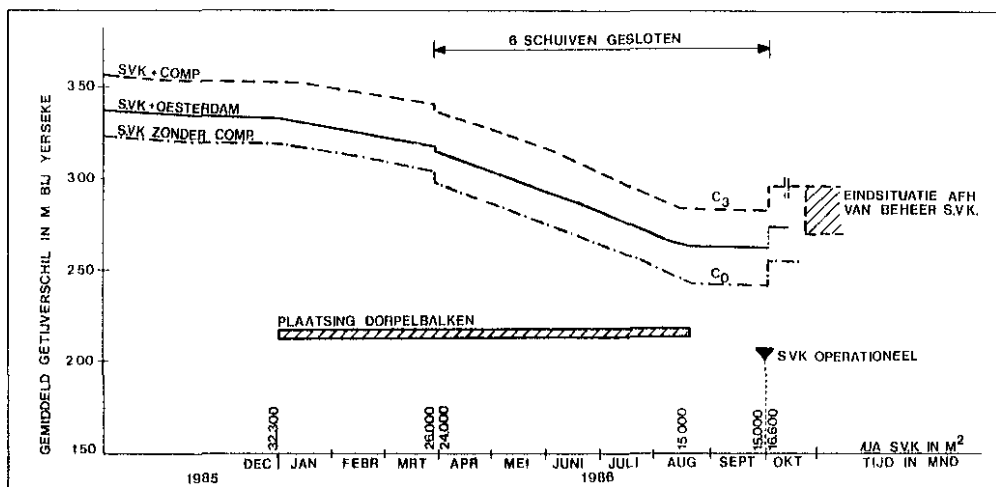


Fig. 2. Afname van het getijverschil te Yerseke als gevolg van de opbouw van de Oosterschelde-kering

zijn van belang. Het effectieve doorstroomprofiel in de monding van de Oosterschelde zal uiteindelijk afnemen van 32 000 tot 16 000 m² (figuur 2).

De thans optredende waterstanden, en de waterstanden tijdens de sluitingsfase van de compartimenteringsdammen, vormen een stel randvoorwaarden. Uitgaande van een gemiddeld getij in de monding van de Oosterschelde is voor verschillende plaatsen op de Oosterschelde bepaald hoezeer het getij zal afnemen bij een effectieve doorstroomopening van 14 000 m² en het gekozen compartimenteringsmodel. De onderstaande tabel geeft een overzicht van karakteristieke getijgegevens bij

Tabel 1: horizontaal en verticaal getij in huidige en eindsituatie

Plaats	Huidige toestand				Eindsituatie			
	GHW NAP+	GLW NAP-	max. eb- stroom (m/s)	max. vloed- stroom (m/s)	GHW NAP+	GLW NAP-	max. eb- stroom (m/s)	max. vloed- stroom (m/s)
Yerseke	1,75	1,70	0,80	0,80	1,50	1,35	0,55	0,55
Bruinisse	1,70	1,70	1,30	1,05	1,35	1,25	0,10	0,10
Tholense Gat	1,95	1,90	0,70	0,70	1,55	1,40	n.v.t.	n.v.t.
Steenbergse Sas	1,90	1,85	0,50	0,45	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 2: zoutgehaltes nu en in de toekomst
jaargemiddelde
g Cl/l

	jaargemiddelde g Cl/l		waarden in g Cl/l die eens per 5 à 10 jaar gedurende 3 maanden worden onder- schreden		streefwaarden eindsituatie in g Cl/l
	nu	toekomst	nu	toekomst	
Kom Oosterschelde	15,5-16	15-16,5	14,5	12,5-14,5	15,5
Krabbenkreek	15	13-15	13,5	12,5-14,5	13

gemiddeld getij voor enkele stations langs de Oosterschelde, nu en in de eindsituatie.

Recente berekeningen tonen aan dat de kans groot is, dat de waarden in de eindsituatie toch nog hoger zullen liggen. Voor het gemiddeld getijverschil te Yerseke wordt telkens 2,7 m aangenomen.

Het zoutgehalte in de Oosterschelde, een andere randvoorwaarde, wordt bepaald door een groot aantal factoren, die niet allemaal te beïnvloeden zijn. De getijbeweging verandert onder invloed van de Oosterscheldewerken. De zoutwateraanvoer vindt nu plaats via de Volkeraksluizen en de Kreekraksluizen, maar deze sluizen liggen in de toekomst achter de compartimenteringsdammen; de Oosterschelde zal dan met zoet water worden belast via de Krammersluizen en de Bergsediepsluis. Andere factoren zijn neerslag, verdamping en het zoutgehalte van het zeewater. Bij de fluctuaties in het zoutgehalte spelen bovendien seizoensinvloeden een belangrijke rol. In de onderste tabel links zijn enkele waarden vermeld betreffende het zoutgehalte in de Oosterschelde thans en in de toekomst.

Afhankelijk van het seizoen waarin de compartimenteringsdammen worden gesloten, bestaat de mogelijkheid, dat het zoutgehalte in delen van de Oosterschelde daalt tot beneden de aanbevolen waarden. Om dat te vermijden kan men aanvullende beheersmaatregelen treffen in de vorm van rondstromingen met zout water (figuur 1).

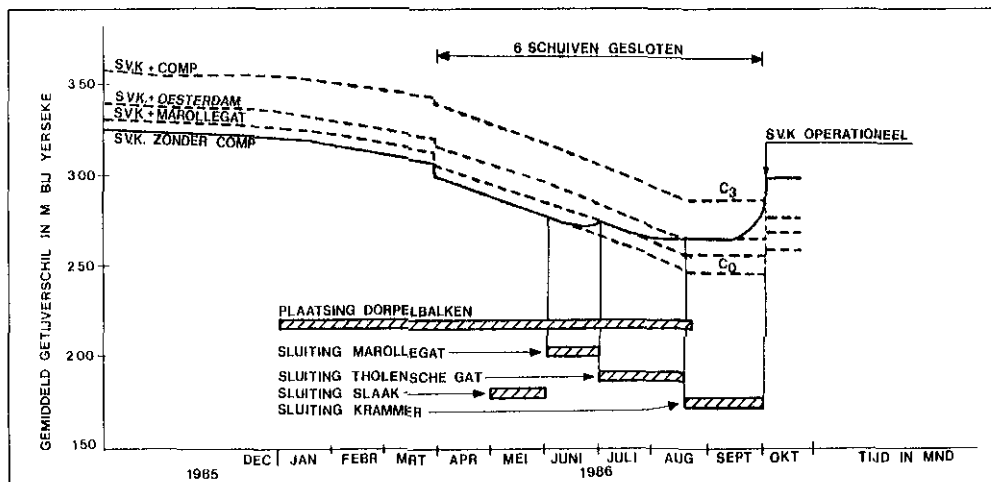
Om rondstroming vanuit het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde mogelijk te maken zal vanaf voorjaar 1983 de Flakkeese Spuisluis in

de Grevelingendam beschikbaar zijn. Daarnaast is het mogelijk om het water vanuit het Zoommeer naar de Westerschelde te laten rondstromen via het Spuikanaal Bath, en wel als een extra mogelijkheid, als het seizoen en de weerssituatie dat nodig maken. De kosten bedragen f 5 miljoen. Tenslotte is men er bij de *faseringsstudie van uitgegaan dat de plaatsen voor de zandwinning ten behoeve van de sluitingen beide gelegen zijn nabij de sluitgaten (figuur 1), en dat het mogelijk is om 270 000 ton stortsteen uit de Grevelingendam en de Markiezaatskade opnieuw te gebruiken.*

Alternatief I

Met de vernauwing van de sluitgaten Krammer en Tholense Gat zal bij alternatief I worden gewacht tot de getijreductie als gevolg van de

Fig. 3. Tijdschema behorend bij Alternatief I



plaatsing der dorpelbalken in de Oosterschelde-kering zover is gevorderd, dat de vernauwing zonder grote materiaalverliezen kan plaatsvinden. Hoe later men met deze werkzaamheden begint, des te minder tijd is ervoor beschikbaar, maar ook: des te groter kan de profielvernauwing zijn. Daarom zullen deze werkzaamheden in zo kort mogelijke tijd worden uitgevoerd. Tengevolge van de bouw van de Oosterschelde-kering en de compartimenteringsdammen zullen ook de stroomsnelheden veranderen. Bij Yerseke zullen ze gemiddeld 15% lager zijn dan thans; in het Zijpe zal slechts 10% van het tegenwoordige horizontale getij overblijven. Tijdens de sluiting van het Tholense Gat en het Krammer zal het getij op het Volkerak en Zoommeer geleidelijk afnemen. In de laatste week van de sluiting verwacht men op het Volkerak een middenstandsverhoging van maximaal 0,4 m gedurende 1 à 2 dagen. Na de blokkensluiting resteert een getij op het Volkerak tussen N.A.P. en N.A.P. + 0,4 m. Dit getij verdwijnt binnen 2 maanden door het afdichten van de blokkenkade. Het zoutgehalte op de Oosterschelde is afhankelijk van het seizoen waarin de sluitingen van de compartimenteringsdammen worden uitgevoerd. In de maanden voor de sluitingen neemt de getijbeweging op de Oosterschelde geleidelijk af, terwijl nog wel aanvoer van zoet water van de Brabantse rivieren, het Haringvliet, het Antwerps Kanaal, en van polderlozingen op het bekken plaatsvindt.

Bij sluiting van de compartimenteringsdammen in de zomerperiode zal het zoutgehalte niet dalen beneden de 15 g Cl/l in de Kom van de Oosterschelde en 13 g Cl/l in de Krabbenkreek. Bij sluiting in de winterperiode zal in een seizoen met een neerslagoverschot, wat eens in de 5 à 10 jaar voorkomt, het zoutgehalte in de Kom dalen tot 13 g Cl/l. Met behulp van de eerder genoemde rondstromingsmogelijkheden via de sluis in de Grevelingendam en via het Spuikanaal Bath kunnen deze minima worden verhoogd.

Alternatief II

De sluiting van de Oesterdam wordt bij alternatief II op dezelfde wijze en op hetzelfde tijdstip uitgevoerd als bij alternatief I. De sluiting van het Krammer wordt dan echter uitgesteld tot de stormvloedkering in de Oosterscheldemond zover gereed is, dat op de Oosterschelde een gerekt getij kan worden ingesteld met een tweemaal zo lange periode als normaal. Onder deze omstandigheden kan het Krammer worden afgesloten met zand. Daarmee kan een aanzienlijke besparing

worden bereikt in vergelijking met alternatief I. Door tijdige sluiting van de Oesterdam wordt voorkomen dat het getijverschil te Yerseke van 2,70 m wordt onderschreden. Men kan de zandsluiting van het Krammer meteen na het gereedkomen van de stormvloedkering beginnen (variant 1), of er nog drie, zes of negen maanden mee wachten. Hiermee kunnen eventuele sterk negatieve aspecten worden verzacht, als alternatief II om andere redenen de voorkeur zou verdienen. Figuur 4 laat het tijdschema van de belangrijkste activiteiten zien, en ook het globale verloop van het gemiddeld getijverschil te Yerseke, dat trouwens vrijwel overeen komt met dat bij alternatief I. Bij Bruinisse wordt het getijverschil in de eindsituatie gedurende enkele maanden na de sluiting van de Oesterdam met 2 dm onderschreden.

Tijdens de zandsluiting van het Krammer, als het getij met behulp van de Oosterschelde-kering gedurende de laatste drie à vier weken wordt gerekt tot twee maal de oorspronkelijke periode, neemt het getijverschil te Yerseke af tot 2,5 m.

Tijdens de laatste fase van de sluiting van het Krammer zal het getij op het Volkerak en het Zoommeer dan steeds verder vervlakken. Verhoging van de middenstand zal nauwelijks optreden. Als de zandsluiting voltooid is, is het getij op het Volkerak volledig verdwenen. Wanneer de beide compartimenteringsdammen in het zomerhalfjaar worden gebouwd zal het zoutgehalte zonder rondstroming kunnen worden gehandhaafd op 15 g Cl/l in de Kom van de Oosterschelde, en op 13 g Cl/l in de Krabbenkreek. Bij sluiting in het winterseizoen kan het zoutgehalte in de Kom dalen tot 14 g Cl/l en in de Krabbenkreek tot 12,5 g Cl/l, gegeven een neerslagoverschot dat gemiddeld eens per 5 à 10 jaar optreedt. Ook in deze situatie kunnen de rondstromingsmogelijkheden verlichting brengen.

Alternatief III

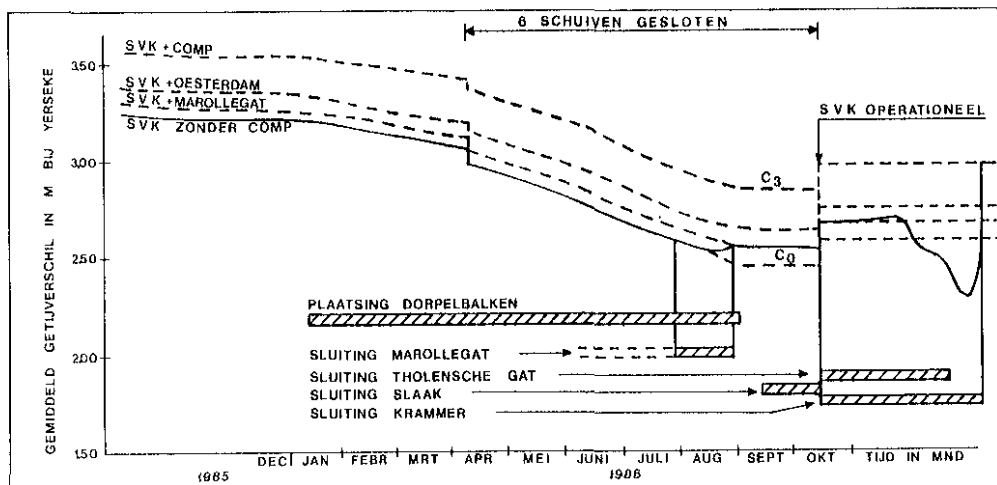
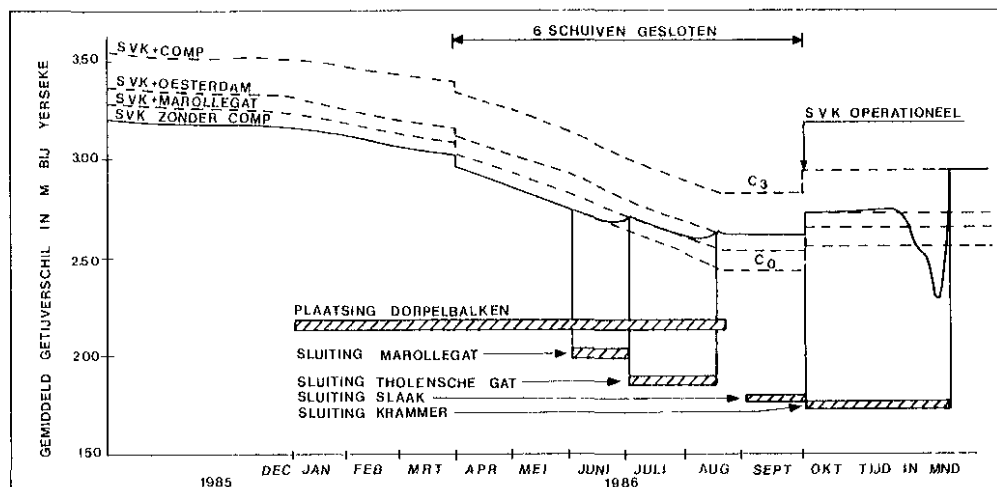
Bij alternatief III worden beide sluitingen uitgesteld tot de Oosterschelde-kering zover gereed is dat een gerekt getij met een tweemaal zo lange periode als normaal kan worden ingesteld. Ze worden dan gelijktijdig uitgevoerd, om de duur van die periode zo kort mogelijk te houden. De besparing die door deze werkwijze kan worden bereikt, is nog wat groter dan bij alternatief II. Evenals bij alternatief II zijn er vier varianten mogelijk, waarbij de sluitingen meteen na het operationeel worden van de stormvloedkering worden uitgevoerd, of na drie, zes of negen maanden. Ook bij dit alternatief wordt het tijverschil van 2,70 m te Yerseke

tijdelijk in geringe mate (ongeveer 1 dm) onderschreden, en wel in de periode na de sluiting van het Marollegat tot het uitvoeren van de zandsluitingen van Tholense Gat en Krammer. Ook het getijverloop op het Volkerak is bij alternatief III vrijwel gelijk aan dat bij alternatief II.

Een wezenlijk verschil is, dat bij alternatief III de stroomsnelheden op de Eendracht laag blijven, door het gelijktijdig uitvoeren van de sluitingen van het Krammer en het Tholense Gat. Bij een gesloten Tholense Gat en een open Krammer, zoals bij alternatief II, kunnen de stroomsnelheden op de Eendracht oplopen tot 1,5 m/s bij gemiddeld getij.

De laagste zoutgehalten die bij alternatief III kunnen optreden in de laatste fase van de bouw van de stormvloedkering in de Oosterscheldedmond tot aan het gereedkomen van de

Fig. 4 en 5. Tijdschema behorend bij de Alternatieven II (boven) en III



compartimenteringsdammen, zijn afhankelijk van het jaargetijde waarin deze periode valt. Een overzicht van de minimale waarden is gegeven in onderstaande tabel, waarbij is uitgegaan van een neerslagoverschot van gemiddeld eens in de 5 tot 10 jaar, voor ieder seizoen.

Vergelijking van de alternatieven

Welke aspecten zijn van belang bij het maken van een keuze tussen de drie sluitingsmethodes? Als hoofdaspecten zijn beschouwd: milieu, visserij, waterhuishouding, scheepvaart, uitvoering en planning, en kosten. De hierboven beschreven gevolgen van de sluitingsmethode voor getijbeweging en zoutgehalte zijn op deze aspecten direct of indirect van invloed.

Het zijn voornamelijk de waterstanden, de stroomsnelheden en de zoutgehalteverdelingen in de Oosterschelde, die gevolgen hebben voor het milieu. Vooral de periode en de tijdsduur van de veranderingen telt.

Effecten op het ecosysteem worden nog niet als nadelig beschouwd, wanneer ze zo gering of van zo'n korte duur zijn, dat ze binnen de

Tabel 3 Zoutgehalten op de Oosterschelde bij een zoetwateraanvoer, die gemiddeld eens per vijf à tien jaar wordt overschreden.

Alternatief		I		II			
Variant				1	2	3	4
	Gebied	Rond- stroming	Zoutgehalte in g Cl-/l				
Oosterschel- deking ge- reed op 1 januari	Kom Oosterschelde	met	14	14	15	15	14
	Kom Oosterschelde	zonder	13	13,5	14,5	14,5	13,5
	Krabbenkreek	met	11,5	13	14	14	13
	Krabbenkreek	zonder	11	11,5	12,5	12,5	11,5
Oosterschel- deking ge- reed op 1 april	Kom Oosterschelde	met	14	14	14	14	14
	Kom Oosterschelde	zonder	14	14	14	13,5	13,5
	Krabbenkreek	met	12,5	13	13	12,5	13
	Krabbenkreek	zonder	12	12,5	12,5	11,5	11,5
Oosterschel- deking ge- reed op 1 juli	Kom Oosterschelde	met	15	14	14	14	14
	Kom Oosterschelde	zonder	15	14	13,5	13,5	14
	Krabbenkreek	met	13,5	13	12,5	13	13
	Krabbenkreek	zonder	13	12,5	11,5	11,5	12,5
Oosterschel- deking ge- reed op 1 oktober	Kom Oosterschelde	met	14	14	14	14,5	14,5
	Kom Oosterschelde	zonder	13	13,5	13,5	14,5	14,5
	Krabbenkreek	met	12,5	13	13	13	13,5
	Krabbenkreek	zonder	12	11,5	11,5	12,5	12,5

natuurlijke fluctuaties blijven. Men kijkt dan met name naar de soorten die zich in de toekomstige situatie zouden kunnen handhaven. Voor de vergelijking wordt gerefereerd aan het volgens modelberekeningen voor de Kom van de Oosterschelde te verwachten zoutgehalte in de eindsituatie: 14 g Cl/l als laagste optredende zoutgehalte in een eens per 5 à 10 keer voorkomend nat jaar. In het onderzoek is aandacht besteed aan bodemdieren, vegetatie, vogels, schorkliffen en plaatranden, ontzilting van het Volkerak en Zoommeer, zoetwaterbelasting en organische-stofbelasting op de Westerschelde, en gevolgen van rondstroming voor het Grevelingenmeer.

Voorbeelden van bodemdieren zijn krabben, kreeftachtigen, zeeanemonen, sponzen, wormen en schelpdieren. De soortenrijkdom en de produktiviteit van de bodemdieren zijn

sterk afhankelijk van het zoutgehalte. Het soortenaantal wordt extra beperkt door grote wisselingen in het zoutgehalte. Een belangrijk deel van de bodemdieren bevindt zich in het intergetijdegebied. Bij een tot het dubbele gerekt getij ontstaat het gevaar van droogvallen van de bodemdieren. Blijft de waterstand gedurende een bepaalde periode op een peil lager dan N.A.P. + 1,00 m, dan kan de biomassa op de platen afnemen door verdroging of verzoeting.

De verlengde laagwaterfase, die gedurende 4 weken in de nacht valt, wordt overdag gevolgd door een verlengd hoog water. Voor verdroging of verzoeting hoeft onder deze omstandigheden niet gevreesd te worden. Wanneer de stagnante periode in de winter valt, kan bij strenge vorst echter wel risico ontstaan voor de bodemdieren.

De vegetatie die aan de randen van de Oosterschelde aanwezig is, bestaat uit een groot aantal plantengemeenschappen. De vegetatiezones zijn, afgezien van aard en samenstelling van de ondergrond, ontstaan en bepaald door verschillen in overspoelingsfrequentie, dus in zoutgehalte, en het blootgesteld staan aan de lucht (figuur 7).

Over het algemeen geldt dat de zone met aquatische plantensoorten, zoals wieren en zeegras, gevoeliger is voor uitdroging en variaties in zoutgehalte dan de hoger gelegen terrestrische begroeiing van de schorren. Na het gereedkomen van de werken zal een aanzienlijk oppervlak van het slikken- en schorregebied zijn oorspronkelijke hoedanigheid verliezen. Een deel komt achter de compartimenteringsdammen te liggen, bij alle drie de sluitingsalternatieven.

Bij de alternatieven met zandsluiting komt tijdens het gerekte getij een deel van het slikken- en schorregebied tijdens de laagwaterfase 's nachts niet onder water. De nadelige gevolgen lijken echter gering, gezien de korte periode, en in vergelijking met de effecten van een permanente peilverandering van ondergeschikt belang.

De natuurwaarde van het Deltagebied wordt mede bepaald door de grote aantallen en de verscheidenheid van soorten vogels, vooral steltlopers. Deze vogels zijn voor het fourageren aangewezen op het intergetijdegebied, dat tijdens laag water droogvalt. Door de aanleg van de compartimenteringsdammen en de demping van het getij in de rest van de Oosterschelde zal 40% van de voedselgebieden voor deze vogelsoorten verloren gaan.

Het belangrijkste probleem doet zich voor rond het instellen van de periode van gerekt getij,

III				
1	2	3	4	
13	14	14	13	
12	13	13	12	
12,5	13	13	12,5	
12	12,5	12,5	12	
14	14	13	13	
14	14	12	12	
13,5	13,5	12,5	12,5	
13	13	12	12	
15	13	13	14	
15	12	12	13	
13,5	12,5	12,5	13	
13	12	12	12,5	
14	13	14	14	
13	12	13	13	
13	12,5	13	13	
12,5	12	12,5	12,5	

waardoor de beschikbare tijd om bij laag water te fourageren wordt beperkt. Van belang hierbij is de tijd van het jaar en het dag- en nachtritme van de vogels. De winter is voor veel vogels de kritieke periode.

De dynamiek van stroming, getij en golven zorgt in de Oosterschelde voor een gevarieerde morfologie, te zien aan de vorm van plaatranden en schorkliffen. Bij de verandering in stroming en getij na 1986 moet worden voorkomen dat er erosie-processen plaatsvinden, die in principe niet in een estuarium thuishoren. Blijft de waterstand gedurende een bepaalde tijdsduur op een stagnant peil, dan gaat de golfwerking de erosie van plaatranden en schorkliffen bepalen. In perioden van storm dienen stagnante waterstanden tussen N.A.P. - 1,5 m en N.A.P. - 2,5 m niet langer dan 12 uur voor te komen.

Voor de ontzilting van het Volkerak en Zoommeer is vooral van belang in welk seizoen de ontzilting zal plaatsvinden. Na de sluiting van de compartimenteringsdammen zal via de inlaatsluis in het Volkerak 40 m³/s zoet water moeten worden ingelaten, ten behoeve van de peilbeheersing op het Volkerak en Zoommeer en ter compensatie van het zoetwaterverbruik van de schutsluizen. Onder invloed daarvan, en van de natuurlijke zoetwater-aanvoer door neerslag, rivieren en polderwaterlozingen, zal het zoutgehalte gaan dalen. Als gevolg van die daling en door het wegvallen van het getij zullen de aan zout water gebonden organismen afsterven. De afgestorven organismen worden afgebroken middels bacteriologische processen, waardoor zuurstofarmoede of zelfs zuurstofloosheid kan optreden.

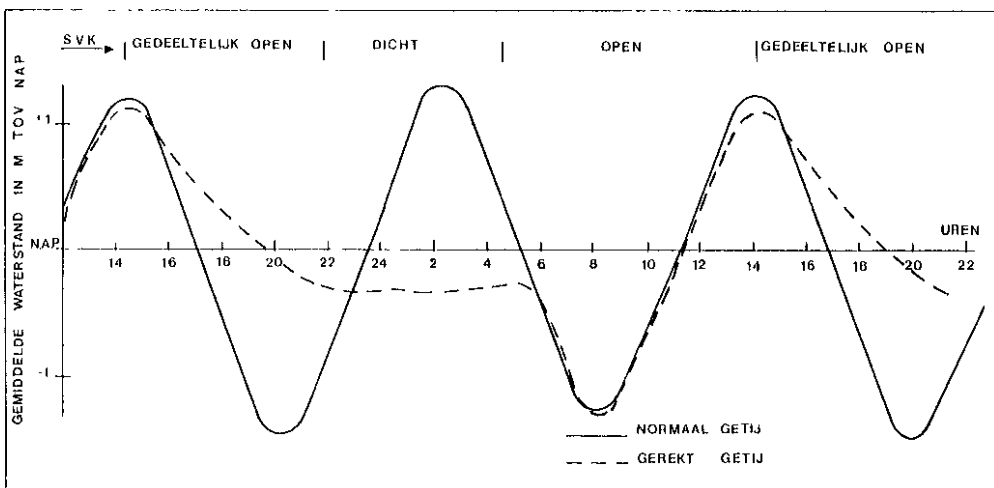
Door extra hoeveelheden zoet water vanuit het Hollands Diep-Haringvliet in te laten en

nagenoeg dezelfde hoeveelheid op de Westerschelde te lozen kan behalve een snelle ontzilting ook aanvoer van zuurstof worden bewerkstelligd. Landelijk gezien is hier echter niet in elk seizoen evenveel zoet water voor beschikbaar. Dit geldt met name in het najaar, wanneer de rivierafvoeren over het algemeen laag zijn.

Een tweede probleem is de lozing op de Westerschelde. Het gevolg van lozingen tijdens de ontziltingsperiode is, naast een daling van het zoutgehalte, een belasting met afgestorven organismen. De afbraakprocessen zullen dan op de Westerschelde plaatsvinden, waardoor het zuurstofverbruik daar toeneemt. Gesteld kan worden, dat de ontzilting bij voorkeur dient te beginnen wanneer de hoeveelheid biomassa en de watertemperatuur laag zijn: in najaar of winter. Behalve voor de ontzilting is de Wester-

Foto. Het werkeiland op de Plaat van de Vliet. Op de achtergrond de Grevelingendam

Fig. 6. Verloop van de waterstanden te Yerseke bij een zandsluiting van het Krammer volgens Alternatief II



schelde ook van belang, zoals eerder al vermeld, voor een mogelijke rondstroming via het Spuikanaal Bath in de perioden voor en tijdens de sluiting van de compartimenteringsdammen.

Een tweede mogelijkheid tot rondstroming en tot verhoging van het zoutgehalte, met name in de Krabbenkreek, is die met behulp van de sluis in de Grevelingendam. Bij doorspoelen in de zomer moet men er rekening mee houden, dat een groot gebied van het Grevelingenmeer, 800 tot 3000 ha, als gevolg van stratificatie te kampen zal krijgen met zuurstoftekorten.

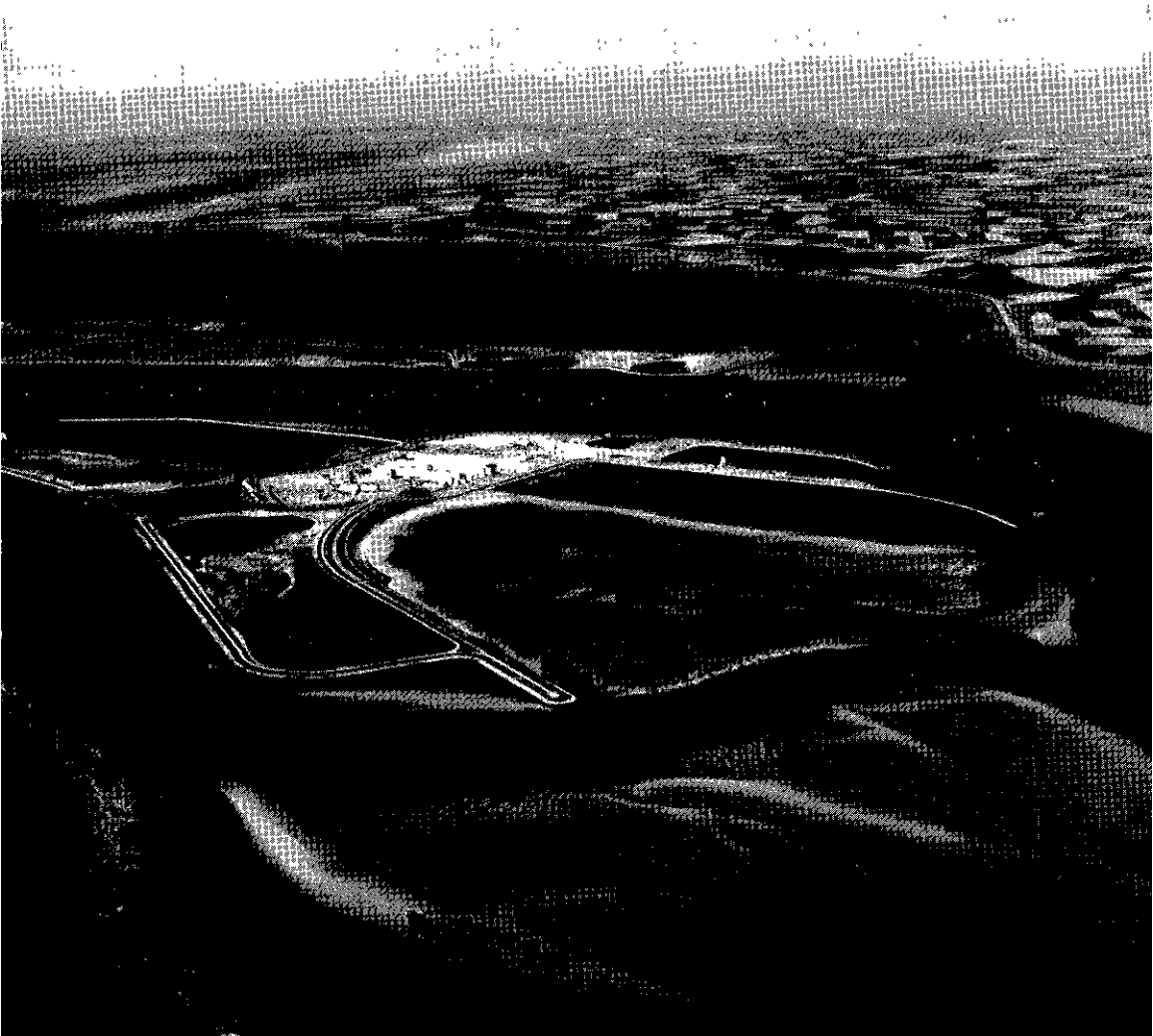
In de Oosterschelde hebben we waar het de visserij betreft vooral te maken met mosselcultures – economisch gezien het belangrijkste –, kokkelvisserij en oestercultures.

Als criterium is de financiële schade gehanteerd die zou kunnen optreden. Zoutgehalte, water-

stand, stroomsnelheid en periode van uitvoering zijn hierop van invloed. De gevolgen zijn vergeleken met de omstandigheden van de eindsituatie, na 1986.

De mosselkweekpercelen liggen voornamelijk langs de hoofdgeulen in de Oosterschelde. De stroomsnelheden mogen er maximaal 0,50–0,75 m/s bedragen. Daarnaast zijn de mosselverwaterpercelen van belang, die rond de laagwaterlijn zijn gelegen. Voor de bevaarbaarheid is een waterdiepte van minimaal 1,5 m nodig. Verlaging van het hoog water door getijreductie betekent tevens verkorting van de bevaarbare tijd per getijcyclus. In de periode van april tot half juni vinden overigens geen verwateractiviteiten op de percelen plaats.

Mosselen zijn redelijk bestand tegen extreme en wisselende milieu-omstandigheden. Oesters hebben een zoutgehalte nodig van tenminste



12,7g Cl/l. De oesterpercelen zijn langer bevaarbaar dan mosselpercelen, door hun diepere ligging op N.A.P. -2 m tot -4,2 m. Ook het verspreidingsgebied van de kokkels is gerelateerd aan het zoutgehalte, dat hoger moet zijn dan 13,0 g Cl/l.

De overige visserij, zoals de garnalen en kreeften, is van minder betekenis dan de schelpdierencultures.

Tijdens de sluitingsoperaties treden op de Oosterschelde tot aan de Oesterdam en de Philipsdam, maar ook achter de dammen, peilsituaties op, die afwijken van de huidige en ook van de toekomstige omstandigheden. Nagegaan is, op welke wijze en in welke mate een en ander van invloed zou kunnen zijn op de afwatering van omliggende gebieden, met name van polders langs de Oosterschelde, Volkerak, Eendracht en Zoommeer, langs het Veerse Meer en langs de Brabantse rivieren. Bij de afwateringsmogelijkheden van de polders langs het huidige Oosterscheldegebied wordt ervan uitgegaan, dat de nog bestaande uitwateringssluizen van polders tegen de tijd dat de compartimenteringsdammen worden gesloten zullen zijn vervangen door gemalen. Deze vervanging valt onder de aanpassing van Waterstaatswerken, zoals in de Deltawet geregeld. Uit berekeningen blijkt, dat in geen van de situaties wezenlijke capaciteitsreducties optreden.

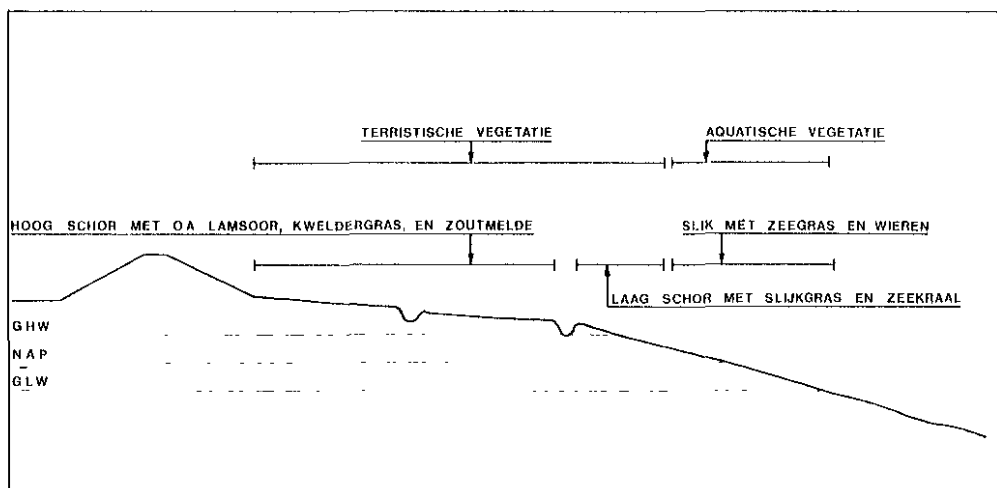
Voor het Veerse Meer zal het gerekt getij op de Oosterschelde bij de alternatieven II en III een aanzienlijke reductie in lozingscapaciteit van de Zandkreeksluis veroorzaken, met als gevolg dat in de winter grote peilstijgingen op het Veerse Meer zullen optreden. Men zoekt nu naar

aanpassingsmogelijkheden, met name voor de thans nog vrij lozende polders.

De Mark en Dintel, de Roosendaalse en Steenbergse Vliet en de Zoom lozen op natuurlijke wijze op de Oosterschelde en zijn dus afhankelijk van het peil op de Oosterschelde. Het peilverloop bij alternatief I is ongunstiger dan dat bij de alternatieven II en III. Desondanks worden voor de Vliet en de Zoom bij geen van de drie alternatieven problemen verwacht. Met betrekking tot de Mark en Dintel kan mogelijk tijdelijk hinder ontstaan in een periode met veel neerslag. De kans hierop is in de winter groter dan in de zomer. Misschien moet dan een noodbemaling worden ingesteld.

Foto: Oestercultuur bij Yerseke

Fig. 7. Voorbeeld van vegetatie-zonering op de schorren en slikken





De scheepvaart tussen het Kanaal door Zuid-Beveland en de Volkeraksluizen wordt voor 75 % via de Eendracht en het Tholense Gat, en voor 25 % via het Krammer en het Zijpe afgewikkeld. Beide tracés worden afgesloten en volgens de vigerende planning van schutsluizen voorzien.

Verreweg het grootste gedeelte van de scheepvaart zal zich via de Krammersluizen afwikkelen. De extra sluispassage die zo ontstaat, zal te zijner tijd gecompenseerd worden door het Kanaal door Zuid-Beveland in open verbinding met de Oosterschelde te brengen, nadat de stormvloedkering operationeel is en de werken aan dat kanaal gereed zijn. Bij de vergelijking van de alternatieven is ervan uitgegaan, dat te Wemeldinge tijdens de sluitingsfase van de compartimenteringsdammen nog geen open verbinding tot stand is gebracht.

Voor de scheepvaart verschillen de afsluitingsalternatieven ten eerste in het tijdstip van in gebruik nemen van de sluizen op de scheepvaart-route Kanaal door Zuid-Beveland-Volkeraksluizen, verder in de invloed op de nautische condities, en tenslotte in het gebruik van de Krammersluizen vóór de sluiting van het Krammer. Wat betreft het eerste, het tijdstip van in gebruik nemen van de sluizen, is er verschil tussen de alternatieven, omdat het tijdstip waarop de sluizen in de Philipsdam en de Oesterdam in gebruik moeten worden genomen, afhangt van het tijdstip van de sluitingen en van de sluitingsmethode. Uit scheepvaartkundig oogpunt betekent het passeren van een sluis vertraging, en is het aantrekkelijk zo lang mogelijk gebruik te kunnen maken van de huidige vaarwateren. Dit betekent, dat alternatief I ongunstiger wordt beoordeeld dan II en III, en dat de voorkeur uitgaat naar de varianten van II en III met uitgestelde sluitingen.

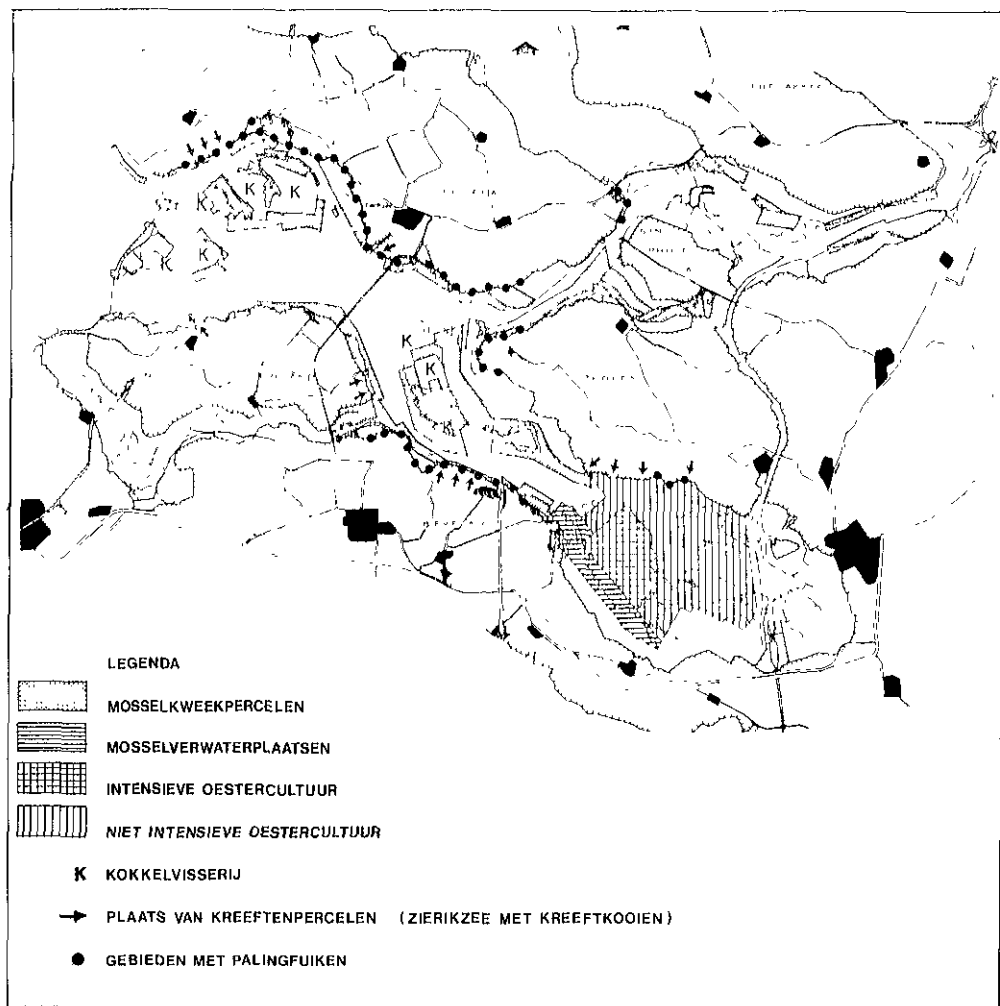
De invloed op de nautische condities betreft stremmingen en wijzigingen in peil en stroomsnelheid. Vooral bij het niet tijdig sluiten van de sluitgaten zal de stroomsnelheid toenemen, zodat het stroombeeld bij de noordelijke mond van de Eendracht duidelijk ongunstiger zal zijn gedurende de tussenfase dan thans.

Bij gebruik van de Krammersluizen vóór de sluiting van het Krammer zal nog niet het gehele schutsysteem operationeel zijn. Bij zeer lage waterstanden zouden bij alternatief I dan kortdurende stremmingen van ongeveer een uur kunnen optreden. Daarnaast speelt de duur van de overgangsfase een rol: die zal bij alternatief I langer zijn dan bij II en III.

Fig. 8. Visserijbedrijvigheid op het Oosterscheldebekken

Bij het aspect 'uitvoering en planning' heeft men gekeken naar personeel, materieel, materiaal, werkbaarheid, risico's en contractvorm.

Belangrijk voor de personeelsinzet zijn het optreden van piekbelastingen en de mogelijkheden voor de afvloeiing van personeel. Bij alternatief I vinden vele op het kritieke pad liggende werkzaamheden in een korte tijd plaats, en is het einde abrupt. Bij alternatief II worden de werkzaamheden meer gespreid, wat ook bij III geldt, maar in mindere mate. De inzet van specifiek materieel en de benodigde capaciteit worden in belangrijke mate bepaald door de wijze van sluiting. Het gaat dan vooral om steenstorters en zandzuigers. Zowel bij gebruik van steenstorters als bij de inzet van een grote zuigercapaciteit zal vroegtijdig gereserveerd moeten worden. Een en ander wordt mede bepaald door de inzet van dit materieel elders, onder andere bij de Oosterschelde-kering. Alternatief I vereist voor zowel de Philipsdam als de Oesterdam een grote inzet aan steenstorters. Dit zal bij alternatief II minder het geval zijn; voor alternatief III zullen vroegtijdig zuigers moeten worden vastgelegd wegens de grote behoefte aan zuigcapaciteit. De belangrijkste materialen die nodig zijn voor de sluitingen, zijn betonblokken, stortsteen en zand. De hoeveelheid stortsteen nodig voor de sluiting van het Tholense Gat ligt reeds opgeslagen in de westelijke Markiezaatskade. De beschikbaarheid van de benodigde materialen zal geen problemen opleveren indien vroegtijdig voldoende depot wordt gevormd. De werkbaarheid heeft men kunnen schatten door bij de verschillende alternatieven verschillende vormen van bedrijfsvoering te onderscheiden. De stagnatiegevoeligheid loopt bij deze werkzaamheden sterk uiteen. Een belangrijke



factor zijn de meteorologische omstandigheden, die vooral afhankelijk zijn van het seizoen waarin bepaalde werkzaamheden worden uitgevoerd.

Verder is het van belang te weten, in welke eventueel kritieke fase van het werk stagnatie op kan treden; voor de verschillende vormen van bedrijfsvoering heeft men daarom criteria voor stagnatie opgesteld, en aan de hand van statistische gegevens is vastgesteld in welke mate deze criteria voorkomen. Hieruit is voor de verschillende onderdelen het percentage onwerkbaar weer afgeleid. Dit percentage is vervolgens omgewerkt tot een *werkcoëfficiënt*, en verder in het onderdeel 'kosten' verwerkt. Naast de reeds in de werkbaarheid verwerkte kans op stagnaties als gevolg van meteorologische omstandigheden is er een risico, dat materieel, gereserveerd voor volgende of

gelijklopende activiteiten, komt stil te liggen, en dat schade wordt toegebracht aan reeds gemaakt werk. Uiteraard is daarbij van belang gedurende welke fase van de werkzaamheden zulke omstandigheden zich voordoen. Het uitvoeren van natte waterbouwkundige werken in de winter brengt veel meer risico's met zich mee dan uitvoering in de zomer. Daarnaast is het vóórkomen van strenge winters een belangrijke factor.

De te kiezen contractvorm is sterk afhankelijk van de complexiteit van de werkzaamheden, en van de *onderlinge verbondenheid* van de onderdelen. Over het algemeen gaat de voorkeur uit naar openbare aanbesteding, omdat dan concurrerend, en dus lager wordt ingeschreven. Wanneer de werken echter zeer complex worden, zoals bij alternatief I, of sterk

aan elkaar gerelateerd zijn, zoals bij alternatief III, valt te denken aan een raamcontract. De meerkosten bij uitvoering van een raamcontract zijn moeilijk te kwantificeren; daarom is er niets over in de kosten opgenomen.

De kosten van de sluitingsalternatieven zijn alle bedrijfseconomische kosten; de maatschappelijke kosten blijven buiten beschouwing. Ook de onzekere restwaarde van de overblijvende materialen is niet verwerkt. Als rondstroming via het Bathse Spuikanaal

nuttig is moet hiervoor een bedrag van vijf miljoen worden opgenomen. Tevens zijn verwerkt de bij de waterhuishouding genoemde kosten, en de kosten gemoeid met het afwerken van de primaire en secundaire sluitgaten met bijkomende werkzaamheden.

In het voorgaande is een overzicht gegeven van de hoofdaspecten, die zijn gehanteerd bij het afwegen van de drie alternatieve sluitingsmethoden met hun varianten. Het resultaat van de vergelijking der alternatieven is samengevat

Tabel 4. Samenvattende vergelijking van de alternatieven.

Alternatief Aspect	I		II		III				
	Variant 1	2	3	4	1	2	3	4	
Oosterscheldekering gereed op 1 januari									
A milieu	0	-	-	-	-	-	-	-	-
visserij	-	-	0	0	-	-	0	0	-
waterhuishouding	0	0	0	0	0	0	0	0	0
scheepvaart	-	-	-	-	-	0	0	0	0
uitvoering en planning	-	0	+	+	0	-	+	+	-
kosten	130*	92*	91*	91*	91*	84*	81*	81*	81*
Oosterscheldekering gereed op 1 april									
B milieu	0	-	-	-	-	-	-	-	-
visserij	0	0	0	-	-	0	0	-	-
waterhuishouding	0	0	0	0	0	0	0	0	0
scheepvaart	-	-	-	-	-	0	0	0	0
uitvoering en planning	-	0	0	-	-	+	+	0	-
kosten	131*	92*	92*	92*	94*	76	76	81*	84*
Oosterscheldekering gereed op 1 juli									
C milieu	0	-	0	-	0	-	-	-	0
visserij	0	0	-	-	0	0	-	-	0
waterhuishouding	0	0	0	0	0	0	0	0	0
scheepvaart	-	-	-	-	-	0	0	0	0
uitvoering en planning	-	+	+	0	+	+	0	-	+
kosten	125	87	92*	93*	92*	76	81*	84*	81*
Oosterscheldekering gereed op 1 oktober									
D milieu	0	0	-	-	-	0	-	-	-
visserij	0	-	-	0	0	0	-	0	0
waterhuishouding	0	0	0	0	0	0	0	0	0
scheepvaart	-	-	-	-	-	0	0	0	0
uitvoering en planning	-	+	0	+	+	0	-	+	+
kosten	124	85	92*	90*	90*	81*	84*	81*	81*

* inclusief rondstroming via het Bathse Spuikanaal

in tabel 4. Voor elke variant is de invloed gewaardeerd in +, 0 of – op de beschreven hoofdaspecten. Hierbij is 0 indifferent of gelijk aan de eindsituatie, – is ongunstig in vergelijking met de eindsituatie, of een geringe onderschrijding van een norm, – – is nog ongunstiger of leidt tot een aanzienlijke onderschrijding van een norm, + is gunstig ten opzichte van de eindsituatie. Bij uitvoering en planning echter zijn de waarderungen relatief, in onderlinge vergelijking, gepresenteerd. Omwille van de overzichtelijkheid zijn in deze slottabel de waarderungen van de deelaspecten niet apart weergegeven, maar per hoofdaspect verzameld en vermeld.

Geconcludeerd kan worden, dat de alternatieven II en III aanzienlijk goedkoper zijn dan alternatief I. Daarnaast bieden de sluitingsmethoden II en III verscheidene varianten, die wat betreft de

effecten op de beschouwde aspecten niet voor die van alternatief I onderdoen.

In de schutkolk van de Voikeraksluizen



Waterkwaliteitskenmerken van het Grevelingenmeer

Toen het Grevelingenestuarium in mei 1971 met de Brouwersdam werd afgesloten van de Noordzee, vielen daar bijna van de ene op de andere dag invloeden weg die er eeuwen hadden geheerst. Eb en vloed dempten uit en de dagelijkse verversing met zeewater hield op. De stroming van het water kwam vrijwel tot stilstand; voorzover ze er dan nog was, werd ze voornamelijk veroorzaakt door de wind.

Er ontstond een stagnant zoutwatermeer, het Grevelingenmeer, dat uniek is op deze breedtegraad. Thans, 11 jaar na het ontstaan, is het nuttig eens een overzicht te geven van de ontwikkelingen die het Grevelingenmeer heeft doorgemaakt, vooral wat betreft de waterkwaliteit. De waterkwaliteitsaspecten die achtereenvolgens aan de orde zullen komen, zijn:

- de chloridehuishouding
- de toevoer van voedingsstoffen en de gevolgen daarvan voor de waterkwaliteit
- de ontwikkeling van de visstand
- de ontwikkeling van het mossel- en oesterbestand

Als direct gevolg van het wegvallen van de verversing met het zoute Noordzeewater werd de verzoetende invloed van polderwater en neerslag merkbaar. De zoetwaterlast tengevolge hiervan bedraagt jaarlijks gemiddeld $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. In het relatief natte jaar 1974 bedroeg de zoetwaterlast $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$, in het droge jaar 1976 $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Van deze hoeveelheid is 75% afkomstig van neerslag op het meer, en 25% van polderwaterlozingen.

De belasting met zoet water leidt tot daling van het zoutgehalte van het Grevelingenmeer. Direct na de afsluiting bedroeg dat nog 17 kg/m^3 , maar eind 1977 was het reeds gedaald tot 13 kg/m^3 . Bij continuering van de belasting met zoet water, zo bleek uit berekeningen, zou het zoutgehalte zich stabiliseren rond een niveau van 10 à 11 kg/m^3 . Het Grevelingenmeer zou daarmee veranderd zijn in een brakwatermeer.

Door de gesignaleerde ontwikkelingen worden de condities voor de aan zout water aangepaste flora en fauna verslechterd. Een aantal mariene organismen verdween uit het Grevelingenmeer ten gevolge van sterfte of een spaaklopende reproductie.

Voortgaande daling van het zoutgehalte zou uiteindelijk de aan zout water aangepaste flora en fauna in hun ontwikkeling remmen of zelfs het bestaan ervan onmogelijk maken. Om dit te voorkomen was verhoging van het zoutgehalte gewenst. Als streefwaarde werd gesteld een zoutgehalte van minstens 16 kg/m^3 .

Door het gereedkomen in 1978 van de Spuisluis in de Brouwersdam werd het mogelijk zout Noordzeewater uit te wisselen tegen Grevelingenmeerwater. Nu was er een middel waarmee

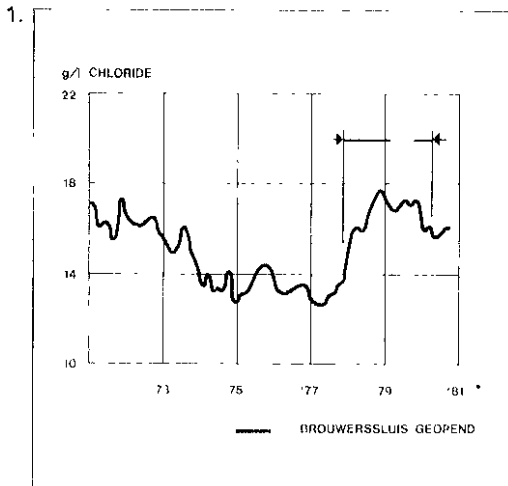


Fig. 1. Verloop van het zoutgehalte op het Grevelingenmeer sedert de afsluiting

Fig. 2. Toevoer van voedingsstoffen aan het Grevelingenmeer

het zoutgehalte kon worden verhoogd tot 16 kg/m³ en zoveel mogelijk op dit niveau gehandhaafd. De Brouwerssluis kan gemiddeld ruim 100 m³ water per seconde in beide richtingen doorlaten, zeewater naar het meer of meerwater naar de Noordzee. Een bijkomend voordeel van de invoer aan zeewater is nog dat er zoutwater-organismen worden aangevoerd, die in het brakke Grevelingenmeer niet meer voorkwamen. In december 1978 werd met de verversingsoperatie gestart en in april 1979 werd de gestelde streefwaarde voor het zoutgehalte bereikt.

In 1979 is de Brouwerssluis voortdurend open geweest, waardoor het Grevelingenmeer ongeveer vier maal verversd werd met Noordzeewater. In 1980 was de Brouwerssluis geopend in de eerste twee en de laatste drie maanden. Hierdoor werd het Grevelingenmeer bijna twee keer geheel verversd met Noordzeewater.

Uit de ervaringen van '79 en '80 is gebleken dat door verversing van de meerinhoud met Noordzeewater een voldoende hoog zoutgehalte in het meer kan worden bereikt om bijvoorbeeld gunstige ontwikkelingen in zoute levensgemeenschappen mogelijk te maken.

Voedingsstoffen

Behalve zoet water worden door neerslag en polderwaterlozingen ook voedingsstoffen aangevoerd voor algen, microscopisch kleine in het water zwevende plantjes. De belangrijkste voedingsstoffen zijn fosfor-, stikstof- en siliciumverbindingen.

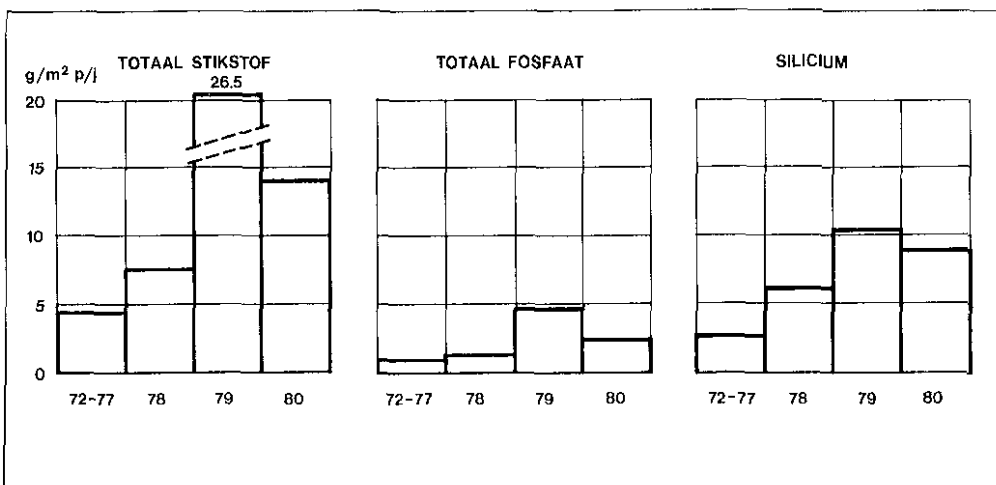
In de periode '72/'77, toen het Grevelingenmeer nog niet verversd werd met Noordzeewater, waren neerslag en polderwaterlozingen samen

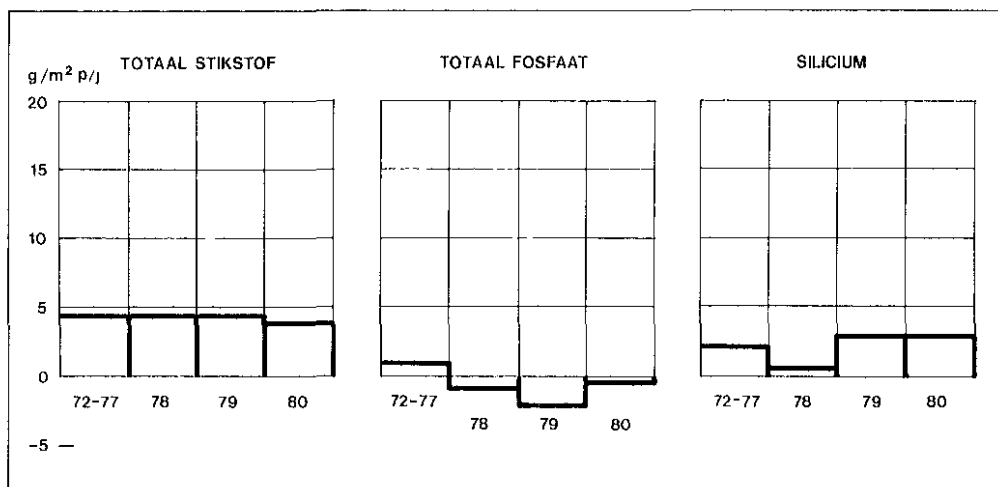
verantwoordelijk voor 80 à 90% van de totale toevoer aan voedingsstoffen. Het restant werd veroorzaakt door kwel van water via de dammen. Ook het Oosterscheldewater dat via de Grevelingensluis bij Bruinisse moest worden ingelaten om het waterpeil op het Grevelingenmeer op een niveau van N.A.P. -0,20 m te handhaven, bracht voedingsstoffen op het meer.

Na het openen van de Brouwerssluis in 1978 was de verversing met Noordzeewater de belangrijkste toevoerende bron van voedingsstoffen. Ook nam toen de totale toevoer van voedingsstoffen toe ten opzichte van de voorgaande jaren (figuur 2). In het jaar 1979, toen het Grevelingenmeer het gehele jaar werd verversd met Noordzeewater, was de toevoer van voedingsstoffen het hoogst.

Bij verhoogde toevoer van voedingsstoffen kunnen de algen zich massaal ontwikkelen en de waterkwaliteit nadelig beïnvloeden, hetgeen zich onder andere kan uiten in een sterk verminderde helderheid van het water. Echter, behalve import van voedingsstoffen vindt er ook export plaats, zodat er netto voor de groei van algen slechts het verschil tussen die twee overblijft (figuur 3). De export vond vóór de ingebruikneming van de Brouwerssluis hoofdzakelijk plaats via de sluis in de Grevelingendam, en daarna via de Brouwerssluis. Zoals blijkt is de netto toevoer van stikstof- en siliciumverbindingen vóór en ná de ingebruikneming van de Brouwerssluis nagenoeg gelijk gebleven. Voor de fosforverbindingen blijkt er na ingebruikneming van de Brouwerssluis zelfs meer export dan import plaats te vinden. Dit is alleen maar mogelijk als we aannemen dat er fosforverbindingen uit het bodemsediment zijn

2.





vrijgekomen. Inderdaad kon zowel voor de periode vóór als na de ingebruikneming van de Brouwerssluis berekend worden, dat de bodem van het Grevelingenmeer fosforverbindingen nalevert, vooral in de maanden april tot september (figuur 4). Het lijkt erop dat de fosfornalevering vanuit de bodem tot 1979 nog steeds stijgende was.

In de jaren voor de ingebruikneming van de Brouwerssluis was de toevoer van fosfor uit de bodem gedurende de maanden april tot september 3 tot 6 maal zo groot als de toevoer van fosforverbindingen via polderwaterlozingen en neerslag gedurende het gehele jaar. Na de opening van de Brouwerssluis is de nalevering vanuit de bodem nog maar 0,5 à 1 × zo groot als de toevoer via polderwaterlozingen, neerslag en uitwisseling met de Noordzee. Zelfs wanneer de fosforverbindingen uit alle externe belastingbronnen verwijderd zouden worden, zou er nog altijd een aanzienlijke toevoer van fosfor plaatsvinden vanuit de bodem.

De toevoer van voedingsstoffen en processen in het Grevelingenmeer zelf, zoals opname van de voedingsstoffen in algen, leiden tot concentraties zoals weergegeven in figuur 5. Het nitraat is jaarlijks tijdens de zomermaanden vrijwel op, waaruit blijkt dat de beschikbaarheid van deze voedingsstof dan de hoeveelheid algen beperkt.

Het ortho-fosfaat vertoont tot en met 1978 van jaar tot jaar een stijging, hoofdzakelijk ten gevolge van nalevering vanuit het bodemsediment. Na de opening van de Brouwerssluis trad een demping van het concentratieniveau op. Dit wordt veroorzaakt door het uitspoelen van een deel van het uit de bodem vrijkomend fosfaat via de Brouwerssluis naar de Noordzee

Fig. 3. Import en export van voedingsstoffen op het Grevelingenmeer

Fig. 4. Fosfornalevering uit de bodem van het Grevelingenmeer. Lijn 1: in de maanden april-september. Lijn 2: gedurende het hele jaar

Duidelijk is in ieder geval dat het fosfaat nimmer zulke lage concentraties bereikt dat het beperkend zou kunnen zijn voor de omvang van de hoeveelheid algen. Silicium vertoont globaal hetzelfde verloop als nitraat: in het vroege voorjaar een maximum, waarna gedurende de zomermaanden relatief lage waarden worden bereikt ten gevolge van de opname in algen; in de wintermaanden volgt dan weer een stijging.

De voedingsstof die bij opname in de algen het eerst uitgeput raakt, is nitraat. Extra toevoer van nitraat of van stikstofverbindingen in het algemeen zou dan ook kunnen leiden tot een versterkte groei van algen. Alhoewel de belasting met stikstofverbindingen na de opening van de Brouwerssluis in 1978 is toegenomen werden er jaarlijks ook weer zulke

hoeveelheden stikstofverbindingen uitgespoeld, dat er netto niet meer voor opname in algen beschikbaar kwam. De verwachting is dan ook dat de hoeveelheid algen ten gevolge van de opening van de Brouwerssluis niet zal toenemen. Inderdaad blijkt uit metingen (figuur 6) dat er ten gevolge van het openen van de Brouwerssluis geen noemenswaardige veranderingen in de hoeveelheid algen zijn opgetreden.

De waterkwaliteit van het Grevelingenmeer is goed. Het water is schoon en helder en bacteriologisch niet verontreinigd. Gemiddeld kan men met het blote oog een wit voorwerp tot 3 à 4 meter onder de waterspiegel volgen.

Er komen in het Grevelingenmeer niet onaanzienlijke hoeveelheden mosselen en oesters voor, die het water deeltjesvrij filteren en het daardoor helder houden. Geschat wordt dat de

Visstand

Na de afsluiting van de Grevelingen liep het aantal soorten vis geleidelijk terug van 31 naar 18. Het dieptepunt werd bereikt in 1975. In de periode 1976 tot 1978 trad een licht herstel op met een stabilisatie rond de 20 soorten.

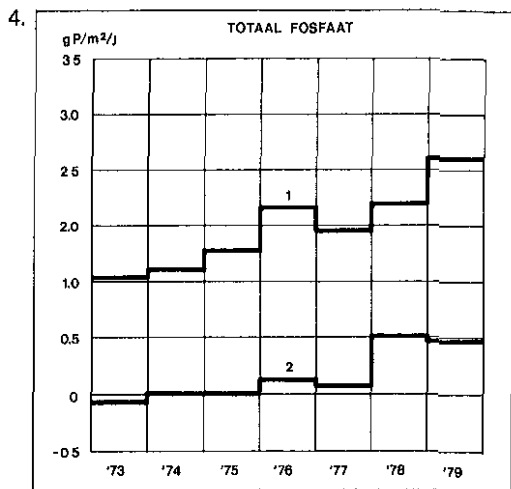
Doordat in 1979 de Brouwerssluis het gehele jaar openstond, steeg het aantal soorten met 30%. Het jaar daarop zijn deze soorten echter weer verdwenen.

De vermindering van het aantal soorten in 1980 moet geweten worden aan het in dat jaar gevoerde sluisbeheer. De Brouwerssluis was toen geopend tot begin maart, waarna tot oktober verder geen verversing met Noordzeewater meer plaatsvond. Vanaf oktober tot en met december was de Brouwerssluis weer geopend. Gedurende de maanden april en mei, wanneer er sprake kan zijn van intrek van vissen was de Brouwerssluis echter niet in gebruik. Vis trekt meestal weg in de maand oktober. Toen was de Brouwerssluis wel geopend, en dus kon er ook vis wegtrekken naar de Noordzee.

Het beheer van de Brouwerssluis in 1980 was hoofdzakelijk gebaseerd op de ervaringen van 1979, toen de Brouwerssluis het hele jaar openstond. In 1979 ontstond door dichtheidsverschillen tussen het ingesloten zoute Noordzeewater en het brakke tot zoute Grevelingenmeerwater een tweelagensysteem. De zuurstofvoorziening in de onderlaag kwam daardoor in gevaar, en zelfs kon in deze laag totale zuurstofloosheid optreden. De zuurstofarmoede vormde op haar beurt, wanneer het om grote gebieden ging, weer een gevaar voor de bodemflora en -fauna. In Bericht 92 (mei 1980) werd op dit aspect van de zuurstofhuishouding tijdens verversing met Noordzeewater reeds uitvoerig ingegaan.

Het beheer van de Brouwerssluis is in 1980, gezien de ervaringen van 1979, hoofdzakelijk gericht geweest op het voorkomen van zuurstofproblemen in de onderlaag. De gunstigste periode voor het openstellen van de Brouwerssluis bleek de periode van 1 oktober tot 1 maart te zijn. Om eerder vermelde redenen is dit niet de meest gunstige periode voor de ontwikkeling van de visstand in het Grevelingenmeer.

Direct na de afsluiting zijn koornaarvis, driedoornige stekebaars en sprat in eerste instantie flink in aantal toegenomen. Echter, van deze drie heeft alleen de stekebaars zich goed kunnen handhaven. Tong verdween vrijwel direct na de afsluiting. Na 1973 nam het aantal schollen sterk af, vooral als gevolg van de



aanwezige mosselen en oesters éénmaal per 10 dagen het hele volume van het Grevelingenmeer – 560 miljoen kubieke meter – deeltjesvrij filteren.

Opmerkelijk is de aanwezigheid van uitgestrekte velden zeegras, waarvan het areaal na de afsluiting tot 1978 jaarlijks is toegenomen. In het topjaar 1978 was een oppervlak van 4000 hectare, dat is een derde deel van het Grevelingenmeer, bedekt met zeegras. In 1981 was dat 3500 hectare. Het zeegras geeft beschutting aan een aantal vissen en vormt voedsel voor veel vogels.

Vanwege de goede waterkwaliteit, het hoge doorzicht, de zuurstofrijkheid van de oppervlaktelaag en het grote aanbod van voedsel vervult het Grevelingenmeer een overwinteringsfunctie voor veel planten- en visetende vogels.

activiteiten van sportvissers. Die onttrokken van 1972 tot 1977 7,5 miljoen schollen aan het meer. Om de sterke teruggang van de scholstand te compenseren werden er in de periode 1975–1978 160 000 schollen uitgezet. Behalve een geringe verjonging was het effect minimaal. Zonder herstel van het contact met de Noordzee en zonder de import van vis, zou schol in 1985 feitelijk uit het Grevelingenmeer verdwenen zijn.

Doordat eind 1978 het contact met de Noordzee hersteld werd en de Brouwerssluis het gehele jaar heeft opengestaan, trad er in de scholstand een duidelijke verjonging op. In 1980, toen de sluis reeds eind februari dichtging, werd géén intrek van jonge schol vastgesteld, terwijl in 1981, toen de sluis een maand langer openbleef, de intrek in het voorjaar slechts minimaal is geweest. De verwachting is, dat bij voortzetting van het huidige sluisbeheer – dus de sluis 's zomers dicht en van half oktober tot eind februari of maart open – het aantal vissoorten verder zal teruglopen tot het niveau van vóór de ingebruikneming van de Brouwerssluis, en dat de platvisstand verder zal verslechteren.

Mossel- en oesterbestand

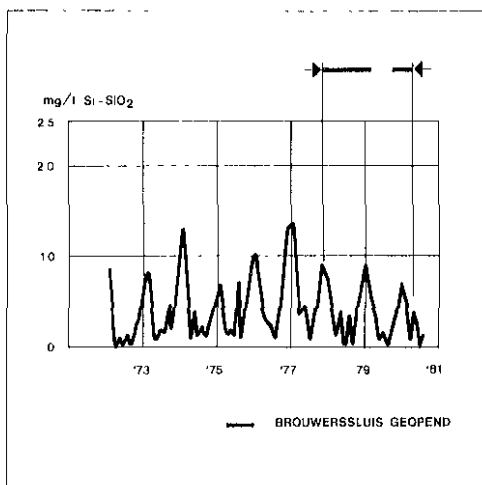
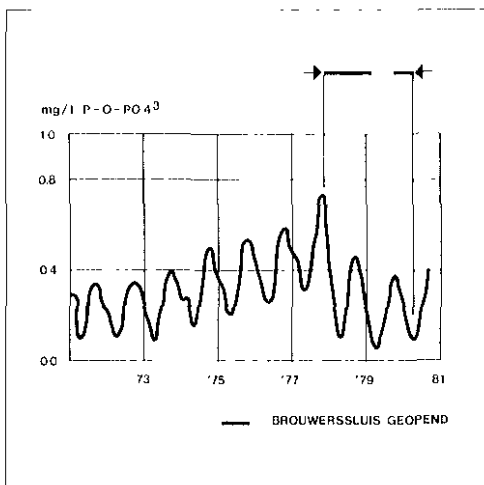
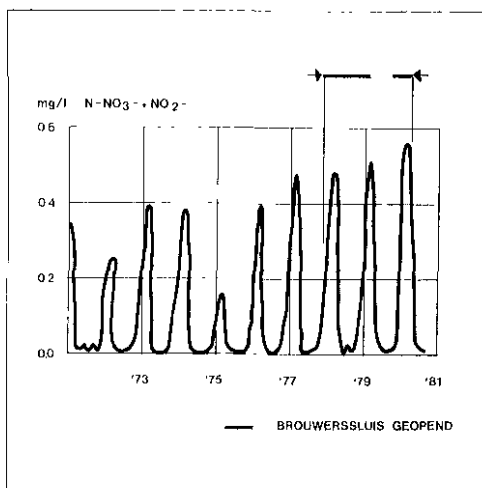
Mosselen vormden voor de afsluiting de belangrijkste schelpdieren, mede door toedoen van de mens. Direct na de afsluiting trad er vooral in dieper water grote sterfte op door zuurstoftekorten.

Dankzij een goede broedval in de jaren '75 en '76 nam de hoeveelheid mosselen weer toe. Het mosselbestand werd in 1980 geschat op 22,5 miljoen kg. Dit bestand bevindt zich op een diepte tussen 3–4 m en 12–15 m. Het grootste gedeelte ervan komt voor in het

centrale en westelijke deel van het Grevelingenmeer. Hier vindt men dan ook de voor opkweek en handel interessante mosselen.

Het is echter niet ondenkbaar dat door het ontbreken van voldoende horizontale en verticale menging met name in de grote mosselbestanden tijdelijk voedselgebrek optreedt, dat tot groeistilstand kan leiden. Opvallend is dat oesters van alle grootteklassen een uitstekende groei vertonen. Vermoedelijk is dit te danken aan het feit dat oesters in staat zijn twee- tot driemaal zoveel water te filteren als mosselen, zodat zij meer voedsel uit het water kunnen opnemen. Aan volwassen oesters zijn er naar schatting 10 à 20 miljoen exemplaren. De oesters komen voor op diepten tussen 2,5 en 15 meter, de meeste tussen 4 en 9 m.

In 1979 is een intensieve broedval opgetreden

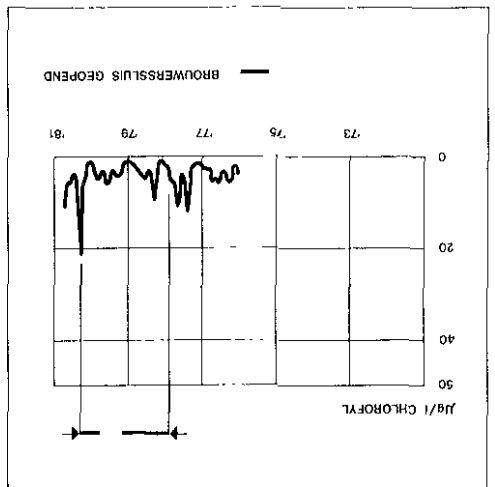


De grootste waarde van het bestand aan oesters in het Grevelingenmeer ligt dan ook in het feit dat ze winterhard zijn en dus geschikt om weer de basis te vormen voor een meerjarige oestercultuur in de Oosterschelde.

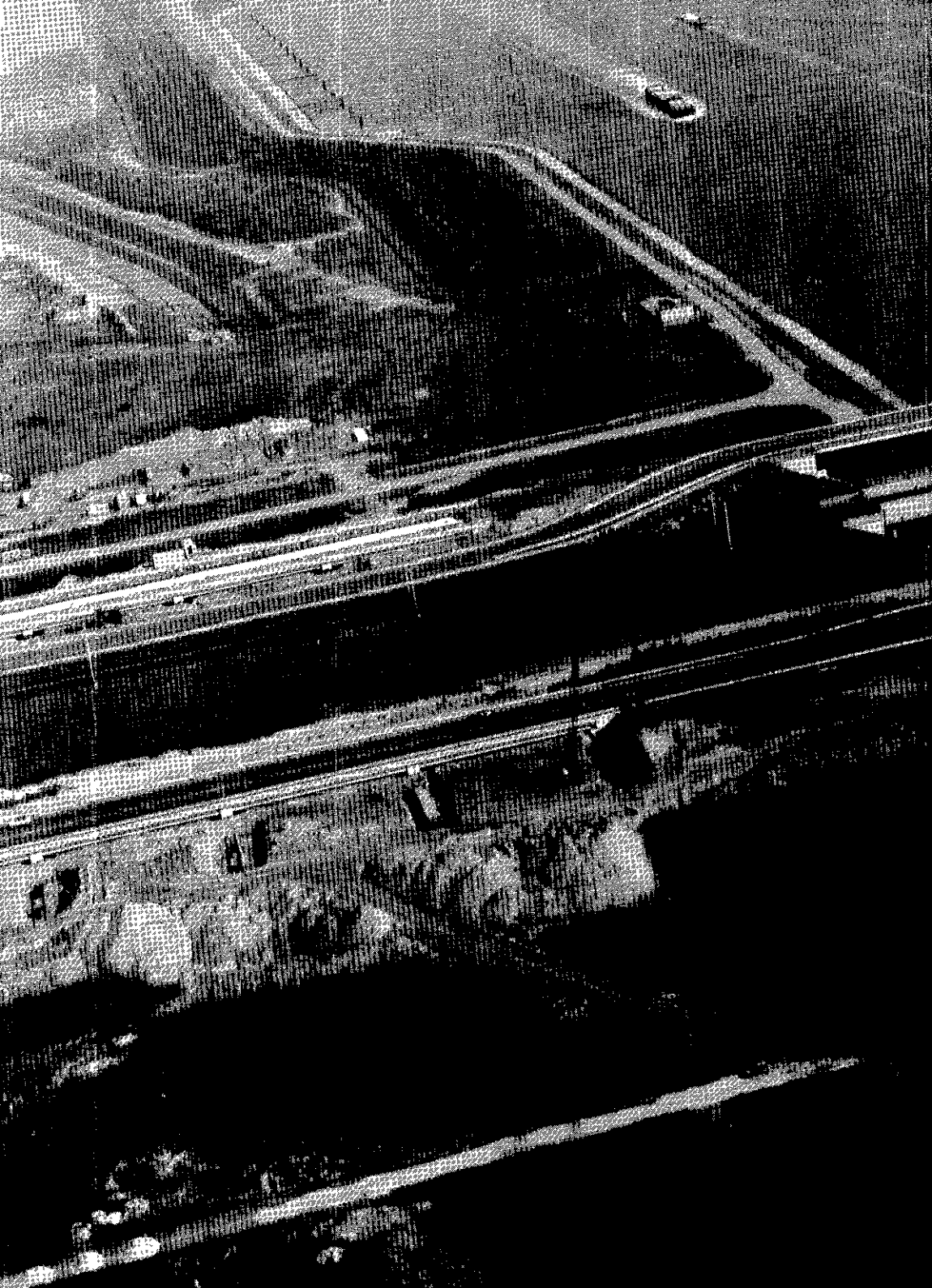
op de schalen van dode mosselen. Het bijzonder van de oesters in het Grevelingenmeer is, dat het platte Zeeuwse oesters zijn die door de fatale vrieswinter '62-'63 nagenoeg uitgestorven waren. Het voordeel van deze Zeeuwse oester is, dat ze beter bestand is tegen lage watertemperaturen dan de in de Oosterschelde geboren of geïmporteerde oester. Dit is ook wel gebleken in de winter '78-'79 toen in het Grevelingenmeer geen abnormale sterfte optrad, terwijl dat op de Verskebank wel het geval was.

Fig. 6. Verloop van de algengroei, gemeten aan het chlorofyllgehalte in het Grevelingenmeer

Fig. 5. Concentraties van voedingsstoffen in het Grevelingenmeer. Linksboven nitraat; beneden orthofosfaat (links) en silicium



Er kan gesteld worden dat het Grevelingenmeer zich ontwikkeld heeft tot een meer met een zeer goede waterkwaliteit. Het openen van de Brouwerssluis heeft de mogelijkheden voor een zout meer die in potentie reeds aanwezig waren, verder vergroot door het zoutgehalte op een niveau van boven de 16 kg zout per kubieke meter te brengen en te houden, waardoor de soortendiversiteit in het meer kon toenemen.





Landschappelijke vormgeving van het Bathse Spuikanaal

Om na het gereedkomen van de compartimenteringsdammen het waterpeil en de waterkwaliteit van het Zoommeer te kunnen beheersen, wordt door de hals van Zuid-Beveland het Bathse Spuikanaal aangelegd. Over de keuze van het tracé, de capaciteit en de dimensionering van het kanaal is reeds eerder gerapporteerd, namelijk in Bericht 82 (november 1977), 89 (augustus 1979) en 96 (mei 1981).

In dit artikel wordt aandacht besteed aan de vormgeving, de inrichting en de landschappelijke inpassing van het kanaal.

Voorafgaand aan het ontwerp van het Bathse Spuikanaal is in ruime mate studie verricht naar de inpassing ervan in het bestaande landschap. Aan deze studie werkten behalve de bouwers van het kanaal en de kunstwerken, ook architecten en landschaps- en recreatiedeskundigen mee. Het doel was het doen van voorstellen voor een samenhangende, afgewogen vormgeving, die past bij de aard en de functies van zowel het werk zelf als van het omringende gebied. Bovendien stelde men als voorwaarde, dat de mogelijkheden voor toekomstige ontwikkelingen in de omgeving van het werk zo min mogelijk zouden worden beperkt of in een bepaalde richting worden gestuurd. Met andere woorden: de Rijkswaterstaat draagt er als bouwer van het werk zorg voor dat de *primaire functie – spuimiddel –* zo goed mogelijk vervuld kan worden, terwijl de vormgeving moet passen in het bestaande landschap, en er ook rekening wordt gehouden met eventuele nevenfuncties die mogelijk in de toekomst planologisch gewenst worden geacht. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan min of meer uitgebreide recreatievoorzieningen. Daarvoor bestaan momenteel nog geen concrete plannen, maar de huidige vormgeving moet voldoende mogelijkheden bieden, zodat er geen uitgebreide aanpassingen nodig zullen zijn.

Deze studie heeft een visie op het landschap opgeleverd die geleid heeft tot een landschapsplan voor het Spuikanaal met omgeving. Dit landschapsplan geeft de vormgeving in hoofdlijnen weer, waar men zich bij de verdere detaillering van het kanaal of onderdelen daarvan zoveel mogelijk door zal laten leiden.

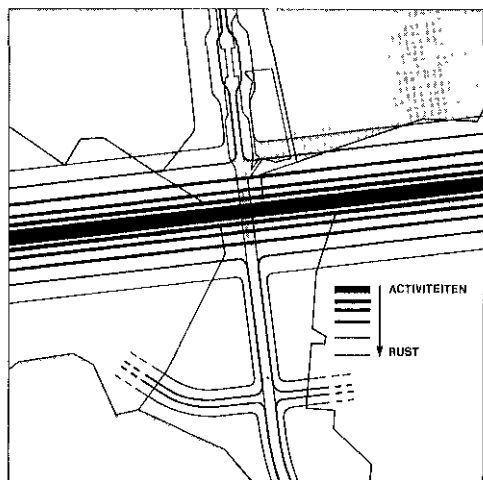
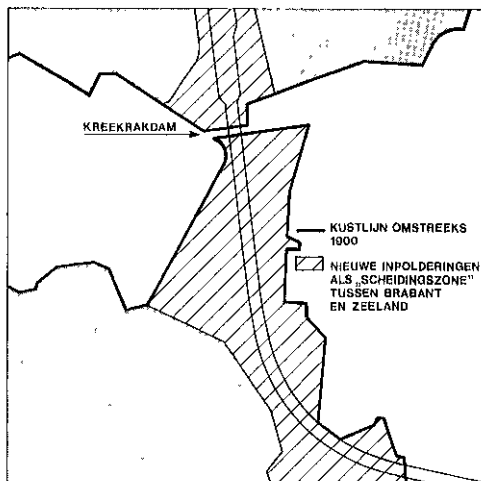
Bij het opstellen van het landschapsplan heeft voorop gestaan dat het ontwerp moet voldoen

aan de primaire functie; tevens is er als uitgangspunt bij de vormgeving voor gekozen dat het Spuikanaal zoveel mogelijk zichzelf zou zijn. Dat betekent dat zijn primaire functie, het transport van water van het Zoommeer naar de Westerschelde, in de uiteindelijke vorm herkenbaar dient te blijven. En ook, dat het functionele verschil met de naastliggende Schelde-Rijnverbinding zichtbaar moet zijn.

Bij de studie naar de vormgeving van het Spuikanaal zijn twee visies of optieken ontwikkeld. Eén daarvan vloeit rechtstreeks voort uit het doel van de studie en is ook gehanteerd bij de uitwerking van het landschapsplan. Het uitgangspunt is hier, dat men met eenvoudige middelen moet komen tot een vormgeving en landschappelijke inpassing van het Spuikanaal, zo, dat de aanwezige landschappelijke en natuurwetenschappelijke waarden zoveel mogelijk onaangetast blijven en zo mogelijk worden vergroot; daarnaast moeten de specifieke eigenschappen van het nieuwe element, het Spuikanaal met de kunstwerken, zoveel mogelijk herkenbaar blijven. De inrichting van het gebied, inclusief de mogelijkheden voor de recreatie, vindt dan ook plaats op basis van de aanwezige eigenschappen van het landschap, met inbegrip van het Spuikanaal. Men kan echter ook uitgaan van het gezichtspunt, dat men rekening dient te houden met de mogelijkheden van een omvangrijk project voor dagrecreatie in samenhang met het Spuikanaal, van een dusdanige capaciteit en kwaliteit dat het een alternatief kan zijn voor het toekomstige Markiezaatsmeer, de Oosterschelde-oeveren en de Zeeuwse stranden in het westen. Deze tweede optie, die eigenlijk verder ging dan het oorspronkelijke doel van de studie, is verwerkt in een reeks modellen die onderling verschillen in de mate waarin de recreatieve functie tot ontwikkeling wordt gebracht en de natuurwetenschappelijke kwaliteiten gehandhaafd of uitgebouwd worden. Ook kiezen ze voor verschillende situeringen van een en ander op basis van bepaalde aan een plek gebonden kwaliteiten.

De ontwikkeling van het landschapsplan

Vooruitlopend op de planvorming is onderzoek gedaan naar de ontstaansgeschiedenis van de omgeving van het Bathse Spuikanaal, en zijn de belangrijkste gebiedskenmerken geïnventariseerd. Tevens zijn van die aspecten die voor de landschappelijke inpassing van belang zijn, de relevante gegevens verzameld. Zo is in het terrein onderzoek gedaan naar de natuurwaarde van de voormalige schorren en de speciedepots.



Daarnaast zijn gegevens verzameld over de planologische bestemmingen, de eigendoms-toestanden en de recreatieve mogelijkheden van de terreinen. De kenmerken van het gebied zijn vervolgens geanalyseerd, waarbij de omgeving van het Spuikanaal wordt gekarakteriseerd als het tussengebied of de scheidingsszone tussen Brabant en Zeeland. Een belangrijk structuurbepalend element is verder de bundel transportlijnen die Zeeland met Brabant verbindt: autowegen, spoorweg en leidingenstrook. Deze bundel kan worden beschouwd als de ruggegraat van het gebied. De zuidelijker gelegen oost-westverbinding bij Bath is hieraan ver ondergeschikt. Deze ruggegraat geeft aanleiding tot het onderscheiden van nog een kenmerkend aspect: de landschapsdifferentiatie en zonering van het tussengebied. Langs de bundel verkeersverbindingen is namelijk

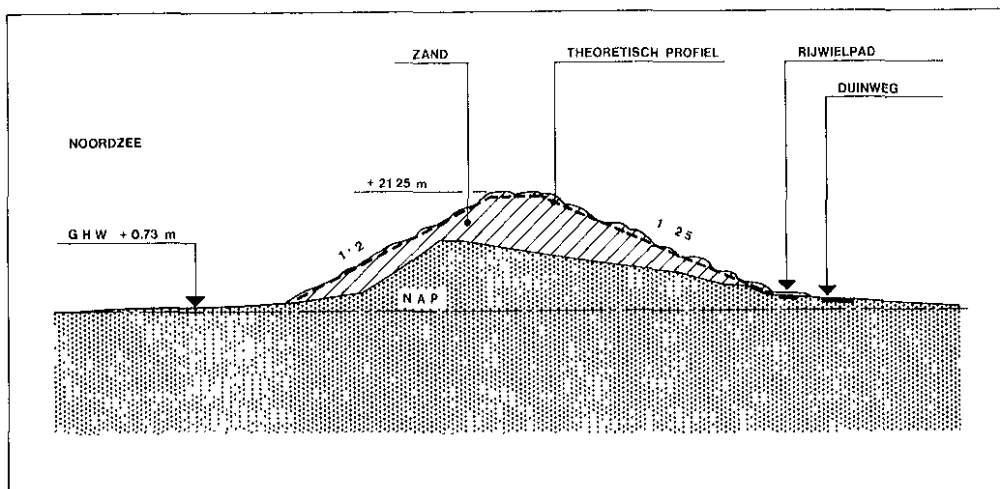


Fig. 3. Talud van het Bathse Spuikanaal

Fig. 1. Ontstaan van de 'hals' van Zuid-Beveland

Fig. 2 Intensiteit van de rustverstoring langs de verkeersstrook in de 'hals'

zowel visueel, auditief, gevoelsmatig alsook functioneel een soort van invloedssfeer te onderscheiden, die naar beide zijden geleidelijk afneemt. Er is een gradient van activiteiten naar rust (figuur 2). De dominerende en dynamische Schelde-Rijnverbinding neemt in het tussengebied zijn eigen plaats in. Het Spuikanaal zelf wordt gekarakteriseerd als een brede watergang om langs de kortste weg water van het Zoommeer op de Westerschelde te lozen.

Met deze uitgangspunten en de gekozen eerste optiek als leidraad, is vervolgens een basisplan opgesteld voor de omgeving van het Spuikanaal, dat uitgaat van de aanwezige eigenschappen van het landschap met inbegrip van het Spuikanaal. Wil men de verscheidenheid aan landschapstypen behouden, en wil men dat zichtbaar blijft hoe het landschap zich heeft

ontwikkeld, dan moet men de specifieke kenmerken in een zekere onderlinge samenhang zoveel mogelijk behouden of versterken. Er zijn verschillende manieren om dit te bewerkstelligen. Ten eerste is het van belang om de openheid in het tussengebied te behouden, eventueel zelfs te vergroten. Ook kan men de randen van de naastliggende oudere polders, de voormalige zeedijken, accentueren. En natuurlijk moet men zoveel mogelijk de restanten van vroeger zien te behouden, zoals oude haventjes, spuikommen, geulen en dergelijke.

Al deze overwegingen hebben geleid tot een basisplan. We zullen nu de belangrijkste kenmerken daarvan bespreken. Het Spuikanaal wordt ontworpen als een kanaal met een rustig karakter, waar (semi)natuurlijke ontwikkelingen overheersen in samenhang met de erlangs gelegen natuurgebieden. De oeverzone zal voor het grootste gedeelte ontwikkeld worden tot een gevarieerde land-watergrens, door het aanbrengen van onderwaterbermen met brede rietkragen (figuur 4). Het kanaal zal over vrijwel de gehele lengte per fiets of te voet bereikbaar zijn, terwijl het voor de auto slechts op een beperkt aantal plaatsen toegankelijk zal worden gemaakt. Er zullen recreatieve voorzieningen worden aangebracht, zoals kleine lig- en speelweides langs de ter plaatse aangebrachte oever, en enkele zwem- en vissteigers. De omgeving van het kanaal heeft het karakter van een tussengebied. Om dit te accentueren moeten beplantingen in het gebied worden opgeruimd; ook moeten de randen van het gebied duidelijk zichtbaar worden gemaakt, bijvoorbeeld door bomen op of langs de binnenzijde van de dijken. Belangrijk is vooral het behoud en herstel van restanten van

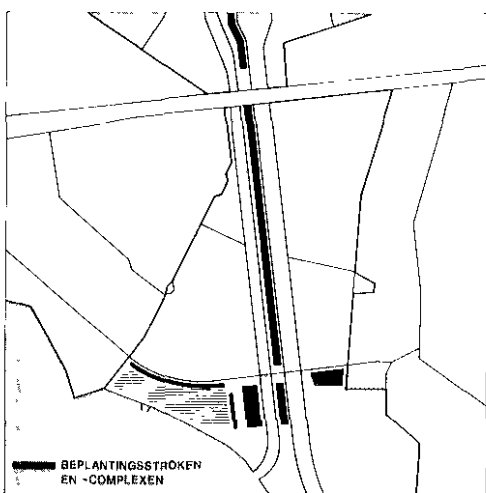
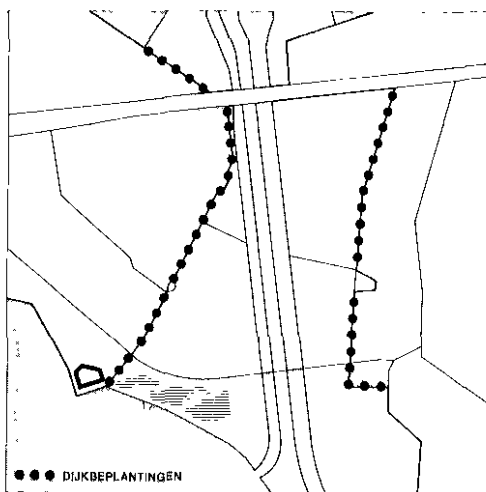
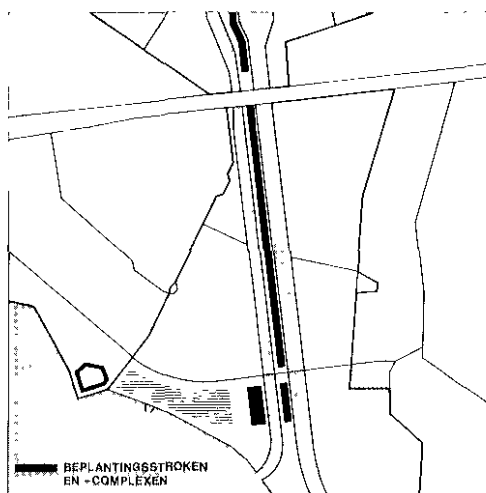


Fig. 4. Beplantingsmogelijkheden langs het Bathse Spuikanaal

vroeger – schorrestanten, oude zeedijken, spuikommen, enzovoort.

Het basisplan geeft in feite een ideaalbeeld voor de landschappelijke inrichting van het gebied. Er zijn dan ook enkele aanbevelingen in opgenomen die in conflict zijn met tussentijds opgelegde randvoorwaarden. Zo zijn er van provincie-zijde op waterstaatkundige gronden bezwaren tegen het planten van bomenrijen in de taluds van de begrenzendende oude zeedijken. Ook het opruimen van boombeplantingen binnen het gebied lijkt moeilijk haalbaar, omdat die zijn opgenomen in het totaalplan voor de Schelde-Rijnverbinding, dat indertijd met België is overeengekomen. Beide voorstellen zijn desondanks toch in het basisplan opgenomen, omdat ze uit landschappelijk oogpunt van groot belang worden geacht. Ze vloeien namelijk rechtstreeks voort uit de uitgangspunten ten aanzien van het gebied als geheel. Bovendien, inzichten en omstandigheden kunnen veranderen; realisering van dit plan zou dan alsnog overwogen kunnen worden.

Uitgaande van het basisplan en de randvoorwaarden is vervolgens het landschapsplan voor het Spuikanaal met omgeving gepresenteerd. Het landschapsplan is dan ook in feite een besnoeiende versie van het basisplan (figuur 5).

Ten aanzien van de recreatie wordt in het landschapsplan voor het gehele kanaal uitgegaan van activiteiten op beperkte schaal, zoals water-, oever- en landrecreatie en sportvisserij. Mogelijke vormen van waterrecreatie zijn roeien, kanovaren en plankzeilen, en in de wintermaanden ook ijsporten. Voor de oever- en landrecreatie kunnen plaatselijk langs de

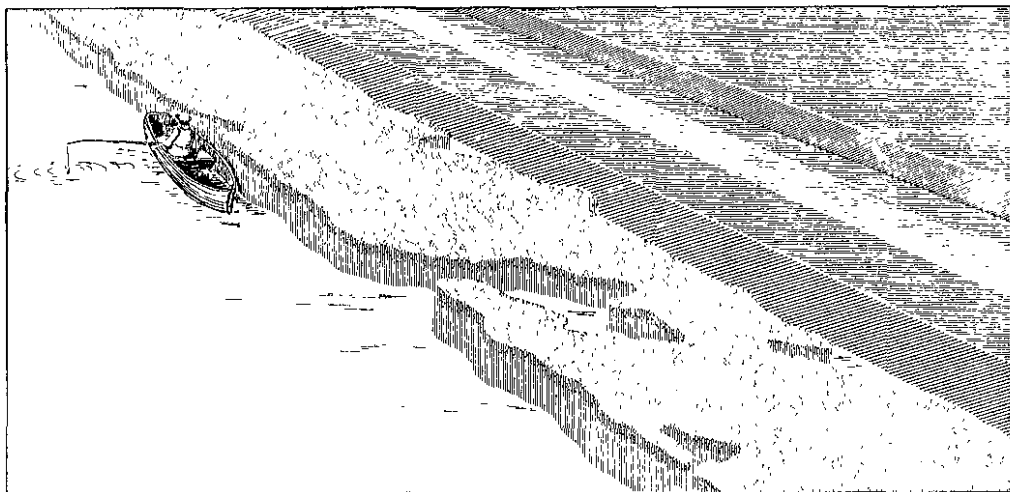


Fig. 5. Mogelijke aankleding van het Bathse Spuikanaal

oevers lig-, speel- en zonneweitjes worden aangelegd waar tevens gelegenheid wordt geboden om te zwemmen, pootje te baden en om met opblaasbootjes te water te gaan. Voor de sportvissers kan plaatselijk een vissteiger worden aangelegd, dat buiten de rietkraag uitsteekt.

De op technische eisen gebaseerde vorm van het Spuikanaal en de ligging ten opzichte van het Zoommeer en de Kreekraksluizen houden ook beperkingen in voor bepaalde vormen van recreatief gebruik. Behalve in duidelijk gereguleerd verband is het gebruik van motor- en speedboten ongewenst; zeker in het meest noordelijke kanaalgedeelte. De kans op uitzwermen in noordelijke richting naar de Schelde-Rijnverbinding, het Zoommeer en het sluizencomplex zou te groot zijn, en dat zou hinder opleveren voor de beroepsvaart. Bovendien ligt dit noordelijke kanaalgedeelte vlak naast de Oesterdam. Oeverrecreatie op de westoever van dit kanaalgedeelte betekent dus ook: bermrecreatie langs de hoofdverkeersweg op die dam. Voor het gehele Spuikanaal geldt dat de vormgeving van de oever duidelijk moet laten zien dat het hier om een kanaal gaat en niet om een zwemplas; het onderwatertalud is vrij steil, en tijdens het spuien kan ook stroming gevaar opleveren.

Wat betreft de recreatie gelden in het landschapsplan de volgende principes: te voet en per fiets moet in principe alles toegankelijk zijn; sommige plaatsen zullen ook per auto bereikbaar zijn, en er moeten enkele bescheiden recreatieve voorzieningen komen. Daarnaast wordt recreatieve inrichting en ontsluiting van het bufferbekken nabij de Kreekraksluizen wenselijk geacht. Men is dus, uitgaande van het doel van de studie, de randvoorwaarden en

de landschappelijke gegevens, gekomen tot een eenvoudige opzet van het landschapsplan. Het kanaal verkrijgt zo een rustig karakter, waar natuurlijke ontwikkelingen overheersen en waarin plaats is voor enkele bescheiden recreatieve voorzieningen.

Mocht echter te zijner tijd worden besloten tot de aanleg van een omvangrijker recreatieproject langs het Spuikanaal, dan kan de gepresenteerde landschapsvisie worden aangepast; misschien moet er dan wel een nieuwe visie worden ontwikkeld. Overigens zal de realisering van het Spuikanaal volgens het huidige ontwerp geen belemmering vormen voor een in de toekomst eventueel te realiseren omvangrijker recreatieproject.



Vogelonderzoek in het Deltagebied

In voorgaande Driemaandelijke Berichten werd reeds gerapporteerd over de grote vogeltellingen in het Deltagebied en de conclusies daaruit (Bericht 91, februari 1980), en over de internationale betekenis van de grote wateren in Nederland voor overwinterende watervogels (Bericht, 92, mei 1980).

De Deltawerken hebben grote veranderingen teweeggebracht in de vogelstand; veel vogels zijn verdwenen, met als gevolg weer nieuwe ontwikkelingen. In alle afgesloten bekkens gaat deze ontwikkeling in de vogelstand nog steeds door. Maar het is bij diersoorten die al van nature fluctuaties vertonen, moeilijk aan te geven of en wanneer stabilisatie is opgetreden. Het enige bekkens dat nog sterk veranderen zal onder invloed van de Deltawerken, is de Oosterschelde. Voor de vogels is de belangrijkste wijziging de oppervlakte-vermindering van het intergetijdegebied. Ongeveer 40% van het huidige fourageergebied voor de steltlopers zal achter de compartimenteringswerken komen te liggen. Het gereduceerde getij verkleint het overgebleven areaal nog eens extra; bovendien staan het gebied nog andere veranderingen te wachten met betrekking tot de bodem, de bodemdieren, de visserij-activiteiten en de recreatie.

Welke gevolgen zullen deze wijzigingen hebben voor de vogelstand? Voordat daar een antwoord op kan worden gegeven zullen nog vele vragen moeten worden opgelost. De verschillende vogeltellingen hebben ons wel laten weten welke soorten vogels er voorkomen, en hoeveel van elke soort, maar het inzicht in de oorzaken hiervan is nog onvoldoende.

De aantallen worden bepaald door een groot aantal factoren, waaronder het aanbod aan vogels, de ruimte en de mogelijkheden om voedsel en rust te vinden. Momenteel bestaat nog geen inzicht in de mate waarin elk van deze factoren een bijdrage levert, positief of negatief. Daarom kan ook niet of nauwelijks worden aangegeven hoe de aantallen zullen veranderen wanneer een of meer van deze factoren verandert.

Leven is een voortdurende strijd om voldoende voedsel te vergaren en om er zorg voor te dragen zelf niet tot voedsel te worden. Dit geldt voor de steltloper, maar evengoed voor de krab en de worm in het slik. De steltloper moet er zorg voor dragen voldoende calorieën binnen te krijgen. Hoe doet hij dat?

Rond het tijdstip van hoogwater zitten de steltlopers op een 'hoogwatervluchtplaats'. Voor de vogels is dit de rusttijd, de tijd om het verenkleed te verzorgen en om te slapen.

In moeilijke perioden is het zaak het energieverbruik dan zo laag mogelijk te houden. Enige tijd na het hoogwatertijdstip vallen de eerste slikken weer droog, en begeven de vogels zich op weg naar de voedselgebieden. In veel gevallen moet hiervoor een bepaalde afstand worden afgelegd; dat kost zowel tijd als energie. Soms lijkt de afstand tot een geschikte hoogwatervluchtplaats een belemmering te vormen om een voedselgebied te gebruiken; de energiekosten van het vliegen van vogels zijn echter nauwelijks bekend, evenmin als de behoefte aan tijd om te rusten. In de bovenste regionen van het slik is voor de meeste vogelsoorten vrijwel geen voedsel te vinden. In de lagere delen neemt de hoeveelheid toe. Hoe de hoeveelheden bodemdieren over de hoogte verdeeld zijn, weten we echter nog niet precies. In figuur 1 is globaal de relatie aangegeven tussen de dichtheid aan bodemdieren en de maximale hoeveelheid vogels die in het gebied kan voorkomen. Bij zeer geringe dichtheid aan bodemdieren komen er helemaal geen vogels voor. Het zoeken naar prooi zou meer energie kosten dan het oplevert.

Anderszijds ziet men dat bij een bepaalde hoge dichtheid aan voedsel het aantal vogels niet toeneemt. Het lijkt erop dat de aanwezige vogels bij een zeer hoog aanbod van bodemdieren zeer selectief hun prooi gaan zoeken, misschien zoeken ze wel de lekkerste of de vetste uit.

Figuur 1 kan echter niet kwantitatief worden ingevuld, daartoe ontbreken de gegevens. Een andere vraag is die naar het waarom van een bepaalde dichtheid. De vogels waar we hier het oog op hebben zijn roofdieren die jagen op prooidieren.

Net zoals de Antilope aanpassingen heeft ontwikkeld om te vermijden prooi te worden van het Jachtluipaard, kunnen we verwachten dat bijvoorbeeld het kreeftje *Corophium* aanpassingen heeft ontwikkeld om te vermijden prooi te worden van de Tureluur. Een *Corophium* leeft in een buisje in het slik, en is best in staat om door zich terug te trekken buiten

bereik te blijven van een Tureluur. Voor het vervullen van de eigen levensbehoeften moet hij echter af en toe naar de oppervlakte, en dan loopt hij de kans de Tureluur niet op te merken en te laat weer weg te duiken. De Tureluurs doen hun best zoveel mogelijk Corophiums te ontdekken en te vangen, waarbij ze echter tegelijk de omgeving in de gaten moeten houden om de roofvogel die op jacht is naar Tureluurs op tijd te ontdekken. Uit het bovenstaande blijkt al dat niet alle aanwezige Corophiums, maar slechts die dieren die zich aan de oppervlakte bevinden, ook werkelijk prooidier zijn. De activiteit van de bodemdieren is bovendien van veel omstandigheden afhankelijk, waaronder de toestand van slik en water onder invloed van het getij, het weer, en ook de aanwezigheid van veel of weinig Tureluurs. Boven een bepaalde dichtheid aan vogels zal

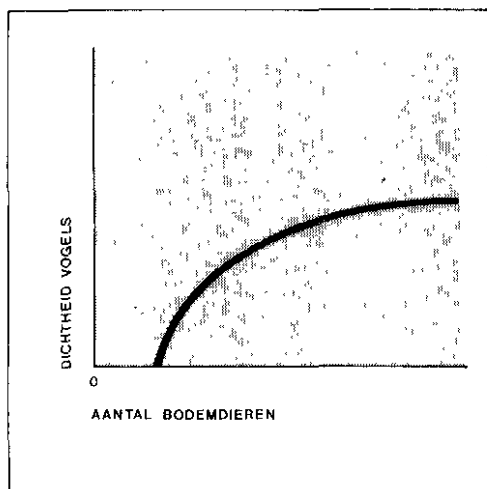


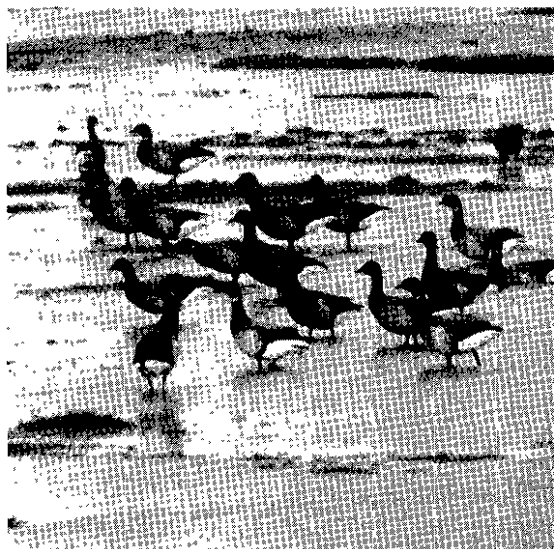
Fig. 1. Verband tussen voedsel en vogelpopulatie

de effectiviteit van het fourageren gaan dalen. Vermoedelijk dragen sociale factoren er zorg voor dat de dichtheid niet veel hoger wordt dan het gebied toelaat; mogelijk zijn die sociale factoren er zelfs verantwoordelijk voor dat de dichtheid veel lager is. Dit zou verband kunnen houden met de problemen rond de verdeling van het voedsel over het jaar. De prooidieren van de vogels planten zich veelal in het voorjaar voort. De cyclus is globaal als volgt.

Vlak na de voortplanting zijn de aantallen het grootst, maar het gemiddelde gewicht van de individuen is laag. Daarna nemen de aantallen alleen nog maar af door sterfte en jacht. Het gewicht van de individuen neemt tot in het najaar toe, doch in de winter teren deze dieren in. Tegen het voorjaar nemen ze sterk in gewicht toe en bereiken dan het hoogste gemiddelde gewicht

De vraag naar voedsel heeft een ander verloop. Globaal gezien is het aantal vogels hoog vanaf half augustus tot half maart, en bereikt het een dieptepunt in juli. De voedselbehoefte van individuele vogels is variabel. Vlak voor een grote trektocht, gedurende de rui, en wanneer het koud is moeten de vogels een meer dan gemiddelde hoeveelheid voedsel bemachtigen. Een van de grote vraagstukken is nu hoe het aanbod met de vraag in evenwicht blijft. Dus het aanbod, dat wil zeggen: aantal $\times$ gewicht $\times$ gedrag, moet in evenwicht zijn met de vraag van de vogels; aantal $\times$ dagelijkse behoefte. Zo zouden de vogelpopulaties en de bodemdierpopulaties en de vispopulaties in de Oosterschelde van jaar tot jaar in stand moeten kunnen blijven.

Foto: Rotganzen op slikken buitendijks



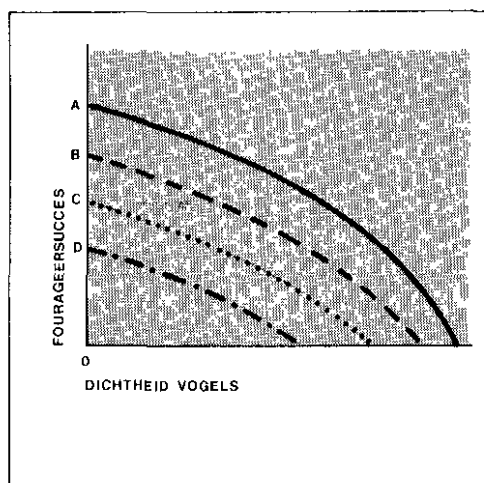


Fig. 2. Verband tussen fourageersucces en vogeldichtheid

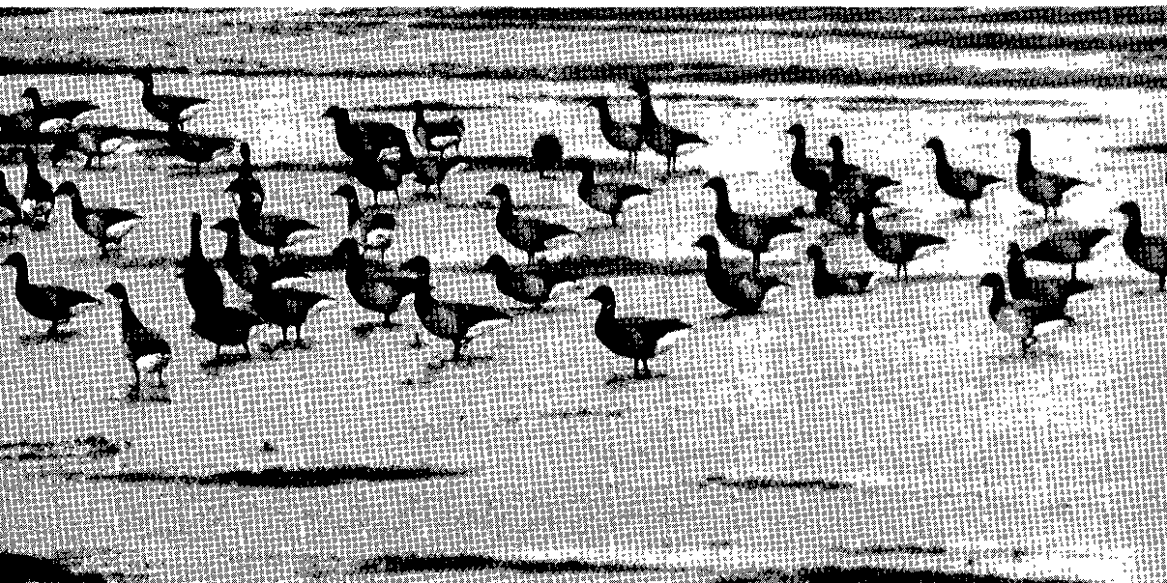
De jaarcyclus

In juni is het rustig op de Oosterscheldeslikken. Er zijn dan slechts kleine aantallen onvolwassen vogels, of vogels die om andere redenen niet naar de broedgebieden zijn gegaan. Die gebieden kunnen liggen op het aangrenzende schor, maar ook tot 4000 km hiervandaan in Siberië of Canada. Vooral in de meest noordelijke gebieden is de kans groot dat de sneeuw nog niet of nauwelijks is weggesmolten, zodat de vogels onvoldoende voedsel kunnen bemachtigen. Zij moeten dan interen op de reserves die ze op de Oosterschelde of de Waddenzee hebben opgebouwd. Maar de eieren moeten worden gelegd, er is in het noorden geen tijd voor uitstel.

In de korte tijd van eind juni tot en met juli is er een grote hoeveelheid voedsel op de toendra;

daarna neemt het weer af. Precies in die tijd moeten de eieren zijn uitgekomen. De tijd is meestal te kort om ouders met hun jongen voedsel te bieden totdat de jongen volwassen zijn. Daarom trekt eerst één der beide ouders weg, daarna de andere, waardoor twee monden minder te voeden zijn en de jongen het overblijvende voedsel kunnen gebruiken om volgroeid te raken.

Voor de West-Europese slikken betekent dit dat de eerste vogels in juli al weer terugkomen. In de eerste weken zijn dit weliswaar geen grote aantallen, maar het kunnen wel vrijwel alle volwassen mannetjes – of van een andere soort de volwassen vrouwtjes – van een noordelijke populatie zijn. Onnodig te zeggen dat een goede bescherming van juist deze vogels voor de populatie van belang is. De volwassen vogels gaan na aankomst hier vrijwel allemaal



in de rui. Vooral de rui van de slagpennen en staartpennen is hierbij van belang. De vogels vliegen rond met grote gaten in de vleugels, of met halve staarten, waardoor ze kwetsbaar zijn, en zich ook zo voelen. Voor de rui worden daarom plaatsen gekozen waar voedsel, veiligheid en stabiliteit samengaan. Het is bekend dat er steltlopers ruïen op de Oosterschelde, maar we weten niet welke, waar en hoeveel.

Wanneer op het eind van de zomer de aantallen toenemen, gebeurt dit vermoedelijk ook weer volgens allerlei patronen. Schematisch kan men stellen dat elk gebied een bepaald fourageersucces zal opleveren bij een bepaalde dichtheid, en dat dit succes zal afnemen bij toenemende dichtheid (figuur 2). Het te verwachten succes hangt af van het aantal bodemdieren, hun gedrag, de getijden, en de rust. Zo zal het verstoren van de rust, door bij voorbeeld pierenspitters, tot gevolg hebben dat een prima fourageergebied wordt gedegradeerd tot een gebied met minder succes. Vermoedelijk zullen eerst de gebieden met de beste mogelijkheden worden gevuld. Als de dichtheid daar zo groot is geworden dat het succes gelijk wordt aan dat van een minder gevuld gebied van tweede kwaliteit, dan zal ook dit gebied langzaam opgevuld raken. Hierbij hoort echter nog een hiërarchisch systeem. De volwassen, sterke vogels trachten de beste gebieden te bezetten, en dwingen daardoor andere vogels uit te wijken naar mindere gebieden. Nu moet men echter weer rekening houden met het feit, dat de volwassen vogels eerder wegtrekken van de broedplaatsen.

Deze vogels zijn in staat om voor de rui in eerste instantie de beste keus van gebieden te maken. De jonge vogels die later komen moeten maar zien een plaats te vinden. Vermoedelijk zijn deze jonge vogels zeer mobiel, en verspreiden ze zich over geheel West-Europa. Na de rui wordt de doortrek belangrijker; vogels komen en vogels gaan. Op grond van de huidige onderzoeken kunnen we niet meer vaststellen dan dat de aantallen veranderen, maar dat is net zoiets als tellen hoeveel auto's op een bepaald moment op de weg rijden; dat zegt nog niet veel over het totale aantal auto's dat passeert, zeker als je niet weet of ze rijden of stilstaan. De verplaatsingen worden wel minder, maar houden gedurende de winter niet helemaal op. Voortdurend nog zijn er vogels die zich verplaatsen, ook zonder dat bij voorbeeld de invallende vorst hun daar kennelijk aanleiding toe geeft. Al in maart trekken de eerste overwinteraars weer naar de broedgebieden. Daarna komt een tijd waarin de vogels die zuidelijker hebben overwinterd, voor kortere of langere tijd in onze gebieden verblijven. Deze doortrek vindt plaats tot eind mei. Wanneer de vogels op de voorjaars trek onvoldoende voedsel zouden kunnen opnemen bestaat de mogelijkheid dat het broedseizoen mislukt, omdat de eerste weken op de toendra nog zeer moeilijk kunnen zijn, en de eieren op tijd moeten zijn gelegd omdat anders de jongen niet volwassen kunnen worden. Zullen we straks in staat zijn antwoord te geven op de vraag wat er na 1986 is veranderd in de functie van de Oosterschelde voor vogels? Meer onderzoek is noodzakelijk om aan te kunnen geven wat de gevolgen zijn van areaalvermindering, gedempt getij, sluiting van de kering, recreatie, visserijactiviteiten, pierenspitterij, enzovoort. Het is evenwel de vraag of tengevolge van de bezuiniging dit onderzoek kan worden verricht. Men kan nu eenmaal geen beheer voeren als men de consequenties en gevolgen van de uitgevoerde maatregelen niet kent. Bovendien bestaat de mogelijkheid dat de verdergaande vermindering van de hoeveelheid intergetijdslik in West-Europa de wenselijkheid zal oproepen tot een actief beheer van de vogelpopulaties van zowel de Waddenzee als de Deltawateren.



Weer veilig wonen achter de duinen bij Callantsoog

De sterkte van een keten wordt bepaald door de zwakste schakel. De zwakke schakel in de zeekerende duinen langs de kust van Noord-Holland bevond zich tot voor kort ter hoogte van Callantsoog.

Ondanks de aanwezigheid van strandhoofden beloopt de teruggang van de duinvoet tengevolge van golfaanval hier gemiddeld 30 cm per jaar. Daarnaast noopte vooral de plaatselijk onvoldoende geachte hoeveelheid zand in het duinprofiel tot onderzoek en *aanpassing*.

In het begin van de jaren '70 werd een 'Richtlijn voor de berekening van duinafslag tengevolge van een stormvloed' uitgebracht door de Technische Advies Commissie voor de Waterkeringen.

Deze richtlijn heeft voor de berekeningen *model gestaan*. Het principe waarop de afslagberekening berust, is de zandbalans in het stormprofiel tussen *vooroever en duinmassief*. Het bleek al snel, dat de duinen plaatselijk nogal wat te laag en te smal waren om een superstorm met een waterstand op N.A.P.

+ 5,10 m te weerstaan. Een doorbraak zou al verwacht kunnen worden op N.A.P. + 4,30 m. De wijze waarop de duinversterking moest worden uitgevoerd vergde nogal wat hoofdbreken. Dit kwam vooral omdat de breedte van de duinreep zeer beperkt was en het dorp daar onmiddellijk op aansloot, met bebouwing tot aan de duinvoet. Buiten het dorp maakte de duinweg samen met de aanliggende bouwgrond het ook vrijwel onmogelijk om ruimte te creëren voor verbreding van de duinen aan de binnenzijde, zonder ernstige aantasting van de eigendommen van derden.

Uiteraard moesten ook het milieu, de landschappelijke waarde van het dungebied en de belangen van de recreatie – de duinovergangen en het strand – worden afgewogen tegen de noodzaak om de kustverdediging te verbeteren. Er kon maar een beperkte hoeveelheid zand op de bestaande duinen worden geborgen. Daarom werden er nogal wat alternatieven bestudeerd, zoals een zandsuppletie op grote schaal op de vooroever en het strand; deze oplossing leek op dat moment te vragen om een *te geavanceerde* techniek, en kwam daarom niet in aanmerking. Ook is gedacht aan een 'klassieke' duinverdediging, met een steen- of asfaltglooiing, of een dijk in de vorm van de Pettemer of Hondsbosse zeekering. Vooral wegens een mogelijk toekomstige discontinuïteit in de kustlijn werd deze oplossing te rigoreus en ongewenst geacht. Een verticale damwand, verborgen in het duinmassief, die pas dienst gaat doen bij een superstorm, was een erg dure constructie, evenals een al dan niet verborgen betonkist of een L-muur. Zo iets vereist een complete



duinontgraving tijdens de uitvoering, terwijl dergelijke verticale wanden bij zware golfaanval uit den boze zijn. Tenslotte werd een combinatie gevonden, waarmee men meende dertig jaar toe te kunnen: een kleidijk met een kruin tot N.A.P. + 8 m en hellingen van 1:3, afgedekt door een laag zand tot N.A.P. + 18 m.

Het voorstel werd niet goedgekeurd. De voorkeur van de autoriteiten ging uit naar een oplossing waarmee men voorlopig tien jaar toekon. Mogelijk zou na die tijd gemakkelijker en goedkoper zand uit zee kunnen worden opgespoten, en waarschijnlijk was er dan ook meer bekend over het mechanisme van duinafslag. De richtlijn zou na verder onderzoek mogelijk veranderen op grond van andere uitgangspunten, en men vond van economisch standpunt gezien een zandsuppletie boven op de duinen voor de eerste tien jaar voldoende en daarom voordeliger dan een combinatie van klei en zand. En zo kwam het tot een zandophging op de bestaande duinen. In 1976 kon met de uitvoering worden begonnen.

De duinverzwaringen in Callantsoog zijn in twee fasen uitgevoerd. Aan de zuidzijde van het dorp werd in de jaren 1976-1977 over een lengte van 700 m 350 000 m³ zand 'droog' in het werk gebracht. In de jaren 1980-1981 werden ten noorden van Callantsoog twee vakken met een gezamenlijke lengte van 1100 m door opspuiting aangevuld met 470 000 m³ zand.

In beide gevallen werd het zand met zelfvarende winzuigers van 500 m³ beuninhoud op de Waddenzee gewonnen en via Den Helder en het Noordhollands kanaal aangevoerd. De afstand vanaf de losplaats in het kanaal tot de duinkust bedraagt 6 km.

Voor het werk aan de zuidzijde van start kon gaan moesten er nogal wat problemen worden overwonnen. De gemeente Callantsoog draalde met het afgeven van een aanlegvergunning; de aannemer kon niet direct beginnen, en diende een schadeclaim in.

Bewoners van de langs de transportroute gelegen panden schreven gezamenlijk een brief. Ze vreesden gescheurde muren door al dat zware verkeer. Alle woningen werden daarom vooraf opgenomen. Er werd daarna overigens geen schade geconstateerd. Er kwamen acties van ouders van wie de kinderen over de smalle aanvoerwegen - zonder fietspaden - dagelijks naar scholen in Schagen moesten fietsen. Na overleg met de gemeentebesturen werden op bepaalde uren schoolbussen ingezet. De kosten daarvan zijn via het

project betaald. De wegbeheerders wezen erop dat de wegen slechts lichte funderingen hadden en naderhand nog zijwaarts waren verbreed, zodat er vrijwel geen bermen aanwezig waren. Ook de wegen zijn opgenomen, gewaterpast en gefotografeerd. De geringe plaatselijk veroorzaakte schade werd later betaald. Men wierp ook nog op, dat de grote drukte in het vakantieseizoen moeilijkheden zou kunnen geven, vooral bij de aansluiting op rijksweg 9 naast het Noordhollands kanaal. Een verkeerslichtinstallatie bracht uitkomst. Het zand op de duinen en in de auto's naar het werk, werd verder gezegd, zou door verstuving schade kunnen veroorzaken aan gewassen. Vooral de bollenkwekers waren hier bang voor. Er werd later geen enkel schadegeval aange meld. Toen deze problemen waren overwonnen, verliep het werk verder geruisloos, mede door goede organisatie van de aannemer. De produktie bedroeg 10 000 m³ zand per week. De om de paar minuten passerende zandauto's vielen later nauwelijks meer op in het verkeer. Om het zand naar een hoogte van 12 à 14 m te brengen, werden betonplatenbanen tegen het duin op gelegd onder een helling van 1:8. De duintoppen zijn later geformeerd met bulldozers en hydraulische kranen. Verstuving van het zand werd voorkomen, in eerste instantie met rietschermen; later werd het gehele gebied beplant met helm.

Voor de duinversterking ten noorden van Callantsoog kon, zo bleek uit een kostenvergelijking, het goedkoopst zand per auto worden aangevoerd. Een alternatieve aanbieding bij de inschrijving op het bestek voorzag echter in hydraulisch transport van het zand vanaf de losplaats naar het werk, terwijl ze toch goedkoper was. Daarom kon op die aanbieding worden ingegaan, in feite met een zucht van verlichting, omdat de aanvoerwegen naar dit duingebied smaller en nog lichter van constructie waren dan die aan de zuidkant. Met zelfvarende winzuigers van 500 m³ beuninhoud werd het zand aangevoerd naar een bakkenzuiger in het Noordhollands kanaal. In verband met de beperkte kanaalbreedte moest voor de ligplaats van de zuiger een insteek in de oever worden gemaakt. De afstand van 6 km kon niet alleen met de 2 x 800 pk van de bakkenzuiger worden overbrugd. Halverwege werd een tussenstation van 1000 pk geplaatst mede omdat het zand vanaf N.A.P. - 0,50 m, het kanaalpeil, naar N.A.P. + 22 m moest worden opgespoten. Er werd een capaciteit bereikt van 20 000 m³ zand per week, het dubbele van het wegtransport. Meer dan 4 à 5000 m³ zand per dag

verwerken in de betrekkelijk smalle stortvakken was in verband met het afvoeren en uitzakken van het perswater niet mogelijk. In het duingebied werden perskaden gemaakt die tegelijk met de zandaanvoer regelmatig werden verhoogd. Het perswater werd door een lozingskist naar de zeezijde afgevoerd, maar er was nogal veel water dat via het onderliggende duinzand aan weerszijden van de duinvoet naar buiten trad. Aan de zeezijde leverde dit nagenoeg geen problemen op, maar aan de landzijde moesten greppels worden gegraven en een vacuümbemaling aangebracht om wateroverlast te voorkomen. Tenslotte zijn ook *hier duintoppen geformeerd en beplant met helm.*

Gebleken is, dat beide uitvoeringsmethoden geschikt zijn om duinverzwaringen aan te brengen en dat de kosten niet veel uiteen lopen. In het eerste geval dient de verkeerssituatie nauwkeurig te worden bestudeerd, terwijl bij hydraulisch transport grote aandacht moet worden besteed aan de hydrologische omstandigheden.

Samenvattingen

De verbouwing van het asfaltschip 'Jan Heymans' tot stortapparaat

Het asfaltschip 'Jan Heymans' is omgebouwd tot steenstorter, en zal de ruimten vullen tussen de funderingsmatten waarop de pijlers van de Oosterscheldekering worden geplaatst. Ook zal het schip het nodige voorbereidingswerk verrichten: het verwijderen van zand en van de erosiebescherming van de matranden. De 'Jan Heymans' is daartoe uitgerust met twee stortpijpen, een ontzandingsinstallatie en een spuitbalk. Het te storten materiaal wordt in 12 voorraadsilo's gestort en vandaar naar de stortpijpen getransporteerd; de silo's zijn geplaatst op twee aangebouwde zijkasten. Verder zijn voorzieningen aangebracht voor het nodige peilwerk. Op 11 december 1981 is men begonnen met de werkbeproevingen.

Uitvoering van de drempel

Bij de aanleg van de drempel voor de Oosterschelde-kering zal ruim 5 miljoen ton steen van verschillende soorten en formaten worden aangebracht, in lagen van verschillende diktes. Dat vereist verschillende stortingstechnieken. Voor de onderste lagen zal men gebruik maken van splitsbakken en zelfpositionerende steenstorters. Omdat de toplaag zal bestaan uit stenen van meer dan 1000 kg, die niet vanaf de waterlijn gestort mogen worden vanwege het risico van beschadigingen aan pijlers en dorpelbalken, heeft men een speciale toplaagstorter ontworpen. Hiermee kan een stenen bak met een capaciteit van 20 ton onder water gebracht en geopend worden; een beeldscherm laat dan zien hoe het storten verloopt.

Ervaringen met het verdichten van de ondergrond in de as van de Oosterschelde-kering

In de periode april 1980 – maart 1981 is met de 'Mytilus' operationeel verdicht in de as van de Oosterschelde-kering. Vanwege teleurstellende resultaten – de effectiviteit van het bedrijf lag gemiddeld op 50% – werd er geëxperimenteerd met de horizontale en verticale stapafstand, met de methode van verdichten en met nog andere parameters.

Men heeft getracht het bedrijf te optimaliseren door na te gaan hoe men de relevante factoren – bedrijfscoëfficiënt, cyclustijd, horizontale stapafstand en de zogenaamde 'naaldwaarde' – zou kunnen verbeteren. Alleen deze laatste factor kon aanzienlijk worden verbeterd, door de inzet van meer reserve-onderdelen. Daardoor en door de inzet van meer-ploegendiensten kon uiteindelijk het vereiste werktempo worden gehaald.

Voorspelling van het verticale en het horizontale getij met behulp van de harmonische getijanalyse

Nauwkeurige voorspellingen van het verloop van waterstand en stroomsnelheid zijn bij de uitvoering van de Oosterschelde-werken van het grootste belang.

De getijbeweging wordt in de eerste plaats veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de maan en de zon; dit noemen we het astronomische getij. Bij rustig weer stemt het werkelijke getij hier zeer goed mee overeen, maar meteorologische omstandigheden kunnen grote afwijkingen veroorzaken. Het is mogelijk om op basis van reeksen metingen van waterstanden en stroomsnelheden in een bepaald punt het getijverloop te

analyseren in een aantal regelmatige sinusfuncties, en de getijbeweging in de nabije toekomst op grond daarvan te voorspellen. Tegenwoordig wordt bij de Rijkswaterstaat hiervoor het computerprogramma HATYAN gebruikt; men werkt nog steeds aan verdere verfijningen, maar het tot dusver verrichte onderzoek heeft al uitgewezen dat de harmonische getijanalyse een praktisch bruikbaar middel is om tot nauwkeurige voorspellingen te komen.

Fasering en sluitingsmethode van de compartimenteringsdammen

Voor de sluiting van de compartimenteringsdammen zijn nu nog drie alternatieven over. Het eerste alternatief werkt met stortsteen en betonblokken; alternatief II gebruikt stortsteen bij de Oesterdam en zand bij de Philipsdam. Alternatief III voorziet in twee zandsluitingen. In alle gevallen wordt gebruik gemaakt van de getijreductie die het gevolg is van vorderingen bij de bouw van de Oosterschelde-kering; bij zandsluitingen moet de kering zelfs volledig operationeel zijn: er kan een gerekt getij mee worden veroorzaakt, dat tweemaal zo lang duurt als een gewoon tij. Tijdelijke verlaging van het zoutgehalte achter op de Oosterschelde kan worden tegengegaan met een zoute rondstroming vanuit het Grevelingenmeer. De alternatieven zijn in een beleidsanalyse op de relevante punten met elkaar vergeleken. Daarbij bleek dat alternatief I het duurst is, zonder dat daar duidelijke voordelen tegenover staan.

Waterkwaliteitskenmerken van het Grevelingenmeer

De Grevelingen is door de afsluiting in 1971 een stagnant zoutwatermeer geworden. Tegen de dreigende verzoeting is de Brouwerssluis ingezet, waardoor flora en fauna weer opleefden. Door de thans regelmatige verversing met Noordzeewater is de overmaat aan voedingsstoffen uit het meer verdwenen. De bodem levert overigens nog steeds fosforverbindingen na. Alleen nitraat kan groeibeperkend werken. Het water van het Grevelingenmeer is thans rijk aan zuurstof. Oesters en mosselen en zeegrasvelden ontwikkelen er zich voorspoedig. Ook de visstand is rijk.

Landschappelijke vormgeving van het Bathse Spuikanaal

Voor het gebied van het Bathse Spuikanaal, dat door de hals van Zuid-Beveland wordt aange-

legd om in de toekomst het waterpeil en de waterkwaliteit van het Zoommeer te kunnen beheersen, is een landschapsplan ontwikkeld. Hierbij is men ervan uitgegaan, dat het kanaal zoveel mogelijk in het bestaande landschap moet passen, en dat tegelijkertijd de functie ervan duidelijk zichtbaar moet zijn.

Het Spuikanaal zal een rustig karakter krijgen, waar natuurlijke ontwikkelingen overheersen, en de specifieke kenmerken van het gebied eromheen zullen zoveel mogelijk behouden of zelfs geaccentueerd worden. Er zullen voorzieningen worden gemaakt voor dagrecreatie op beperkte schaal; het plan biedt echter ook voldoende ruimte voor een in de toekomst eventueel te realiseren omvangrijker recreatieproject.

Vogelonderzoek in het Deltagebied

Onder invloed van de Deltawerken zijn er allerlei veranderingen opgetreden in de vogelstand. Wat ze te betekenen hebben komt niet vanzelf te voorschijn uit de tellingen; er moet onderzoek worden gedaan naar de processen die een rol spelen in de jaarcyclus van het vogelleven, en de invloed daarop van voedsel en rustmogelijkheden.

In dit artikel worden de grote lijnen geschetst van het migratiegedrag van trekvogels, en wordt aangegeven hoeveel onderzoek nog nodig zal zijn om een verantwoord beheer van de Oosterschelde in de toekomst mogelijk te maken.

Weer veilig wonen achter de duinen bij Callantsoog

Bij Callantsoog in Noord-Holland bevond zich, volgens de officiële norm, te weinig zand in het duinprofiel. Voorlopig is hier een voorziening getroffen waarmee men tien jaar vooruit kan: een zandophoging op de bestaande duinen. Aan de zuidzijde van het dorp werd de verhoging uitgevoerd in de jaren 1976 en 1977, en wel met behulp van autotransporten; ten noorden van Callantsoog vond de verhoging plaats in 1980 en 1981. Hier waren de wegen wel erg smal, maar het bleek gelukkig economisch haalbaar het zand aan te voeren met een persleiding.

Summaries

The conversion of the vessel 'Jan Heymans' into a dumping vessel

The asphaltting vessel 'Jan Heymans' has been converted into a stone dumping barge for the purpose of filling in the spaces between the foundation-mattresses on which the piers of the Oosterschelde barrier are to be positioned. The vessel will also perform preparatory activities such as: the removal of sand and of temporary scouring protection of the edges of mattresses. The 'Jan Heymans' has been equipped with two supply pipes, a 'dustpan' attachment and a nozzle-beam. The dumping material will be stored in silos and from there transported by conveyor belts to the supply pipes; the silos have been built on either side of the vessel. There are also provisions for taking any required measurements. On December 11, 1981, test trials were started.

Execution of the sill

Over 5 million tons of stone are being used for the construction of the sill of the Oosterschelde barrier. Each layer of dumped stones will vary in thickness. As the stones vary in type and size, different dumping techniques are required. For the lowest layer split barges and selfpositioning dumping equipment will be used. The top layer consists of stones weighing over 1000 kg each. To avoid possible damage to piers and sill-beams, these will not be dumped from the waterline but lowered with special equipment. A kelly with a loading capacity of 20 tons can be lowered and opened under the watersurface; the progress of the dumping activities can be screened on the monitor.

Practical experience gained in compacting the subsoil on which the Oosterschelde barrier is being built

From April 1980 – March 1981, the compaction vessel 'Mytilus' was actively engaged in the axis of the Oosterschelde barrier. As the expected results were rather disappointing – the effectiveness averaged only 50 percent – experimental tests were made with the horizontal and withdrawn step distances and with the compaction-method itself. Efforts were made to optimize the function of the enterprise. Thus, investigations were made into the possibility of improving such relevant factors as the efficiency of the enterprise, the turnover time, the horizontal step distance and the 'value' of the vibrating needles. It appeared that only the efficiency of the latter item could be improved significantly by utilizing more spare parts. Due to this and by more shift-work, the desired operation rate could finally be achieved.

Prediction of the vertical and horizontal tides by using the harmonic tide-analysis.

For the execution of the Oosterschelde works, exact predictions on the progress of the water-level and current-velocity are of the greatest importance. Tidal movement is caused, in the first place, by the power of attraction of the moon and the sun; this is called the astronomical tide. When weather conditions are quiet, the actual tide will be as predicted, but variations in meteorological conditions can lead to deviations from the norm. It is possible on the basis of a series of measurements of the water-level and current-velocities at a particular place, to

analyse the tide in a number of regular sine-functions, and to use these findings to predict the tidal movements in the very near future. The Rijkswaterstaat is now using the Hatyan computer programme for this purpose. Constant efforts are being made to achieve further refinements in this technique, but the studies carried out so far have already proved that the harmonic tide-analysis is a practical tool with which to obtain exact predictions.

The phasing and closing-method used for the compartment dams

There are still three different plans available for the closure of the compartment dams. In the first plan, rubble and concrete blocks will be used; in the second plan, rubble will be dumped at the Oester Dam and sand at the Philips Dam; and, in the third plan, the two closures will be made with sand-fill. In all cases use will be made of the tidal reduction which will have resulted from the progressing building activities on the Oosterschelde barrier. With the sand-closure method, the barrier must be fully operational as then the tidal movement can be slowed down artificially to half its normal speed. A temporary decrease in salinity at the back of the Oosterschelde can be countered by a circular salt-flow obtained from Lake Grevelingen.

The relevant points of the three plans have been compared in a policy analysis, from which it appeared that alternative I is the most expensive without clearly offering any additional advantages.

Water-quality properties of Lake Grevelingen

After its closure in 1971, the Grevelingen has become a stagnant saltwater lake. In order to combat the threat of freshwater intrusion, the Brouwer Sluice was put into operation as a result of which its flora and fauna were revitalised. Due to regular flushing with North Sea water, the excess in nutrients has disappeared from the lake, although phosphatic compounds are still being discharged by the bed. Only nitrates can limit excessive growth. The water of Lake Grevelingen is, at present, rich in oxygen. Oysters, mussels and eel-grass are developing there and flourishing. There is also a good amount of fish.

Landscaping the environs of the discharge-canal Bath

The discharge-canal Bath has been projected in the 'neck' of the Isle of Zuid-Beveland in order

to be able to manage the water-level and water-quality in the Zoom Lake. A special plan has been developed to landscape the area in such a manner that, on the one hand, the canal will blend into the landscape and, on the other hand, its function will be clearly evident. The discharge-canal will be given a rustic character, in which natural developments will dominate and the specific properties of the surrounding area will be preserved or even enhanced.

Day-recreation facilities will be provided on a limited scale; the plan offers enough leeway to implement a much larger recreational project in the future.

Bird-studies in the Delta area

As a result of the Delta Works all sorts of changes occurred in the bird population. One has not been able to record all the symptoms; investigations must still be made to detect the processes which play a part in the annual cyclus of bird-life and their effect on the feeding and staging possibilities. This article sketches, in general, the migratory pattern of birds and indicates that many investigations are still required to arrive at a responsible management of the Oosterschelde in the future.

Behind the dunes near Callantsoog

In the Province of North-Holland, near the village of Callantsoog, the dune cross-section does not meet the official standard. Preliminary provisions have been made for the next ten years i.e. the dunes have been raised by adding sand.

In 1976 and 1977, the dunes were raised on the southern side of the village and sand was transported by lorries; on the northern side, they were raised in 1980 and 1981. The access-roads were very narrow, fortunately, it was economically feasible to supply the sand via pressure pipes.

Vorderingen

in de periode
1 april – 1 juli
1982

Philipsdam

Bij de Krammersluizen werd voortgegaan met ontgravingen en aanvullingen rondom en ter plaatse van de kunstwerken.

Het betonwerk verliep volgens schema.

Bij de duwvaartsluizen is inmiddels het merendeel van de balken van de geperforeerde vloer gelegd.

De schuivengebouwen van het riolenstelsel en het dienstengebouw werden verder afgebouwd. Men is begonnen met de voorbereidingen voor de aanvoer en het aanbrengen van de voorgespannen balken voor het brugdek van de overbrugging.

Op 18 mei 1982 heeft de aanbesteding plaatsgevonden van een bestek voor het onderhouden van bestaande werken en het maken van teenconstructies en glooiingen aan de Philipsdam.

Het laagst werd ingeschreven door een combinatie van aannemers, op grond van een alternatieve werkwijze, en wel voor een bedrag van f 1 751 000,-. Het alternatief is erop gebaseerd dat de aannemer het te verwijderen zand en de specie uit de havenmond en toeleidingsgeul van de

werkhaven 'Plaat van de Vliet' en de drempel voor de oostelijke voorhaven van de duwvaartsluizen, in eigendom verkrijgt. Het werk is inmiddels aan genoemde combinatie opgedragen. Met de uitvoering is op 28 juni 1982 een begin gemaakt.

Flakkeese Spuisluis

De oostelijke hevelknie is nu gereed, inclusief voorspanning en spuitbeton. De westelijke hevelknie is compleet gestort en voor 80% ontlast, terwijl de voorspanning vordert.

De normale stroomkokers zijn afgebouwd en het pompgebouw is voltooid. Ook is de uitstroombodem met stroombrekende wand aan de Krammerszijde van de hevel gereedgemaakt, en werden de betonblokken van de ontvang- en stortebedden geplaatst.

Oesterdam

Op het zuidelijk damvak van de Oesterdam zijn klerbekledingen aangebracht, en ingezaaid met graszaad. Over de gehele lengte van het damvak is een bedieningsweg aangelegd, bestaande uit een fundering van fosforlakken en een 6 cm dikke laag grind-asfaltbeton, voorzien van een oppervlaktebehandeling. Op 30 juni 1982 is het werk opgeleverd.

Omkading van het Markiezaat

De noodmaatregelen die getroffen moesten worden na de doorbraak van de westelijke Markiezaatskade zijn nagevoelend voltooid. De hinderlijke dwarsstroming voor de scheepvaart is gereduceerd door het stroomgat te vergroten met een zandzuiger, en door een deel van de sluitkade op te ruimen tot op het filter op N.A.P. – 2 m.

Momenteel is het opruimen van de sluitkade zover gevord-

derd dat een sluitgatbreedte van 600 m op N.A.P. is verkregen. De kade dient opgeruimd te worden tot een sluitgatbreedte van 800 m.

Onderzoek heeft uitgewezen dat de kade opnieuw gesloten moet worden volgens het oorspronkelijke tracé. Verder is besloten het lage noordelijke en zuidelijke damvak te verzwaken en te verhogen, zodat golfoverslag vrijwel niet meer voor zal komen. Achter de te maken sluitkade zal ook een hoog damvak worden aangelegd. De planning van de werkzaamheden houdt in dat in 1982 een stabiel wintersluitgat verkregen wordt, met voor de scheepvaart op de Schelde-Rijnverbinding aanvaardbare dwarsstromingen. Daarvoor is, behalve het genoemde, ook de bouw vereist van een zuidelijke kop, waaromheen de bodem moet worden vastgelegd, en het aanleggen van een drempel in het sluitgat tot N.A.P. – 3 m.

Om tot de uitvoering van deze werkzaamheden over te kunnen gaan is inmiddels één overeenkomst opgesteld, waarin de werkonderdelen die het eerst moeten worden uitgevoerd zijn opgenomen. Met de aannemerscombinatie wordt nu onderhandeld over de prijs.

Een tweede overeenkomst, met de overige werkzaamheden voor het maken van een wintersluitgat, is in voorbereiding.

Spuikanaal Bath

De aansluiting van de noordelijke afvalwaterleiding, gelegen in de zuidelijke zinkerbundel, op de drukput ten oosten van de Schelde-Rijnverbinding zal pas omstreeks begin oktober worden gerealiseerd. De reden hiervan is, dat het herstel van de drukput meer tijd vergt dan aanvankelijk was gepland.

In de verslagperiode werd voortgegaan met het maken van de kanaalinsteken voor het toekomstige spuikanaal. Ten zuiden van de Bathse brug is men hiermee gereed; bij de andere gedeelten worden goede vorderingen gemaakt. In de westelijke oprit van de Bathse brug is men bezig met het aanbrengen van een duiker.

De bouw van vier verkeersbruggen en een leidingenbrug over het toekomstige Spuikanaal verloopt geheel volgens schema.

De brug in de Bathse weg is op 30 juni opengesteld voor het verkeer. Van Rijksweg A 58 is de noordelijke brug gereedgemaakt.

Inmiddels is men begonnen met het heikwerk van de zuidelijke brug. Het betonwerk voor de te bouwen brug in Rijksweg 258 is gereed. Naar verwachting zal deze brug omstreeks begin september voor het verkeer worden opengesteld. Met de bouw van de leidingenbrug is men begonnen.

Oosterschelde-kering

Het verdichten in de as ondervond enige stagnatie; in de Roompot voldeden vijf pijlerlocaties niet aan de eisen.

Twee ervan zijn inmiddels hersteld. Omdat in de Roompot ook nog een gedeelte van de rand van de bodembescherming moet worden verdicht, zal de 'Mytilus' pas eind 1982 gereed zijn.

De fabriekage van proefmatten voor het CARJAN-bedrijf heeft een aantal onvolkomenheden van de matconstructie aan het licht gebracht. Ze waren op eenvoudige wijze op te lossen.

De installaties zijn nu aangepast voor de gewijzigde matrond-omzetting. De bouw van de tegelmatfabriek kwam

in de verslagperiode klaar. De mattenlegponton DOS I en de transportrol DOS II zijn nu omgebouwd. De bouw van de zinkbalken is in uitvoering. Een aanvang werd gemaakt met het vervaardigen van de staalstrengen, kabelklemmen, kop- en staarttegels die deel uitmaken van de tegelmat. Eveneens zijn de betontegels en de daarbij benodigde stalen bekistingen in productie genomen.

De uitvoeringsmethode van de drempel met zelf-positionerende steenstarters werd verder uitgewerkt. Men heeft gekozen voor een 'Artemis' plaatsbepalingssysteem. Onderzocht wordt welk peilsysteem gekozen moet worden voor het controleren van het gemaakte werk. De methoden voor opschonen en verdichten worden verder uitgewerkt.

Na de winterstop is de aanvoer van steen uit Finland weer op gang gekomen. De aanvoer uit Duitsland ging normaal door.

De eerste fase van de damaanzetten Roggenplaat-Noord en Neeltje Jans is in uitvoering. De filteropbouw van Roggenplaat-Noord kwam gereed, en men is begonnen met de aansluiting van de wal. De filteropbouw van Neeltje Jans is in volle gang en komt in september gereed.

Het doorbaggeren van compartiment I van de bouwput Schaar kwam gereed. Compartiment IV is nu vrijwel geheel ingericht; in september wordt begonnen met de bouw van de onderdorpels.

De pijlerbouw in de compartimenten II en III verloopt volgens plan. Het ontwerp voor de doorbaggering van de compartimenten I naar II en van II naar III is in voorbereiding.

De activiteiten rond de bouw van de pijlers gaan duidelijk afnemen. De eerste 19 pijlers

in compartiment I staan in het water, de volgende 27 pijlers in compartiment II zijn voltooid en de laatste 20 pijlers in compartiment III zijn in een vergevorderd stadium van uitvoering. De inundatie van compartiment II zal zo laat mogelijk worden uitgevoerd, teneinde de hinder van aanzanding en aangroei zo veel mogelijk te beperken. Als proef heeft het hefschip 'Ostrea' een met water tot 12 500 ton verzwaarde pijler opgetild; deze proef is door het hefschip en de pijler glansrijk doorstaan. De aanbesteding van het bedieningsgebouw heeft plaatsgevonden; men kan begin augustus met de bouw beginnen.

Het bouwkundige gedeelte vergt ruim een jaar; de definitieve oplevering met alle installaties zal na twee jaar plaatsvinden.

De bouw van de Roompotsluis nadert zijn voltooiing. Het betonwerk is vrijwel gereed en er wordt begonnen met de bouw van het bedieningsgebouw. De bouw van de buitenhaven vordert volgens plan. In augustus zal de westelijke doorbaggering worden gemaakt.

Begin september worden de roldeuren geplaatst. De oostelijke doorbaggering zal in oktober worden gemaakt als de deuren voor het verkeer berijdbaar zijn.

In de afgelopen drie maanden is men verder gegaan met het proevenprogramma 'CARJAN' voor het uittesten van het nieuwe materieel.

Een groot deel van de mechanische moeilijkheden is nu opgelost; in de afgelopen periode lag het accent vooral op het uittesten van de werkmethodeken en het trainen van de bemanning. Na de bouwvakvakantie zal men zich vooral toeleggen op

het bereiken van de gewenste kwaliteit.

Op de proeflocaties in de Roompot zijn cunetten gezogen, waarop twee proefmatten zijn gelegd.

De aangepaste dustpan- en opschooninstallaties van de 'Cardium' functioneren goed. Alleen het zuig- en persvermogen bleek onvoldoende; dit wordt in de bouwvakvakantie uitgebreid.

Ook 'Jan Heymans' heeft, nadat de ontzandingsinstallatie is omgebouwd en een tweede stortpijp is aangebracht, zijn proevenprogramma hervat. De opschoon- en stortproeven zijn voor een deel uitgevoerd.

De grindspuitinstallatie wordt tijdens de bouwvakvakantie geplaatst. De in voorgaande rapportages vermelde moei-

lijkheden met de onderwaterpompmotoren van de 'Cardium' zijn inmiddels afdoende opgelost.

Voor het verwijderen van de grondverbetering is het zuig- en persvermogen van de Cardium vergroot door plaatsing van twee opjaagstations. De montage en inbedrijfstelling heeft inmiddels plaatsgevonden. De mattenrol 'Ensis' is in bedrijf gesteld. De samenbouw van de mattenrol 'Twensis' vordert goed. Volgens plan zal de rol medio juli 1982 te water worden gelaten.

Het hefschip 'Ostrea' is op 16 april 1982 door de bouwwerf Rijn-Schelde-Verolme overgedragen. De werkbeproevingen zijn goed verlopen. Begonnen is met het uitvoeren van vaarhefproeven, met verhaalproe-

ven in combinatie met de afmeerponten 'Macoma' en met het verrichten van een aantal experimentele plaatsingen.

De bouw van de afmeer- en opschoonponten 'Macoma' werd in de verslagperiode voltooid. Het schip werd op 4 juni 1982 door de werf De Merwede overgedragen. Met de werkbeproevingen is men begonnen. Ze bestaan uit zuigproeven, verhaalproeven al dan niet gekoppeld aan het hefschip 'Ostrea' en de mattenlegponten 'DOS I'. Van de 'Jan Heymans' zijn de tweede stortpijp en de aangepaste ontzandingsinstallatie in bedrijf gesteld; de grindspuitinstallatie zal in juli 1982 worden aangebracht.

De werkbeproevingen zijn in volle gang.

Fotoverantwoording

Rijkswaterstaat 58, 91

Wim Riemens 71, 87, 97, 104,
108, 115

Bart Hofmeester 85

King Air foto 99

Wil grond 106

Register

Driemaandelijks Bericht Deltawerken
Nr. 91 t/m 100

A

afmeer- en opschoonponton, zie 'Macoma'
afvierponton 367
algengroei 38, 75, 94, 238, 255, 281, 536
ALGOS-project 239
alternerend verdichten 423
ankerdraden 363
ankerpalen 363, 532, 534
aquatisch ecologisch onderzoek 254
'Arca' 367
asfaltmastiek 14, 189
asfaltchip, zie 'Jan Heymans'
'Asterias' 478
astronomisch getij, zie getij

B

BARCON-project 103, 239, 262, 269, 520
Bathse Spuikanaal 237, 331, 351, 404, 463,
513, 538, 569
Bathse Spuisluis 82, 148, 226, 331
beheersplannen voor kunstwerken 237
beleidsanalyse 103, 236, 535
beplanting 113, 315
Bergse-Diepsluis 114
biochemisch onderzoek 212
bodemdieren 260
bodemfluctuaties 305
Bodemkruiper, zie 'Portunus'
bodemonderzoek 180, 218, 396
breuksteen 427
bronbemaling 383
Brouwerssluis 92, 211, 396

C

'Cardium' 125, 130, 178, 302, 355, 363, 473,
478

centrifugeproeven 369
Commissie Compartimentering Oosterschel-
de 156
compartimenteringswerken 237
– fasering en sluitingsmethode 447
– landschappelijke inpassing 241
– milieukundige begeleiding 240
– proefzandsluiting 479
– zandwinning 153
Controle- en Informatie-Centrum 139
CONSOL-rekenprogramma 374
corrosiebestendigheid 525
cyclische verhangen 439

D

Deltacommissie 148, 559
Deltadienst 299
Deltagebied, kustontwikkeling 70
Deltagoot 439
doorlaatmiddel
– Grevelingendam, zie Flakkeese Spuisluis
– Markiezaatskade 278, 343
'DOS I' 367, 478
duikerklomp 138, 422
duikers 473
duinbewaking 542
dustpanzuiger 125, 184, 367, 483
dijkbewaking 7
dijkversterking 505, 559

E

ecologisch onderzoek 206, 236, 252, 254, 282,
548
'Energio'-project 411
eutrofiëring 38
evaluatie 236, 253, 339, 389

F

FILTER-model 379

filteronderzoek 439
Flakkeese Spuisluis 82, 70, 404, 463, 491, 513, 569
flora 496

G

geochemisch onderzoek 209
geologisch onderzoek 218
geomorfologische veranderingen 157
geoponton, zie 'Johan V'
getij 467
– astronomisch getij 4, 377
getij-energie 414
getijrekking 451
getijveranderingen 238, 248, 264, 273
getijvoorspellingen 140
golfbelasting 370
golfonderzoek 98, 142, 377
GONO-model 101, 139
grenstoestand 15
Grevelingendam, doorlaatmiddel, zie Flakkeese Spuisluis
Grevelingenmeer 92, 157, 211, 281, 491, 535, 548
grondmechanisch onderzoek 29, 301, 369, 395, 396
grondverbetering 184

H

Hansweert, sluizencomplex 391
Haringvliet 211
hefschip, zie 'Ostrea'
helikopter 555
hevelsluis 491
HISTOS-project 139, 375
Hollands Diep 211
hydraulisch onderzoek 23, 200, 335, 336, 396, 435, 519
hydrobiologisch onderzoek 261, 270
Hydro-Meteo-Centrum 139

I

IMPLIC 438
inlaatsluis Volkerak 331, 525
inrichting, zie milieu en inrichting
inspectieslede, zie 'Asterias'
INVOL-systeem 21

J

'Jan Heymans' 16, 189, 367, 478, 532
'Johan V' 138, 422

K

Kanaal door Zuid-Beveland 243, 391, 393
'Klarsichtvorsatz' 473
K.N.M.I. 3, 101, 103, 139, 377

Krammersluizen 23, 85, 113, 319, 324, 383
– bediening 486
– proefzandsluiting van het lage bufferbekken 479
Kreekraksluizen 23, 486
kustontwikkeling 70
kustsuppletie 33

L

Laboratorium voor Grondmechanica 29, 218, 301, 369, 442
landbouw 535
landschappelijke aspecten 157, 275
landschappelijke inpassing 241, 315, 333
'Lodycke' 532
lozingsmiddel, Zoommeer, zie Bathse Spuisluis
lozingsprogramma Volkerak 202

M

'Macoma' 179, 367, 478
Markiezaat van Bergen op Zoom 148, 237, 272
Markiezaatskade 342, 404, 513
MARKIN-project 239
mattenlegponton, zie 'Cardium'
Mechanische Duiker 477
meetwerkschip, zie 'Lodycke'
milieu en inrichting 38, 92, 154, 157, 209, 212, 231–293, 342, 452, 496, 535, 540, 548
mineralisatie 255
modelonderzoek 16, 21, 23, 94, 102, 106, 139, 142, 178, 180, 200, 252, 283, 309, 335, 361, 369, 377, 396, 435, 440, 491, 520
mosselaangroei 85
mosselcultuur 202, 248, 305
'Mytilus' 133, 178, 301, 367, 422, 532

N

Neeltje Jans, proeven op 371
Noord-Holland 505, 559

O

Oesterdam 57, 113, 153, 170, 226, 346, 351, 404, 447, 463, 479, 513, 569
– ontwerp 148
– schutsluis 336
– verkeer over 150
– werkeiland 336
oesterteelt 248, 305, 529
oeververanderingen 160
oeververdediging 160
omkading van het Markiezaat, zie Markiezaatskade
onderloopsheid 358
ontgrondingsonderzoek 396
ontziltling 278
Oosterschelde 79, 218, 467, 496, 548
– beheer 82, 248

- beleidsplan 248
- bodemfluctuaties 305
- inrichting 248
- stormvloedkering, zie stormvloedkering
- verversing 309
- waterkwaliteit 247
- werkbaarheid 139
- zoutgehalte 80, 202
- Oosterscheldemonnd 142, 377
- golfonderzoek 142, 377
- stroomverandering 435
- 'Ostrea' 179, 363, 478
- overspoelingsfrequentie 497

P

- partiële dijkversterking 171
- peilmeetstations 7
- Philipsdam 57, 113, 153, 170, 226, 351, 384, 404, 447, 461, 513, 569
- sluizen, zie Krammersluizen
- stabiliteit van taluds 29
- plankton 260, 281
- 'Portunus' 476
- probabilistische methode 178, 201
- profielopnemer 474

R

- recreatie 248, 253, 276, 324, 535, 538
- rondstroming 82, 495
- ro-ro-ponton 433

S

- Schelde-Rijnverbinding 273, 331, 342, 449
- Schelphoek, proeven op 375
- schorren 158, 262, 267, 273, 496
- sedimentatie 209, 247
- sedimenttransport 180
- Slaak 153
- slibtransport 258
- slikken 158, 273
- sonar 474
- speciebergig 237, 243, 395
- SPONS-rekenprogramma 440
- Spuikanaal Bath, zie Bathse Spuikanaal
- stormvloedkering Hollandse IJssel 12, 299
- stormvloedkering Oosterschelde 12, 57, 114, 170, 226, 351, 369, 404, 461, 515, 569
- aanzanding bij de bouw 467
- beheer 103, 175, 237, 262, 526
- bewegingswerken 519
- bodembescherming 13
- bodemligging tijdens de bouw 180
- damaanzetten 195, 427
- dorpelbalken 178, 454
- drempel 179, 427
- filtermat 125, 130, 302, 355, 439, 468
- fundering 125, 130, 178, 300, 355, 369, 439, 468

- gevolgen 74
- grondverbetering 184
- landhoofden 195, 427
- landschappelijke inpassing 241
- materieel 363
- mattenfabriek 128, 302, 355
- onderwaterinspectie 473
- ontwerp 103, 175, 237
- peilingen 17
- planning 119, 179
- projectorganisatie 179
- pijlers 178, 371, 419, 435, 439, 468
- randvoorwaarden 177
- schuiven 178, 519
- stortebedden 13, 178, 189
- stroomverandering tijdens de bouw 435
- tegelmat 302
- verdichting 133, 301, 361, 419
- verkeerskokers 179
- wegen 178
- stormvloedwaarschuwingsdienst 3, 103
- stratificatie 155
- stroomveranderingen 435
- Stuurgroep Oosterschelde 243, 250

T

- 'Taklift I' 367
- 'Taklift IV' 367
- Texel 505, 559
- trillingsonderzoek 133, 422

V

- Veerse meer 212
- vegetatie 496
- verankering, zie ankerpalen
- verdichting 133, 199
- verdichtingspontoon, zie 'Mytilus'
- verdichtingsproeven 133
- Verwerkings-Centrum Zierikzee 139
- visserij 248, 253, 266, 452, 535
- voedselbalans 255, 286
- vogelonderzoek 42, 63
- Volkerak 57, 170, 202, 211, 315, 331, 351, 525
- Volkeraksluizen 21, 202
- vorderingen 57, 113, 170, 226, 351, 404, 461, 513, 569

W

- waterhuishouding 21, 277, 535
- waterkwaliteit 92, 247, 275, 280, 331, 342, 491, 535, 555
- Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' 16, 21, 23, 102, 190, 198, 212, 336, 397, 441
- watersnoodramp 1953 4, 543, 559
- Westerschelde 212
- windenergie 412
- windgoot 435

wrijvingsproeven 369
'Wijker Rib' 477

Z

zandlaagdiktemeter 474
zandtransport 305, 467, 479, 542
zandwinning 153, 237, 243
Zoommeer 21, 38, 157, 212, 266
– lozingsmiddel, zie *Bathse Spuisluis*
zoutgehalte 80, 86, 92, 202, 254, 309, 342, 497
zout/zoet-problematiek 21, 80, 202, 238, 255,
305, 326, 331, 447, 491, 535
zout/zoet-scheidingssysteem 23, 85, 319, 326
Zuid-Beveland 538
zware metalen 209

Ons tijdschrift als boekwerk!

Er is een stevige, grijslinnen verzamelband beschikbaar, waarin U op eenvoudige wijze 10 exemplaren van het Driemaandelijks bericht 'Deltawerken' kunt bundelen. De rug van deze band is voorzien van een uitsparing voor het aanbrengen van de nummerstroken.

De prijs voor een band bedraagt f 13,75.

Bestelkaart 2641-82-09

Stuur mij rechtstreeks of via boekhandel

— ex. 100-092-00 Band Deltawerken prijs f 13,75 (p. post f 14,40)

Naam:

Adres:

Postcode + Woonplaats:

Postgiro:

Datum:

Handtekening:

hier
postzegel
plakken



Staatsuitgeverij
Afdeling Boekhandel
Christoffel Plantijnstraat
2515 TZ 's-Gravenhage

