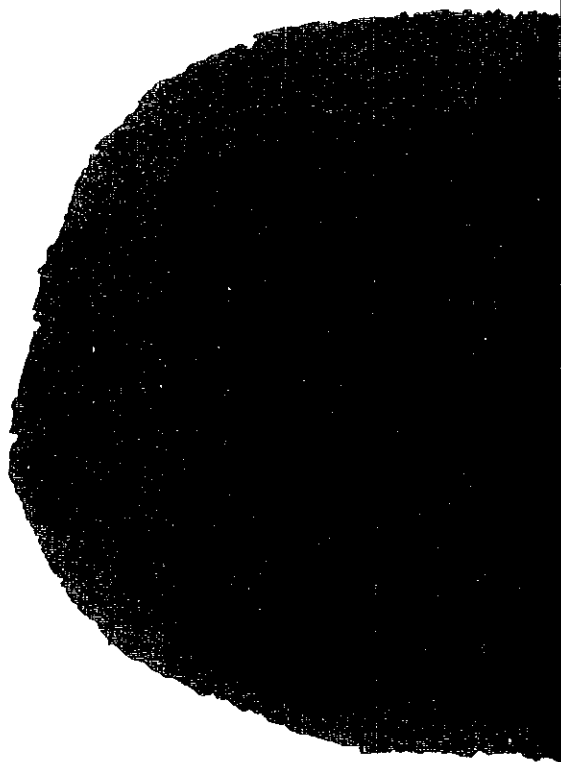
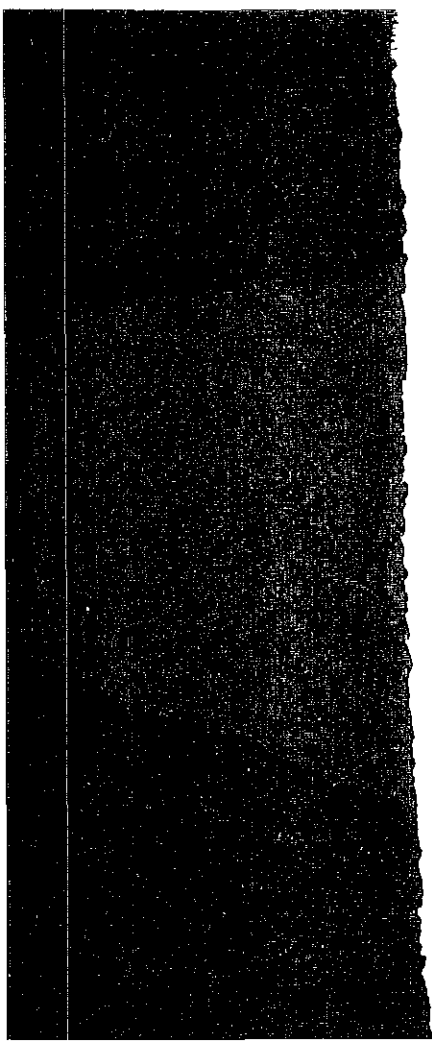


Driemaandelijks Bericht
nummer 121, augustus 1987

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Veenlaan 1
4301 NN Zierikzee
Telefoon: 01110-1 8000

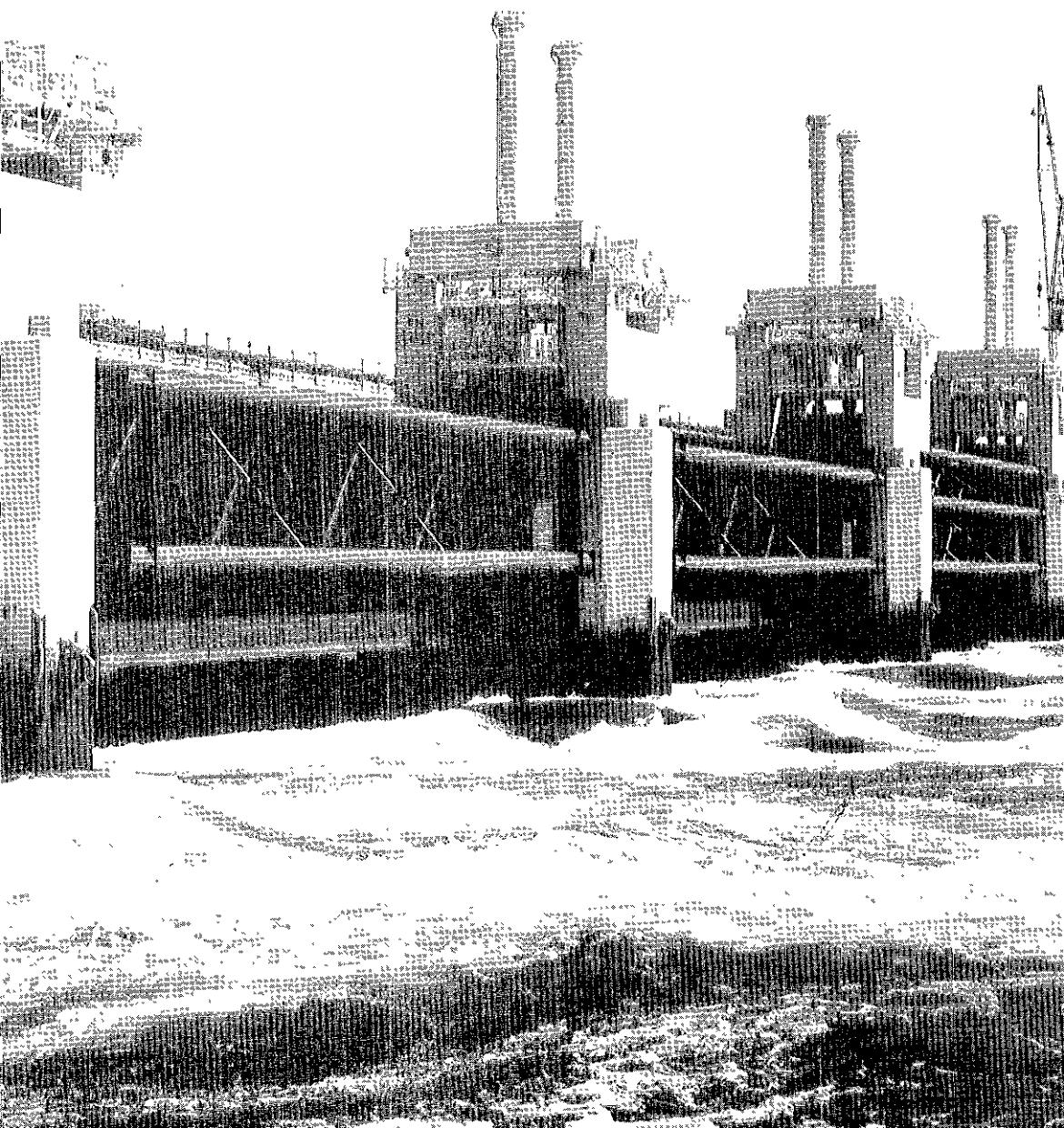
Abonnementen en verkoop losse nummers:

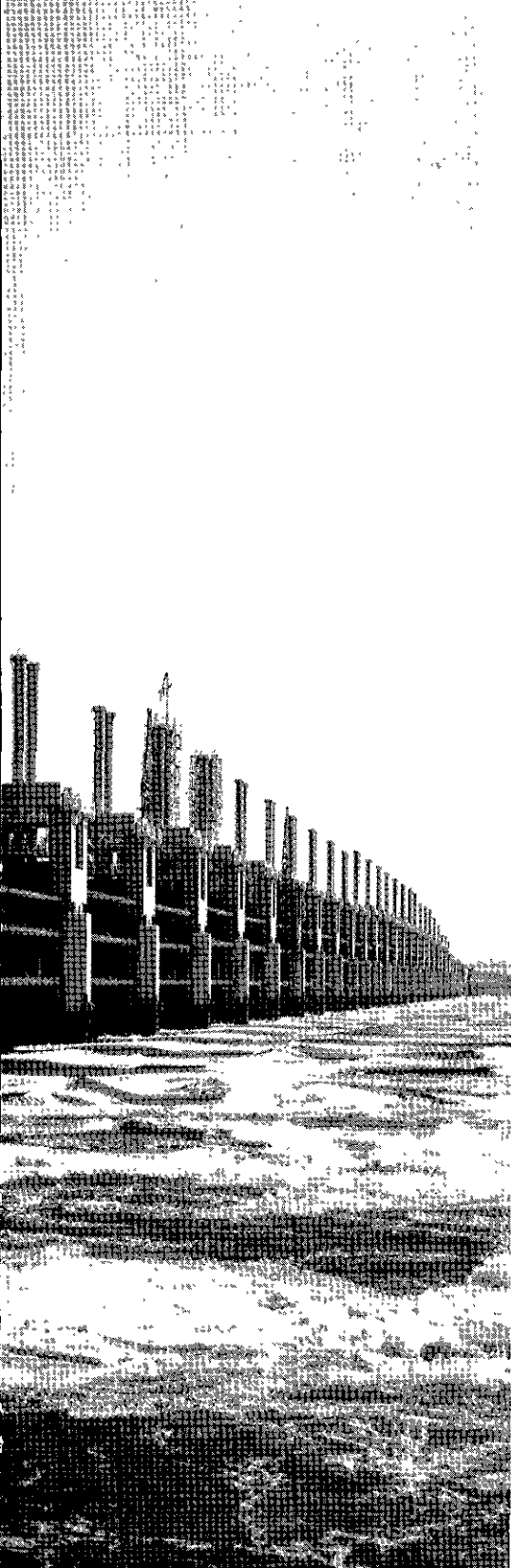
Staatsuitgeverij
Postbus 20014
2500 EA 's-Gravenhage
Telefoon. 070-78 99 11

De prijs bedraagt f 30,75 per jaar
of f 8,10 per nummer

Inhoud

Het beheer van de stormvloedkering	551
Deiningspredictie	556
Werktuigbouw in de Krammersluizen	562
De opleiding van het sluispersoneel voor de Krammersluizen	567
Groene Deltadijken in Friesland	569
Een integraal beleidsplan voor de Westerschelde	575
Vegetatieverandering op de Ventjagersplaat	581
Visonderzoek in de Deltawateren	585
Kartering van macrofyten in de Oosterschelde	596
Samenvattingen/Summaries	600
Vorderingen	603





Het beheer van de stormvloedkering

Over het project BARCON, dat werd opgezet om het beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde te organiseren, werd eerder gepubliceerd in de Berichten 92 (mei 1980), 95 (februari 1981), 100 (mei 1982) en 110 (november 1984). In het eerste artikel werd vooral aandacht besteed aan het toekomstige beheer van de stormvloedkering in stormsituaties. Tevens werd er een vooruitblik gegeven op de studies inzake de voor het beheer benodigde beslissystemen, de opleiding van personeel en de benodigde apparatuur. In het tweede artikel werd aandacht besteed aan de milieukundige inbreng in de BARCON-studies. In het derde artikel stond het gebruik van de stormvloedkering in andere dan stormsituaties centraal. Het vierde artikel was gewijd aan de organisatie van het BARCON-project, de voortgang van de werkzaamheden en aan het beslissysteem.

In dit vijfde en laatste artikel in de reeks wordt nader ingegaan op de beslissing van de Minister over het beheer van de stormvloedkering, en de daartoe gevolgde procedure.

In mei 1985 was de concept-nota 'Beheer stormvloedkering Oosterschelde' voltooid. In de periode mei tot juli 1985 werd er vooroverleg over gevoerd, dat tot doel had mogelijke lacunes in de inventarisatie van beheersmogelijkheden en in de analyse daarvan tijdig te onderkennen, zodat de concept-nota nog voorafgaande aan de procedure van de Raad van de Waterstaat zou kunnen worden aangepast. Het vooroverleg werd in eerste instantie beperkt tot de relevante bestuurslagen en overlegkaders. Naar aanleiding van verzoeken van milieu- en visserijbelangenorganisaties is tevens met die organisaties overleg gevoerd.

Op grond van de resultaten van het vooroverleg kon geconcludeerd worden, dat de concept-nota een voldoende basis voor besluitvorming bood. Op een aantal punten werd nadere toelichting en onderbouwing gevraagd. De concept-nota werd in juli 1985 op die punten aangevuld. Tevens werden de resultaten van het vooroverleg toegevoegd.

De aldus definitief geworden nota 'Beheer stormvloedkering Oosterschelde' is 6 september 1985 door de Minister van Verkeer en Waterstaat aangeboden aan de Raad van de

Waterstaat met het verzoek advies uit te brengen.

Stormgebruik

Uit de studies die ten behoeve van de nota zijn uitgevoerd is gebleken dat zich bij het beheer van de kering bij stormvloedsituaties keuzemogelijkheden voordoen, onder andere met betrekking tot de hoogte van de waterstand waarbij tot sluiten wordt overgegaan; het aantal keren dat de kering moet worden gesloten, is afhankelijk van die waterstand. Verder kunnen, indien tot sluiten is besloten, verschillende peilen op de Oosterschelde worden ingesteld. Bij een langdurige storm wordt de kering, als de waterstanden het toelaten, tussentijds geopend. De keuzemogelijkheden leiden tot een aantal verschillende beheersstrategieën voor de inzet van de kering in stormvloedsituaties.

Nieuwe of versterkte waterkeringen moeten voldoen aan de door de Deltacommissie opgestelde eisen. De Deltacommissie heeft aanbevolen dat waterkeringen in Zuidwest-Nederland ontworpen dienen te worden op een ontwerpwaterstand met een overschrijdingsfrequentie van $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar. Onder deze ontwerpomstandigheden dient nog een zekere veiligheid aanwezig te zijn. De geaccepteerde faalkans dient, zo heeft de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen aangegeven, tenminste een factor tien kleiner te zijn dan de eerder vermelde overschrijdingsfrequentie, dus kleiner dan $2,5 \times 10^{-5}$. Ook bij het beheer van de stormvloedkering wordt uitgegaan van dit criterium.

De veiligheid van het Oosterscheldegebied wordt bepaald door een stelsel van elkaar beïnvloedende factoren. Daar zijn ten eerste de natuurlijke randvoorwaarden op de Noordzee, zoals bijvoorbeeld getij, windkracht en -richting. Verder speelt de kwaliteit van de waterkeringen rondom de Oosterschelde een rol. Die wordt bepaald door de kruinhoogte, de kwaliteit van de glooiingen, de taluds, en de grasmatten. Een volgende factor zijn de technische eigenschappen van de stormvloedkering en daarnaast het beheer van de stormvloedkering: het moment en de wijze van sluiten. Bepalend voor de veiligheid zijn tenslotte ook de hydro-meteo-randvoorwaarden op het bekken, zoals waterstanden, golfhoogten, stroomsnelheden en windsterkten.

Voor elk onderdeel van het beveiligingssysteem is de kans berekend op het optreden van een bepaalde waterstand in combinatie met een bepaalde golfaanval, en de kans dat dat

onderdeel als gevolg van deze omstandigheden bezwijkt. De combinatie van deze twee kansen levert de overstromingskans op van een bepaald deel van Zeeland. De totale overstromingskans mag dan niet groter zijn dan het veiligheids criterium van $2,5 \times 10^{-5}$ per jaar. De kering kan in beginsel worden gesloten wanneer een bepaalde gemeten waterstand, het alarmpeil, overschreden wordt, of als verwacht wordt dat een bepaalde andere waterstand, het sluitpeil, overschreden zal worden.

Bij sluiting op basis van voorspellingen kunnen, omdat de voorspellingen in het algemeen meer dan 12 uur voor de vloed beschikbaar zijn, op de Oosterschelde in beginsel nog verschillende, min of meer vaste, peilen worden ingesteld. Deze strategie wordt 'sluiten op binnenpeil' genoemd. Door lek in de kering loopt dit peil langzaam op. De grootte van het lek in de kering zal later minder worden door aangroei van organismen aan de drempelconstructie.

Bij een meertopsstormvloed is het ook mogelijk de stormvloedkering na het eerste en het tweede hoogwater te openen en voor het volgende hoogwater weer te sluiten, zodat een nieuw binnenpeil wordt gerealiseerd. Deze gebruikswijze wordt de 'wisselstrategie' genoemd.

De kering kan op basis van een voorspelde waterstand in beginsel ook gedeeltelijk worden gesloten. Het moment waarop met de sluiting wordt begonnen en de grootte van de resterende opening bepalen dan het verloop van de binnenwaterstand. Dat is de 'reductorstrategie'. Gezien vanuit de constructie van de kering en vanuit beheerstechnisch oogpunt zijn aan deze strategie echter aanzienlijke bezwaren verbonden, waardoor de kans op fouten in de bediening en in het besturingsstelsel toeneemt. De voordelen ten opzichte van de wisselstrategie bleken bovendien marginaal. Op grond hiervan is de 'reductorstrategie' voor stormsituaties niet verder in de beschouwingen betrokken. Voor het nevengebruik van de stormvloedkering kan deze strategie in beginsel wel worden gehanteerd. De keuzemogelijkheden voor sluit- en alarmpeilen worden aan de bovenzijde begrensd door de vanuit veiligheidsoogpunt maximaal toelaatbare waterstand op de Oosterschelde tijdens stormvloeden. Uit berekeningen is gebleken dat een sluitingsoperatie in ieder geval niet later mag worden ingezet dan bij een waterstand van N.A.P. + 3,50 m. Als bovengrens voor het alarmpeil wordt dan ook van die waterstand uitgegaan.

In verband met de onnauwkeurigheid in de

voorspelling van waterstanden verdient het aanbeveling het sluitpeil 25 cm lager te leggen dan het alarmpeil. Het maximaal toelaatbare sluitpeil is derhalve N.A.P. + 3,25 m.

Voor het bepalen van de ondergrens van de keuzemogelijkheden voor sluit- en alarmpeilen is de overschrijdingsfrequentie van bepaalde waterstanden maatgevend. Keuze voor een zeer lage ondergrens zou een groot aantal vanuit veiligheidsoptiek onnodige sluitingen veroorzaken. Een sluitpeil van N.A.P. + 2,50 m zou bijvoorbeeld leiden tot drie à vier sluitingen per jaar, terwijl het beperkt bewakingspeil in de huidige situatie slechts één keer per jaar wordt overschreden. Op grond daarvan is als ondergrens voor het sluitpeil N.A.P. + 2,75 m aangehouden.

Onderzocht werden drie verschillende combinaties van alarm- en sluitpeil. Als eerste een alarmpeil op N.A.P. + 3 m, met bijbehorend sluitpeil op N.A.P. + 2,75 m. Gevonden werd dat de kering dan gemiddeld 1,7 keer per jaar moet worden gesloten. Daarnaast een alarmpeil op N.A.P. + 3,25 m en een sluitpeil op N.A.P. + 3 m. De sluitingsfrequentie daalt daarmee tot 0,6 keer per jaar. Een verdere verhoging van beide peilen met 25 cm leidt tot een sluitingsfrequentie van 0,22.

Ook in de beheersstrategieën is er keuze: de *sluitautomaat komt in actie als een vooraf vastgesteld waterpeil werkelijk wordt overschreden*. Sluit men volgens de binnenpeilstrategie, dan kan gekozen worden tussen een binnenpeil van 1 dan wel 2 m. Verder is er nog de wisselstrategie, met varianten zoals hieronder in de tabel opgesomd.

Er zijn geen vaste binnenpeilen lager dan N.A.P. in beschouwing genomen, omdat die niet realistisch zijn, vanwege de tijdens storm vaak verhoogde laagwaterstand. Bovendien kan een binnenpeil van N.A.P. tijdens een twee- of drietopsstormvloed niet worden gehandhaafd als gevolg van onder meer de lek door de kering. Hogere vaste binnenpeilen zijn buiten beschouwing gelaten omdat ze niet voldoen vanuit veiligheidsoogpunt.

Naast de vermelde wisselstrategieën zijn nog vele varianten denkbaar, maar die zijn op

grond van de negatieve resultaten van een vooronderzoek verder niet in de analyse betrokken.

Bij elk van de belastingen die optreden bij de onderzochte beheersstrategieën en alarmpeil/sluitpeil-combinaties is de kans bepaald op bezwijken van de waterkeringen langs de Oosterschelde, gelet op de mogelijke bezwijkmechanismen.

Een waterstand op de Oosterschelde hoger dan N.A.P. + 3,50 m leidt tot overstroming van de dijken. Een aantal dijkvakken is gevoelig wegens onvoldoende stabiliteit van het binnentalud. Onvoldoende stabiliteit van het buitentalud is niet maatgevend voor de veiligheid, omdat kritieke situaties op eenvoudige wijze met behulp van de stormvloedkering kunnen worden voorkomen. Interne erosie door zandmeevoerende wellen kan optreden bij waterstanden hoger dan N.A.P. + 2 m als gevolg van grondwaterstroming door of onder de dijk. Een aantal vakken voldoet niet aan de aan een glooiing te stellen eisen, en dient te worden versterkt. Bij waterstanden hoger dan N.A.P. + 2 m zal bij een aantal dijkvakken beschadiging aan de grasmat optreden door geconcentreerde golfaanval.

De kans dat een dijk bij een bepaalde belasting bezwijkt, vermenigvuldigd met de kans op het optreden van die belasting, dient kleiner te zijn dan $2,5 \times 10^{-5}$ per jaar. Is de kans groter, dan wordt de betreffende strategie als onveilig beschouwd.

Uit de veiligheidsanalyse is gebleken dat niet kan worden volstaan met een automatisch sluitsysteem; de inundatiekans is daarbij te hoog. Voor het gebruik van de stormvloedkering komt derhalve alleen een bediend systeem in aanmerking, aangevuld met een sluitautomaat als reservesysteem.

Van de onderzochte beheersstrategieën bij een bediend systeem bleken de strategie 'sluiten op binnenpeil' op N.A.P. + 2 m, en ook 'wisselstrategie 1-2-3' eveneens een te hoge inundatiekans op te leveren.

De andere beheersstrategieën kunnen bij alle alarmpeil/sluitpeil-combinaties veilig worden uitgevoerd.

Varianten	sluiting vóór 1e top op m boven N.A.P.	sluiting vóór 2e top op m boven N.A.P.	sluiting vóór 3e top op m boven N.A.P.
variant a	0	1	2
variant b	1	2	3
variant c	1	2	1
variant d	2	1	2



De bedieningskamer van de stormvloedkering

In de veiligheidsanalyse is geen aandacht besteed aan psychologische aspecten verbonden aan de verschillende gebruikswijzen van de stormvloedkering. Deze aspecten kunnen met name een rol spelen bij de wisselstrategieën omdat de kering daarbij, om variatie te bewerkstelligen van het binnenpeil, terwijl de storm nog voortduurt wordt geopend en opnieuw gesloten.

Van de veilige alarmpeil/sluitpeil-combinaties en beheersstrategieën zijn de gevolgen bepaald voor de belangrijkste aspecten van

het milieu, voor de visserij en voor de overige functies van het Oosterscheldegebied.

Bij het milieu gaat het dan vooral om de ondiepe onderwaterbodem, het intergetijdegebied, de schorren, het harde substraat en de vogels. Tevens zijn de mossel- en kokkelvisserij in de beschouwing opgenomen.

Met de overige functies worden de scheepvaart, de afwatering van polders en de buitendijkse objecten aangeduid, zoals bijvoorbeeld bedrijven

Uit de analyse is gebleken dat op de Oosterschelde het aantal keren dat de stormvloedkering wordt gesloten, van groter belang is dan het in te stellen, al dan niet te variëren binnenpeil. Het aantal keren dat wordt gesloten hangt rechtstreeks samen met de keuze van de voorspelde waterstand waarbij tot sluiting van de kering wordt besloten. In

dit verband dient te worden gesteld dat de sluitingsfrequenties bij de verschillende keuzemogelijkheden voor de sluitpeilen niet leiden tot omvangrijke nadelige effecten op milieu en visserij. Wel verdient, vanuit deze functies gezien, een zo gering mogelijk aantal sluitingen de voorkeur.

Met betrekking tot het al dan niet variabele binnenpeil is uit de analyse naar voren gekomen, dat de verschillende binnenpeilen uiteenlopende voor- en nadelen hebben voor de verschillende aspecten van milieu en visserij. Voorkeur voor een bepaald binnenpeil is dan ook afhankelijk van het gewicht dat aan die afzonderlijke aspecten wordt toegekend. De afweging van voor- en nadelen wordt voorts nog bemoeilijkt doordat de waterstand op de Oosterschelde bij gesloten kering ook nog kan variëren door op- en afwaaiing, en door lek door de drempelconstructie van de kering.

Nevendoeleinden

Ook naar de mogelijkheden tot het gebruik van de stormvloedkering buiten stormsituaties is onderzoek verricht. In eerste instantie werd een inventarisatie gemaakt van denkbare situaties waarin het gebruik van de stormvloedkering zou kunnen worden overwogen. Zo zou een manoeuvre met de stormvloedkering het bergen van schepen kunnen vereenvoudigen of de werkperiode in de laagwaterzone verlengen, dan wel de aanleg van kabels en buisleidingen vereenvoudigen. Ook valt te denken aan beïnvloeding van de morfologische en vegetatieve ontwikkelingen.

Voor elk van de geïnventariseerde gebruiksmogelijkheden is bezien in hoeverre de stormvloedkering een effectief instrument kan zijn voor het beoogde doel, en of dat doel met andere middelen eveneens kan worden bereikt.

Op grond van de analyse blijkt dat het in drie calamiteuze situaties zinvol kan zijn de kering te sluiten: ter beperking van de gevolgen van een dijkval en van stormschade aan de waterkering, voor de efficiënte bestrijding van olieverontreiniging, en ter voorkoming van ernstige schade aan dijken ten gevolge van drijfijis.

Uit analyse van de gevolgen van een sluiting voor de functies van het Oosterscheldebekken, en van de juridische implicaties, is gebleken dat uiterste terughoudendheid is geboden bij het sluiten van de kering onder andere dan stormsituaties.

De inventarisatie en analyse van gebruiksredenen is tijd- en plaatsgebonden: in de toekomst

zouden andere redenen naar voren kunnen worden gebracht. Als inzet van de stormvloedkering buiten de genoemde calamiteuze omstandigheden wordt overwogen, dient een nadere bepaling van effecten en een brede belangenafweging vooraf te gaan, waarbij andere bestuursorganen en belangenorganisaties moeten worden geraadpleegd.

Bij calamiteuze situaties zal de beheerder, aan de hand van informatie over de concrete situatie en de ernst daarvan, over inzet van de kering voor nevendoeleinden moeten beslissen.

Besluiten van de Minister

In juli 1986 heeft de Raad van de Waterstaat de Minister van Verkeer en Waterstaat geadviseerd betreffende het beheer van de stormvloedkering. Op basis hiervan heeft de Minister in een brief aan de Tweede Kamer haar besluiten kenbaar gemaakt. Die kunnen als volgt worden samengevat.

De beslissing tot al dan niet sluiten van de kering wordt genomen door de beheerder van de kering, in casu de hoofdingenieur-directeur van de Rijkswaterstaat in de directie Zeeland. Het sluitpeil, voortaan maatgevende peilverwachting genoemd, en het alarmpeil worden gelijk getrokken; de 'maatgevende peilverwachting' wordt uiteindelijk gesteld op N.A.P. + 3,25 m. Dit peil wordt echter stapsgewijs bereikt. Om bouwtechnische redenen is voor de maatgevende peilverwachting in het eerste stormseizoen 1986-87 een peil van N.A.P. + 2,75 m aangehouden, dat in de aansluitende periode wordt verhoogd tot N.A.P. + 3 m. Op basis van de opgedane ervaringen zal na één of enkele sluitingen de maatgevende peilverwachting worden gesteld op N.A.P. + 3,25 m. Als beheersstrategie is de wisselstrategie 1-2-1 gekozen. Er zal een terughoudend beleid worden gevoerd ten aanzien van het gebruik van de stormvloedkering voor nevendoeleinden.

Bij de studies naar het beheer van de stormvloedkering is gebleken dat er een aantal onzekerheden bestaat, met name ten aanzien van de milieu-effecten en de grootte van de lek door de drempelconstructie van de kering. Voor deze onzekerheden zijn vooralsnog een aantal aannames opgesteld, die bij het daadwerkelijk beheer dienen te worden getoetst. Op grond hiervan kunnen, indien noodzakelijk, voorstellen worden ontwikkeld tot bijstelling van het beheer.

Maximaal vijf jaar na ingebruikneming van de stormvloedkering zal een evaluatienota worden opgesteld, die zal worden aangeboden aan de Raad van de Waterstaat.

Gedurende de uitvoering van de bouw van de stormvloedkering in de jaren 1981 – 1985 waren voor het grote materieel voorspellingen noodzakelijk van onder andere de golfcondities (zie ook Bericht 103 (februari 1983) en 113 (augustus 1985)). De hogere eisen die aan de nauwkeurigheid van deze voorspellingen werden gesteld, hebben gezorgd voor een intensieve samenwerking tussen het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, de Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium. Deze samenwerking leidde uiteindelijk tot de oprichting van een landelijk voorspelcentrum.

Deiningspredictie

Dit centrum zou behalve de operationele voorspellers ook de mensen moeten omvatten die de hulpmiddelen voor de voorspellers maken of ontwerpen. Voorlopig werd Zierikzee gekozen als landelijk centrum voor de deiningsvoorspellingen, omdat daar de mensen en de middelen aanwezig waren. Voor de golfvoorspellingen is een systeem opgezet met informatiestromen van meetgegevens, modeluitkomsten en uitgaande berichten. Dit systeem wordt door iedereen anders genoemd. Het wordt aangeduid als de 'deiningspredictie', het 'golfverwachtingssysteem' en ook wel als de 'Man Machine Mix'.

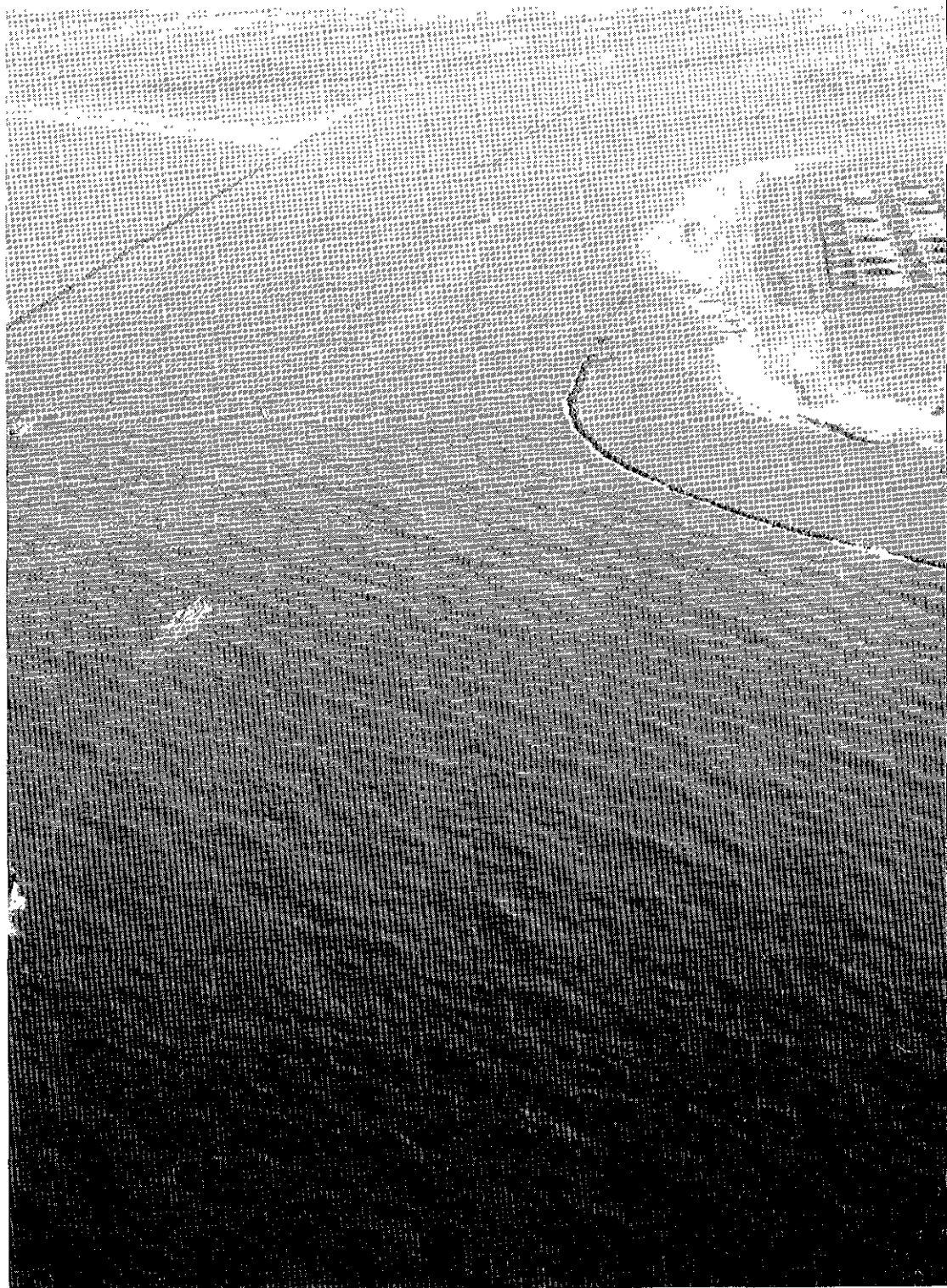
Pas in de tweede wereldoorlog is een begin gemaakt met fundamenteel onderzoek naar golfverwachtingen. Dit onderzoek heeft in eerste instantie tabellen opgeleverd waarmee de golfhoogte kon worden bepaald uit voorspelde winden. Deze tabellen kunnen nu nog gebruikt worden voor een globaal overzicht en een eerste indicatie.

Met het onderzoek naar windgolven is tevens de behoefte ontstaan aan een statistische beschrijving van de golven. Ook deze statistische beschrijving van het zeeoppervlak heeft weer een evolutie gekend van grof naar steeds meer verfijning: van alleen de karakterisering van de verticale beweging op één plaats door middel van een significante golfhoogte kwam het op de lange duur tot een verdeling per frequentie van de golfenergie – het ééndimensionale spectrum –, en vervolgens tot een verdeling voor elke frequentie en richting van de golfenergie: het tweedimensionale spectrum.

Met deze beschrijving werd voorzien in de behoeften van onder andere constructeurs van dijken, schepen, havens en booreilanden

Maar ook zij verlegden steeds weer hun grenzen in de richting van gedetailleerde statistische ontwerpmethoden. Elke beschrijving heeft ook een ontwikkeling in werking gezet op het gebied van meetinstrumenten. Met de ontwikkeling van Remote Sensing door middel van bijvoorbeeld HF-RADAR zal in de nabije toekomst een groot stuk van het zeeoppervlak statistisch beschreven kunnen worden.

Een bijzonder sterke rol bij deze ontwikkeling speelde de zich steeds uitbreidende haven van Rotterdam. De toegang tot de Rotterdamse haven is in de jaren zestig en zeventig meegegroeid met de steeds groter wordende tankers. Men wilde een toegang naar de haven zonder enige stremming voor welk soort schip dan ook bij hoogwater. Dit uitgangspunt en de toenmalige conjunctuur hebben veel onderzoek gestimuleerd, hetgeen eind jaren zeventig resulteerde in een efficiënt ontwerp van de toegangseul. Bij dit ontwerp hoorde een toelatingsbeleid met hydro- en meteocondities. Daartoe werd een infrastructuur opgezet met onder andere het Meetnet Noordzee voor het bepalen van de hydro-meteocondities en een voorspelkantoor. Op grond van de toenmalige kennis van de interactie tussen grote schepen en golven werd voor de golfbrandvoorwaarde de laagfrequente energie gekozen als bepalende parameter, dat wil zeggen de golfenergie uit het golvenspectrum met golfperioden van 10 tot 30 seconden. Deze laagfrequente energie heeft in de operationele omgeving de niet geheel juiste naam van 'deining' gekregen. Een andere naam voor deze parameter is onder andere E10.



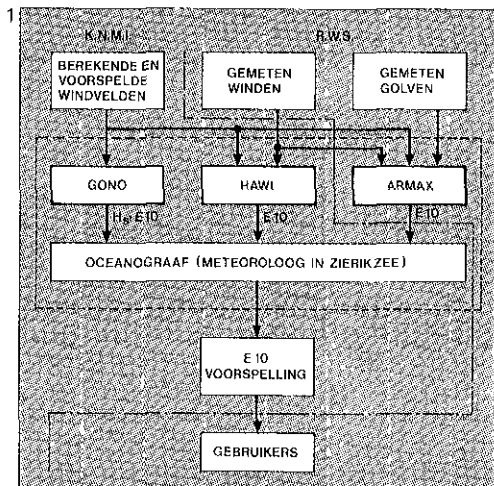


Fig. 1 Organisatieschema van het voorspelcentrum

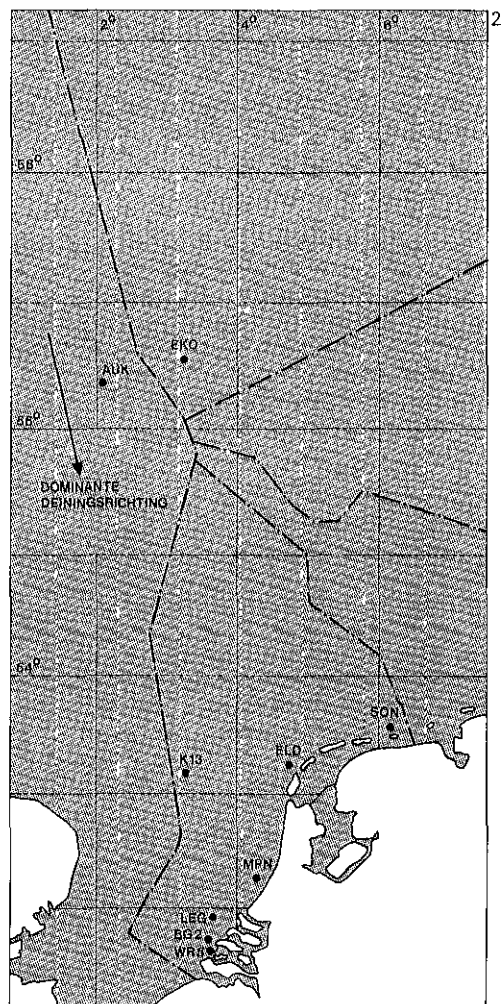
Fig. 2. Het meetnet op de Noordzee

Met al deze ontwikkelingen is de modellering met behulp van wiskundige modellen gelijk opgegaan. Eerst werden de tabellen elektronisch opgeslagen, toen kwamen de operationele computer-programma's die, zoals het GONO-model van het K.N.M.I., 4 maal per etmaal tot 48 uur vooruit voorspellingen van een spectrum kunnen verzorgen. Maar dit soort modellen geeft nog weleens langdurig foute uitkomsten, omdat het met voorspelde windvelden werkt die niet aangepast worden bij onverwachte veranderingen in de baan van een depressie

Daarom wordt op dit moment veel studie verricht om de bovengenoemde fouten te corrigeren met metingen; dat heet 'data-assimilatie'. Een model waarin gebruik gemaakt wordt van een soort 'data-assimilatie' is het ARMAX-E10-programma, gemaakt in een periode waarin de deiningsvoorspelling van groot belang was voor de operationele begeleiding van de Oosterscheldewerken. Op dit moment is er een versie van die bestand is tegen data-uitval, en er zijn enkele verbeteringen aan de behandeling van de windinvoer aangebracht, ook kunnen de golfrichtingsgegevens gebruikt worden van de WAVEC-boeien uit het meetnet Noordzee.

Binnen afzienbare tijd zullen er tweedimensionale golfspectra voorspeld gaan worden met het WAM-model, waarin de meest recente kennis op het gebied van golven en data-assimilatie verwerkt is. Per regio zal men dan met een lokaal WAM-model en randvoorwaarden uit het wereldwijde WAM-model voorspellingen kunnen doen. Deze voorspellingen kunnen dan weer de invoer zijn voor een 'deiningspredictie-systeem'

Voorlopig moeten we het echter nog doen



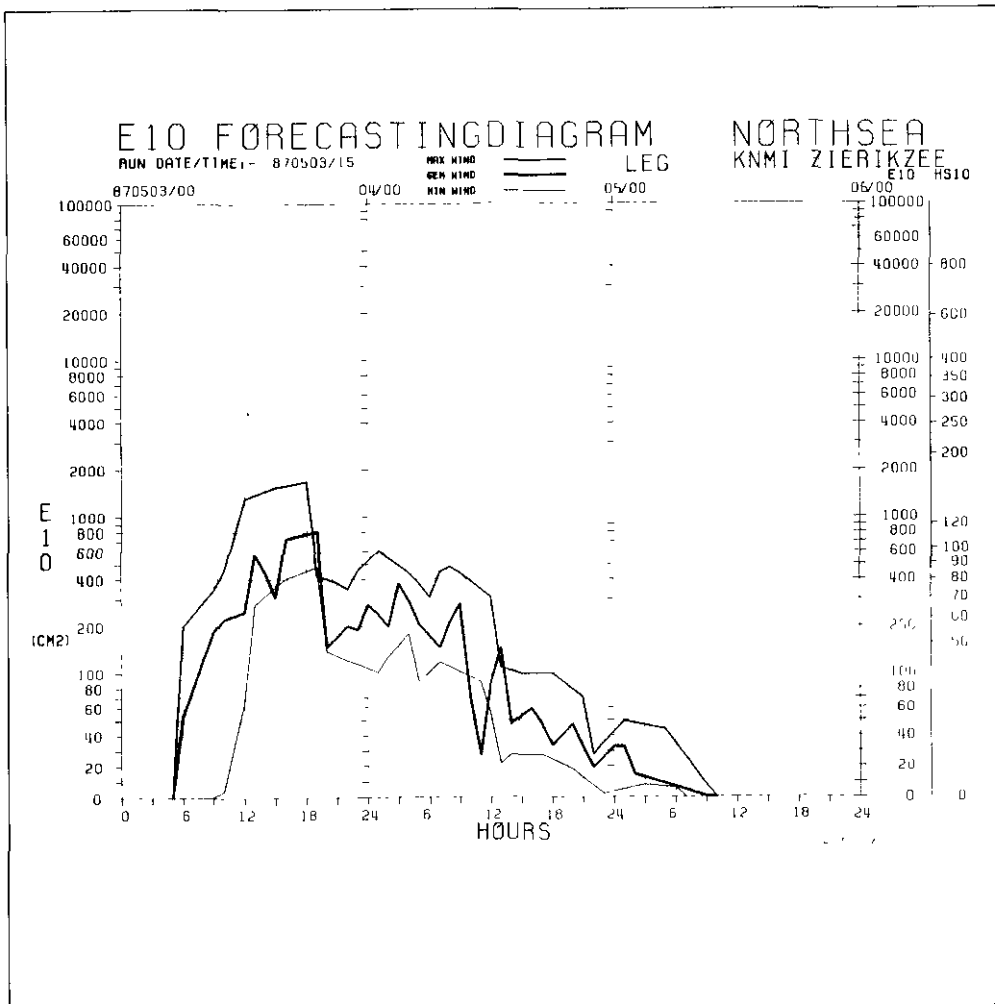


Fig 3 Windvoorspelling volgens het HAWI-model van het K N M I.

met het deiningspredictiesysteem alleen.

Scheepsbewegingen ten gevolge van golven kunnen in verschillende situaties schadelijke gevolgen hebben voor mens en milieu, of bijvoorbeeld de uitvoering van offshore activiteiten sterk bemoeilijken. De deining is voor de Eurogeul nog steeds, en was tot voor kort voor het grote materieel bij de uitvoering van de Oosterscheldewerken, de bepalende parameter voor zulke scheepsbewegingen. Op dit moment wordt de deiningvoorspelling vrijwel alleen nog gebruikt voor de Euro/Maasgeul. Een voorbeeld van ander gebruik was de werkbaarheidsverwachting ten behoeve van de bergingswerkzaamheden van de 'Herald of Free Enterprise'.

De meteoroloog die de voorspellingen opstelt wordt hierbij geholpen door modeluitkomsten, weerkaarten en gemeten waarden van golven

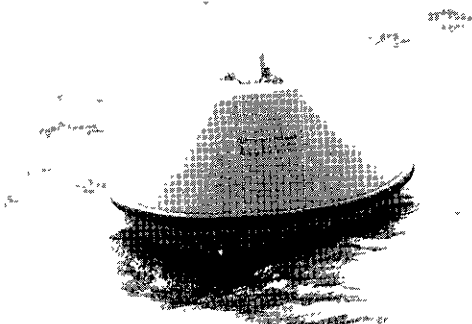


Fig. 4 Een hydro-meteopresentatie van het voorspelcentrum Zierikzee

en wind, en vooral door een goede presentatie van al deze informatie. De modeluitkomsten waarmee gewerkt wordt zijn die van de modellen HAWI, GONO en ARMAX-E10. HAWI is een deiningvoorspellingsmodel van het K.N.M.I. Het is de verbeterde hand/windmethode van Kruseman, die geautomatiseerd is en nu ook operationeel meedraait. De methode-Kruseman is het begin geweest van de deiningspredictie voor de operationele begeleiding van mammoettankers in de Eurogeul. De Noordzee wordt in een aantal vakken verdeeld waarin met behulp van berekende of voorspelde winden golfcondities bepaald worden. Met tabellen waarin de looptijd en het energieverlies van de deining tussen de vakken en de Eurogeul verwerkt is wordt de deining bij de Eurogeul bepaald. De meteoroloog heeft hiermee een rekenmiddel waarmee hij kan ingrijpen wanneer andere middelen kennelijk onjuiste waarden aangeven, door bijvoorbeeld een niet verwachte verandering van een depressie.

GONO is een fysisch-mathematisch K.N.M.I.-model voor de Noordzee, dat golfvoorspellingen levert. Dit model is gemaakt voor de Eurogeul als mogelijke vervanger van de Krusemanmethode. In principe wordt in GONO het tweedimensionale spectrum berekend met aannamen voor de vorm van het spectrum en een aparte behandeling voor de deining. Operationeel worden bij het K.N.M.I. te de Bilt vier maal per dag voor 48 uur voorspellingen berekend uit gemeten en voorspelde windvelen.

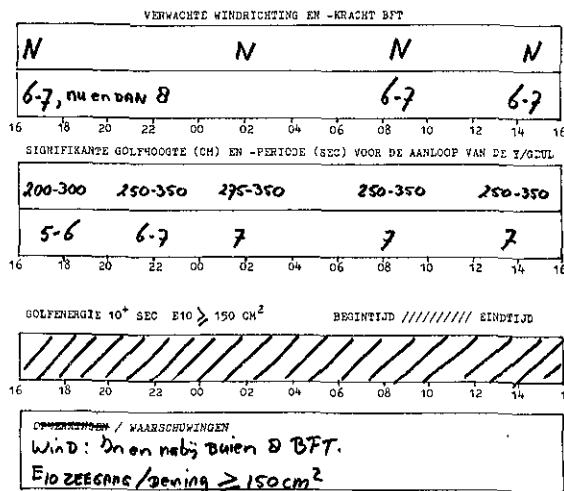
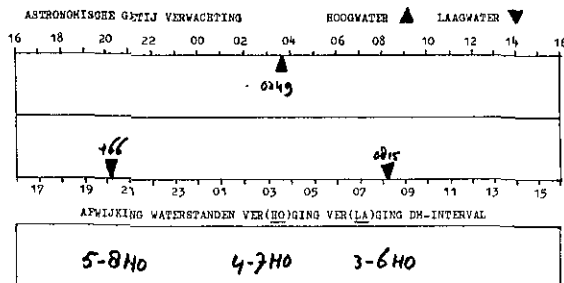
In de periode van de uitvoering van de Oosterscheldewerken zijn nog de nodige verbeteringen aangebracht, vooral aan de windinvoer. Er wordt op dit moment niet meer

gewerkt aan methoden om de GONO-uitkomsten te verbeteren. Alle inspanningen van het K.N.M.I. op het gebied van de golfverwachtingsmodellen zijn nu gericht op het bovengenoemde WAM-model.

ARMAX-E10 is een programma dat door het Waterloopkundig Laboratorium op verzoek van de Rijkswaterstaat is ontworpen als aanvulling op GONO en HAWI. Hier wordt gebruik gemaakt van fysische formuleringen uit GONO en HAWI en van metingen uit het meetnet Noordzee. Veranderingen in de voorspelde wind en een bijsturing van de uitkomsten aan de metingen gebeurt door een zichzelf aanpassende mathematische formulering. De kracht van het ARMAX-E10-programma is de mogelijkheid de voorspellingen op elk gewenst moment met behulp van de dan telefonisch doorkomende meetgegevens bij te stellen.

De pre-operationele versie gaf veelbelovende resultaten. Deze versie had nog enkele gebreken in de fysische beschrijving, en bleek erg gevoelig voor perioden waarover geen of weinig metingen beschikbaar waren. In samenwerking tussen het Waterloopkundig Laboratorium en Rijkswaterstaat is nu een nieuwe versie gemaakt, waarin de beperkingen van de pre-operationele versie zijn opgelost. Ook is de mogelijkheid ingebracht om gebruik te maken van de meetresultaten van de WAVEC-golfrichtingsboeien. De structuur van dit programma geeft de mogelijkheden om ook op andere locaties de deining te voorspellen, als er tenminste golven gemeten worden en deze informatie telefonisch doorkomt. De definitieve ingebruikneming van deze versie in Zierikzee heeft nog niet kunnen plaats vinden, door wat tegenslag ten gevolge van personeels-

HYDRO METEO VERWACHTING LOMUIDEN (BMV) / KNMI ZIERIKZEE DATUM: 3 mei / 1987.



wisselingen. Er wordt nu gewerkt om deze versie het komende stormseizoen in het voorspelsysteem te laten meedraaien.

De vorm van het 'deiningspredictiesysteem' is ontstaan door intensieve samenwerking tussen de ontwerpers van hulpmiddelen, de gebruikers van deze hulpmiddelen en de gebruikers van de voorspellingen tijdens de genoemde grote projecten. De infrastructuur van verbindingen en informatiestromen is een essentieel onderdeel van een voorspelcentrum. Hierin is op dit moment voorzien door de belangen van zowel de Oosterscheldewerken als die bij de Euro/Maasgeul.

Om zeker te zijn van voortzetting van de samenwerking is een permanente overlegstructuur in het leven geroepen: het Gowa-overleg; de naam is afgeleid van golven en waterstan-

den. Dit overleg moet zorgen dat de voorspellingen ook zonder de inspiratie van grote projecten blijven voldoen, en het deiningspredictiesysteem steeds wordt aangepast naarmate er nieuwe hulpmiddelen beschikbaar komen die de voorspeller de mogelijkheden bieden de voorspellingen steeds beter te verzorgen.

In de nabije toekomst komt er voor Hydro- en Meteo-voorspellingen een landelijk centrum bij het K.N.M.I. te de Bilt. Dit centrum zal de voorspellingen op de Noordzee verzorgen, daarna komen er twee regionale centra voor verdere detaillering van de voorspelling naar onze kustwateren. Ze zullen gevestigd worden in Middelburg en in Hoek van Holland. Het K.N.M.I. en de Rijkswaterstaat zullen beide voorzien in de bemanning.

Onder zeer ijzige omstandigheden zijn op 2 februari 1987 de twee Krammer duwvaartsluizen in de Philipsdam in gebruik gesteld. Dit was nodig om de voorbereidende werkzaamheden voor het sluiten van het Krammer mogelijk te maken.

Werktuigbouw in de Krammersluizen



De Krammersluizen vormen het sluitstuk van de compartimenteringwerken, waartoe verder de Oesterdam met de Bergse-Diepsluis behoort, het Bathse spuikanaal, en in zekere zin ook de Kreekraksluizen in de Schelde/Rijn-verbinding. Medio 1987 zal door de voltooiing van deze werken het Zoommeer zijn gevormd, dat dan in de tweede helft van 1987 wordt ontzilt.

De Krammersluizen zullen dus de scheiding vormen tussen de zoute Oosterschelde en het zoete Zoommeer. Zoetverlies en zoutbezwaar dienen daarom bij deze sluizen zoveel mogelijk voorkomen te worden. De investeringskosten om dat te realiseren bedragen voor wat betreft de werktuigbouwkundige en elektro-technische voorzieningen aan de sluizen 165 miljoen gulden.

Bij een zout/zoet-scheidingssysteem wordt

het zoete water in de sluiskolk bij gesloten deuren vervangen door zout water – of omgekeerd, afhankelijk van de richting waarin het te schutten schip vaart.

Bij het scheidingssysteem hoort een bassin van 45 ha met een lage waterstand en een bassin van 40 ha met een hoge waterstand. De schutkolken staan met deze bassins en met de Oosterschelde in verbinding door een stelsel van riolen met afsluitmiddelen, de zogenaamde in-, uit- en doorlaatwerken. In de sluiswanden bevinden zich openingen die met schuiven worden afgesloten. Door ze te openen kan men zoet water vanuit het Zoommeer inlaten en vanuit de kolk uitlaten. Het inlaten van zoet water is alleen mogelijk als tegelijkertijd evenveel zout water via de geperforeerde vloer en door de riolen afgelaten wordt naar het lage bekken.

Als de schutkolk met zout water moet worden gevuld, wordt het zoute water vanuit het hoge bekken via de riolen en de geperforeerde vloer in de kolk gebracht. Het zoute water duwt het zoete water omhoog, zodat het door de openingen in de sluiswand terug stroomt naar het Zoommeer.

Bij een gunstige waterstand op de Oosterschelde hoeft niet altijd gebruik te worden gemaakt van de beide bassins; dan neemt de Oosterschelde die functie over. Dit kan worden gerealiseerd door gebruik te maken van het doorlaatwerk.

De bekken worden op peil gehouden door een gemaal dat het water uit het lage bekken naar het hoge bekken pompt. Wanneer het gewenste peil in het hoge bekken is bereikt, wordt het resterende water direct doorgepompt naar de Oosterschelde.

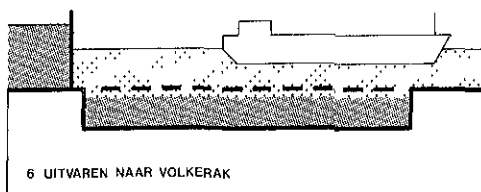
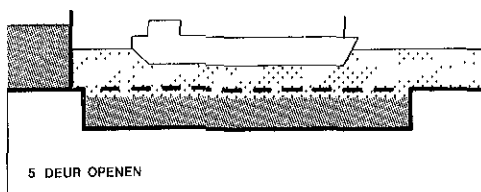
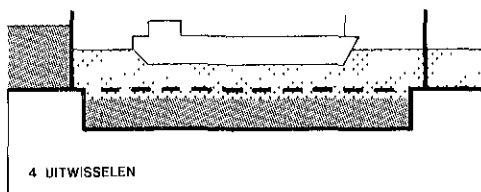
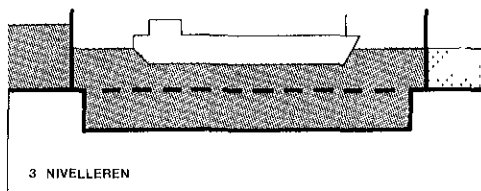
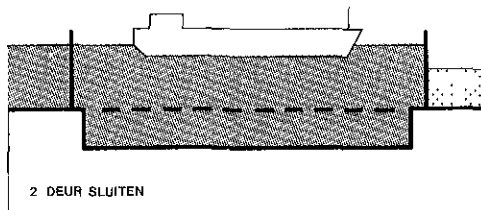
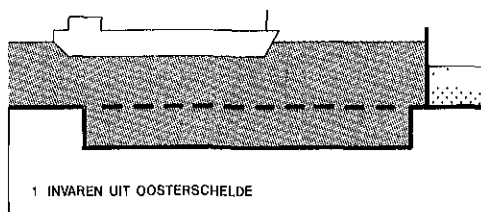


Fig 1 Principe van het schutbedrijf van zout naar zoet

Roldeuren

De deuren van de duwvaartsluizen zijn uitgevoerd als roldeuren. Zij garanderen een onbeperkte doorvaarthoogte, zij het dat er een overbrugging van de hoofden noodzakelijk is in verband met de bereikbaarheid van het sluizencomplex.

De overspanning van de deuren bedraagt 27 m, de breedte 4 m, de hoogte 11 m, en de totale massa 300 ton. De deuren worden gedragen door twee onderrolwagens. Aan de bovenzijde is de deur voorzien van een bovenrolwagen, waaraan de bewegingsinrichting is gekoppeld.

Om het zoetverlies en het zoutbezwaar bij het uitwisselingsproces zoveel mogelijk te beperken, is voor de afdichting van de deuren een speciale voorziening getroffen, bestaande

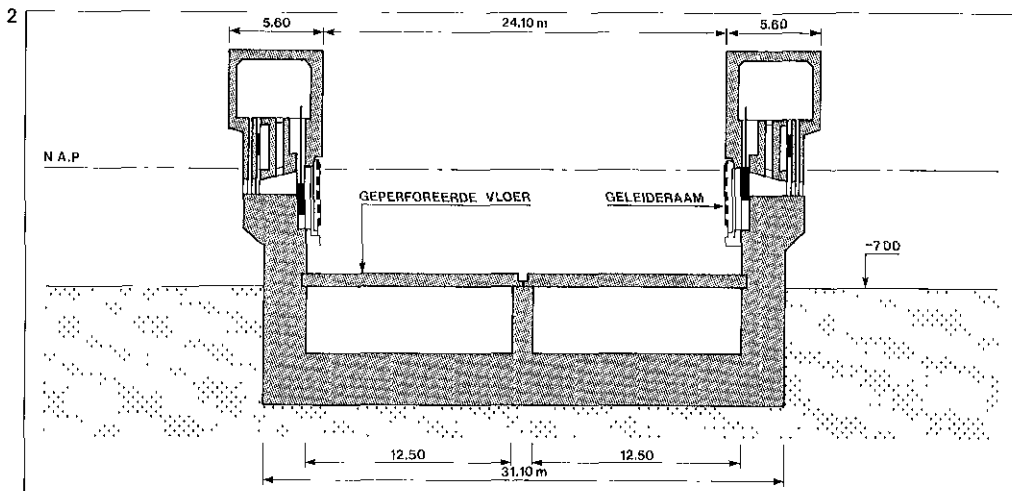


Fig 2 Dwarsdoorsnede van een duwvaartsluis

uit een rubberprofiel op de deur en een hydraulisch aandrukmechanisme. Door middel van het aandrukmechanisme worden de deuren richting kolkzijde aangedrukt. Met deze constructie wordt tevens bereikt dat het water van de deurkassen tijdens het uitwisselen van zoet en zout water in de kolk gescheiden blijft van het kolkwater, zodat het water in de deurkassen niet uitgewisseld hoeft te worden. De onder- en bovenrolwagens zijn uitgerust met een hydraulisch afdrukmechanisme om de deur los te drukken van het afdichtingsvlak, zodat die kan bewegen met een speling tussen het rubber afdichtingsprofiel en het dichtingsvlak. De deur kan ten opzichte van de onderrolwagens bewegen omdat tussen de deur en de onderrolwagens een rubber pakket is aangebracht, zodat de deur met geringe kracht horizontaal verplaatst kan worden. De bovenzijde van de roldeur is uitgevoerd met een rijdek ten behoeve van lokaal verkeer over de sluis.

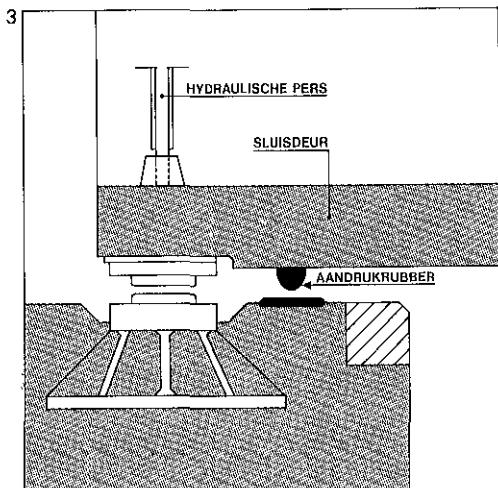
De roldeuren worden bewogen door een elektro-mechanisch bewegingswerk. Omdat aan het begin en einde van de deurbeweging een geprogrammeerde snelheid nodig is, is voor een regelbare aandrijving gekozen.

Wandschuiven

De wandschuiven vormen de scheiding tussen het kolkwater en het omarmende zoete water van het Zoommeer. Omdat het niveau van het zoute water zowel hoger als lager kan zijn dan het peil van het zoete water, hebben de wandschuiven een dubbele kerende functie. Voor de regelbare wandafdichtingsschuif betekent dit dat de schuiven actief aangedrukt moeten worden (figuur 4).

De schuif bestaat in hoofdzaak uit een frame met waterkerende beplating. De schuif is uitgerust met een af- en een aandrukmechanisme. Af- en aandrukken gebeurt hydraulisch, met behulp van drie aandrukbalgen en twee afdrubbalgen. Deze balgen zijn meerwandige metalen expansiestukken, die in hoofdzaak worden toegepast in leidingen, om vervormingen ten gevolge van temperatuurverschillen op te nemen.

Wanneer in de aandrukbalgen druk is aangebracht, wordt de waterkerende plaat met het rubber afdichtingsprofiel tegen de kolkwand gedrukt. De druk in de aandrukbalgen moet voldoende zijn om bij negatief verval over de kolkwand een goede afdichting te garanderen. Door druk in de afdrubbalgen aan te brengen wordt de waterkerende plaat van de kolkwand afgedrukt, zodat het afdichtingsrubber bij



verticaal bewegen van de schuif vrij is van het afdichtingsvlak.

De schuif wordt verticaal bewogen door een mechanisch bewegingswerk en een regelbare elektrische aandrijving; dit laatste om de regelbare wandafdichtingsschuif een maximale bijdrage te laten leveren aan het geoptimaliseerde zout/zoet-scheidingsproces.

Achter de regelbare wandafdichtingsschuiven is in het kolkwandriool een noodsschuif aangebracht. Wanneer een hoofdschuif in geopende stand een storing krijgt, kan het riool gesloten worden.

Afsluitmiddelen in de riolen

De afsluitmiddelen in de riolen zijn gesitueerd in het in-, uit- en doorlaatwerk en in de uitlaatwerken van het gemaal Slaak en van het hoge bekken.

Ieder riool is uitgevoerd met één bedrijfsschuif. Aan weerszijden van deze schuif zijn spinnigen aangebracht waarin onderhoudsschuiven kunnen worden neergelaten; onderhoud en inspectie kunnen dan in den droge worden uitgevoerd.

De rioolschuiven in het in-, uit- en doorlaatwerk – elk met een oppervlak van 20 m² – hebben naast hun waterkerende functie ook een debietregelende functie. In gesloten stand moeten ze een zo goed mogelijke afdichting verzorgen. Daarom zijn ze gevat in rubberprofielen, en worden ze bovendien in gesloten stand aangedrukt.

Om de schuiven te openen wordt de heugel door het bewegingswerk in opgaande richting verplaatst. De heugel is aan de schuif verbonden met krukken die op de assen zijn gemonteerd, op deze assen zijn de loopwielen

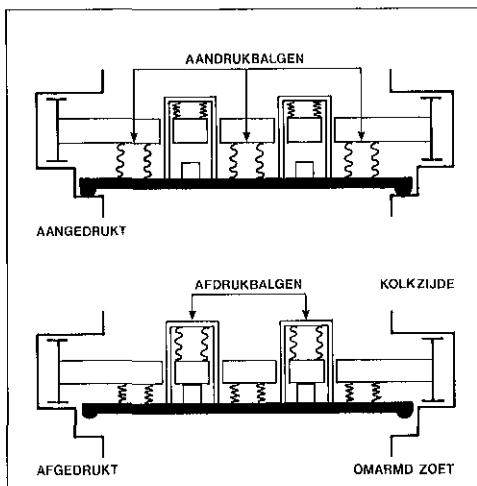
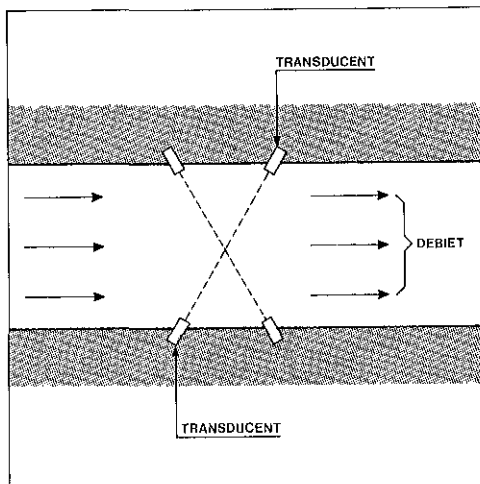


Fig 3. Aandruk-uitrusting van de roldeur

Fig 4 Het aan- en afdrukken van de wandschuiven

Fig 5. Akoestische debietmeting



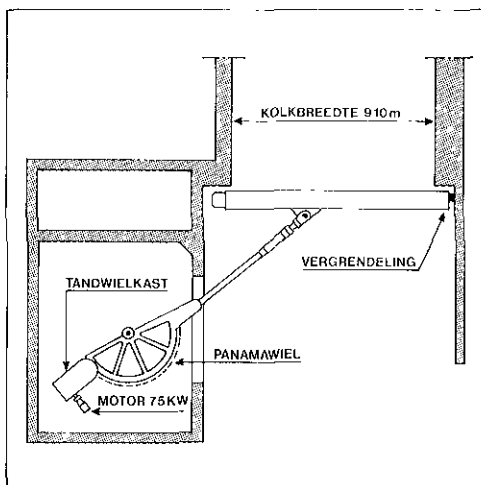


Fig 6. Mechanisch bewegingswerk van de jachtensluis

geplaatst, excentrisch. Voordat de schuif omhoog kan worden de krukken verdraaid en de schuif in afgedrukte positie gebracht. Aan het einde van deze beweging vindt de koppelstang een aanslag in de schuif, die de schuif mee neemt. De schuiven worden bewogen door een mechanisch bewegingswerk met heugels en een regelbare aandrijving. Bij de keuze van de schuifsnelheid moet aan twee criteria worden voldaan: er mag geen luchtaanzuiging plaatsvinden in de riolen, en de debietafbouw moet kleiner zijn dan $1,5 \text{ m}^3/\text{sec}^2$. In verband met deze criteria zijn de maximale schuifsnelheden bij grote vervallen waarbij het schutbedrijf normaal doorgang vindt, erg klein: $0,02 \text{ m/s}$ voor het openen en $0,002 \text{ m/s}$ voor het sluiten. Onder normale omstandigheden bedragen de schuifsnelheden $0,06 \text{ m/s}$. Mede door de variabele schuifsnelheid kan het uitwisselingsproces van zout en zoet water optimaal worden gerealiseerd. Bij de schuiven van het uitlaatwerk van het gemaal Slaak en het hoge bekken is geen regelbare aandrijving toegepast, zij hebben slechts een open/dichtfunctie. Voor de hydraulische procesanalyse en het regelen van de debieten is informatie nodig over een aantal randvoorwaarden die bepalend zijn voor het hydraulische procesverloop. Het gaat om gemeten waarden van de absolute waterstand en waterstandsverschillen en dichtheden. De waterstanden in de kolk, op de bekkens, het Zoommeer en het Zijpe worden gemeten met bosselbuizen – een techniek die gebaseerd is op hydrostatische drukmeting –, soms in combinatie met zoutmeters. Voor de uitvoering en bijsturing van een

debietprogramma via de teruggekoppelde regeling zijn naast de gegevens over schuifstanden en snelheden ook gegevens nodig over het debiet, dat dan teruggekoppeld wordt ter vergelijking met het gewenste debiet.

Voor debietmeting worden akoestische debietmeters toegepast, die de gemiddelde snelheid van het water dat de meetlijnen passeert bepalen door het uitzenden en ontvangen van geluidsgolven (figuur 5).

Jachtensluizen

Tussen het zout/zoet-scheidingssysteem bij de duwvaartsluizen en dat bij de jachtsluizen bestaan geen grote verschillen. Wat wel verschilt is de uitvoering.

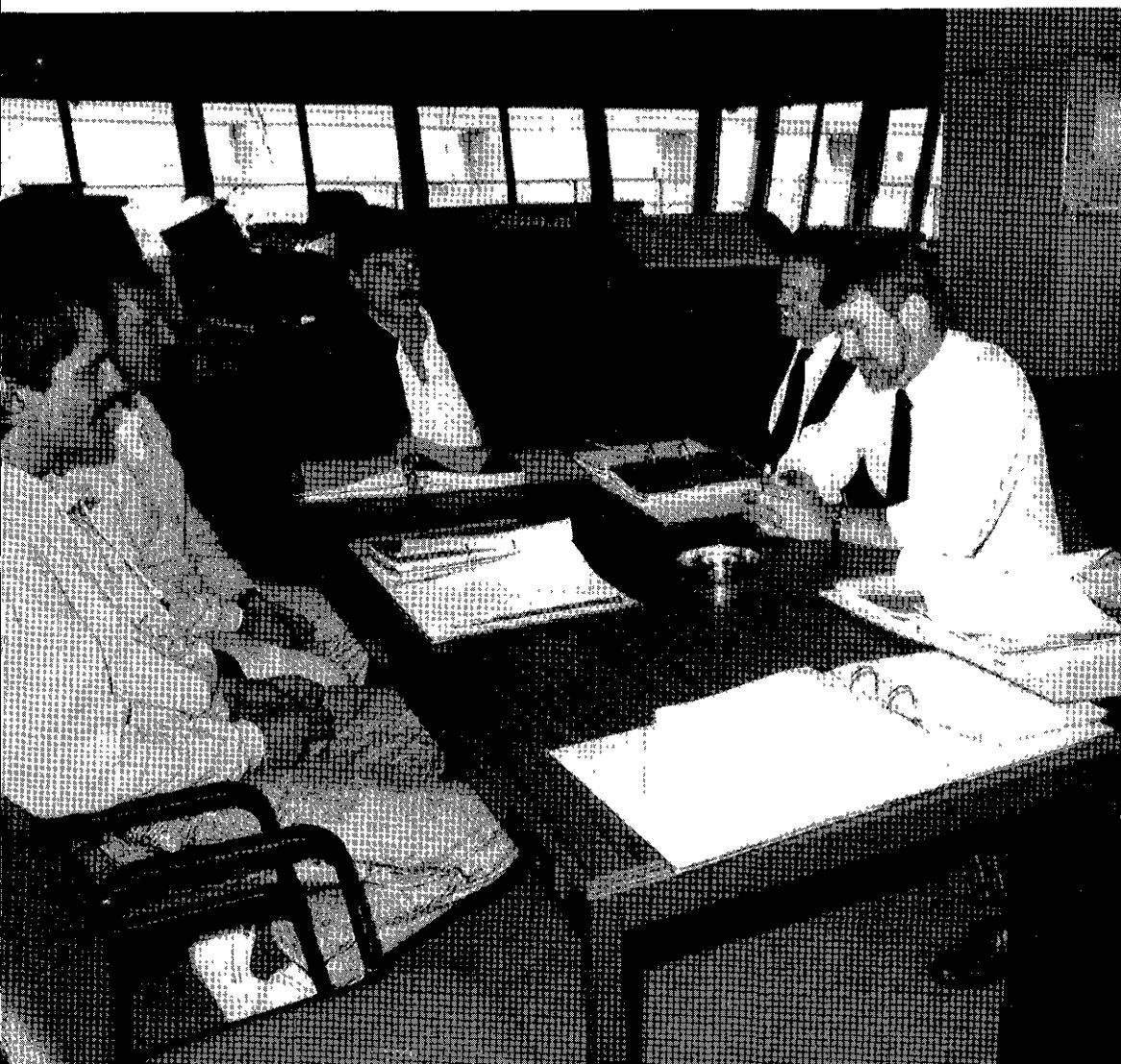
Zo vinden de waterverplaatsingen in het laatste geval niet plaats via bekkens, maar via een pomp die met riolen direct op de sluis is aangesloten. Dezelfde riolen worden met een extra omlooptak ook gebruikt als er onder vrij verval gewerkt kan worden.

De wandschuiven hebben dezelfde functie en constructie als die bij de duwvaartsluizen, met dien verstande dat het zoete water slechts wordt ingelaten in één kolkwand. Ook de rioolschuiven hebben dezelfde constructie als bij de duwvaartsluizen.

Gezien de geringe kolkbreedte van 9 m en de eis dat de deuren een goede afdichting moeten hebben en ook een negatief verval moeten kunnen keren, is gekozen voor een enkele draaideur met vergrendeling. Deze deuren worden bewogen door een mechanisch bewegingswerk.

Sluismeesters, brugwachters en verkeerspostpersoneel hebben minstens één ding gemeen: ze hebben geen gerichte opleiding kunnen volgen om de basishandelingen, laat staan de nevenaspecten en finesses van hun functie te leren. Een schoolopleiding voor deze categorie medewerkers bestond niet, tot voor kort. Een unieke uitzondering op die regel vormt de opleiding van de 23 man sluispersoneel van het op 2 februari van dit jaar geopende Krammersluizencomplex.

De opleiding van het sluispersoneel voor de Krammersluizen





Sluismester aan het werk op de Krammersluizen

Tijdens de besprekingen over het besturings-systeem voor de met een zout/zoetscheidings-systeem uitgeruste sluizen bleek hoe gecompliceerd deze materie zou zijn voor anderen dan de bouwers zelf. Er moest een vorm van kennisoverdracht gerealiseerd worden vóórdat de technici zouden vertrekken, en de zaak in handen laten van de beheerder, de Directie Zeeland

Maar een gedegen kennis van andere aspecten dan het besturingssysteem in strikte zin zou ook zeer nuttig zijn. Aspecten als milieu, toelatingsbeleid en het Informatie Verwerkend Systeem voor de scheepvaart verdienden eveneens de aandacht.

Ook een belangrijke overweging was het feit dat het hier om een nieuw en nogal bijzonder kunstwerk ging; sluizen die bij wijze van spreken van de ene dag op de andere moesten gaan draaien, bediend door personeel met zeer uiteenlopende ervaringen en achtergronden.

Besloten werd alle medewerkers een opleiding van een maand te geven. Eerst kwamen de zes sluismesters aan de beurt in november 1986, en later, in januari 1987 de zeventien assistent-sluismesters. Bij die tweede cursus werden de reeds opgeleide sluismesters ingezet als mede-instructeurs.

Om de opleiding optimaal te laten functioneren werd besloten om voor zover mogelijk al het cursusmateriaal en andere relevante informatie te bundelen in een syllabus, en die aan iedere cursist vóór de eerste cursusdag te verstrekken. Zo'n syllabus zou dan tevens een handig hulpmiddel zijn bij de instructie van in de toekomst nog op te leiden sluispersoneel. De opleiding, begeleid door een hoofdsluismester, werd door veertien instructeurs op

zes verschillende locaties gegeven.

Behalve algemene informatie betreffende de dienst, de Oosterscheldewerken en de voorgeschiedenis van de Krammersluizen, werd uitvoerig ingegaan op een aantal andere onderwerpen, zoals het bedienings- en besturingssysteem van de sluizen, de techniek van uitwisselen en nivelleren, gebruik van de HAS-computer en het Informatie Verwerkend Systeem. Daarnaast werden de cursisten ingelicht omtrent beheersgrenzen, beheersvoorschriften, toelatingsbeleid, beveiligings-systemen en bijzondere situaties. Ook leerden ze het een en ander omtrent de nautische uitrusting van schepen, troskrachten en kolkindeling en de behandeling van gevaarlijke stoffen. Tenslotte werden ook marifonie en milieu-aspecten behandeld.

Al met al een pittige opleiding. Maar, gezien de reacties, toch zeer de moeite waard! De na de eerste opleiding geënquêteerde sluismesters waardeerden de inhoud en presentatie met een gemiddeld cijfer 8.

Het nieuwe sluispersoneel heeft tijdens deze opleidingen elkaar, hun werk en hun gereedschap goed leren kennen.

Bij drie dijkvakken in Friesland wordt de voor Deltadijken op het buitentalud gebruikelijke harde bekleding geheel of grotendeels weggelaten en vervangen door een groene bekleding. Het gaat hierbij om primaire zeekeringen met een totale lengte van ruim 30 kilometer. Op de Friese vaste wal komt een volledig groene dijk, die vloeiend zal overlopen in het groen begroeide voorland. Tevens zijn de nog dagelijks door het zeewater bereikte Waddenzeedijken van Ameland en Schiermonnikoog uitgevoerd als groene schaadijken met enkel onderaan de dijk een harde teenverdediging.

Groene Deltadijken in Friesland

In al zijn eenvoud is de groene dijk een landschappelijk en dijkbouwtechnisch opvallende verandering ten opzichte van wat het kenmerkendste was van de doorgaans aangelegde Deltadijken: hardheid en hoogte. Met name voor de nog uit te voeren 10 km Friese Deltadijk in Ferwerderadeel biedt een uitvoering als groene Deltadijk grote financiële en esthetische voordelen boven de elders bij Deltadijken gangbare uitvoeringswijze. In plaats van het buitenbeloop grotendeels af te dekken met een harde asfaltbekleding, wordt het met klei afgedekt, en vervolgens ingezaaid met graszaad, dat langs natuurlijke weg zorgt voor bewapening met een fijn vertakt graswortelstelsel. De toepassing van de groene bekleding hoeft niet te worden beperkt tot het hogere, overigens onder stormomstandigheden zwaarst aangevallen deel van de dijk: de aanwezigheid van begroeid voorland maakt het mogelijk hier een volledig groene Deltadijk aan te leggen.

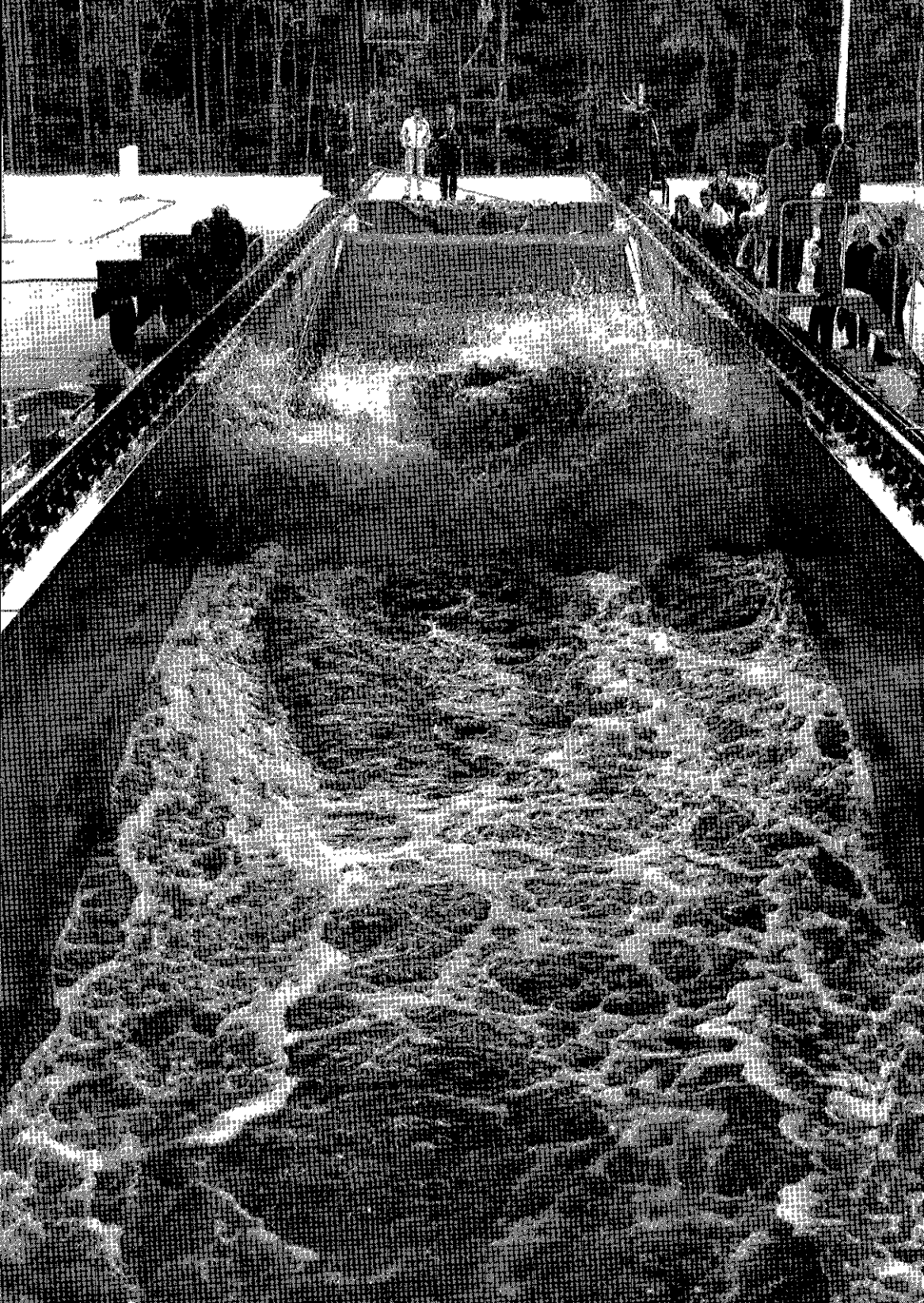
Nergens elders in ons land is voorlangs een zeedijk zoveel klei opgeslibd als ter plaatse van wat eens de monding van de Friese Middellzee was. Vandaar dat er de afgelopen 15 jaar in Friesland verscheidene plannen werden ontwikkeld om tot een buitenwaartse tracerings van de nieuwe Deltadijk te komen. Om daar om financiële redenen meer kans op te maken, spraken de Friese Staten zich door het aannemen van een motie in september 1981 uit voor de aanleg van een groene Deltadijk.

Het waterschap 'Fryslân', de krachtens de Deltawet voor de dijkuitvoering verantwoordelijke instantie, maakte echter bezwaar, vooral vanwege de onzekerheid over de hoogte van de onderhoudskosten. Het waterschap wilde

dan ook niet eerder instemmen met een groene dijkbekleding, dan nadat vooraf proefondervindelijk was bewezen, dat die zowel in sterkte als ook op het punt van de onderhoudskosten niet onder zou doen voor een harde bekleding.

De proef vond eind 1983 plaats in de 240 meter lange Deltagoot van het Waterlooppkundig Laboratorium, nadat die was ingericht voor het leveren van het golfspectrum dat bij een zogenaamde superstorm op het dijkvak kan worden verwacht: een significante golfhoogte tot 1,85 meter, en maximale golfhoogten tot bijna 3 meter. Zo'n grote golfhoogte bleek echter alleen te kunnen worden opgewekt als het voorland zou worden weggelaten; achteraf bekeken heeft dat het voordeel gehad dat de resultaten nu ook gelden voor een direct aan het Wad grenzende schaadijk.

In 30 moten van 12 ton werd een stuk dijk ter breedte van 5 meter uit het noorden van Friesland naar de Noordoostpolder verplaatst. Overigens gaf de proefdijk met zijn talud van 1:8 zeker geen ideaal beeld van de werkelijkheid. Zo sloten de naden tussen de twee meter lange moten lang niet altijd zuiver op elkaar aan. Verder stonden de dijkmoten in beide richtingen enigermate bol, waardoor het talud een gekarteld uiterlijk vertoonde. Bovendien begon de proef al met rottingsverschijnselen op de lagere niveaus, omdat de proefdijk enkele weken onder een overkapping had gelegen. En ten slotte was het geen echte kleidijk, omdat de grondgesteldheid van de aangevoerde dijkmoten zich op het grensgebied van lichte en zware zavel bevond, met een lutumgehalte van 20%; de grondsoort klei

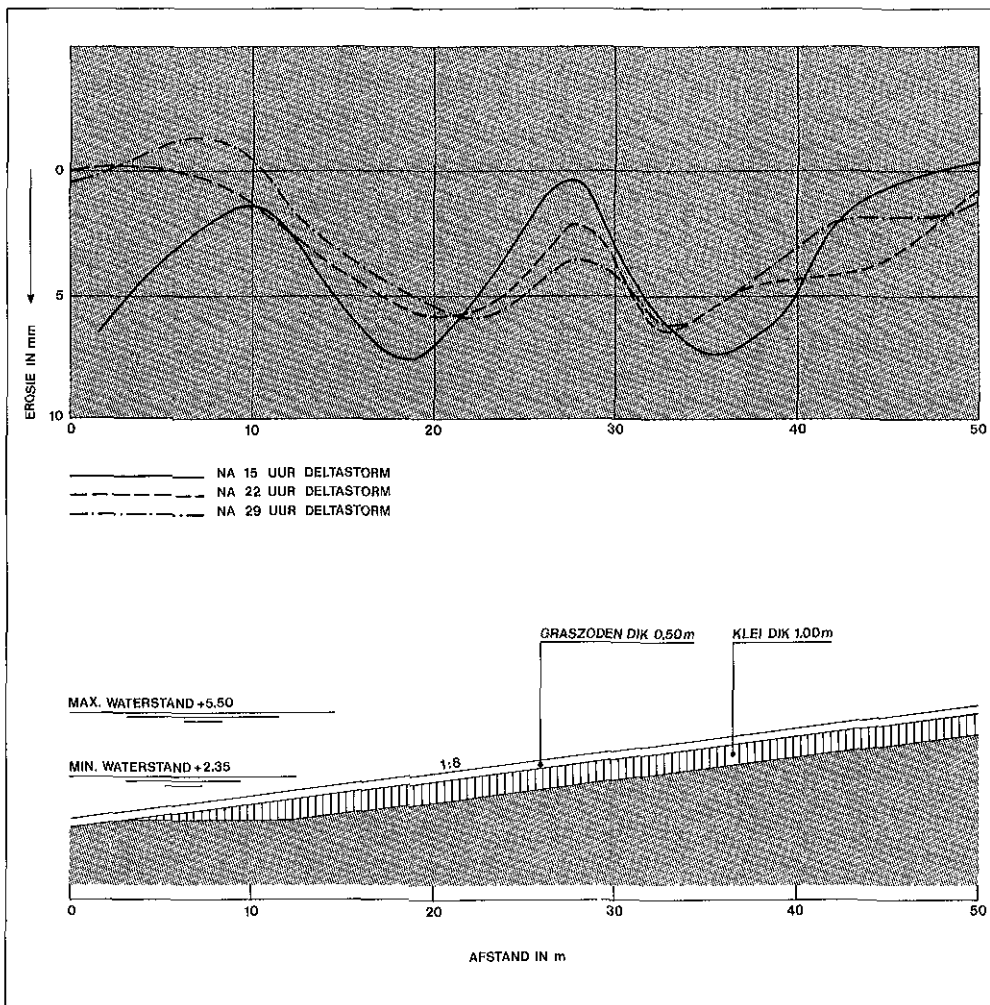


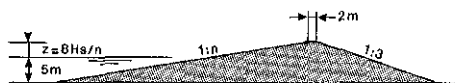
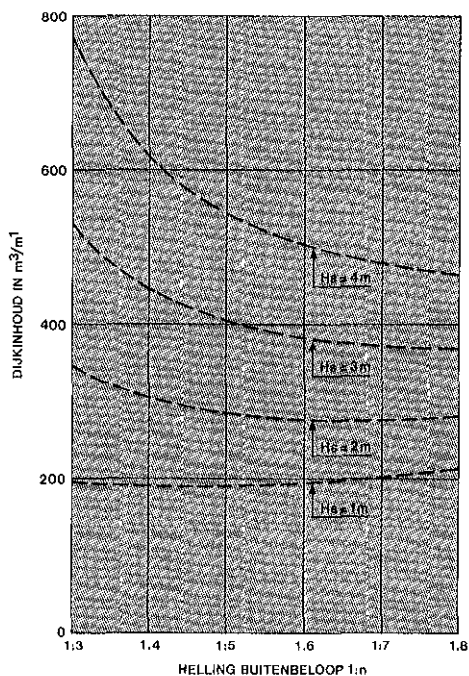
begint eigenlijk pas bij een lutumgehalte van 25%

De proefdijk leek aanvankelijk geen lang leven te zijn beschoren. In de eerste proefuren zag het er somber uit in het licht van een nogal eens uitgesproken hypothese. Men veronderstelde namelijk dat de mate van sterkte van een groene dijk vooral bepaald zou worden door het mechanisme van grassprietjes die zich continu op de heersende stroomrichting instellen en elkaar daarbij dan dakpansgewijs afdekken.

Al spoedig na het begin van de Deltastorm-proef, waarbij de proefdijk 29 uur lang zou worden belast als in de zwaarste superstorm, dreef het wateroppervlak vol afgescheurde grassprietjes, en kleurde het grijs van losgeweekte klei. Doch dit afbraakproces duurde maar kort. Het rapport van het Waterloopkun-

Fig. 1. Verloop van de erosie van het groene buitenbeloop gedurende drie getijden Deltastorm



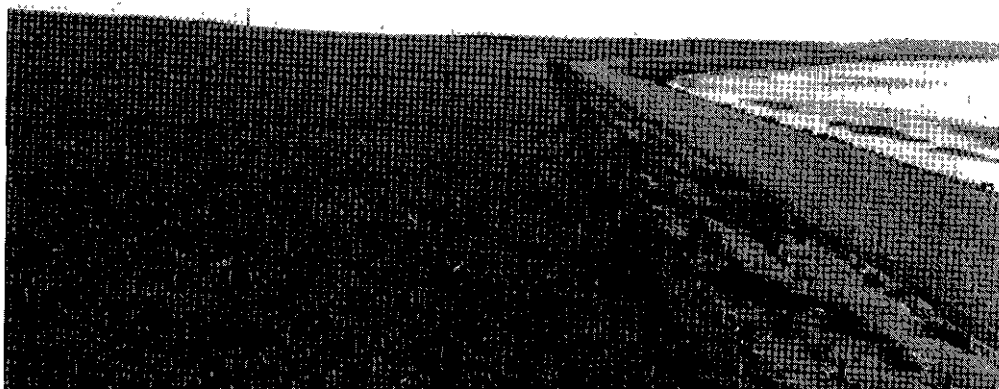


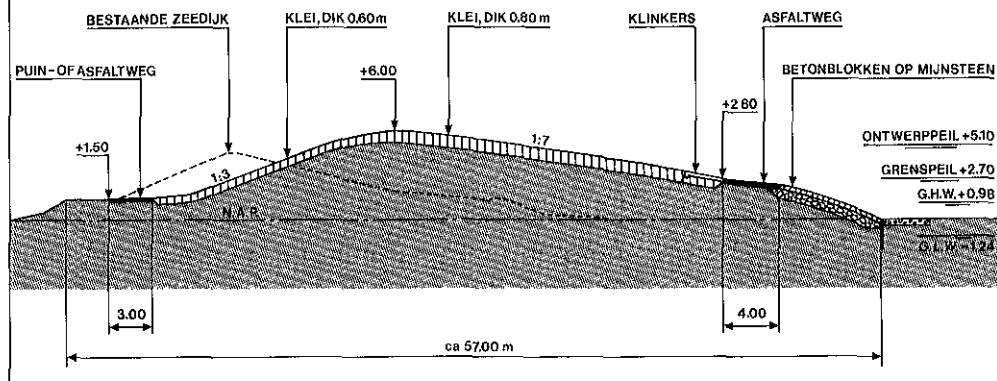
dig Laboratorium stelde met zoveel woorden vast 'dat de klei-erosie betrekkelijk snel optreedt, na enkele uren golfaanval is voltooid en in dikte beperkt is tot 5 à 10 mm'. Zelfs bij een zo zandhoudende bovenlaag viel de erosie al stil op het moment dat de dijk volgens het rapport nog 'ongeschonden gebleven' mocht worden genoemd. De conclusie werd dan ook getrokken, dat zelfs van verscheidene herhalingen van een dergelijke Deltastormproef nauwelijks nog enige toename van de erosie zou zijn te verwachten. Reden om te besluiten tot het uitvoeren van een proef met uitschakeling van de getijwerking, die de belasting tenminste nog verdeelt over de dijkhoogte. Wat nu volgde was in feite een surrealistische proef met een stagnante hoogste waterstand en permanent de maximaal haalbare golfbelasting. Doch zelfs bij deze onnatuurlijk zware proef werd na 72 uur vastgesteld dat er niets van een verdergaande erosie te bespeuren viel. Pas toen de bovenste 7 centimeter van de graszode, en daarmee het meest functionele deel van het wortelstelsel werd weggestoken, ging het erosieproces na 5 uur verder; overigens nog alleen in de brekerzone. In het rapport van het Waterloopkundig Laboratorium wordt dit indrukwekkende sterktegedrag van een groene dijk toegeschreven

Fig. 2. Dijkinhoud in relatie tot de helling van het buitenbehoop en de significante golfhoogte H_s , uitgaande van een gemiddelde dijkzate op 5m beneden ontwerppeil.

Fig. 3. Representatief profiel van de groene Deltadijk op Ameland.

De nieuwe groene dijk op Schiermonnikoog





ven aan de viltachtige 'pannesponsstructuur' die aan de oppervlakte komt na het wegspoelen van wat losse bovengrond. Bij aansluitnaden en soortgelijke plaatselijke beschadigingen viel zelfs te constateren dat er na een iets verdergaande uitspoeling wortelmatjes ontstonden, die zorgden voor een toedekkende bescherming van kale plekken.

Bijkomend heeft een groene dijk nog het voordeel, dat een flauwere taludhelling eerder binnen financieel bereik komt dan bij toepassing van een harde bekleding, die met het oog op zijn veel hogere prijs per oppervlakte-eenheid steiler moet worden opgezet ter besparing op zijn totale oppervlakte. In vergelijking daarmee leidt een flauwere taludhelling tot een kleinere dijkinhoud, doordat de geringere golfoploop een reductie op de dijkhoogte met zich brengt, die sterker blijkt door te werken dan de groter wordende dijkbreedte.

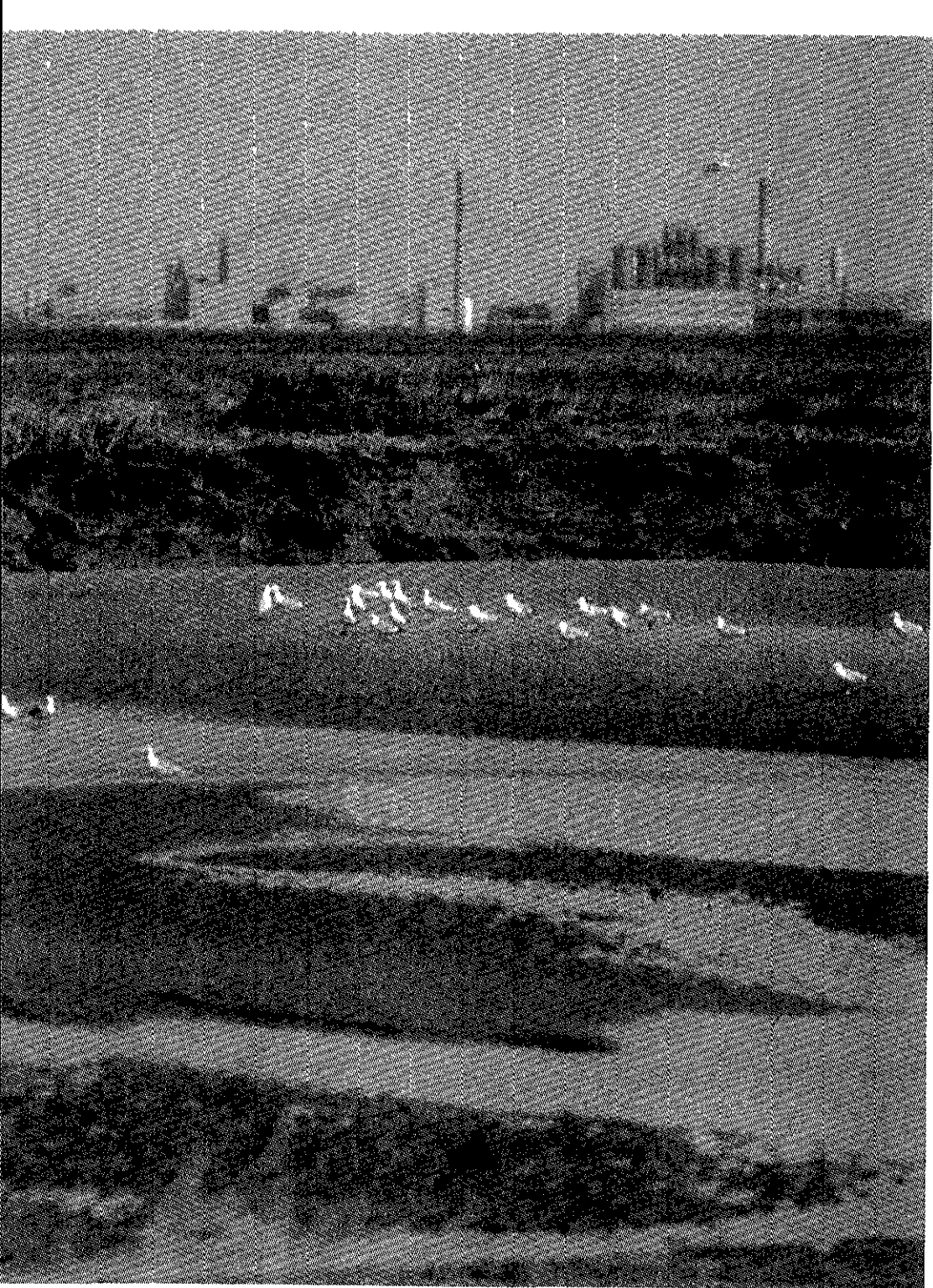
Voor omstandigheden als hier beschreven, ligt het minimaliseringsoptimum van de dijkinhoud bij een taludhelling van ongeveer 1:7, in de orde van grootte van de proefdijk. Dat wil overigens niet zeggen dat bij een groene dijk geen steilere taludhelling kan worden toegepast op plaatsen waar een kleinere dijkbreedte voordelen biedt.

Op grond van de beschreven proefresultaten kon het waterschap 'Fryslân' akkoord gaan met het toepassen van de primeur van een groene Deltadijk, zelfs zonder dat het een garantie van het Rijk kreeg voor het risico van verhoogde onderhoudskosten gedurende de fase waarin de doorgewortelde grasmat nog moet groeien, enkele jaren na inzaai. De onderhavige dijk in Ferwerderadeel wacht overigens al meer dan 10 jaar op zijn tracévaststelling en daarmee nog op zijn uitvoering.

Ameland en Schiermonnikoog

Op Ameland is men in 1980 begonnen met de uitvoering van een groene Deltadijk. Het Amelandse waterschap had, vanwege de grote recreatieve belangen op en rond Ameland, een extra gewicht toegekend aan het landschappelijk voordeel van een groener en daarbij flauwer hellend buitentalud, en een geringere dijkhoogte. Een met asfalt beklede en daarbij hogere dijk zou het fraaie silhouet van de boven de oude dijk uitstekende bebouwing en beplanting in sterkere mate hebben aangetast. Toen het Rijk zich voor een periode van vijf jaar garant bleek te willen stellen voor het vergoeden van eventueel hoger uitvallende onderhoudskosten, was de keuze voor het Amelandse waterschap niet moeilijk meer.

Hoe gunstig de kosten van een groene Deltadijk liggen, bleek vervolgens in het bijzonder op Schiermonnikoog, toen daar ingrijpende herstelwerkzaamheden nodig waren aan de 25 jaar geleden aangelegde, dubbelzijdig met asfaltbitumen beklede Deltadijk. Herstel als asfaltdijk bleek zelfs duurder uit te vallen dan een volledige metamorfose tot groene Deltadijk. Mooier, onderhoudsvriendelijker en bijna f 30 miljoen goedkoper. Kort samenvattend zal dat de directe winst zijn van het feit, dat voor het buitenbeloop van drie Friese dijkvakken gebruik is gemaakt van de mogelijkheid om een groene dijk niet zoals gebruikelijk als niet-bekleed te beschouwen. Er zit een stimulans in tot meer onderzoeksinspanning: is de groene dijk volgens deze formule wellicht wijder toepasbaar, ook gezien het 2%-golfoverslagcriterium en de dijkhoogte?



De Westerschelde kent omvangrijke beheersproblemen: de vele gebruiksfuncties hebben teveel onderling conflicterende belangen. Een van de belangrijkste problemen waar de beheerder van deze internationale vaarweg mee wordt geconfronteerd, is de vervuiling van het water en de bodem door de industriële lozingen in het stroomgebied van de Schelde en de Westerschelde. Daarbij komt dat er steeds moet worden gebaggert om de vaarweg in stand te houden of te verbeteren. Dit tast de natuurlijke dynamiek van het systeem aan, en het veroorzaakt aantasting van de oevers en schorranden. Vooral gezien vanuit de natuurfunctie maakt dit de Westerschelde tot een probleemgebied.

Al deze menselijke ingrepen en ontwikkelingen zijn geleidelijk verlopen over een periode van tientallen jaren. Niettemin tasten zij het watersysteem in zijn functioneren en potenties diepgaand aan.

Het beleid dat werd gevoerd ten aanzien van de verschillende functies vertoonde tot nu toe een ad-hoc-karakter. Het is per functie met de tijd mee ontwikkeld zonder dat daarbij enigerlei integratie-gedachte voorop heeft gestaan.

De visie op het beheer van watersystemen is echter in het laatste decennium aantoonbaar veranderd. De integratie van delen van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, de Grondwaterwet en de Wet op de Waterhuishouding in één nieuwe Wet op de Waterhuishouding, is daar een voorbeeld van. Dit veranderingsproces heeft dan ook aanleiding gegeven tot het opstellen van een integraal beleids- en beheersplan voor de Westerschelde.

De provincie Zeeland, het rijk, en de aan de Westerschelde grenzende gemeenten en waterschappen hebben daartoe begin 1986 besloten. Dit plan heeft tot doel een integrale visie op het Westerscheldegebied tot stand te brengen, en beleid te formuleren dat gericht is op het verwezenlijken van die visie. Daartoe dient afstemming plaats te vinden van het door de betrokken overheden te voeren beleid, en dienen uitspraken te worden gedaan over de wijze waarop het bestuurlijk juridisch instrumentarium van de beleidsvoerders inzake de Westerschelde kan worden ingezet. Het integrale beleidsplan voor de Westerschelde krijgt zelf geen juridische status. Het vormt echter, nadat over de inhoud overeenstemming is bereikt, voor de betrokken overheden de inhoudelijke basis

Een integraal beleidsplan voor de Westerschelde

voor plannen in de sfeer van de ruimtelijke ordening en met betrekking tot het waterbeheer.

Een beleidsplan voor de Westerschelde blijkt niet goed te kunnen worden opgesteld uitsluitend aan de hand van het tot nu toe verrichte onderzoek. Er moet meer onderzoek komen dat kan bijdragen aan het maken van verantwoorde beleidskeuzes en aan de uitwerking van het beleid.

De onderzoeken die nog in de Westerschelde moeten worden verricht, hebben vrijwel allemaal betrekking op de morfologie en de water- en bodemkwaliteit. Een deel van het lopende onderzoek heeft betrekking op het maatschappelijk functioneren van de Westerschelde. De resultaten ervan zullen eerst worden gebruikt bij het uitwerken van een aantal beleidsmogelijkheden. Daarna zullen ze worden toegepast bij het opstellen en uitvoeren van het gekozen beleid.

Alvorens op het lopende en het nog te verrichten onderzoek in te gaan, beschrijven we eerst uitgebreider welke problemen en conflicten er spelen met betrekking tot de Westerschelde.

De morfologie omvat het geheel van veranderingen in het bodemprofiel, zowel door natuurlijke processen als door menselijke ingrepen.

Eén van die processen is het verplaatsen van bodemmateriaal door de stroming, zodat het bodemprofiel verandert. Omgekeerd wordt de waterbeweging beïnvloed door dat bodemprofiel. In een natuurlijk systeem bestaat er in dit opzicht een dynamisch evenwicht. In de Westerschelde wordt dat verstoord door baggeractiviteiten en zandwinning, waarbij

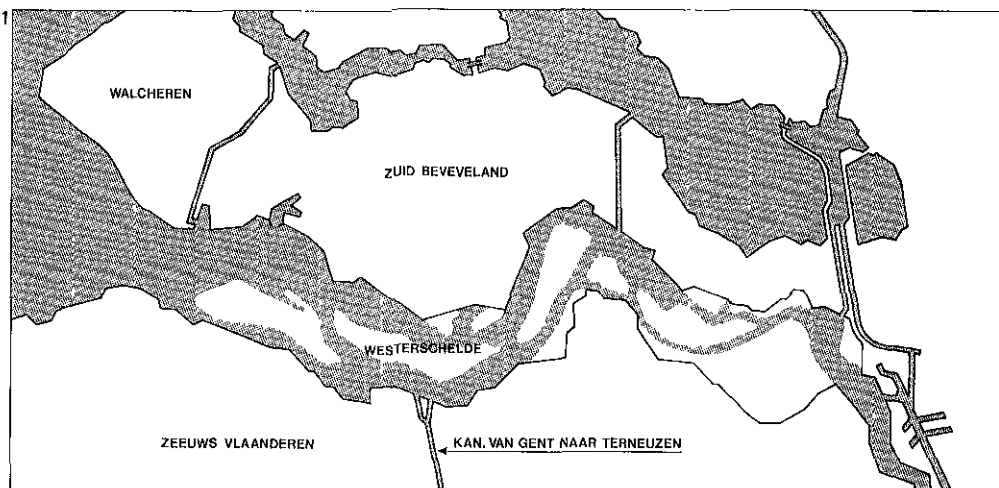


Fig.1 Het estuarium van de Westerschelde

jaarlijks miljoenen kubieke meters bodemmaterlaal worden verplaatst en voor een deel aan het systeem onttrokken. De toename vanaf 1970 van het tijverschil bij Bath bijvoorbeeld wordt toegeschreven aan de verminderde geulweerstand, die een gevolg is van het verruimen van de hoofdgeul.

De thans voorgenomen verdieping van de Westerschelde zal een verdere verlaging van het laagwater in het oostelijk deel veroorzaken, terwijl de verhoging van het hoogwater te verwaarlozen is.

Een probleem van het verdiepen is, dat de oevers en schorranden worden bedreigd. Een ander groot probleem bij de thans voorgenomen verdieping, waar nog geen oplossing voor is gevonden, is het bergen van de vrijkomende specie. Vanwege de verontreiniging ervan met zware metalen en organische micro-verontreinigingen mag die bijvoorbeeld niet in het westelijk deel worden gestort. De bodem is daar minder verontreinigd; op basis van het 'stand still'-beginsel mag er dus geen specie worden gedumpt met een hogere verontreinigingsgraad. Een andere mogelijkheid is dat de specie uit het systeem wordt verwijderd, maar dan bestaat de kans dat de Westerschelde weer een erosiebekken wordt, zoals in de zeventiger jaren. Dat proces is onbeheersbaar en dus ongewenst. Het zoeken naar oplossingen voor het probleem van de vervuilde specie houdt momenteel de beheerder en de onderzoekers intensief bezig.

De water- en de daarmee rechtstreeks in verband staande bodemkwaliteit van de Westerschelde staan sterk onder druk van de industriële en huishoudelijke lozingen. De

grootste belastingbron is de Schelde, waarop nog veel afvalwater van de industrie en de bevolking ongezuiverd wordt geloosd. Ook het Kanaal van Gent naar Terneuzen en de industrieën langs de Westerschelde leveren een bijdrage aan de verontreiniging. De belangrijkste verontreinigingen vormen de stoffen van de zwarte lijst, waaronder bijvoorbeeld metalen als kwik en cadmium, polycyclische aromatische koolwaterstoffen en een aantal organo-chloorverbindingen, zoals lindaan. Deze en andere verontreinigende stoffen binden zich in de waterfase aan het slib en komen zo door bezinking op de bodem terecht. In organismen die op en in de bodem leven is de aanwezigheid van verontreinigende stoffen aangetoond. Door consumptie werkt dit door in de hogere voedingsniveaus, dus in het lichaam van vissen en vogels

Conflicten

De werkzaamheden ten behoeve van het onderhouden en verbeteren van de vaarweg en de vervuiling van het water en de bodem hebben een ongewenste nevenuitwerking op de andere functies van het gebied. De *omvangrijke baggerwerken grijpen in in het natuurlijke karakter van het systeem*. Door het verdiepen van de geulen gaan schor- en intergetijdegebieden achteruit. Oeververdedigings- en reguleringswerken zijn noodzakelijk om deze ontwikkeling tegen te gaan. Deze werkzaamheden moeten ook worden uitgevoerd waar dijken worden bedreigd. Verdere verdieping zal leiden tot verdergaande vastlegging van waardevolle gebieden en tot regulering van de geulen. Bij het opbaggeren en weer dumpen van bodemmateriaal komt er veel slib in het water; dit veroorzaakt vertroebeling, die de produktiviteit van voor natuur en visserij belangrijke organismen beperkt. Wat de functie van de Westerschelde als ontvangend water betreft, die conflicteert met nagenoeg alle andere belangrijke functies van het gebied.

Naast deze actuele conflicten zijn er potentiële conflicten. De zee- en binnenscheepvaart vervoeren gevaarlijke milieu-onvriendelijke stoffen. Bij calamiteiten, waarbij deze stoffen vrijkomen, zullen vooral de natuur- en visserijfunctie worden aangetast. Om aanvaringen of strandingen en daarmee samenhangende calamiteiten te voorkomen is het noodzakelijk de scheepvaartroutes aan te passen en te beveiligen.

Op de Westerschelde vindt ook winning van zand plaats door concessiehouders en de overheden van België en Nederland. De hoeveelheden die door de Nederlandse overheid worden gewonnen, lopen overigens sterk terug vanwege het gereedkomen van de dijkverhogingen. België mag jaarlijks een hoeveelheid van 1,5 miljoen m³ onttrekken. Aan de concessiehouders is een hoeveelheid van 1 miljoen m³ toegestaan. Deze commerciële winning is sterk gereguleerd: men mag winnen waar aanzanding optreedt. Daarmee wordt dan meteen onderhoudsbaggerwerk voorkomen, maar met name de natuur- en visserijfunctie ondervinden schade van de zandwinning, omdat de aan- en opwas van zandplaten erdoor wordt tegengegaan. Deze gebieden kunnen daardoor voor vogels geen optimale broed- en ruifunctie vervullen. De vertroebeling van het water, we zeiden het al, beïnvloedt de produktiviteit van organismen ongunstig.

Langs de Westerschelde bevinden zich zes

jachthavens, vanwaaruit watersportvaartuigen en bootjes van sportvisserij het estuarium kunnen opvaren. Langs verschillende dijkgedeelten vindt sportvisserij en oeverrecreatie plaats. Op een aantal plaatsen is de mogelijkheid aanwezig pieren te spitten. Voor deze functies vormt de watervervuiling een potentiële bedreiging.

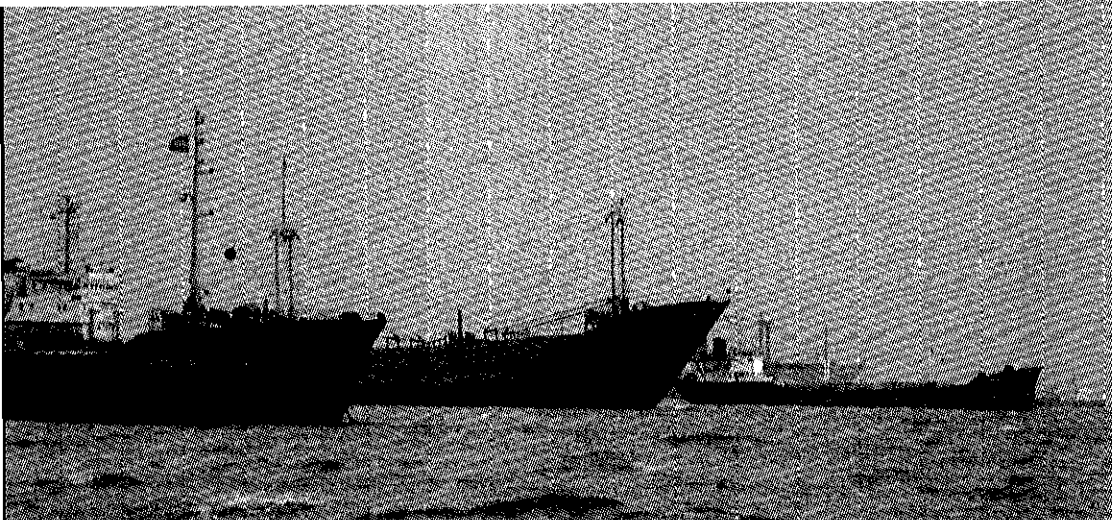
De belangrijkste negatieve effecten van de recreatie hebben betrekking op de natuurfunctie. Waardevolle intergetijdegebieden worden betreden door watersporters, die hun vaartuigen daarlangs afmeren, of door pierenspitters, die vaak grote afstanden afleggen op platen en slikken. Hierdoor worden vogels gehinderd in broed-, rui- of fourageeractiviteiten.

Onderzoek

Voor het opstellen van het integrale beleidsplan is een projectorganisatie opgezet; één werkgroep houdt zich bezig met de morfologie en de water- en bodemkwaliteit, zowel a-biotisch als biotisch. Deze werkgroep zorgt voor het ontwikkelen van scenario's om problemen op te lossen dan wel te voorkomen dat ze actueel worden. Een van die scenario's is bijvoorbeeld het 'Rijnscenario' dat uitgaat van een *procentuele reductie van de lozingen*, net zoals bij belastingbronnen langs de Rijn. De werkgroep voert zelf korte-termijnonderzoek uit teneinde verantwoorde scenario's op te kunnen zetten. De basis daarvoor is actuele kennis van de hoedanigheid van de Westerschelde. Hiertoe behoort in de eerste plaats het inventariseren van alle bronnen van belasting. Daarbij worden gegevens verzameld van de volgende variabelen: debiet, zwevende stof, chloride, zuurstof, BOD, TOC, DOC, nutriënten, zware metalen en anorganische microverontreinigingen, bacteriologische kwaliteit en radio-activiteit.

Er zal worden berekend welk deel aan menselijke invloeden kan worden toegeschreven. Nagegaan wordt of er bij saneringsscenario's kan worden voldaan aan de adviesnormen voor de onderwaterbodem. En er zal een beschouwing worden gegeven van de herstelduur van de Westerschelde na sanering. De effecten van sanering op de zuurstofhuishouding zullen met behulp van een model inzichtelijk worden gemaakt.

Getracht zal worden een relatie te leggen tussen de hoeveelheid baggerwerk en het zwevend-stofgehalte en/of de verdieping en het zwevend-stofgehalte. Met behulp van bestaande gegevensbestanden zal een zo actueel mogelijk overzicht worden opgesteld van de bodemverontreiniging. De gevolgen



van eventuele grootschalige ingrepen voor de getijbeweging kunnen worden berekend met een mathematisch model. Tenslotte zal er met betrekking tot de natuur een inventarisatie plaatsvinden van recente gegevens en kennis over plankton, benthos, vogels, vissen, schorvegetaties, wieren en zeehonden. De samenhang tussen het ecologisch en het maatschappelijk functioneren van een gebied als de Westerschelde is voor de Rijkswaterstaat als beheerder reden om dit gebied als een geïntegreerde eenheid te beschouwen en te beheren. Voorafgaand aan de concrete voorbereidingen voor het maken van een beleidsplan voor integraal beheer van de Westerschelde werd er onderzoek opgezet om de kennis van het systeem te verdiepen. Dit onderzoek is gericht op de geografische en ecologische complexiteit van het systeem, in ruimtelijke en dynamische zin; op de maatschappelijke functies en gebruiksvormen in hun huidige vorm en hun mogelijke ontwikkeling; op de wederzijdse afhankelijkheid in het systeem en de actuele en potentiële gebruiksvormen; en tenslotte op de geldende en relevante juridische en bestuurlijke regelingen. In het voorjaar van 1985 is deze Geïntegreerde Milieu Beleidsstudie Westerschelde van start gegaan. Het doel van dit onderzoeksproject is het verwerven van kennis ten aanzien van de afzonderlijke disciplines, en een efficiënte afstemming in breedte en diepte van de verschillende onderzoeken. Het dient een integraal plan te ondersteunen, waarbij de Westerschelde blijft voortbestaan als multifunctioneel watersysteem, terwijl negatieve beïnvloeding van genoemde actuele en potentiële functies wordt voorkomen of geminimaliseerd.

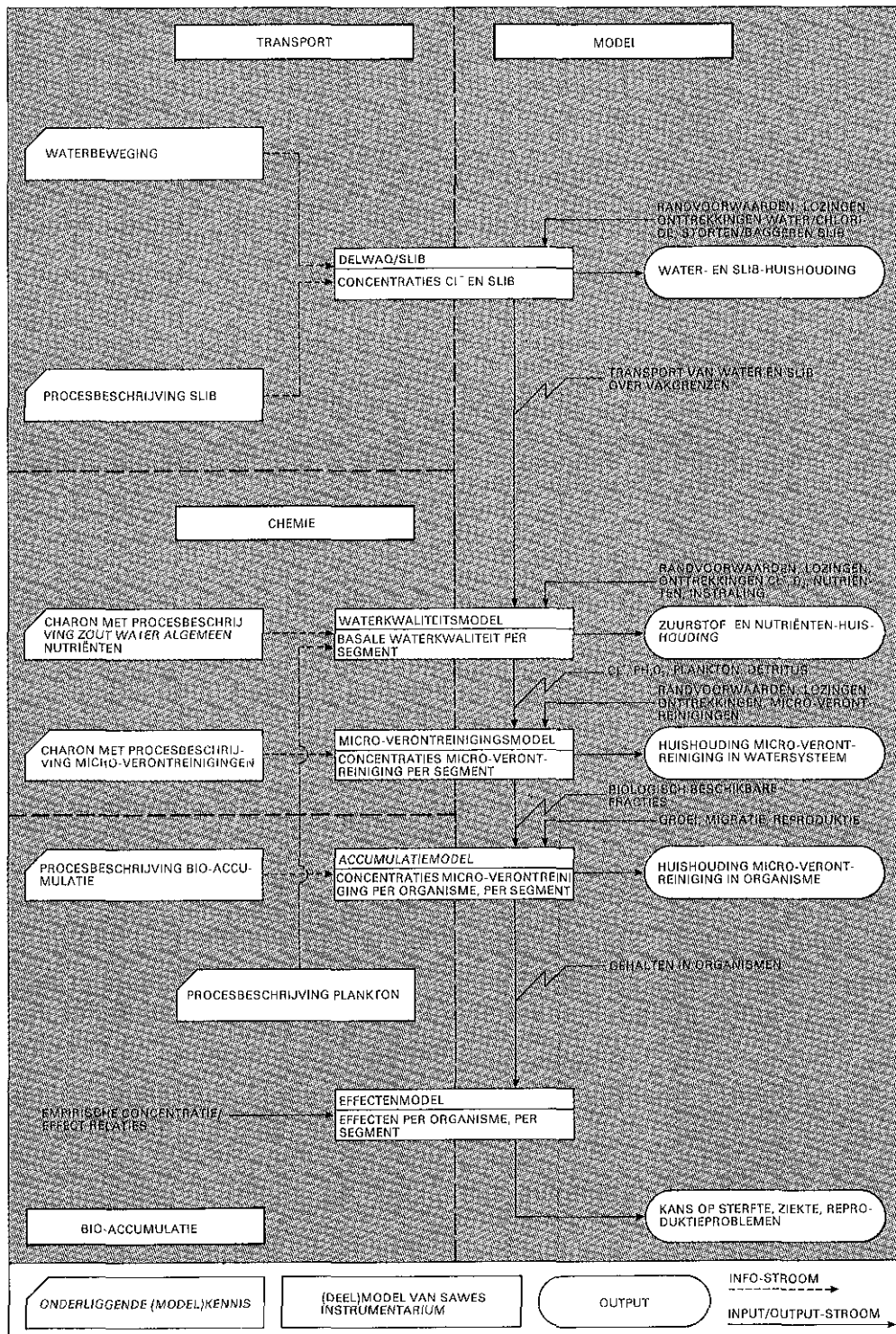
Scheepvaart op Antwerpen

Fig 2 Schema van de onderlinge betrekkingen tussen de deelprojecten

Er wordt in onderlinge samenwerking onderzoek verricht naar aspecten van het ecosysteem – water, bodem, lucht, en levensgemeenschappen –, naar gebruiksfuncties zoals scheepvaart, natuur, visserij en recreatie, en naar bestuurlijk-juridische aspecten.

In het onderzoeksproject zijn, naast de Rijkswaterstaat, de Rijksuniversiteit Utrecht, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en de Stichting voor Bodemkartering betrokken.

Er zijn contacten gelegd met andere instituten en ministeries. Het is derhalve een samenwerkingsproject. Dit houdt in dat elke participerende instelling haar eigen onderzoek uitvoert, ten aanzien van de onderzoeksresultaten heeft elke instantie door middel van een intentieverklaring uitgesproken dat ze die ter beschikking zal stellen van andere participanten, en zo zal



bijdragen aan de gemeenschappelijke doelstelling van het project. De Dienst Getijdewateren van de Rijkswaterstaat is in 1986 begonnen met een onderzoeksproject SAWES – voor Systeem Analyse Westerschelde –, dat gericht is op het opvullen van leemten in proceskennis op fysisch, chemisch en biologisch gebied. Daarin zullen de processen beschouwd worden die bepalend zijn voor de verspreiding van verontreinigende stoffen in de verschillende compartimenten van het ecosysteem en voor de ophoping daarvan in organismen, inclusief de effecten die dat heeft op het leven van die organismen. De opzet is om vanuit een systeembenadering en door het modelleren van processen van stoftransporten, en van de invloed van systeemkenmerken op deze processen, een betere onderbouwing te geven aan de advisering dan tot nu toe mogelijk is. Met het te ontwikkelen model zal de accumulatie van microverontreinigingen in een aantal organismen berekend kunnen worden. Aanvankelijk geldt dit voor de lagere trofische niveaus. Er zijn echter goede vooruitzichten dat aan het eind van het project ook modellering van de gehalten in hogere trofische niveaus mogelijk zal zijn.

Het project SAWES is opgedeeld in de 4 deelprojecten Transport, Chemie, Bio-accumulatie en Model. In figuur 2 is een relatieschema getekend dat inzicht geeft in de onderlinge betrekkingen tussen de deelprojecten.

In het deelproject Transport gaat het om het formuleren van de verspreidingsmechanismen van ingebrachte verontreinigingen, zowel opgelost als in gebonden toestand, vanuit de Schelde en vanuit overige bronnen. Verder gaat het om het verwerven en modelmatig formuleren van kennis met betrekking tot de aanwezigheid van slib en de verdeling daarvan over het bekken, en omtrent sedimentatie- en erosieprocessen.

Het deelproject Chemie zorgt voor het formuleren van de geochemische en biogeochemische processen, en het bepalen van de daarbij behorende procesconstanten, die de paden en lotgevallen van de zware metalen kwik, cadmium, chroom, koper en zink en van een aantal organische microverontreinigingen zoals PCB's en PAK's in het Schelde-estuarium bepalen. Het inventariseren van de belastingen en gehalten aan bovengenoemde verontreinigingen in de abiotische componenten water,

bodem en zwevend materiaal behoort eveneens tot de taak van deze deelprojectgroep.

Tot de taak van het deelproject Bio-accumulatie behoort het formuleren van een plankton- en detritusmodel, en het bepalen van de verspreiding van microverontreinigingen in het biotische deel van het ecosysteem van de Westerschelde. Ook zorgt deze deelprojectgroep voor het formuleren van de processen en het bepalen van de bijbehorende procesconstanten die de ophoping van microverontreinigingen in organismen veroorzaken.

De deelprojectgroep Model tenslotte heeft als eerste taak het mede ontwikkelen, implementeren, beheren en documenteren van een operationeel pakket wiskundige simulatiemodellen voor de berekening van de paden en lotgevallen en ophoping in organismen van verontreinigende stoffen en het aangeven van de effecten daarvan. Verder zorgt ze voor calibratie, validatie van en simulatie met de ontwikkelde modellen, en het documenteren van de resultaten van deze werkzaamheden. Ze stelt tenslotte stofbalansen op van microverontreinigingen in de Westerschelde op basis van meetgegevens en een budgetmodel, en zorgt voor een actueel en toegankelijk bestand van relevante literatuur en meetgegevens met betrekking tot de Westerschelde. In het beleidsplan voor de Westerschelde zal dus een beleid voor de korte en lange termijn worden geformuleerd voor het oplossen van actuele conflicten. Daarbij zal worden gestreefd naar een zodanige afstemming van ontwikkelingen dat potentiële conflicten niet actueel worden. Het beleidsplan zal zich richten op het realiseren waar mogelijk van een wederzijds versterkend en optimaliserend effect van de functies en activiteiten. Zo hoopt men te bereiken dat een situatie wordt gecreëerd waarin hoogwaardige natuur-, visserij- en recreatiefuncties kunnen worden gehandhaafd en hersteld, dan wel ontwikkeld; dit met inachtneming van de scheepvaartfunctie en haar ontwikkelingsmogelijkheden.

Met het uitvoeren van het hiervoor genoemde onderzoek wordt een bijdrage geleverd aan het totstandkomen van een integraal beleidsplan voor de Westerschelde. In een verder stadium zal, naast het verrichte onderzoek, de waterkwaliteitsmodellering een hulpmiddel zijn bij de uitwerking en uitvoering van het dan gekozen beleid.

Ten gevolge van de afsluiting van het Haringvliet op 2 november 1970 veranderde het achterliggende brakke getijdebekken in een zoetwaterbekken met een aanzienlijk gereduceerd getij. Wat resteert van het getij is het gevolg van de open verbinding tussen het Haringvliet en de zee via het Spui en de Dortse Kil; het getijverschil bedraagt dientengevolge nog 30 cm.

Vegetatieverandering op de Ventjagersplaat

Naast dit zeer geringe getijverschil treden er ook nog steeds grote, maar meer onregelmatige schommelingen op in de waterstand, als gevolg van fluctuaties in de rivierafvoer, het spuischema van de Haringvlietssluisen en waterstandsverhogingen ten gevolge van storm op de Noordzee. Alleen bij laagwater op zee kan er immers oppervlaktewater geloosd worden; tijdens hoge zeestanden blijven de Haringvlietssluisen gesloten, en wordt het water opgestuwd. De mate van opstuwing wordt voornamelijk bepaald door de rivierafvoer (figuur 3). In tegenstelling tot bij voorbeeld de Oosterschelde is het beheer van het Haringvliet geen doel op zich zelf, maar eerder een middel ten behoeve van het waterhuishoudkundig beheer in groter verband. Met de Haringvlietssluisen als kraan reguleert men de waterstanden in het benedenrivierengebied, en bestrijdt men het opdringende zout op de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet. *Het zoutgehalte op het Haringvliet ligt in het algemeen beneden de 300 mg Cl-/l, maar in droge jaren, zoals bij voorbeeld 1976, kan het chloridegehalte stijgen tot ongeveer 500 mg Cl-/l.*

Als gevolg van de grote veranderingen in de waterhuishouding veranderen ook de vegetaties op de oevers die onder de invloed van het meerpeil stonden. Om de verandering in de oevervegetatie te kunnen volgen is vanaf 1973 tot en met 1985 door de hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst onderzoek verricht op de Ventjagersplaat, een opwas gelegen op de overgang van het Hollands Diep en het Haringvliet naar het Volkerak, ten noorden van de Hellegatsdam. Dit vegetatieonderzoek had tot doel vast te stellen hoe vegetaties zich na een dergelijke

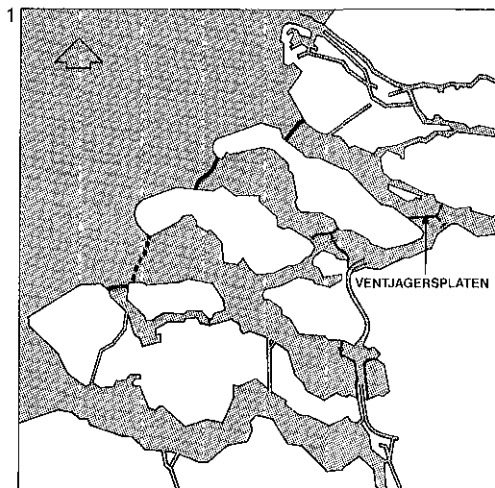
grote verandering van nature aanpassen, dat wil zeggen zonder invloed van menselijk beheer. Het onderzoek was met name van belang voor de inrichtings- en beheersproblematiek van het destijds voorgenomen zoete Zeeuwse Meer, dat zou ontstaan na afdamming van de Oosterschelde.

Het vegetatieonderzoek dat we hier beschrijven werd verricht met behulp van zogenaamde permanente kwadraten. Een permanent kwadraat is een vast oppervlak van één tot enkele vierkante meters, afhankelijk van het soort vegetatie; in dit geval mat elk permanent kwadraat 5 x 5 m.

Op de hoekpunten van zo'n permanent kwadraat worden palen in de grond geslagen, zodat ieder jaar hetzelfde stukje weer kan worden teruggevonden en beschreven; daarbij wordt genoteerd welke plantensoorten er voorkomen en in welke mate – dit laatste noemen we het bedekkingspercentage.

Daarnaast kunnen afhankelijk van het soort onderzoek nog andere gegevens worden verzameld, bijvoorbeeld over de bodem, de hoogte, de fenologische toestand van het gewas – bloeiend, zaaddragend, vegetatief – en de wijze van beheer, bij voorbeeld beweiding en dergelijke meer. Met zulke gegevens, verkregen over een reeks van jaren, kunnen richtingen in de vegetatieontwikkeling worden vastgesteld. Met behulp van periodieke vegetatiekarteringen kunnen puntmetingen in een ruimtelijk verband worden geplaatst, en kunnen lokale veranderingen in permanente kwadraten vertaald worden in trends voor het gehele gebied.

In 1971, dus vlak na de afsluiting en nog voordat dit onderzoek van start ging, werd door het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch



Onderzoek een vegetatiekaart vervaardigd van een deel van het gebied. Die vegetatie bestond toen onder andere uit Moerasandijvie, Rode ganzenoet, Perzikkruid, Greppelrus, Zilterus, Zeebies en Lisdodde. Moerasandijvie en Rode ganzenoet zijn soorten die na droogvallen van een dergelijk gebied in groten getale kunnen voorkomen, zoals men ook heeft kunnen zien in de droogvallende IJsselmeerpolders.

Op de hogere delen, tegen de dijkvoet van de Hellegatsdam, kwamen ruigtevegetaties voor, bestaande uit Akkerdistel, Harig Wilgeroosje, Koninginnekruid - ook wel Leverkruid genoemd -, Rietzwenkgras, Echte heemst, Honingklaver, Valeriaan, Melkdistel, Guldenroede en andere (figuur 4).

Sedertdien is de vegetatie in het gebied sterk veranderd. Er ontstond een ruigte waarin Harig wilgeroosje en Riet domineerden, vergezeld door andere plantensoorten zoals Brandnetel en Haagwinde. Zo ontstond er een vrijwel ondoordringbare vegetatie.

De belangrijkste en ook de meest in het oog lopende vegetatieverandering is de vorming van bos en struweel. Inmiddels is een bosrijke begroeiing ontstaan, die hier en daar al een hoogte van 10 tot 15 m heeft bereikt. De belangrijkste bossoorten zijn wilgen, onder andere Schietwilg, Katwilg, Grauwe wilg en Kruiwilg, en elzen, maar ook de Zwarte populier is er aangetroffen (figuur 4). In de ondergroei komt reeds een aantal voor deze bossen karakteristieke kruiden voor.

De wilgenbosjes op de Ventjagersplaat vertonen inmiddels sterke gelijkenis met de rivierbegeleidende bossen en struwelen die elders in het land worden aangetroffen; teken dat er sprake is van een zekere stabilisering en

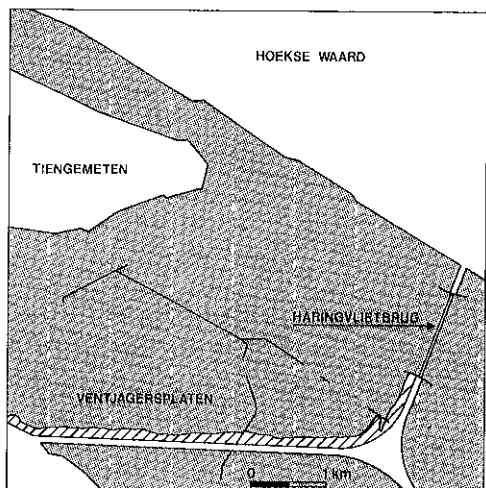


Fig. 1 Ligging van het onderzoeksgebied

Fig. 2 Situatie tussen 1977 en 1979

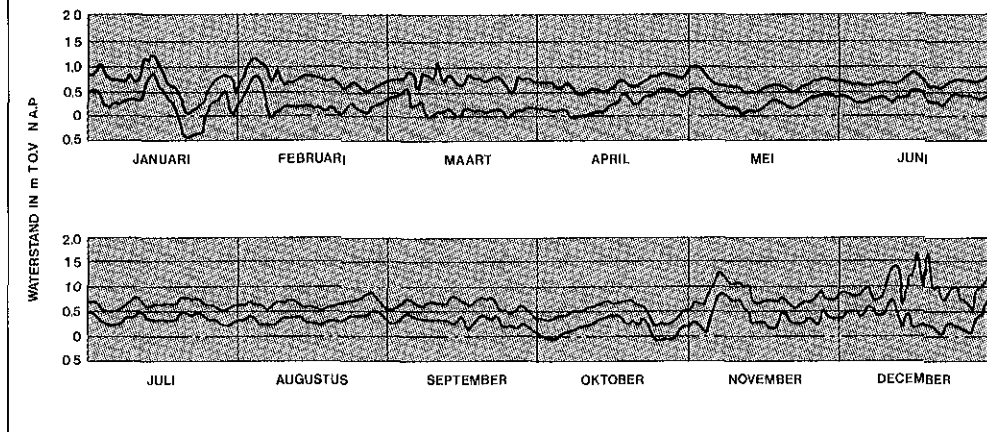
Fig. 3 Hoogste en laagste waterstand per dag op de Ventjagersplaat in 1979

Ventjagersplaat 1980. Oever met omgewaaiden bomen

aanpassing van de natuur aan het gewijzigde karakter van het Haringvliet

Dat nog niet echt sprake is van een karakteristieke rivieroevervegetatie blijkt uit het feit dat zich in het gebied nog nauwelijks stroomdalplanten hebben gevestigd. De afwezigheid van deze soorten kan overigens ook goeddeels verklaard worden door de algemene botanische verarming sinds het begin van deze eeuw. Een aantal stroomdalplanten is zeer gevoelig voor vervuiling. Als min of meer echte stroomdalplanten hebben zich tot op heden gevestigd Grote engelwortel, Slijkgroen, Gele honingklaver en Blauwe waterereprijs.

Er zijn in Nederland weinig gebieden die een vergelijkbare ontwikkeling hebben doorgemaakt. Een daarvan is de oever van het Zwarte Meer, waar sinds de aanleg van de Afsluitdijk in de dertiger jaren een vegetatie is ontstaan



die vergelijkbaar is met die op de Ventjagersplaat.

Op de hoge zandige delen van het gebied, die zowel voor als na de afsluiting minder sterk onder invloed stonden van het oppervlaktewater, is de ontwikkeling ogenschijnlijk minder spectaculair geweest. Niettemin zijn ook hier veranderingen opgetreden. Globaal kan worden gesproken van een overgang van een vegetatie min of meer kenmerkend voor zeeduin naar een vegetatie die te karakteriseren is als droog en neutraal grasland. Achteruit gingen hier onder andere Zandhaver, Biestarwegras en Zilverchoon, terwijl soorten als Zandzegge en Zandmuur belangrijker zijn geworden.

Toekomstige ontwikkelingen

Indien de status quo van het gebied gehand-

haafd blijft, dat wil zeggen bij gelijkblijvende waterhuishouding en de afzijdigheid van de mens, is het aannemelijk dat de bosvorming onverminderd voortgang zal vinden. Op den duur zal het gehele laag gelegen gebied bedekt zijn met bos. De hoger gelegen delen zullen, als gevolg van konijnenvraat, hun graslandachtige karakter behouden. Wellicht dat op deze hoge delen ook een duindoornstruweel zou kunnen ontstaan.

Ten gevolge van de bosontwikkeling dreigt overigens versnelde oeverafslag. De oppervlakkige beworteling van de wilgen – een gevolg van de hoge grondwaterstand – maakt ze zeer gevoelig voor storm. Een groot deel van de wilgen die langs de oever staan waait om, hetgeen tot oeverafslag leidt, behalve waar riet in de oever staat. Om te voorkomen dat het gebied zo op den duur geheel zal verdwij-



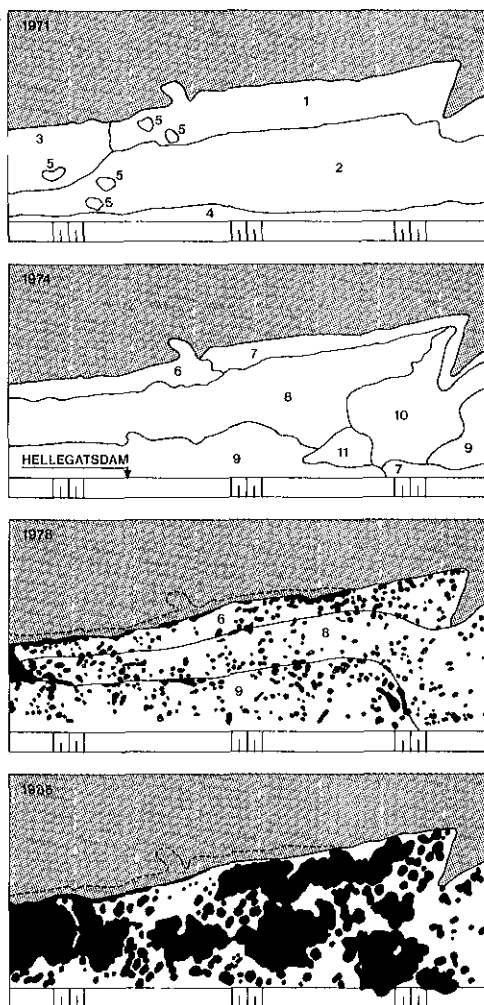


Fig 4 Vegetatiekaart van een deel van de Ventjagersplaat

- 1 IJle moerasandijvievegetatie, met Perzikkruid, Greppelrus en wieren
- 2 IJle vegetatie met wieren, Perzikkruid en Greppelrus
- 3 Lisdoddevegetatie, met Greppelrus en wieren
- 4 Ruigtevegetatie met Harig wilgeroosje, Akkerdistel, Koninginnekruid en Riet-zwenkgras.
- 5 Zeebiesvegetatie
- 6 Vegetatie met Zeebies, Fioringras, Harig wilgeroosje, Zilte rus, Zeezuring en Riet.
- 7 Vegetatie met Zeebies, Harig wilgeroosje, Lisdodde, Moerasandijvie, Riet en Zeeaster.
- 8 Vegetatie van Riet, Fioringras en Harig wilgeroosje
- 9 Rietvegetatie
- 10 Rietzwenkgrasvegetatie.
- 11 Vegetatie met Strandkweek, Roodzwenkgras, Riet, Zandhaver en Rietzwenkgras.
- 12 Bosvegetatie met in de ondergroei ruigtevegetaties met Harig wilgeroosje en Riet.

* Onderbroken lijn Deverlijn van 1971

nen, zal er toch enige vorm van beheer noodzakelijk zijn, voornamelijk gericht op het bestrijden van oevererosie.

Ook voor de vegetatie zelf is een aantal natuurtechnische beheersmaatregelen mogelijk, afhankelijk van de inrichting en het gebruik van het gebied dat voor ogen staat. Te denken valt aan verwijdering van de boomopslag en vervolgens beweiden of maaien. Het gevolg zal zijn dat er een graslandachtige vegetatie ontstaat. Gelet op de waterhuishouding en de waterkwaliteit van het Haringvliet zal deze beheersmaatregel een soortenarm grasland opleveren, zoals ook elders langs het Haringvliet

'Niets doen', ook een beheersmaatregel, zal het gebied laten zoals het is, inclusief de ontwikkeling die reeds is ingezet. Dit is een beheersvorm die in Nederland relatief weinig

voorkomt: in Zuidwest-Nederland op het Aardbeieneiland in het Veerse Meer, op de Slikken van Flakkee in het Grevelingenmeer en op het Rammegors bij Tholen.

Een belangrijk nevenvoordeel van deze beheersvorm zou kunnen zijn, dat het gebied als buffer functioneert tussen de rijksweg over de Hellegatsdam en het onbegroeide deel van de Ventjagersplaat. Dit onbegroeide deel heeft belangrijke waarde voor de vogelstand; de Ventjagersplaat is een van de drie riuiplassen van de Grauwe Gans in Nederland. Bovendien is dit gebied, met een totale oppervlakte van 700 hectare, het grootste rustgebied voor watervogels en steltlopers in het Haringvliet/Hollands Diep. Ten slotte is 'niets doen' een relatief goedkope beheersvorm, maar wel een moeilijke, omdat de mens eigenlijk altijd wel iets wil doen in een gebied.

Een van de aspecten van het onderzoek naar de gevolgen van de Deltawerken voor de flora en fauna van het Deltagebied is het wel en wee van de aldaar levende vissen. Sinds het begin van de zestiger jaren heeft een beperkt aantal onderzoekers zich bezig gehouden met de soortenrijkdom van de vissen in de Deltawateren, hun abundantie, hun groei en hun trekbewegingen.

Visonderzoek in de Deltawateren

In een van de grotere bekkens, de Grevelingen, is een diepgaande studie verricht naar de gevolgen van de afsluiting van het vroegere estuarium voor de oorspronkelijke visfauna. De belangrijkste vissoorten en hun rol in de voedselketen werden daarbij gekwalificeerd. In deze bijdrage zal dat onderzoek centraal staan. Alvorens we daaraan toe komen, zullen eerst enkele resultaten worden vermeld van het onderzoek dat is verricht in de Oosterschelde en de Westerschelde.

Al in 1882 werd een lijst van 'Visschen in de Oosterschelde' samengesteld door C. J. Bottemanne. De huidige soortensamenstelling

kunnen we daarmee vergelijken. Ons staan daartoe gegevens ten dienste van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, dat in de Oosterschelde van 1960 tot 1976 systematisch met een boomkor heeft gevist, en ook langs andere wegen allerlei informatie over de soortensamenstelling van de visfauna heeft verzameld.

In die periode zijn in de Oosterschelde een kleine honderd verschillende vissoorten waargenomen, waarvan 44 soorten met de boomkor werden gevangen. Wel moet worden aangetekend dat de boomkor speciaal ontwikkeld is om bodemvissen te vangen, en

Tabel 1. Gemiddeld aantal vissen per 100 minuten korren in de Oosterschelde, gedurende vier opeenvolgende perioden van 3-4 jaar.

Periode	1960-1964	1965-1968	1969-1972	1973-1976
Schol	115	231	254	81
Dikkopje	132	164	153	158
Schar	46	133	88	123
Tong	51	48	5	13
Bot	23	27	27	4
Zeedonderpad	6	27	9	3
Puitaal	6	27	5	4
Harnasmannetje	4	11	2	5
Sprot	16	4	8	10
Wijting	4	19	1	35
Spiering	1	9	7	-
Paling	6	3	1	2
Slakdolf	3	3	3	3
Haring	9	3	3	12
Kleine Zeenaald	1	7	1	7
Zandspiering	4	1	2	2
Steenbol	3	7	1	1
Pitvis	5	1	1	3
Brakwatergrondel	2	3	5	6



ARM-35

ARM-17



dus niet het beste vistuig is om alle soorten te pakken te krijgen. Uit tabel 1 valt af te lezen dat sommige soorten in de ene periode veel talrijker zijn dan ervoor of erna. Het harnas-mannetje bijvoorbeeld was in de jaren 1966 en 1968 veel talrijker dan in de overige jaren. Haring wordt vooral in de laatste periode veel gevangen. *Wijting kende een slappe periode* van 1969 tot 1972, en tong lijkt de laatste twee periodes in aantal achteruit te zijn gegaan, waarschijnlijk ten gevolge van de intensieve tongvisserij in de Noordzee. Vanaf 1979 voert het Bureau Waardenburg een soort vervolg uit op dit onderzoek, alleen met andere methodieken: van een aantal beroepsvisserij die vrijwel dagelijks met hokfuis op paling vissen, worden verspreid over de Oosterschelde de bijvangst genoteerd. Tevens worden er gegevens verkregen door regelmatige bemonstering van een weervisrichting in de kom van de Oosterschelde, door middel van opnames onder water en door gesprekken met beroeps-visserij.

Dit alles tezamen levert ook weer een lijst op, die we met die van Bottemanne kunnen vergelijken. Dan valt op dat er een aantal vissoorten zijn verdwenen, zoals steur, elft, houting, zalm en zeestekelbaars, maar ook dat een aantal soorten in 1882 niet vermeld werden – paling, pitvis, driedoornige stekelbaars, smelt, brakwatergrondel en steenbolk –, vissen die toch eigenlijk niet zo zeldzaam zijn en vermoedelijk ook toen al aanwezig zijn geweest.

Onderzoek naar de kinderkamerfunctie van de Ooster- en Westerschelde, het Nederlandse kustgebied en de Waddenzee, wordt voor wat betreft de commercieel belangrijke vissoorten en garnaal sinds 1969 uitgevoerd door het Rijks Instituut voor Visserij Onderzoek te IJmuiden (tabel 2).

Het blijkt dat het Deltagebied maar een geringe bijdrage levert aan het totale bestand van schol, tong en garnalen, zelfs als men rekening houdt met de relatieve grootte van het areaal.

Tong speelt nog de belangrijkste rol in de Zeeuwse stromen, en dan vooral in het oostelijk deel van de Westerschelde. De dichtheden die men daar bij de voorjaarsopnamen aantrof waren 2 à 3 maal zo hoog als die in de Waddenzee. Gerekend over het hele Zeeuwse gebied echter waren de dichtheden vergelijkbaar met die van de Waddenzee. Een hiermee samenhangend onderzoek naar de intrek van schol- en tonglarven in de Oosterschelde voerde het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek uit in de jaren 1979 tot en met

Tabel 2. Percentage van de populatie van jonge tong, schol en garnaal in Nederland over de periode 1969–1978

	relatieve grootte van het areaal	schol < 13 cm		tong < 13 cm		garnaal < 54 mm	
		voorjaar	najaar	voorjaar	najaar	voorjaar	najaar
Waddenzee	20,9	72	52	44	27	48	39
Kustzone	71,5	24	44	35	69	46	55
Zeeland	7,6	4	4	22	5	6	6

1983. Daarbij werden ook veranderingen verdisconteerd die in de monding van de Oosterschelde optraden als gevolg van de aanleg van de stormvloedkering, en die een negatieve invloed zouden kunnen hebben op de intrekmogelijkheden van larven. De intrek van schollarven bleek een overwegend passief proces te zijn, gecombineerd met een actief, selectief getijgedrag van de larven. Tijdens de vloed gedragen de larven zich pelagisch – zwevend in het water – en laten ze zich zo de monding van Ooster- of Westerschelde binnenvoeren. Met eb gaan ze naar de bodem, om vervolgens met de vloed weer actief de waterkolom op te zoeken. De totale intrek van larven in de Ooster- en Westerschelde wordt zo voor een belangrijk deel bepaald door de zeestromingen en door de concentratie van larven in het kustwater. De intrek is in de Zeeuwse stromen qua omvang van minder belang dan in de Waddenzee.

In sommige jaren trekken er meer tonglarven de Oosterschelde binnen dan er wegtrekken; in andere jaren is het juist andersom. De paai-activiteit van tong in de Oosterschelde zelf bleek van geringe betekenis voor de dichtheid van jonge tong in het najaar. In 1981 en 1982 verrichtten Belgische en Nederlandse instituten gezamenlijk onderzoek naar de oorzaken van het voorkomen van ziekten bij paling in de Westerschelde en de Grevelingen. De conclusie was dat er op grond van de gehalten aan onderzochte chemische verbindingen, die als karakteristiek voor de vervuilingsgraad van de Westerschelde werden opgevat, geen direct verband kon worden gelegd tussen de op dat moment aanwezige vervuiling en de waargenomen hogere ziekte-frequentie van paling bij Terneuzen. Vooral bacteriën bleken verantwoordelijk te zijn voor deze ziekten. Later onderzoek bracht aan het licht dat 16 procent van de onderzochte platvissen – in dit geval bot – uit de Westerschelde kankerachtige

gezwollen op huid en vinnen vertoonde. In de Oosterschelde was dat slechts 5 procent. Dit lijkt een duidelijke aanwijzing dat er met de conditie van de vis in de Westerschelde iets aan de hand is, waardoor die veel gevoeliger is voor allerlei infecties.

Grevelingen

In het vier jaar durende visonderzoek in de Grevelingen, dat liep van 1979 tot 1982 en een samenwerkingsproject was tussen het Delta Instituut en de Rijkswaterstaats, is getracht antwoord te geven op vragen als: welke vissen zitten er nu in het zoute water minder in vergelijking met de periode vóór de afsluiting in 1971? Hoe groot zijn de aantallen van de belangrijkste vissoorten, en hoe groot is de totale biomassa per soort als functie van het seizoen? Hoe groot is de productie per soort? Wat eten de dominante soorten? Wat is de plaats van de vissen in de voedselkringloop? Wat we hierover melden is eerder gepubliceerd door een medewerker van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek. Al in 1964 ging, door de aanleg van een dam aan de oostzijde van het estuarium, het eigenlijke karakter van de Grevelingen verloren. Met het afsluiten van het Brouwershavense Gat aan de zeezijde in 1971 ontstond er een 108 km² groot zoutwatermeer. Eind 1978 werd de verbinding met de Noordzee weer hersteld door het openen van een sluis in de Brouwersdam, met een capaciteit van 120 tot 140 m³ per seconde, en in 1983 kwam er een hevel in de Grevelingendam gereed, met een capaciteit van 100 m³ per seconde, dit kunstwerk kreeg de naam Flakkeese Spuisluis.

In de periode 1900–1980 kende men in de Grevelingen in totaal 57 vissoorten. In vergelijking met de Oosterschelde en de Waddenzee, waar 100 vissoorten zijn gevonden, is dat erg weinig. Binnen de 12-mijlszone komen daar zelfs 134 vissoorten voor.

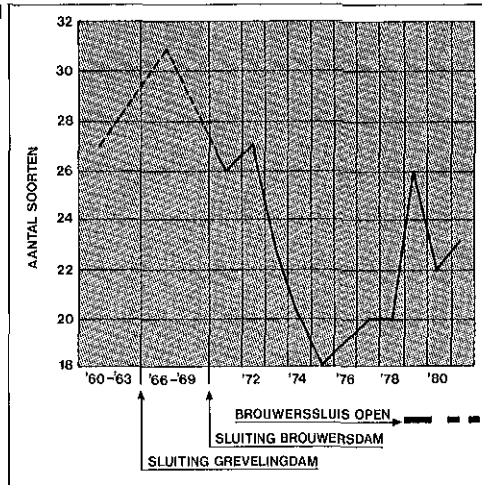
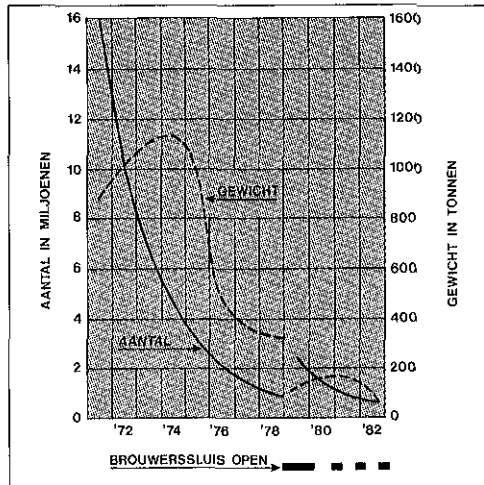


Fig. 1. Aantal vissoorten gevangen met een boomkor in de diepere delen van de Grevelingen onder verschillende waterloopkundige omstandigheden

Fig. 2. Gereconstrueerd verloop van de biomassa van schol in het vrijwel volledig afgesloten Grevelingenmeer (1971-78) en na de ingebruikneming van de Brouwerssluis



kabeljauw, steenbolk, snotlof en een aantal zomergasten, zoals geep, horsmakreel, zeebaars en harder. De aantallen blijven echter gering. In de jaren toen de sluis alleen 's winters open stond - 1979 tot 1981 - was het aantal vissoorten beduidend minder. Welke gevolgen de afsluiting had voor de verschillende vissoorten laat zich goed illustreren aan het voorbeeld van de schol. Doordat schollen een aantal prettige eigenschappen hebben, zowel voor de consument als voor de visbioloog, is er van deze vissoort relatief veel bekend.

Schol, schar en tong behoorden tot de meest algemene vissoorten. In de periode 1960-1969 bestond 40% van de bodemvis uit schol. Hoeveel schollen in het voorjaar van 1971 werden ingesloten weten we niet precies. Via een omweg en een aantal aannames is daar achteraf wel een schatting van te maken. Gedurende de jaren dat het Grevelingenmeer vrijwel volledig van het omringende water was afgesloten, is er zowel door de Directie van de Visserijen als door het Delta Instituut gevestigd. Beide diensten visten met een 3 m boomkor, voorzien van een 10 mm garnalennet, in de vroegere geulen van het meer. De diepte van de geulen was steeds groter dan 5 m. Aangezien de vissen in de herfst dieper water opzoeken zijn de tellingen uit deze periode het best bruikbaar voor een schatting van de aantallen.

Uit de schattingen van beide instituten bleek dat het bestand in de loop van de jaren steeds afnam. Het aantal schollen is voor 1972 berekend op 9,5 miljoen stuks (figuur 2). Extrapolatie naar najaar 1971 geeft een aantal van ruim 14 miljoen schollen. Uit de regelmatige vermindering van het

Na de afsluiting in 1971 liep het aantal nog sterk terug, tot 18 in 1975 (figuur 1). Pitvis, vijfdradige meun, harnasmannetje, kabeljauw, steenbolk, ansjovis, spiering, tong en grote zeenaald verdwenen alle na de afsluiting. Van 1976 tot 1978 trad er een licht herstel op, met een stabilisatie rond de 20 soorten. Een nieuwe soort was de zwarte grondel, die voor het eerst in 1976 in de proefvisserijen voorkwam (figuur 4) en daarna vrijwel dezelfde ontwikkeling doormaakte als in het eerder afgesloten Veerse Meer. Het effect van de Brouwerssluis op het aantal vissoorten, met name toen de sluis in 1979 het hele jaar openstond, komt in figuur 1 duidelijk tot uiting. Onder de soorten die weer terug zijn, vinden we de glasgrondel, de botervis, de grote zeenaald en de slakdolf. Andere soorten die weer werden waargenomen waren

aantal oudere schollen is af te leiden dat per jaar ongeveer een derde van de schollen stierf. Met name in de eerste jaren na de afsluiting is er door sportvisserij veel schol gevangen, schattingen over de periode 1972-1978 komen uit op ongeveer 7,5 miljoen stuks, hetgeen neerkomt op een sterfte ten gevolge van beroeps- en sportvisserij van 23% per jaar. Voor de natuurlijke sterfte blijft er dan nog 10% over, een waarde die elders ook is gevonden. De beroepsvissers mochten en mogen uitsluitend op paling vissen; van de bijvangst mogen alleen een paar visjes voor eigen gebruik worden meegenomen. In 1978 waren er nog slechts 1 miljoen schollen in het meer over.

Doordat de Brouwerssluis in 1979 het gehele jaar open stond kon de scholstand zich weer enigszins herstellen. Hun aantal werd eind 1979 geschat op 2 miljoen stuks, waarvan globaal 75% als larve in het voorjaar moet zijn binnengekomen. Omdat de capaciteit van de sluis betrekkelijk gering is, zijn de aantallen in 1979 veel lager dan in 1971. De populatie heeft zich niet verder kunnen opbouwen, of zelfs maar stabiliseren, omdat de sluis de volgende jaren meestal al rond 1 maart werd gesloten. Het aantal schollen bedraagt de laatste jaren dan ook niet veel meer dan een half miljoen stuks. Dit is te weinig om interessant te zijn voor de sportvisserij.

Van de andere platvissoorten is veel minder bekend. We weten wel dat tong vrijwel direct na de afsluiting was verdwenen. Al in de eerste winter trad er grote sterfte op onder de ingesloten tongen. Tong sterft bij een watertemperatuur lager dan 3 à 4°C, een waarde die daar vrijwel elke winter bereikt wordt. De bot heeft vermoedelijk op dezelfde wijze

op de afsluiting gereageerd als de schol. Het aantal ingesloten botten moet echter veel kleiner zijn geweest, aangezien sportvisserij gedurende de jaren 1972-1978 slechts 1,5 miljoen botten hebben gevangen. In 1979 heeft ook deze populatie een verjonging ondergaan. Maar omdat de botlarven over het algemeen nog later naar binnen trekken dan de schollarven, daalde het aantal botten weer snel, van 0,6 miljoen in 1980 tot 0,1 miljoen in 1982.

Tijdens proefvisserijen werden regelmatig enkele grieten en tarbotten van rond de 30 à 45 cm gevangen. Zulke vissen zijn viseters, en worden zelden in de estuaria aangetroffen. In tegenstelling tot de meeste platvissoorten verblijft de schaar met name 's winters in het kustgebied, waar hij zich vooral aan garnalen te goed doet. Voor de oudere dieren is het

Weervisserij



water 's zomers meestal te warm. Vóór de afsluiting hadden dan ook de meeste scharren de Grevelingen alweer verlaten. Dit blijkt ook uit de boomkorvangsten; in de periode 1960-1969 was het gewichtsaandeel van schar hierin ruim 15%, en na de afsluiting, in 1975 en 1976, was dit minder dan 0,5%. Het sluisregiem na 1979, waarbij het doorlaatwerk 's winters open stond en 's zomers was gesloten, is gunstig geweest voor het intrekken van schar. Het aandeel ervan in de vangsten was in 1980 dan ook reeds gestegen tot 4%. Onder normale omstandigheden planten platvissen zich niet in het estuarium voort, maar in de Noordzee. Het paaigebied van de tong is nog het meest kustgebonden. Paaiende tongen kunnen dan ook gedurende april, mei en juni tot ver in de Oosterschelde worden aangetroffen. Vóór de aanleg van de Brouwersdam was dat in de Grevelingen niet anders. Hoewel tongen zich mogelijk best in het Grevelingenmeer hadden kunnen voortplanten, gebeurde dit niet, omdat ze daar 's winters niet konden overleven.

Oudere schollen en botten ontwikkelden elk jaar wel geslachtsprodukten. Vooral bij vrouwelijke dieren is dit goed waar te nemen, omdat in die tijd de beide ovaria sterk uitgroeien en gevuld zijn met onrijpe eitjes, kuit. In het vroege voorjaar werden er in het Grevelingenmeer ook bevruchte eieren gevonden. Het kwam echter niet tot kleine platvisjes. Als mogelijke oorzaak kan het relatief lage zoutgehalte van het meer worden genoemd. Het soortelijk gewicht van scholeieren in de zuidelijke Noordzee is in de regel iets lager dan dat van zeewater. De eieren blijven hierdoor in het water zweven. Dezelfde eieren zullen echter in het Grevelingenmeer naar de bodem zinken en daar vermoedelijk sterven. Ook is het mogelijk, dat de pas uitgekomen schollarfjes niet het juiste voedsel vonden en dientengevolge ten dode waren opgeschreven. Wat ook precies de oorzaak is geweest, de ingesloten schollen en de overige platvissen kwamen niet tot een succesvolle voortplanting, en zouden dan ook na 30 jaar zijn uitgestorven, wanneer de verblindingsmet de Noordzee niet was hersteld.

De enorme vangsten die sportvisserij in de eerste jaren na de afsluiting maakten, heeft men willen voortzetten door het uitzetten van platvis. Vanaf eind 1975 tot begin 1978 zijn er door de beheerende organisatie van sportvisserij, de Deltafederatie, zo'n 160 000 schollen, 350 000 botten en 1 miljoen scharren uitgezet. De vissen werden gedurende de wintermaanden in de Oosterschelde gevangen met een garnalenkor. Tijdens de vangst en het

transport trad er echter nogal wat sterfte op. De uitzetting van schol bedroeg slechts 10% van de reeds sterk geslonken populatie van 16 miljoen stuks in 1977. In diezelfde periode vingen sportvisserij al meer dan 600 000 schollen. Het effect van de scholuitzetting is dan ook nauwelijks terug te vinden in de vangstgegevens. Daarentegen is het aantal uitgezette botten groter dan het in die periode gevangen aantal van 200 000 stuks. Voor bot, en zeker voor schar, hebben de uitzettingen positief gewerkt op de hengelsresultaten. Ten behoeve van de sportvisserij werden er, net als in het Veerse Meer, van 1971 tot 1977 door de Deltafederatie bovendien nog 230 000 maatse regenboogforellen uitgezet. Aangezien ook deze vissen zich hier niet voortplanten, is het vrijwel ondoenlijk in zo'n groot meer een aantrekkelijke forellenbezetting te bereiken, laat staan op peil te houden. Het Grevelingenmeer valt sinds 1971 onder het Nederlandse binnenwater. Het visrecht berust bij de Staat. De Dienst der Domeinen verhuurt de visrechten gesplitst, dat wil zeggen het aalvisrecht aan de beroepsvisserijvereniging 'De Grevelingen', en het visrecht - met uitzondering van dat op de paling - aan de sportvisserijvereniging 'De Deltafederatie'. Er zijn elf aalbedrijven, die volgens een rouleringssysteem het Grevelingenmeer met fuiken bevissen. In de periode 1972-1978 werd er door de beroepsvisserij gemiddeld 72 ton paling per jaar op de vismijn aangevoerd. Na het openen van de Brouwerssluis steeg de aanvoer in de periode 1979-1982 tot 85 ton, een toename van bijna 20%. In diezelfde periode steeg het aandeel van de schieraal, de voor zijn voortplanting naar zee wegtrekkende paling, van 20 naar 50%. Kennelijk is het aantal niet zozeer toegenomen, maar zijn de palingen die de laatste jaren worden gevangen ouder en zwaarder.

De groei van de paling is dan ook uitstekend. Het merendeel van de aangevoerde vissen is tussen 60 en 80 cm lang, terwijl er in het meer ook kanjers van 90 cm of meer voorkomen. Palingen zijn over het gehele meer aan te treffen. Toch komen ze niet overal evenveel voor. Mede door de geringe platvisstand van de laatste jaren zijn de voedselomstandigheden voor paling meer dan optimaal. Afhankelijk van de grootte eten palingen allerlei bodemdieren, zoals wormen, kleine kreeftachtigen, broedjes van schelpdieren, garnalen, zachte krabben en grondels. Grote exemplaren bleken ook vaak een aantal sprotten in hun maag te hebben. Een jaaropbrengst van 10 à 15 kg paling per hectare is zeer goed mogelijk. Het Veerse Meer behoort met 20 kg per

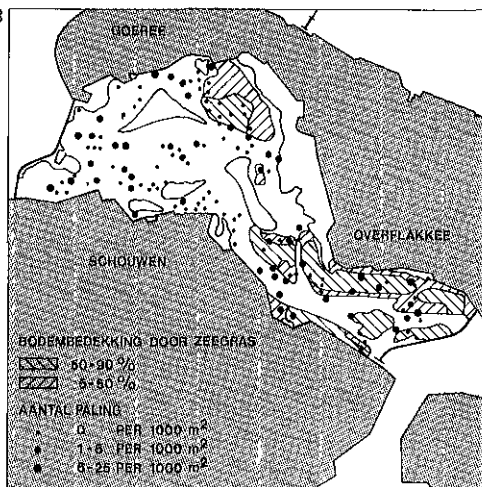


Fig. 3 Voorkomen van zeegras en paling in het Grevelingenmeer, zomer 1981

Fig. 4 Opkomst en neergang van enkele vissoorten in het Grevelingenmeer

hectare tot de meest productieve palingwateren van Nederland. Of dit ook in de Grevelingen bereikt zal worden, zal onder andere afhangen van het te voeren sluisbeheer en de hoeveelheid uitgezette glasaal

In tegenstelling tot de grotere soorten, hebben de kleinere vissen zich in het Grevelingenmeer over het algemeen goed weten te handhaven. Enkele zijn zelfs sterk in aantal toegenomen (figuur 4). Ze hebben daarbij het voordeel dat ze hun hele levenscyclus in het meer kunnen voltrokken. Bovendien zijn ze hun belangrijkste vijanden, de roofvissen, kwijt. De koornaarvis kwam slechts weinig in het Grevelingenestuarium voor. In het meer breidde de soort zich sterk uit. Echter, reeds ver voor de ingebruikneming van de Brouwerssluis zakte de populatie, zonder duidelijk aanwijsbare oorzaak, weer tot op het niveau van voor de afsluiting.

Een vergelijkbaar verloop zien we bij de sprot. De ingesloten populatie nam gedurende de eerste twee jaren zeer sterk toe, om daarna terug te vallen tot het oorspronkelijk niveau. Aangezien sprot, evenals schol, zwevende eieren heeft, speelde het dalende zoutgehalte mogelijk een negatieve rol bij de overlevingskansen van de eieren. De laatste jaren worden er in het voorjaar weer regelmatig sproteieren waargenomen. Van de zich daaruit ontwikkelende larven werden er eind juni 1982 gemiddeld 13 per 100 m³ geteld.

Van de driedoornige stekelbaars is het niet vreemd, dat hij zich goed thuis voelt in het Grevelingenmeer. In de 4000 hectare zeegras, die na de afsluiting is ontstaan, verdedigen de fel gekleurde mannetjes in het voorjaar hun territorium en maken er hun nest van wier en zeegras. De jongen groeien tussen de weel-

derige zeegrasvegetatie op. Pas in de herfst zoeken de stekelbaarzen open water op. In 1980 werd hun aantal geschat op 120 miljoen, met een gezamenlijk gewicht van 100 ton. De laatste jaren lijkt de populatie echter sterk in aantal af te nemen. Mogelijk hangt dit samen met het sluisregiem: de stekelbaarzen kunnen nu in de herfst en winter naar de Noordzee wegtrekken, maar wanneer ze in een koud voorjaar pas na 1 maart terugkeren vinden ze de Brouwerssluis gesloten.

Een andere succesvolle groep is de op de bodem voorkomende grondels (figuur 4). Vooral het dikkopje heeft zich vanaf 1978 explosief ontwikkeld. Dit visje leeft vooral in de wat diepere delen van het meer. Toen in 1978 en 1979, als gevolg van gebrek aan zuurstof op de bodem, vrijwel alle bodemdieren op een diepte van meer dan 8 m dood gingen, profiteerden de dikkopjes van de vele vrijgekomen schelpen om er hun eieren in af te zetten. In augustus 1980 werd hun aantal geschat op ruim 500 miljoen, met een gezamenlijk gewicht van 200 ton, terwijl in het jaar daarop hun aantal weer tot wat normalere proporties was gereduceerd, namelijk 30 miljoen.

De grondels vormen een belangrijke schakel in de voedselketen. Visjes tot 40 à 45 mm eten overwegend roeipootkreeftjes, terwijl grotere grondels zich vooral voeden met kleine kreeftachtigen, zoals vlokreeftjes, zeepissebedden en aasgarnalen. Grondels worden op hun beurt weer gegeten door grotere vissen en visetende vogels. Van de in de nazomer aanwezige grondels is in het daarop volgende voorjaar gemiddeld slechts 2% over om voor de voortplanting te zorgen. Zowel de talrijke futen en middelste zaagbekken als de platvissen eten elk 36% van de grondels

Vistandbeheer

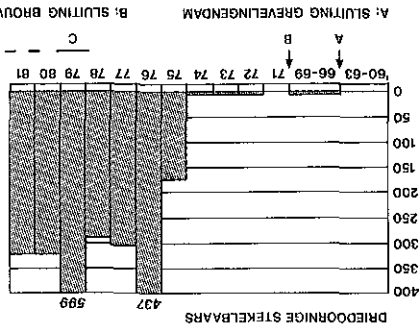
Met behulp van de Brouwerssluis en de Flakkeese spuisluis is het mogelijk in beperkte mate de aan- en afvoer van water in het Grevelingenmeer te regelen. De zorg van de beheerder richt zich in de eerste plaats op de kwaliteit van het water, met name met betrekking tot het zuurstof- en zoutgehalte. Maar met dezelfde kunstwerken is het ook mogelijk de in- en uittek van vis te beïnvloeden. We zullen de mogelijkheden van vistandbeheer nu nader bekijken. Daarbij gaan we er van uit, dat het Grevelingenmeer zout blijft en

op. Wat er met de overige 25% gebeurt, is niet geheel duidelijk. Maar ook paling, zeedonderpad, aalscholver en strandkrab zouden grondels kunnen eten.

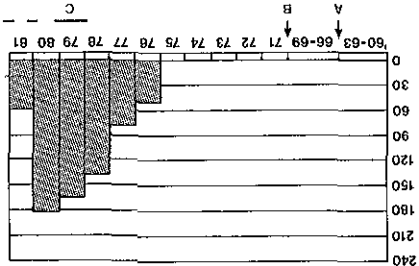
dat de waterkwaliteit het gehele jaar op peil kan worden gehouden. We beperken ons verder tot twee soorten: paling, van belang voor de beroepsvisserij, en schol, als meest interessante soort voor de sportvisserij.

Vóór het gereedkomen van de Flakkeese spuisluis werd er in de herfst al op beperkte schaal met de Brouwerssluis gemanipuleerd. Paling, en dan vooral schleraal, trekt namelijk in het najaar bij voorkeur naar zee tijdens donkere, maanloze nachten, vooral met ruggeweer en met name in de periode tussen volle en nieuwe maan. De trek is op gang te brengen door in september en oktober te gaan spuien. De beroepsvissers trachten dan zoveel mogelijk te vangen door hun tuilen op de trekweg van de paling te plaatsen, bij voorbeeld in de buurt van de spuisluis. In de

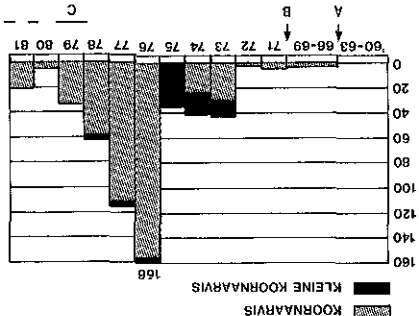
AANTAL GEVANGEN VISSSEN



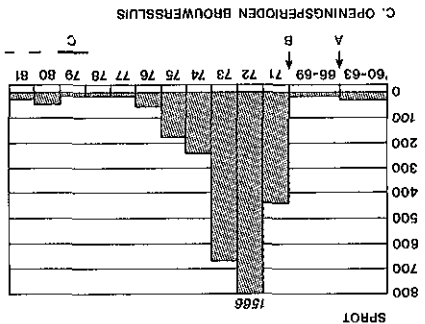
AANTAL GEVANGEN VISSSEN



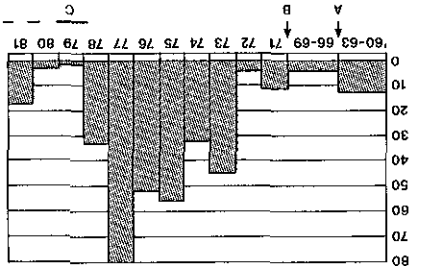
AANTAL GEVANGEN VISSSEN



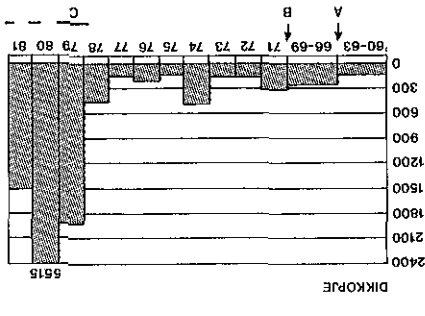
AANTAL GEVANGEN VISSSEN



AANTAL GEVANGEN VISSSEN



AANTAL GEVANGEN VISSSEN



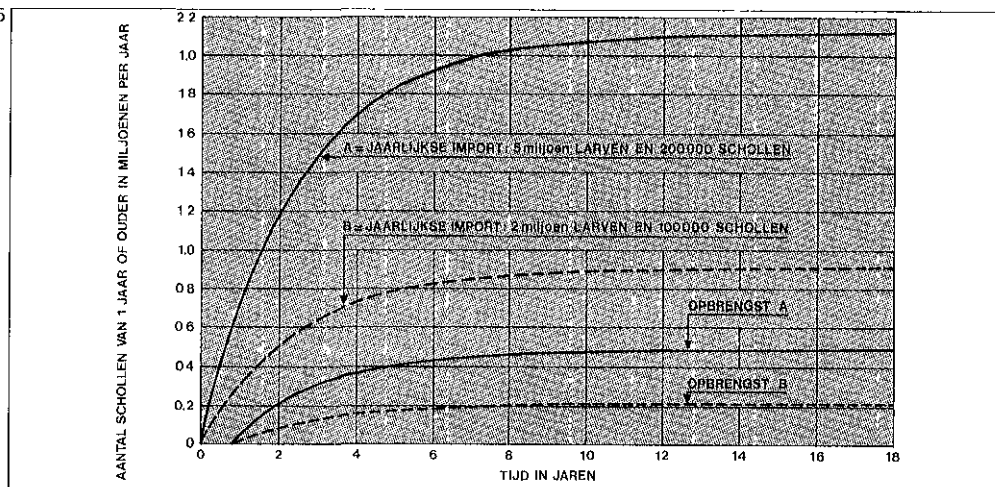


Fig 5 Twee modellen voor de ontwikkeling van de scholpopulatie

herfst moeten de grootste vangsten gemaakt worden

Een goed overleg tussen palingvisser en sluisbeheerder kan mogelijk leiden tot een betere beïnvloeding van de schieraaltrek. De voordelen voor de palingvisser zullen in dit overleg wel getoetst dienen te worden aan de eventuele nadelen voor andere belangengroepen; te denken valt aan bezwaren van de zijde van natuurbeheer of van de sportvisser.

Een ander punt is de intrek van glasaal.

Gedurende maart en april trekken de 3 jaar oude en 6,5 cm lange glasalen het binnenwater in. Dit gebeurt vooral op plaatsen waar een zoetwaterstroom in zee loopt. Deze lokstroom, die behalve zoet water ook allerlei geurstoffen van het achterland bevat, trekt de in zee verblijvende glasalen van verre aan. Bekende intrekplaatsen zijn bij voorbeeld de sluizen van Kornwerderzand en Stellendam.

Uit onderzoek is echter gebleken, dat er nauwelijks glasaal door de Brouwerssluis en de bijbehorende vissluis naar binnen trekt. Er wordt dan ook elk jaar glasaal en/of pootaal in het Grevelingenmeer uitgezet. Door schaarste op de Europese markt wordt het streven om elk jaar 2500 kg glasaal uit te zetten niet altijd gehaald. Men zou dan ook moeten onderzoeken of de glasaalintrek via de Brouwerssluis en de vissluis niet te verbeteren is.

De scholstand in het Grevelingenmeer zal voor de sportvisserij behoorlijk moeten worden verhoogd: bijvoorbeeld een stand waarvan jaarlijks 1 miljoen maatse schollen – dus groter dan of gelijk aan 27 cm – zouden kunnen worden geoogst. Bij de huidige populatie is dat onmogelijk.

Om zoveel mogelijk larven binnen te krijgen en om uitspoeling tijdens de ebfase tegen te

gaan, dient de Brouwerssluis open te staan van februari tot en met mei, en wel uitsluitend tijdens opkomend water. Het overtollige water kan dan tijdens laagwater door middel van de Flakkeese Spuisluis op de Krammer worden geloosd. Om wegtrek van de oudere schol gedurende de herfst en winter zoveel mogelijk tegen te gaan dient de Brouwerssluis dicht te blijven tot eind januari; dit zou overigens kunnen leiden tot een conflict met de belangen van de palingvisser. Eventueel zou men kunnen overwegen in die periode alleen water in te laten wanneer de stroomsnelheid groter is dan 1,5 meter per seconde. Zelfs een volwassen schol zal de grootste moeite hebben een dergelijke zwemsnelheid lang vol te houden.

Uitgaande van een aantal aannames is een schatting gemaakt van de te verwachten

populatie-ontwikkeling en het aantal te vangen schollen (figuur 5). In het meest gunstige geval zijn er na zo'n 10 jaar ruim 2 miljoen oude schollen in het meer en kunnen er jaarlijks 500 000 gevangen worden. In een waarschijnlijker geval wordt de stand 900 000 schollen en zijn er per jaar slechts 200 000 te vangen.

Zou men echter veel meer willen gaan vangen, dan zal er moeten worden uitgezet. Het overzetten van vis uit de Oosterschelde wordt als minder ideaal gezien. Beter lijkt het om scholletjes van 5 cm te kopen bij een kweker, of ze zelf te gaan kweken. Misschien in het koelwater van de kerncentrale van Borssele? Het voordeel hiervan is, dat de zeer hoge natuurlijke sterfte van eieren en larven wordt omzeild. Een kosten/baten-analyse zal de haalbaarheid van zo'n project moeten uitwijzen. Uiteraard zullen de sportvisserij zelf het leeuwendeel van de kosten moeten dragen. Er zullen toch al gauw een 1,5 miljoen scholletjes per jaar nodig zijn. Qua aanbod aan bodemdieren zal een scholbezetting van 50 kg/ha geen voedselproblemen opleveren, zoals na de afsluiting is gebleken.

Het zal na het voorgaande geen betoog meer behoeven, dat hoe meer water er via de Brouwerssluis wordt binnen gelaten, hoe groter de intrekmogelijkheden zijn voor vissen vanuit de Noordzee, en des te gevarieerder de visfauna van het meer. Een zout Grevelingenmeer, mits met overleg beheerd, zal nog veel plezier kunnen bieden aan een grote categorie

gebruikers: natuurliefhebbers, recreanten – zeilers, sportvisserij, duikers – , beroepsvisserij – op schelpdieren en paling – en wetenschappers. Het is trouwens gebleken dat de paling- en oestervisserij zonder wederzijdse schade naast elkaar kunnen worden uitgeoefend. De Grevelingen is eigenlijk één groot ecologisch experiment; verrassingen, zoals in het verleden zijn opgetreden in de vorm van de platte Zeeuwse oester, zijn ook in de toekomst niet uitgesloten.

Tot slot

De resultaten van het kwantitatieve visonderzoek in het Grevelingenmeer tonen duidelijk aan dat er met gericht wetenschappelijk onderzoek allerlei relevante informatie beschikbaar komt, die ten behoeve van beleids- en beheersvragen in de Deltawateren kan worden aangewend.

Helaas is de toekomst van het visonderzoek in het Deltagebied niet zo zeker. Door allerlei bezuinigingen en het dientengevolge verleggen van de prioriteiten zal het Rijks Instituut voor Visserij Onderzoek zijn onderzoeksinspanning halveren, en doet het Delta Instituut op het ogenblik vrijwel geen onderzoek meer op dit gebied. Alleen de gegevens van de fuikenvisserij in de Oosterschelde en incidentele meldingen zullen nog informatie kunnen leveren over de mogelijke veranderingen in de visfauna van de Oosterschelde na het gereedkomen van de stormvloedkering.

In een getijdebekken als de Oosterschelde vormen de macrofyten – dat zijn grote wieren en zeegrassen – op de slikken en platen een wezenlijk onderdeel van het ecosysteem. De kwantitatief dominante soorten zijn Groot en Klein zeegras, een aantal groenwieren, onder andere Darmwier en Draadwier, Zeesla en enkele bruinwieren, waarvan Blaaswier de belangrijkste is. Deze planten vormen een specifiek leefmilieu voor tal van kleinere organismen op en in de bodem, waaraan ze voedsel en bescherming bieden; ook dienen ze als voedsel voor bijvoorbeeld Rotganzen.

Het voorkomen van macrofyten wordt in hoge mate bepaald door de hydrodynamische condities – golfslag en stroming – en de droogvalperiode. Bij te veel golfslag of stroming zullen de planten wegspoelen, terwijl ze bij te lange droogligging teveel zullen uitdrogen om goed te kunnen groeien, en bij te korte droogligging onvoldoende kunnen profiteren van het zonlicht.

De stormvloedkering en de compartimenteringsdammen doen de hydrodynamische omstandigheden en de helderheid van het water aanzienlijk veranderen, en in mindere mate ook de droogvalduur. Daarom is het te verwachten dat er veranderingen in de kwantitatieve en wellicht ook in de kwalitatieve samenstelling van de macrofytenflora zullen optreden.

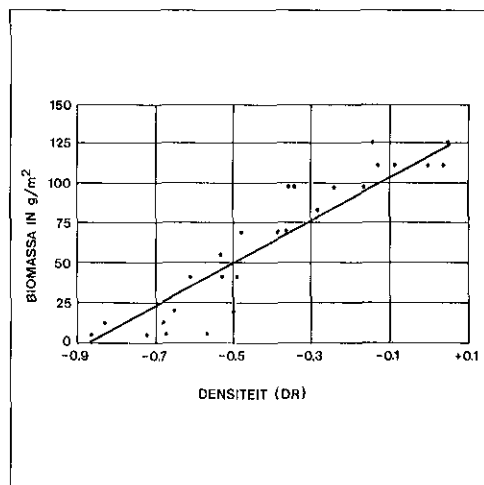
In 1983 is een onderzoek begonnen met als doel een goed beeld te krijgen van de kwalitatieve en kwantitatieve verspreiding van de macrofyten in de Oosterschelde in de oorspronkelijke situatie, en tevens om de veranderingen in de toekomst te kunnen vaststellen. Het onderzoek werd uitgevoerd door de Deltadienst en de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat en het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van false-color luchtfoto's, gecombineerd met veldwerk. Op false-color luchtfoto's wordt het door de planten teruggestraalde infra-rode licht zichtbaar gemaakt als rood. Aangezien in principe iedere plantensoort een specifiek type infra-rood terugkaatst zal op de foto ook iedere soort een andere tint rood vertonen. Maar daarnaast bepaalt de hoeveelheid planten hoeveel infra-rood licht er wordt teruggekaatst, met andere woorden hoe licht

Kartering van macrofyten in de Oosterschelde

of donker het rood op de foto wordt weergegeven. Op deze manier is het mogelijk om met behulp van de foto's te bepalen of ergens verschillende soorten of soortencombinaties groeien, en hoeveel er van die soorten aanwezig is.

Om deze relatieve informatie te kunnen vertalen in concrete soorten en absolute hoeveelheden moet vervolgens de relatie worden bepaald tussen wat er op de foto is gevonden en wat er in het veld aanwezig is. Hiertoe bepaalt men in het veld op bekende punten de soortensamenstelling en de hoeveelheid per soort. Door deze bekende punten op de foto terug te zoeken en de veldgegevens te vergelijken met de foto-informatie kan vastgesteld worden welke soort bij welke kleur hoort – steenrood bij Blaaswier, roserood bij Zeesla – en welke biomassa bij



Tabel 1. Oppervlak (ha) en biomassa (ton drooggewicht) van de macrofyten in de Oosterschelde in 1984 (exclusief Keeten, Mastgat en Krabbenkreek)

	Oppervlak	Biomassa
Zeegrassen	881	466
Blaaswier	345	164
Groenwier	6107	1418
Zeesla	73	30
gemengde vegetatie	1237	336
Totaal	8643	2414

welke kleurhoeveelheid. Voor dit laatste doel stelt men een zogenaamde ijklijn op, waarin deze relatie wordt weergegeven. Met behulp van enerzijds de relatie tussen kleurtypes en soort en anderzijds de ijklijn is het nu mogelijk

om ook voor gebieden waarvoor geen veldgegevens beschikbaar zijn, te bepalen welke soorten er voorkomen en hoeveel van elke soort. Op deze wijze kan met relatief weinig arbeidsintensief veldwerk worden volstaan.

Door bij de verzameling van de veldgegevens niet alleen de macrofyten te onderzoeken, maar ook aspecten als hoogte, bodemsamenstelling en morfologie, is het vervolgens ook nog mogelijk om relaties vast te stellen tussen het voorkomen van de macrofyten en deze abiotische aspecten.

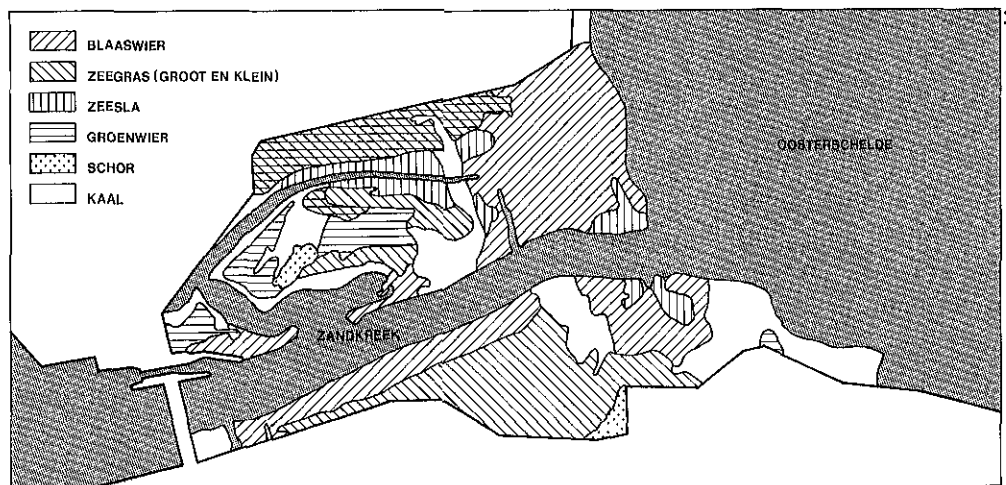
Resultaten

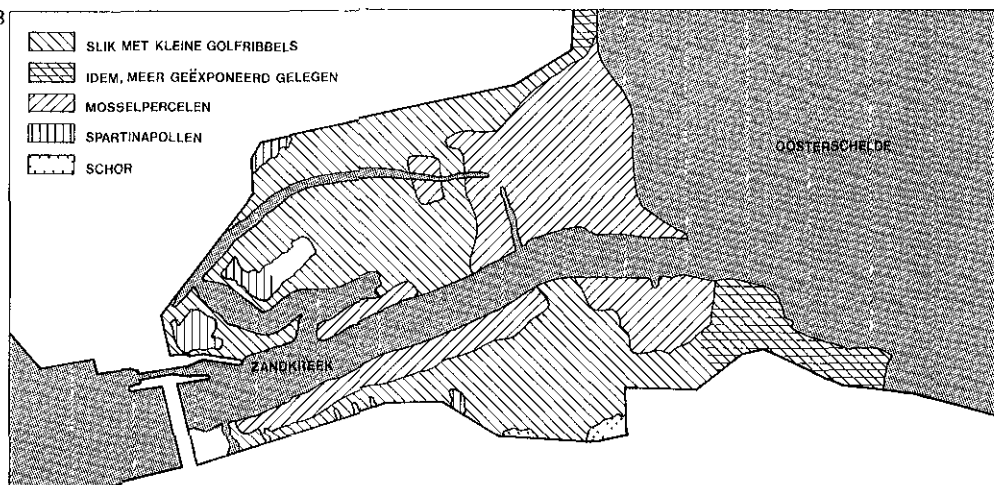
Het beschreven onderzoek is uitgemond in een aantal kaarten van de Oosterschelde waarop is aangegeven waar welke soorten wieren en zeegrassen voorkomen en in welke hoeveelheden. Figuur 2 geeft een globale vegetatiekaart van de Zandkreek; ter illustratie is in figuur 3 tevens een globale geomorfologische kaart weergegeven.

Zonder en détail in te gaan op de relaties

Fig. 1. Ijklijn voor de relatie tussen de densiteit en de biomassa van macrofyten

Fig. 2. Vegetatiekaart





Tabel 2. Relatie tussen de gemiddelde waarden voor enkele bodemparameters en het voorkomen van macrofyten (in 1984)

	punten zonder vegetatie	punten met een bedekking tussen 0 en 1%	punten met een bedekking groter dan 1%
Volume vochtgehalte (%)	37 ± 3	39 ± 5	41 ± 5
Organische-stofgehalte (%)	0,8 ± 0,3	1,5 ± 2	1,8 ± 0,8
Mediane korrelgrootte	165 ± 20	144 ± 20	125 ± 20
Slibfractie (%)	0,8 ± 0,8	2,3 ± 3,4	5,2 ± 4,6

tussen voorkomen en bedekkingsgraad van bepaalde soorten macrofyten en de onderzochte bodemparameters, kan toch een aantal algemene tendenties worden aangegeven. Hiertoe zijn de opnames gesplitst in drie categorieën, namelijk punten zonder macrofytenbedekking, punten met een bedekking tussen nul en één procent en punten met een bedekking groter dan één procent.

In tabel 2 worden de gemiddelde waarden van een aantal relevante bodemparameters voor deze drie categorieën gegeven. Hieruit blijkt dat op begroeide punten het bodemvochtgehalte, het organische stofgehalte en de slibconcentratie duidelijk hoger zijn, en de korrelgrootte van de zandfractie kleiner is dan op onbegroeide punten. Wat de relatie betreft tussen de macrofyten en de hoogteligging, blijkt dat de hogere bedekkingen vooral te vinden zijn in een vrij smalle zone rond N.A.P. Wanneer de verspreiding van de afzonderlijke soorten en soortengroepen in de Oosterschelde wordt bekeken, kan in grote lijnen het volgende worden gezegd. Zeegrassen blijken gebonden te zijn aan de hydrodynamisch gezien rustigste gebieden: de Zandkreek, de Krabbenkreek en

de Slikken van het Verdrongen Land van Zuid-Beveland. Ze worden doorgaans vrij dicht bij de kustlijn aangetroffen, soms in grote hoeveelheden. Daarbij groeit Klein zeegras vaak op bulten en Groot zeegras vooral in laagten waarin bij laag water veelal een laagje water achterblijft. Verder wordt het eenjarige Groot zeegras regelmatig op extensief gebruikte mosselpercelen gevonden, in tegenstelling tot het meerjarige Klein zeegras. Groenwieren komen op vrijwel alle slikken en platen voor. De bedekkingsgraad is echter over het algemeen laag, dat wil zeggen minder dan vijf procent en vaak zelfs minder dan één procent. Groenwieren groeien met name in de zone boven N.A.P. Blaaswier is sterk gebonden aan harde substraten, zoals dijkglooiingen en schelpen. Voor de slikken en platen betekent dit dat Blaaswier vooral op mosselpercelen voorkomt, vastgehecht aan klonten met mossels. Deze percelen liggen meestal beneden N.A.P., en daarmee blijft ook de verspreiding van het Blaaswier op de slikken bepaald tot deze zone; het komt als regel in kleinere hoeveelheden voor. Op dijkglooiingen komt het in hogere bedekkingen

Fig. 3 Globale geomorfologische kaart

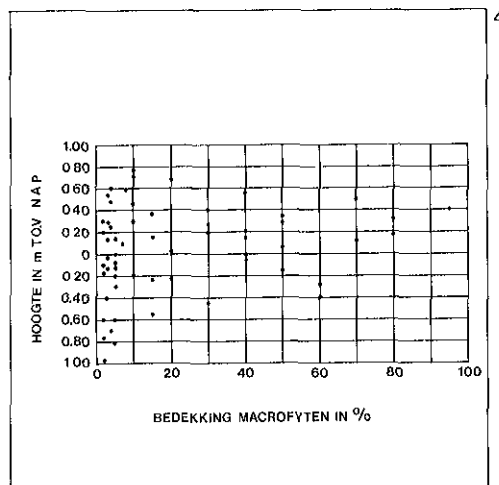


Fig. 4. Relatie tussen de bedekking met macrofyten en de hoogteligging

voor, en ook tot ruim boven N.A.P., omdat de steenglooiing in principe betere groeimogelijkheden biedt en zich tot boven hoogwater uitstrekt. Zeesla komt alleen in de Zandkreek in grotere hoeveelheden voor. Een probleem bij deze soort is dat de aangetroffen exemplaren vaak bestaan uit losgeslagen bladeren van elders groeiende planten. Over de hele Oosterschelde gezien is de soort van geringe betekenis.

De stormvloedkering veroorzaakt onder andere een vermindering van de gemiddelde stroomsnelheid boven de slikken en platen, zodat er meer organisch materiaal en slib zal kunnen sedimenteren. Dit kan er toe leiden dat de macrofyten zich in de toekomst kunnen

gaan vestigen op plaatsen waar de dynamiek nu nog te groot is. Bovendien zal de helderheid van het water toenemen, zodat de planten wellicht ook lager in de getijdezone kunnen gaan groeien. Deze groeibevorderende aspecten kunnen weer voor een deel teniet gedaan worden door toenemende golfslag boven de intergetijdegebieden. Tezamen genomen lijkt het echter goed mogelijk dat de macrofytenvegetatie in de Oosterschelde zich in de toekomst in meer of mindere mate zal kunnen uitbreiden.

Door de fatokarteringen in de toekomst te herhalen zal het mogelijk zijn om deze ontwikkeling te volgen.

Samenvattingen

Het beheer van de stormvloedkering

In het project BARCON is jarenlang gestudeerd om zo goed mogelijke regels op te stellen voor het gebruik van de stormvloedkering. Er is nu, na overleg met alle betrokkenen, een eindrapport uitgebracht. Op grond daarvan heeft de minister vastgesteld wie de beslissing tot sluiting moet nemen, en bij welke optredende of verwachte waterstanden. In het laatste geval wordt een peil van N.A.P. + 3,25 m aangehouden, na een gewenningsperiode met zekerheidshalve lagere peilen.

Ten aanzien van de sluiting voor andere doeleinden dan de veiligheid zal een zeer terughoudend beleid worden gevoerd.

Deiningspredictie

Gedurende de feitelijke bouw van de Oosterschelde-kering, van 1981 tot 1985, was het voor de werkschepen van het grootste belang vooraf bekend te zijn met de golfcondities. In samenwerking met het nationale meteorologische instituut zijn daarom de voorspelactiviteiten sterk uitgebreid. Er werd een nieuw model voor data-assimilatie ontwikkeld, het model ARMAX-E10, en er werd te Zierikzee een kantoor ingericht voor het verspreiden van voorspellingen 48 uur vooruit.

De samenwerking zal worden gecontinueerd, ook als wereldwijd het WAM-model wordt ingevoerd.

Werktuigbouw in de Krammersluizen

In februari 1987 zijn de Krammer duwvaartsluizen in gebruik genomen. Hier ligt de grens tussen de zoute Oosterschelde en het zoete

Zoommeer. Om de wederzijdse zout- en zoetoverlast te beperken, is bij de sluizen een ingenieus systeem gebouwd dat het mogelijk maakt de kolken te vullen en te ledigen in een gesloten circuit. De kosten van deze voorziening bedroegen ongeveer 165 miljoen gulden. De details van de constructie worden in het artikel besproken.

De opleiding van het sluispersoneel voor de Krammersluizen

De 23 man sluispersoneel voor de Krammer duwvaartsluizen hebben een speciale training gekregen. Dat was ook wel nodig, gezien de grootte van de sluizen en het ingewikkelde zout/zoet-scheidingssysteem.

Daarnaast werden nog een aantal andere nuttige zaken onderwezen. De reactie van de cursisten was zeer positief.

Groene Deltadijken in Friesland

Bij een aantal dijkvakken in Friesland die op Deltahoogte moeten worden gebracht, zal de betonglooiing op het buitentalud achterwege worden gelaten en vervangen door een bekleding met gras.

Om vast te stellen of deze goedkopere en fraaiere constructie inderdaad voldoende zou zijn, is een proef op ware grootte uitgevoerd in de Deltagoet van het Waterloopkundig Laboratorium, waarbij 29 uur golfaanval werd gesimuleerd op een 5 m breed dijksegment. Inderdaad bleek de bekleding het te houden, maar niet omdat de grassprietjes zich dakpansgewijs op elkaar vlijden, maar omdat de graswortels de erosie doorstonden.

Een integraal beleidsplan voor de Westerschelde

De Westerschelde is moeilijk te beheren: de vele gebruiksfuncties hebben tevens conflicterende belangen. Diepgaand onderzoek is nodig om een integraal beleidsplan te kunnen opstellen.

Bijna alle vragen hebben betrekking op de morfologie en de water- en bodemkwaliteit. De voorgenomen verdieping van de vaargeul naar Antwerpen en de verontreiniging van het bodemslib maken de problemen niet eenvoudiger. Industriële en huishoudelijke lozingen belasten het water met zware metalen. Men tracht evenwel een scenario op te stellen waarbij de lozingen telkens procentueel worden gereduceerd.

Het Haringvliet veranderde in 1970 in een zoetwaterbekken met gering getij. Om te zien welke invloed dit heeft gehad op oevervegetaties is van 1973 tot 1985 onderzoek gedaan op de Ventjagersplaat, een klein eilandje aldaar, vrij van menselijk beheer. De vegetatie-ontwikkeling werd gevolgd in zogenaamde permanente kwadraten van 5 x 5 m.

Van een groot aantal planten wordt de ontwikkeling in het artikel beschreven. De meest markante verandering bleek de vorming te zijn van bos en struweel, van wilgen

Visonderzoek in de Deltawateren

De visstand in de Deltawateren wordt al sinds 1882 door biologen gevolgd. In de loop der jaren zijn grote schommelingen opgetreden. Als gevolg van het grootschalig menselijk ingrijpen in de laatste dertig jaar zijn de veranderingen sindsdien nog markanter. De belangstelling van de onderzoekers gaat vooral uit naar de kinderkamerfunctie van de voormalige zee-armen en dan vooral naar de situatie van platvis zoals schol en schaar, en van aal. In de afgesloten Grevelingen is een zout getijloos meer ontstaan, dat door sluizen aan weerskanten kan worden doorgespoeld. Na een overzicht van de lotgevallen van platvis en aal in dit meer worden aanbevelingen gedaan voor het gebruik van de sluizen in het belang van de visstand.

Kartering van macrofyten in de Oosterschelde

Er is een onderzoek ingesteld naar het voorkomen van macrofyten – grote wieren en zeegrasen – in de Oosterschelde. Dit onderzoek meer met het doel latere veranderingen onder invloed van de stormvloedkering te kunnen vaststellen. Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van zogenaamde false-color luchtfoto's, die het mogelijk maakten grote gebieden vanuit de lucht te karteren. Langs deze weg kon ook de invloed in beeld worden gebracht van de hoogteligging van het terrein, de bodemsamenstelling en de morfologie. Het is goed mogelijk dat de macrofytenvegetatie zich in de toekomst onder de gewijzigde omstandigheden enigszins uitbreidt.

Summaries

Management of the storm surge barrier

A number of years have been devoted in the BARCON project to the setting up of an effective set of rules for the use of the storm surge barrier. A final report has now been published in collaboration with all those involved.

On the basis of this report the minister has decided who is responsible for the closure of the barrier, and at what water levels, present or expected, this should be effected. In the latter case, a level of M.S.L. + 3,25 m is sustained, after an acclimatization period at lower levels, for safety's sake.

With regard to closure for reasons other than safety alone a very cautious policy will be followed.

Swell predictions

During the actual building of the Oosterschelde barrier from 1981 to 1985 it was of great importance that the work vessels were warned in advance about wave conditions. For this reason prediction activities were greatly increased, in cooperation with the national meteorological institute. A new model for data assimilation was developed, known as model ARMAX-E10, and an office was set up at Zierikzee for the distribution of predictions 48 hours in advance.

This cooperation will be continued, also after the WAM-model is introduced world wide.

Machinery in the Krammer Locks

The Krammer Locks were brought into use in February, 1987. Here lies the demarcation line

between the saltwater Oosterschelde and the freshwater Zoommeer. In order to limit both the fresh and the salt water burden, an ingenious system has been built into the locks, which enables the chambers to fill and to empty in a closed circuit. The costs for this provision amount to around 165 million guilders.

Details of the construction are discussed in the article.

Training of personnel for the Krammer Locks

The 23 man lock personnel for the Krammer Locks have received a special training. This was necessary, taking into consideration the size of the locks and the complicated salt/freshwater separation system. Besides this a number of other useful matters were taught. The response of the course members was most positive.

Green Delta dykes in Friesland

On some of the dykes in Friesland which have to be brought on Delta height the concrete slope on the outside talus has been omitted and replaced by a grass covering. In order to determine whether this cheaper and more aesthetic construction would be sufficient, experiments have been carried out on scale 1:1, in the Delta Ditch of the Hydraulic Laboratory, in which a 29 hour wave attack was simulated on a 5 m wide dyke segment. This covering held out, not because as it was expected of the grasses roof-like pattern, but because its roots could withstand the erosion.

An integral policy plan for the Westerschelde

The Westerschelde is hard to manage: its many uses involve too many conflicting interests. Thorough research is necessary in order to be able to set up an integral policy plan.

Nearly all questions concern the morphology and the water and soil quality.

The intended deepening of the channel to Antwerp and the pollution of the bed silt do not simplify the problem. Industrial and household dumping overload the water with heavy metals.

A scenario is being set up however in which the dumping is each year reduced by some percents.

Vegetation change on the Ventjagersplaat

In 1970 the Haringvliet changed into a freshwater basin with a small tide. From 1973 until 1985 research was carried out on the Ventjagersplaat, a small island in the vicinity, free of any human interference, in order to determine the influence this has had on shore vegetation. The vegetation development was kept under observation in so-called permanent squares of 5 x 5 m. The development of a large number of plants is described in the article. The most noticeable change seemed to be the formation of woods and brushwood, especially willows.

Fish research in the Delta waters

Fish conditions in the Delta waters have been observed by biologists since 1882. Over the years large fluctuations have occurred. These changes have been more noticeable as a result of the considerable human interference during the last thirty years.

The attention of the researchers is centred mainly on the nursery function of the former sea arms, and especially on the state of flatfish such as plaice and dab and of eel. A tideless salt lake has been created in the closed Grevelingen, which can be flushed by the sluices on both sides. As a result of a survey on the fate of flatfish and eel in this lake recommendations have been made on the use of the sluices in the interest of fish conditions.

The survey of macrophytes in the Oosterschelde

An investigation has been set up into the vegetation of macrophytes – large seaweed and seagrasses – in the Oosterschelde. This investigation is also intended to determine what changes will take place under the influence of the storm surge barrier in the future.

Use was made of so-called false-colour aerial photography, which enabled large areas to be surveyed from the air. In this way it was also possible to illustrate the influence exerted by altitude, soil make-up and morphology. It is considered quite possible that the macrophyte vegetation will increase somewhat in the future because of the altered conditions.

Vorderingen

in de periode
1 april-1 juli 1987

Philipsdam

Door de zandsluiting van het Krammer zijn op 17 april het Volkerak en de Schelde/Rijn-verbinding getijloos geworden, en is het Zoommeer ontstaan. In de laatste fase van de sluiting, waarbij vijf zuigers in actie waren, was de stormvloedkering in de Oosterscheldemond geheel gesloten.

Na de sluiting werd het gehele damvak Krammer onder profiel gebracht. De ontgraving en het afwerken van het lage bekken is gereed gekomen. De omkading van het hoge bekken werd gesloten en verder afgewerkt. Er is een bestek opgesteld voor het verdiepen van de westelijke voorhaven van de duwvaartsluizen; het uitkomende zand zal worden aangebracht aan de buitenzijde van de bekkens ter verflauwing van de onderwatertaluds.

Ingezonden is een bestek voor de bouw van een peilmeetstation ten westen van de sluisen.

Het ontwerp van de weg op het noordelijke deel van de Philipsdam en de wegaan-sluiting op de Grevelingendam werd voortgezet. Begonnen is met het ontwerp van een uitzichttoren ten zuiden van de sluisen.

De minister heeft een besluit genomen inzake het waterbeheer van het Zoommeer.

De besturingsregeling van het duwvaartsluizencomplex, waaronder ook het zout/zoet-scheidingsstelsel moet gaan werken, is opgestart. Aan de balgen van de wand-schuiven is een zodanige corrosie geconstateerd dat nog dit jaar herstel moet plaatsvinden.

Voortgegaan werd met de fabricage van een schuimblus-voertuig.

Ook bij de jachtensluis is de besturingsregeling opgestart. De beide voorhavens zijn gereedgekomen, en de zuidelijke sluis is nu operationeel.

Er is een bestek gegund voor de overbrugging van het complex. De tijdelijke hulp-brug zal worden afgebroken, en de liggers ervan aangepast. Daarover wordt de definitieve overbrugging gelegd; ook zal een aanlegsteiger worden gebouwd.

Voortgegaan werd met de fabricage van de basculebrug en de bijbehorende elektra.

Oesterdam

Het damvak Tholense Gat is gereed, en daarmee vrijwel de gehele Oesterdam. Over blijft nog het afwerken aan de oostzijde; maar dat wordt meegenomen in een bestek voor het inrichten van het werkeiland en het damvak Speelmannsplaten tweede fase. Voor dit laatste bestek is op 1 juni de eerste spade in de grond gestoken; de uitvoering ervan verloopt volgens plan.

De visbootsteigers zijn gereed; op 1 mei werden ze opgeleverd.

Nadat de Krammer was gesloten kwam er in het weekeind van 18 april een eind aan de hoge stroomsnelheden op de Eendracht. Toen kon ook de scheepvaartbegeleiding op de Schelde/Rijn-verbinding worden beëindigd.

Bathse Spuikanaal

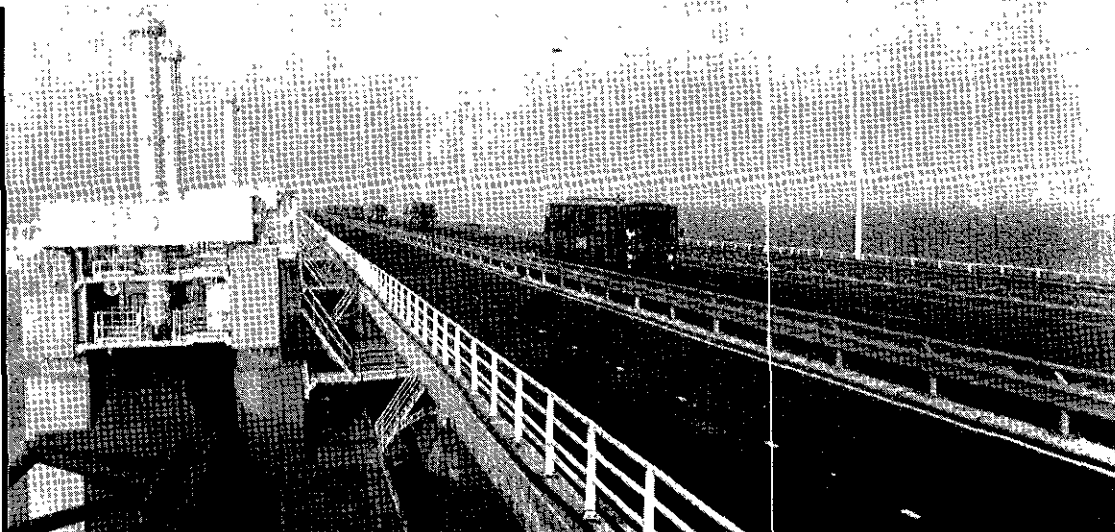
Het cutterwerk aan de hoog-waterkering en de uitstroomgeul van het gemaal is in volle gang. Er wordt een sloot gegraven voor de uitwatering van de polder Augusta. De eindbeproeving van de instrumentatie van de Bathse Spuisluis zal plaatsvinden als al het baggerwerk van het spuikanaal gereed is, spoedig na 1 juli.

Stormvloedkering

In de verslagperiode is de productie en montage van de uitkragingen aan de verkeerskokers gereed gekomen. 724 betonplaten met trottoirs en leuningen zijn tegen de bovenzijde van de verkeerskokers aangebracht en voorgespannen. De brug werd daardoor van negen 19 meter breed. Thans is men bezig een middenberm aan te brengen en het oppervlak te asfalteren, nadat de stortnaden van het betonwerk waren afgeplakt. Er is een lichte achterstand ontstaan als gevolg van het slechte weer. Alles wordt op alles gezet om de weg over de kering op 5 november voor het verkeer te kunnen openen.

Goede voortgang werd geboekt met het monteren van een rioolpersleiding van het Topshuis naar Schouwen. Het persgemaal is gereed, en grotendeels ook de aanleg van een waterleiding door de verkeerskokers.

Het afwerkbestek, waarin alle schades aan de pijlers en de andere betonnen onderdelen moeten worden gerepareerd, verloopt volgens plan. Ook werden er bestortingswerkzaamheden uitgevoerd. De bodembescherming werd verder afgestort met 300 kilo breuksteen 40/250 mm per vierkante meter. De steen komt deels uit een droog



De weg over de Stormvloed-
kering is gereed

depot op het damvak Geul en wordt voor een ander deel rechtstreeks aangevoerd door de aannemer. Aan de Oosterscheldezijde stort men steen uit groeves in Duitsland en België; aan de zeezijde wordt breuksteen uit Noorwegen gebruikt.

Incidenteel werden er ontgrondingskuilen bestort. In de verslagperiode werd de steenstorter 'Ham 601' vervangen door de 'Frans'. Een begin werd gemaakt met het overeengekomen inspectiewerk. De daarvoor nodige apparatuur is aangepast en aan boord van de 'Oceaan Surveyor' geïnstalleerd. Na wat aanloopproblemen verloopt het werk nu prima. De kwaliteit van de beelden is goed.

Het opruimen van aangrenzende terreinen werd voortgezet. In een langzaam tempo worden de opstallen verwijderd.

Rondom de damaanzetten worden afrasteringen aangebracht. De damaanzet Schouwen, Neeltje Jans en Noord-Beveland waren al voor de bouwvakvakantie klaar. De Dienstkring Deltakust heeft op het water voor de stormvloedkering een vanglijn aangebracht.

Fotoverantwoording

Bart Hofmeester 550
Rijkswaterstaat 554, 560, 562, 567, 568,
572, 574, 578, 586, 590, 604
Van Dam-Snep 557
Waterloopkundig Laboratorium 570
Van Schayk/V.d. Pluim 583

