Driemaandelijks Bericht
nummer 61, augustus 1972

Inhoud

Beroeps- en sportvisserij in de Deltawateren 3

A. De werken van het Deltaplan

Vastlegging van drooggevallen staatsgronden in het Grevelingenmeer 9

Het gebruik van automatische analyseapparatuur bij het onderzoek naar de waterkwaliteit in het Deltagebied 15

Eén jaar onderzoek van de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer 19

De waterkwaliteit van het Brielse Meer 24

Een geforceerde afschuiving in de Auvergnepolder 33

Het damvak 'Geul' in de Oosterschelde en de damaanzet tegen Noord-Beveland 45

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De recreatieve functie van de afgesloten Lauwerszee 48

Vorderingen 54



Het grootste deel van de beroepsvisserij op de Deltawateren moet ten gevolge van de afsluitingen worden beëindigd; slechts een klein aantal bedrijven zal er in de toekomst nog een bestaan kunnen vinden. De sportvisserij in het Deltagebied daarentegen lijkt een grote toekomst tegemoet te gaan.

Beroeps- en sportvisserij in de Deltawateren

De visserij op de brakke Deltawateren wordt door de Visserijwet onderworpen aan minder strenge bepalingen dan de binnenvisserij; kennelijk heeft de wetgever het vertrouwen gehad dat de natuur hier zelf voor behoud van het evenwicht zou zorgen, en dat de beheerstaak van de overheid in dit gebied niet zeer ver hoefde te gaan. Men krijgt ook niet de indruk dat deze wateren de laatste tijd druk, laat staan marginaal bevist zijn. Als men even afziet van de ansjovis-visserij en de schelpdier-cultures, kan men stellen dat de grootste concentratie van beroepsbevolking die leefde van de visserij op de genoemde wateren, vanouds te vinden was aan de Moerdijk en op de Hoekse Waard. De echte zeevissers, zoals die van Ouddorp, wilden bij slecht weer wel eens een trekje binnen doen; maar in het algemeen zag men ze toch niet op deze Deltawateren. De Moerdijkers waren meest kubbe- en ankerkuilvissers. Een kubbe lijkt op het achterste deel van een fuik, maar heeft twee inzwemopeningen. Heeft een reeks van deze kubben aan een hoofdlijn gedurende een getij uitgestaan, dan worden zij opgehaald en geleegd. De ankerkuilvisserij heeft in vergelijking daarmee wel iets meer spectaculairs. De ankerkuil, een net dat uitgespannen is in een verankerd vierkant raam van palen, wordt door de stroom als een zak naar achteren getrokken, en dan kan de vis erin komen: paling, sardine, spiering en bot. Het schip waar de ankerkuil mee verbonden is, moet zelf ook stevig verankerd zijn: er komen op het hoogtepunt van het getij enorme krachten op de verbindingskabel, die dan als een snaar gespannen is. Pas bij de kentering kan men de ankerkuil lichten.

De betekenis van deze visserij is in economisch opzicht al lang dalende geweest. Waren er omstreeks 1945 nog ongeveer 20 families in West-Brabant en op de Hoekse Waard die ervan leefden, vlak voor de sluiting van het Haringvliet was dat aantal al tot elf teruggelopen, dus bijna gehalveerd.

De vervuiling van de wateren had de kwaliteit en de kwantiteit van de vangsten aan aal en spiering inmiddels flink doen afnemen; daarenboven werd de consument kieskeuriger. Met de afsluiting van het Haringvliet en in mindere mate door de vorming van het Grevelingenmeer is het merendeel van de nog resterende visserij tot verdwijnen gedoemd. De door de sluiting benadeelde vissers zijn dikwijls tot liquidatie van hun bedrijf gedwongen, en kunnen de geleden schade van het Rijk uitgekeerd krijgen volgens de bepalingen van de Deltaschadewet (zie Bericht 57, augustus

Een palingvisser licht zijn fuiken

1971). Op het Hollands Diep blijven zes bedrijven over die vergunning hebben gekregen voor het uitoefenen van de palingvisserij met fuiken. Ook op het Veerse Meer kunnen zes bedrijven worden voortgezet. Op het Grevelingenmeer kunnen in het vervolg tien vissers zich beroepshalve met de palingvangst bezighouden. De toewijzing van deze tien vergunningen – op een aanzienlijk groter aantal aanvragen – is verricht op advies van een commissie, waarin de beroepsverenigingen gelijkelijk vertegenwoordigd waren, met ambtenaren van het ministerie van Landbouw en Visserij en van Financiën als adviseurs. De commissie stelde een aantal criteria op, waardoor met name de keus viel op diegenen, die van ouds hadden gevist of de mosselcultuur hadden bedreven op het water waar ze nu weer een vergunning op vroegen. Zo bleef, bij vermindering van aantallen, toch de visserstraditie gehandhaafd.
Het is thans nog niet goed mogelijk te zeggen wat op langere termijn de ecologische ontwikkeling in de afgesloten Deltawateren inhoudt voor het voortbestaan van de belangrijkste vissoorten. Wel wordt deze ontwikkeking met aandacht gevolgd. Het onderzoek naar de fysisch-chemische eigenschappen van het Deltawater wordt voornamelijk vericht door de Rijkswaterstaat. De micro-organismen aan het begin van de voedselketen waar de grote vissen uiteindelijk van afhankelijk zijn, vormen een object van voortdurend onderzoek van het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke. Het ministerie van Landbouw en Visserij neemt directe steekproeven ten aanzien van groei, gezondheid, voortplanting en migratie van de verschillende vissoorten. Wetenschappelijk personeel van het ministerie kan bijvoorbeeld uit de ontwikkeling van jaarringen op schubben of gehoorsteentjes de groeifasen van een vis aflezen, en uit de gemiddelde groei over een steekproef algemene tendenties afleiden ten aanzien van de hele populatie.
Tot op heden vertoont met name de paling een voortreffelijke reactie op de veranderde omstandigheden.
Het Grevelingenmeer heeft aanvankelijk een ernstige verstoring van het milieu gekend, onder meer tot uitdrukking komend in een verminderd zuurstofgehalte in de diepere lagen. Als gevolg daarvan trad soms massale sterfte van vissen op. Ook leidden de verslechterende omstandigheden tot een trek van vissen door de enige uitweg naar open water die was overgebleven: de sluis bij Bruinisse. Zo nu en dan heeft het daar in de sluiskolk gekrioeld van vluchtende vissen, waaronder ook harders, die door de afsluiting in de Grevelingen opgesloten waren geraakt.

Na enige maanden werd het zuurstofgehalte op het meer echter al weer veel stabieler, en de zuurstoftekorten raakten weer aangevuld. Terwijl nog steeds dode mosselen van de bodem worden opgehaald, is het al levende bot en schol wat de kor bovenbrengt. De groei van de paling is in het nieuw gevormde milieu bepaald niet slecht te noemen. Te verwachten is dat waar het water brak wordt, het aantal vissoorten zal afnemen; maar tegelijk is toeneming mogelijk van de groei van die vissoorten, die overblijven. Het Veerse Meer, dat in veel opzichten de proeftuin van het natte Deltagebied mag heten, liet zien dat paling onder gunstige omstandigheden in een brak milieu tot 6 cm per jaar kan groeien. Het



overeenkomstige groeicijfer voor het IJsselmeer is drie en een half.
Groei van de visserij als bedrijfstak op de Zeeuwse en Zuidhollandse wateren is echter in het geheel niet meer te verwachten.

Sportvisserij

De Deltawateren verliezen door de afsluitingen veel van hun beweeglijkheid en ruwheid, en worden daardoor beter bruikbaar als recreatiegebied. Hoe men zich het gebruik van de mogelijkheden precies voor moet stellen, is nu nog niet met scherpe contour aan te geven (zie Bericht 59, februari 1972). Men kan aannemen dat er onder meer op grote schaal watersport zal worden bedreven: er zal worden gezwommen, gevaren en gevist. Van jaar tot jaar neemt de belangstelling voor deze sporten toe. Voor wat betreft de sportvisserij

kan men de groei het gemakkelijkst aflezen uit de toenemende verstrekking van kleine visaktes en bijdrage-bewijzen, documenten die een sportvisser nodig heeft om zijn sport legaal te kunen bedrijven. Het aantal van deze documenten dat in het gehele land werd uitgegeven, bedroeg in 1945 160 000, groeide in 1965 tot 553 000, en was in 1970 opgelopen tot 724 000. Niet alleen de belangstelling voor de sportvisserij nam sterk toe, ook het aanzien ervan in het oog van de Nederlander. Voor de oorlog was 'hengelen' bij uitstek het vermaak van de kleine man. Er zou, heel anders dan bijvoorbeeld in Engeland, niet aan te denken geweest zijn, bekwaamheid in de hengelsport als een deel van de opvoeding te beschouwen. Na de oorlog heeft de hengelsport in Nederland gaandeweg het stigma van sociale minderwaardigheid verloren. Uit alle klassen van de bevolking zoeken velen thans ontspanning in de sportvisserij. Dikwijls zal de rust die er noodzakelijk bij te pas komt, het recht om niet gestoord te worden, de eerste aantrekkelijkheid ervan vormen voor maatschappelijk druk bezette mensen. Maar naarmate men het vissen leert kennen, moet de bekoring van de sport zelf ook gaan spreken. Met het toenemen van de welvaart is trouwens een rijker assortiment aan vistuig binnen ieders bereik gekomen, zodat het hengelen steeds meer uitgroeide tot een vorm van actieve recreatie, waar heel wat kennis en kunde aan te pas komt.
Sportvissers zijn gewoonlijk lid van een plaatselijke hengelsportvereniging; via die vereniging kunnen ze aangesloten zijn bij een landelijke belangenvereniging – de Algemene Hengelaarsbond of het Centraal Nederlands Hengelaarsverbond –, maar vooral: krachtens dit plaatselijk lidmaatschap nemen ze deel in de pacht van het visrecht op een water van lokaal belang. Gaat het om water van meer dan lokaal belang, dan vormen een aantal plaatselijke verenigingen een federatie. Die krijgt dan van de beheerder van dat water het visrecht in pacht, onder de voorwaarde dat de federatie desgevraagd ook aan buitenstaanders een vergunning afgeeft. In het westen des lands vindt men onder meer een Maasfederatie – die bijvoorbeeld de Biesbos pacht –, een Beheerseenheid Brielse Maas, en een Deltafederatie. Deze laatste organisatie berust op nadere federatie van de vroegere Oosterschelde-federatie, de Westbrabantse federatie en de Veerse-Meer-federatie, terwijl later nog de federatie Zuidhollandse Eilanden toetrad. De Delta-federatie kan derhalve als

De sportvisser is graag alleen met de natuur

Met de boomkor worden inspectiebevissingen verricht om de welstand van de vis op de afgesloten wateren te blijven volgen



representatief voor de sportvisserij in de Delta worden beschouwd. Een nog grotere eenheid is tot stand gekomen door de samenwerking van de Delta-federatie met de Beheerseenheid Brielse Maas en de Maas-federatie.
Het ledental van de drie federaties begint de 100 000 te benaderen. Elk van deze leden is krachtens zijn lidmaatschap in het bezit van een vergunning die hem in staat stelt te vissen in al het door de drie federaties gepachte viswater. Behalve leden kunnen zoals gezegd ook anderen toegang krijgen tot het water, door een week-, maand- of jaarvergunning aan te vragen. Ook dan blijft het verkrijgen van het visrecht op zoveel binnenwater als het Deltagebied omvat, opvallend goedkoop: voor minder dan 20 gulden per jaar kan men het gehele Deltagebied bevissen. Daarbij komen dan nog de kosten van de kleine visakte (ƒ 4,– retributie aan het Rijk, ƒ 6,75 bijdrage aan de Organisatie voor de Verbetering van de Binnenvisserij en 50 cent tot ƒ 1,– plaatselijke leges) of van het bijdragebewijs (ƒ 4,– bijdrage aan de Organisatie voor de Verbetering van de Binnenvisserij en maximaal ƒ 1,– leges). De bedragen die men voor zijn visgenoegen moet neertellen zijn niet gerelateerd aan het inkomen dat de visser geniet; evenmin wordt er onderscheid gemaakt naar nationaliteit. De visserij op het Veerse Meer is mede daardoor bijzonder aantrekkelijk voor Belgen, die trouwens ook voor de andere watersporten intensief gebruik maken van de Nederlandse Delta. De kosten zijn laag, maar niettemin bestaat er in sportvisserskringen enige twijfel aan het goed recht van de staat om viswater tegen meer dan een symbolisch bedrag te verpachten, en de inkomsten uit de kleine visakte voor een deel te storten in de algemene middelen. Op andere watersporten wordt toch ook geen belasting geheven? Misschien zou men het meer waarderen als aan de kleine visakte naast of in plaats van een belastingaspect, een eis van vissersbekwaamheid werd verbonden, zodat het document een volksopvoedende waarde kreeg.
In het belang van de sportvisserij houdt het ministerie van Landbouw en Visserij zich bezig met de kwaliteitsbeoordeling van het viswater, de inventarisatie van de visstand, en het geven van bezettingsadviezen. De sportvissersorganisaties wordt hulp en begeleiding geboden wanneer ze daarom vragen. Een goed voorbeeld van dit beleid zien we bij een enkele jaren geleden opgezet project ter verrijking van de visstand in de afgesloten Deltawateren. In samenwerking tussen de Deltafederatie, het ministerie en de Organisatie voor de Verbetering van de Binnenvisserij is in 1968 een



plan gerealiseerd om in het viswater een geduchte en uit sportief oogpunt aantrekkelijke roofvis te introduceren: de forel.
Het is een misvatting te menen dat forellen snel stromend en zeer zuurstofrijk water nodig hebben. Dat geldt slechts voor de voortplanting. De vissen zelf kunnen heel goed gedijen in stilstaand water, mits de kwaliteit goed is en de temperatuur niet te hoog. De forel aast op kleine prooivissen in zijn omgeving, maar is ook, vooral als hij nog jong is, nieuwsgierig en weinig wantrouwend tegenover aas, en hapt geredelijk toe zowel op een natte kunstvlieg als op een pier. In 1968 werd in het Veerse Meer een hoeveelheid van 40 000 één- en tweejarige Nederlandse en Deense forellen uitgezet, met een lengte van gemiddeld 25 cm. Sindsdien hebben de forellen niet weinig bijgedragen tot het visge-

noegen op het Veerse Meer. In het brakke milieu groeide de forel goed, maar tot voortplanting kwam het niet. Vandaar dat het meer langzaam leeggevist wordt, en jaarlijks een aanvulling met jonge vis noodzakelijk is. Snel gaat het leegvissen niet, want er geldt een vangstbeperking: meer dan vier exemplaren mag een sportvisser niet meenemen; wat hij meer vangt moet hij terugzetten. De beroepsvissers mogen helemaal geen forel houden.
Toen na een aantal jaren bleek hoe gunstig de forel reageerde op het brakke milieu, is getracht hem ook in te voeren in het Grevelingenmeer. Een eerste poging, in september 1971, mislukte; de toestand was nog te ongunstig vanwege de verstoring van het milieu en de zuurstoftekorten. Later in het najaar bleek een tweede proefuitzet wel aan te slaan, en toen kon men overgaan tot het uitzetten van

De vis ontmoet zijn visser

100 000 jonge forellen, kostprijs ƒ 1,20 per stuk, uit Nederlandse kwekerijen. Omdat vaststond dat de Deltafederatie deze eerste uitzet niet volledig zou kunnen bekostigen heeft het ministerie van Landbouw en Visserij dit begin van de forellenstand in het Grevelingenmeer door een subsidie van ƒ 100 000 mogelijk gemaakt. Het ligt in de bedoeling dat de federatie de kosten zal gaan dragen van het op peil houden van de forellenbevolking.
Enigszins een tegenslag was het in dit verband dat er nogal wat forellen door de sluis bij Bruinisse naar buiten trokken. Het verlies bedraagt veel meer dan van de Veerse-Meerpopulatie ooit is weggezwommen, en dat ondanks het feit dat de sluis bij Kats veel vaker opengaat dan die bij Bruinisse. Op de Krammer wordt laatstelijk dan ook vrij wat forel gevangen, vooral door beroepsvissers. In januari 1972 trad sterfte op onder de vis in het Grevelingenmeer. De deskundigen stonden voor een raadsel. Was het een plotseling invallende periode van kou geweest, die de vissen verraste?
In elk geval bleken de slachtoffers in meerderheid gevallen te zijn in de ondiepe gedeelten van het meer. Sedert januari is er verder evenwel geen tegenslag meer geweest, en naar alle waarschijnlijkheid hoeft voor het lot van de forel niet meer gevreesd te worden – tot op de dag dat hij zijn visser ontmoet. Reeds nu zijn er exemplaren van een kilogram en meer gevangen.
Het aantrekkelijke van de forellenvisserij in zandige gebieden met een goede harde ondergrond is dat de visser nu ook eens van de wallekant kan komen en in de plas kan gaan staan, zoals hij zijn buitenlandse collega's altijd heeft zien doen. Deze wijze van vissen levert hem een heel nieuw contact op met zijn jachtgebied.
Er bestaat tussen de verschillende gebruikers van eenzelfde recreatiegebied van nature een zekere rivaliteit. Ieder is geneigd het gebied vanuit zijn eigen belang te zien, en er zijn wereld in te projecteren. Sportvissers en beroepsvissers die vanuit een verankerd bootje vissen, kunnen zeilers in het vaarwater zitten, vooral in de buurt van een haven. Zeilers kunnen ergernis verwekken bij vissers door hun tuig niet te ontzien. In veel gevallen kan een mogelijk belangenconflict tot oplossing worden gebracht door een zoneverdeling tot stand te brengen, niet alleen naar plaats, maar ook naar tijd. Zonering in de tijd is in veel gevallen makkelijker. De forellenvangst bijvoorbeeld kan het best beoefend worden vóór negen uur 's morgens en na vier uur 's middags; het ideale seizoen ervoor is niet de zomer, maar de herfst. Deze voorkeurstijden geven een gunstig perspectief op een mogelijke tijdsverdeling met de zeilers. Plaatselijke zone-indeling is moeilijker, omdat men maar moet afwachten of de vis zich aan de gemaakte afspraken zal houden. En waar de vis zit, zit ook de visser.
De wensen die de sportvissers hebben ten aanzien van de inrichting der Deltameren zijn over het algemeen eenvoudig van aard. Dikwijls zijn het wensen om iets niet te doen: geen intensieve recreatieve ontsluiting, geen verdieping van het water. De visser aan de wallekant vindt één andere visser binnen gehoorsafstand al gezelschap genoeg, en op het water heeft hij met zijn bootje van maximaal 60 cm diepgang niet gauw last van ondiepten, terwijl zulke plekken voor de vis vaak interessant zijn.

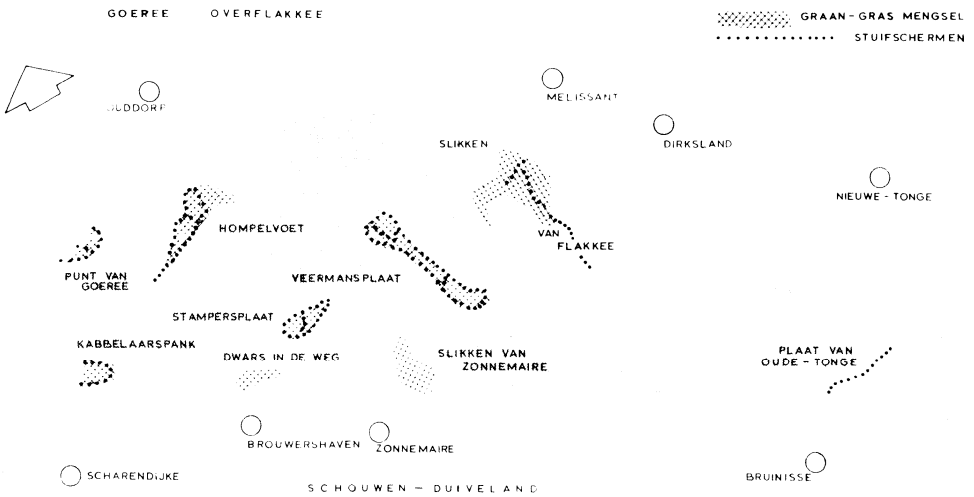
De Delta-federatie heeft een aantal aanbevelingen gedaan ten aanzien van de accomodatie die voor de sportvisserij in het Deltagebied tot stand zou moeten worden gebracht. Uitgaande van een behoefte van 2700 bootjes in de nabij toekomst en van 8000 bootjes op langere termijn, heeft men de behoefte aan ligplaatsen vastgesteld, op basis van 3.50 m steigerlengte voor vier boten. Aangezien er op het moment maar drie Deltahavens volledig voor de sportvisserij zijn ingericht, – Wolphaertsdijk, Nieuw Vossemeer en recentelijk de Piet in het Veerse Meer – bestaat er een vrij grote behoefte aan nieuwe visbootaccomodatie. Combinatie met jachthavens lijkt niet altijd aan te bevelen: de verschillende waarde van zeil- en vissersboten maakt de accomodatie of voor de een te duur of voor de ander te primitief. Het levensritme van vissers en zeilers is ook te verschillend. Wel zou men zich kunnen voorstellen dat beide groepen waar hun havens dicht bij elkaar liggen, een groot deel van de landfaciliteiten delen.
Een nieuwe sportvissershaven kan men zich voorstellen als een rechthoekig, tegen windgolven beschermd bassin, met een vaardiepte van tenminste 90 cm bij de laagste waterstand. De steigerlengte binnen zo'n haven zou men zo groot mogelijk moeten maken met behulp van een aantal dwars op de hoofdsteiger drijvende steigers. Er moet voorts een eenvoudige berggelegenheid zijn, een sanitaire voorziening, een parkeerplaats annex open botenberging en een trailerboothelling. Additioneel kan aan de haven nog de eis worden gesteld dat het voorste gedeelte ervan diep genoeg moet zijn om als vluchthaven te kunnen dienen voor kleine jachten. De federatie heeft voorts geïnventariseerd welke bestaande havens in het Deltagebied nu reeds of straks wanneer het getij er wegvalt, mogelijkheden bieden om geheel of gedeeltelijk als sportvissershaven te worden gebruikt, en harerzijds ook al getracht, gemeenten voor haar denkbeelden te interesseren. Zonder tezeer op de ontwikkelingen vooruit te lopen, kunnen we stellen dat er in principe voldoende mogelijkheden zijn op te sommen om bestaande havens aan te passen en nieuwe havens in te richten, in elk geval zo, dat in overeenstemming met het te verwachten gebruik voldoende accomodatie ontstaat om de sportvissers aan hun trekken te laten komen.

A. De werken van het Deltaplan

Vastlegging van drooggevallen staatsgronden in het Grevelingenmeer

Als gevolg van het verdwijnen van eb en vloed zijn de schorren en een gedeelte van de slikken en zandplaten in het Grevelingenmeer permanent drooggevallen. Ruim 90% van deze oppervlakte is staatsdomein. Het zijn voornamelijk kleiarme zandige gronden, die na het uitzakken van het water ongetwijfeld zouden gaan stuiven. Het was derhalve voor de Dienst der Domeinen als beheerder van de staatsgronden noodzakelijk conserverende maatregelen te treffen tot behoud van de drooggevallen gronden en ter voorkoming van overlast aan derden. De uitvoering is in opdracht van de Dienst der Domeinen geschied door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.

De buitendijkse gronden in het Grevelingenbekken waren vóór de afsluiting onderhevig aan de getijbeweging, waardoor gemiddeld een hoogste waterstand optrad van N.A.P. + 1,25 m. Sedert de afsluiting is er een vaste waterstand ingesteld van N.A.P. — 20 cm, zodat een aanzienlijke oppervlakte permanent is drooggevallen. Lager gelegen gronden die alleen bij eb droogvielen, liggen nu echter definitief onder water. Gaande van west naar oost ontmoet men in het meer drooggevallen gronden van verschillend type: grofzandige stranden, zoals de Punt van Goeree; voormalige zand- en schelpenbanken als de Kabbelaarsbank, de Hompelvoet, de Veermansplaat, de Stampersplaat en de Dwars-in-de-weg; en fijnzandige voorlanden en platen: de Slikken van Flakkee, de Slikken van Zonnemaire en de Plaat van Oude Tonge. Slechts hier en daar langs de kust van Goeree-Overflakkee en op de Hompelvoet komen met schorvegetatie begroeide gebieden voor; voor de kust van Schouwen-Duiveland liggen nog een paar laaggelegen lutumrijke slikken van enige betekenis; overigens is alles kaal. Van de drooggevallen gronden is ruim 2700 ha, bijna 90%, eigendom van de Staat. De overige 10% behoren toe aan een twintigtal particuliere eigenaren.
Het wegvallen van eb en vloed heeft vooral de drooggevallen zandgronden blootgesteld aan de eroderende werking van wind en water. De eroderende werking van de wind komt tot uiting in zandverstuiving; die van wind en water gezamenlijk manifesteert zich in afslag van de oevers. In dit artikel wordt alleen ingegaan op de zandverstuiving en de maatregelen om die zo effectief en economisch mogelijk tegen te gaan. De afslag van de oevers en de daartegen noodzakelijke conserveringsmaatregelen zijn weer een hoofdstuk apart.
In het algemeen hangt de stuifgevoeligheid van zandgronden af van de grofheid en de vochttoestand van het zand. Binnen zekere grenzen kan worden gesteld dat zand stuifgevoeliger is naarmate het grover is. De vochttoestand en daarmee de capillaire bindingskrachten tussen zandkorrels hangen vooral af van de grondwaterstand: hoe dieper het grondwater, hoe geringer de capillaire krachten, dus hoe stuifgevoeliger het zand. Op grond van reeds vóór de afsluiting uitgevoerde bodemkarteringen werd verwacht dat alle drooggevallen zandgronden in het Grevelingenmeer min of meer stuifgevoelig zouden zijn. Het afstuiven zal beginnen ter plaats van de hogere, drogere gedeelten van de platen, temeer omdat het zand daar in het algemeen iets grover is dan aan de randen. Zandverstuiving leidt dan ook in eerste instantie tot een afvlakking van de platen. Wanneer er obstakels op het maaiveld voorkomen, bijvoorbeeld in de vorm van levende of dode begroeiing, waarachter het zand wordt opgevangen, kan verstuiving van zand evenwel ook reliëfverrijkend werken. Ontbreken zulke obstakels, of zijn ze uiterst schaars, dan moet worden aangenomen dat vrijwel al het verstuivende zand in het water terecht komt en daarmee verloren is, ofwel dat een deel er van op aangrenzende terreinen terecht komt, en door overstuiving schade berokkent aan de begroeiing aldaar. Op het moment van droogvallen was het streven er in eerste instantie op gericht de oorspronkelijke toestand zo goed mogelijk te behouden en in ieder geval te



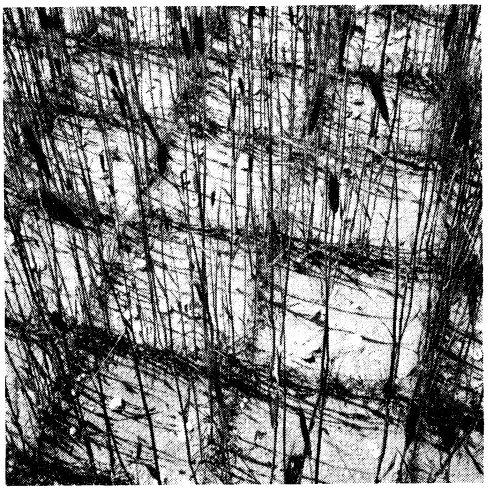


Stand van zaken van de conserveringswerken per medio juni 1972

Graan-grasmengsel enkele weken na de inzaai. Kabbelaarsbank juli 1971

verhinderen dat wegstuivend zand in het water verloren zou gaan. Dit hield in dat het stuifgevoelige zand in hoofdzaak ter plaatse moest worden vastgelegd. Langs de randen van het oude land zou daarmee bovendien worden voorkomen dat stuivend zand schade zou berokkenen aan derden. Langs de met schorvegetatie begroeide gronden en de schelpenbanken is vooral veel aandacht besteed aan de bescherming tegen onderstuiven. Voor de uitvoering van de conserveringswerkzaamheden waren een opzichter en vier arbeiders permanent in het Grevelingengebied gestationeerd. Zwaar materieel voor het inzaaien van grote oppervlakten en voor het plaatsen van stuifschermen stond hun ter beschikking. Waar nodig werden particuliere loonwerkers ingeschakeld.
Als maatregel om de drooggevallen gronden zo spoedig mogelijk vast te leggen, zodat de oorspronkelijke toestand bewaard zou blijven, leek het aanbrengen van een bodemdekkende en bodemvastleggende vegetatie het meest geschikt. Om voor enige tijd verzekerd te zijn van voldoende vastlegging van het zand is besloten tot het inzaaien van een mengsel van zouttolerante grassen onder graan als dekvrucht. Zo'n gras-graanmengsel heeft zowel het voordeel van de snelle kieming en jeugdgroei van het graan, dus van een snelle werking, als van het feit dat de langzaam kiemende en groeiende meerjarige grassen na afloop van de zomer de vastleggende functie van het graan overnemen. Op grond van ervaringen in het Veerse Meer en in de Lauwerszee kwam een mengsel van rood zwenkgras, Engels raaigras en veldbeemdgras het meest in aanmerking. Onder de granen

Graan-grasmengsel een maand voor de rogge-oogst; Dwars-in-de-weg, juni 1972



In de luwte achter de stuifschermen vormen zich zandruggen: Punt van Goeree, augustus 1971



verdiende gerst als dekvrucht de voorkeur vanwege zijn hoge zouttolerantie en omdat dit graan weinig massa vormt en daarmee de ontwikkeling van het gras zo weinig mogelijk in de weg staat.
Afhankelijk van het seizoen pleegt men zomergerst of wintergerst te zaaien. Aangezien de verbouw van wintergerst in Zuid-Holland en Zeeland niet is toegestaan, kon men in het Grevelingenmeer alleen met zomergerst werken; in het najaar moest een andere dekvrucht worden gekozen. Op zandgronden komt winterrogge dan het meest in aanmerking.
Doordat er verschillen optreden in de snelheid van ontzilting, is het niet mogelijk alle zandgronden tegelijk in te zaaien. Als norm geldt dat het zoutgehalte van het bodemvocht in de bovenste 20 cm van de grond gedaald moet zijn beneden 15 à 12 gram NaCl per liter, alvorens tot inzaai kan worden overgegaan. Met het oog op de te verwachten neerslag kan de norm in het najaar iets soepeler gehanteerd worden dan bij de voorjaars- en zomerinzaai. Nu doet zich echter de gelukkige omstandigheid voor, dat de meest stuifgevoelige zanden, die dus grover zijn en hoger liggen, het snelst ontzilt raken, en derhalve het eerst kunnen worden ingezaaid.
Reeds eind juni 1971 waren de eerste gedeelten van de Punt van Goeree en van de Kabbelaarsbank voldoende ontzilt, zodat tot inzaai van de eerste 65 ha kon worden overgegaan. De inzaai geschiedde met behulp van zaaimachines met 30 cm afstand tussen de rijen. Om uitstuiving tussen de rijen zoveel mogelijk te voorkomen is er gezaaid in vierkantsverband: na het zaaien in de lengte-

richting wordt het terrein dan nog een keer ingezaaid loodrecht daarop, in de breedterichting. Zo ingezaaide oppervlakken worden ook wel aangeduid als 'ganzeborden'.
Dank zij de regen had de gerst een vlotte kieming en jeugdgroei, en stonden de plantjes na een week boven de grond. Daarmee begon hun taak als zandvastlegger en als dekvrucht. Echter, slechts met moeite trotseerden zij het zandstralen van de in die periode nog voorkomende verstuivingen. Het door de gerst beschermde gras kwam na enkele weken boven de grond.
Het grondwater daalde aanvankelijk maar langzaam beneden het maaiveld, want door de geleidelijke sluiting van het Brouwershavense Gat werd de getijbeweging op het bekken slechts geleidelijk minder. De ontzilting en de stuifgevoeligheid beperkten zich aanvankelijk dan ook tot de hoogste en meest grofzandige gebieden. Later in het jaar is het peil op het Grevelingenmeer ten behoeve van werkzaamheden aan de Brouwersdam gedurende een lange periode aanzienlijk lager geweest dan het tegenwoordige definitieve peil van N.A.P. – 20 cm. Aan de ene kant bracht deze verlaging van het peil een vergroting teweeg van de oppervlakte aan stuifgevoelige gronden. Anderzijds bood ze bij de vastleggingswerkzaamheden ook voordelen: de extra lage stand van het water veroorzaakte ook een lagere waterstand in de drooggevallen gronden, waardoor een groter oppervlak van grofzandige en matig grofzandige gronden kon ontzilten. Bovendien verliep de ontzilting sneller dan was verwacht. Ondanks het feit dat de zomer van 1971 droog was, kon een groot areaal worden ingezaaid. Tot juni 1972 is nu in totaal 850 ha vastgelegd door inzaai met een graan-grasmengsel. De stand van het gewas is in het algemeen alleszins bevredigend. Alleen op de Slikken van Flakkee heeft het in het voorjaar van 1972 ingezaaide gewas plaatselijk ernstig te lijden gehad van het zoute water waarmee de Slikken bij westerstorm worden overspoeld.
Het stuifgraan bleek in het algemeen goed in staat het zand ter plaatse vast te leggen. Na het doorschieten van de rogge was het gewas tevens in staat om van elders aangevoerd zand op te vangen; dat ging echter wel ten koste van het nog korte gras, dat onder dit aangevoerde zand verstikt raakte. Slechts hier en daar is het voorgekomen dat het gewas door zandverstuiving geheel verloren is gegaan. De uitstuivingen die daar het gevolg van waren, bleven naar omvang zo beperkt, dat verdere maatregelen achterwege konden blijven.

Op de lage strandvlakte nabij het bestaande schor van de Hompelvoet is bij de keuze van het gewas zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de natuurlijke begroeiing. Op kleine schaal is daar biestarwegras uitgeplant, een pioniergewas dat zich weet te handhaven op dergelijke lage gronden met wisselend zout en zoet milieu. Langs de Noordzeestranden is deze plant de voorloper van helm. De resultaten met biestarwegras op de Hompelvoet zijn van dien aard, dat herhaling van deze aanplant op het lage gedeelte van de Slikken van Flakkee wordt overwogen. Er is echter gebrek aan voldoende plantmateriaal, waardoor toepassing op grote schaal vooralsnog uitgesloten lijkt. Doordat biestarwegras zich in de jeugdfase traag ontwikkelt, is het niet geschikt als enige vastlegger.

Strobanen

Bij de vastlegging van zand door inzaai met een graan-grasmengsel bestaat er eigenlijk alleen in de eerste weken ernstige kans op mislukking. De bedekking van de bodem is dan nog onvoldoende, terwijl door het zaaien de iets verdichte oppervlaktelaag van de bodem is verbroken, zodat de stuifgevoeligheid toeneemt. Het risico kan worden beperkt door het maaiveld onmiddellijk na het zaaien extra ruw te maken, of door de bovenste laag kunstmatig weer te verdichten. Gebruikelijke methoden daartoe zijn besteken met stro en bespuiten met een kitmiddel. Beide maatregelen kan men beschouwen als een risicopremie. Omdat machinaal besteken met stro aanmerkelijk goedkoper is dan toepassing van een kitmiddel, is gekozen voor de eerstgenoemde maatregel. Maar vanwege gebrek aan voldoende geschikt gerstestro ten tijde van de eerste inzaai en uit een streven om de risicopremie te beperken is naar een tussenoplossing gezocht: het inschijven van stro in banen. Uit enkele ter plekke genomen proeven bleek dat één meter brede strobanen met een onderlinge afstand van 10 à 12 meter bij korte en niet te hevige stuifperioden voldoende bescherming bieden. Bij de inzaai in alle seizoenen is deze beschermingsmethode dan ook met succes toegepast. De plaats van de strobanen is nu nog in het terrein waar te nemen als een kleine verheffing, waarop het graan iets beter groeit, en waarop iets meer grasplantjes voorkomen. Waarschijnlijk is in de strobanen stuifzand opgevangen dat mogelijk nog maar ten dele gemineraliseerd organisch materiaal bevatte uit de naastliggende vakken. Ook is het mogelijk dat lichtere graszaadjes zijn meegevoerd naar de strobanen.

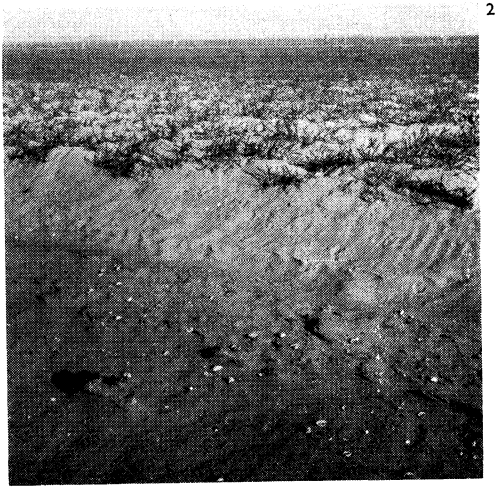
In het voorjaar van 1972 is gebleken dat de strobanen onder extreem ongunstige omstandigheden onvoldoende bescherming bieden. Juist na de inzaai volgde toen een periode met harde oostenwind. Daarbij werden de strobanen overstoven en kwam veel zand en zaad pas tot rust achter een nabijgelegen hoogwaterkering. Er trad enige schade op aan dijktalud en openbare weg, en bovendien moest 12 ha opnieuw worden ingezaaid en van strobanen voorzien. Ook het inschijven werd in vierkantsverband uitgevoerd.

Stuifschermen

Door de geleidelijke demping van het getij begon het stuiven van de grofzandige gronden pas enkele weken na de voltooide sluiting. Prachtige mini-sikkelduintjes van ongeveer



1



2

1. Sikkelduintje van droog stuifzand op de vochtige Veermansplaat; juni 1971

2. Plaatselijke uitstuiving van met graan-grasmengsel ingezaaid terrein; Punt van Goeree, maart 1972

3. Plaatsing van een derde stuifscherm boven op een zandrug; mei 1972

15 cm hoog waren het eerste resultaat; helaas verdwenen ze bij draaiing van de wind even snel als ze gekomen waren. Aangezien de bodem nog onvoldoende ontzilt was, kon er nog geen beschermende vegetatie worden ingezaaid. Om te voorkomen dat inmiddels veel zand verloren zou gaan, is men meteen overgegaan tot het plaatsen van stuifschermen. Het zand wordt daarmee weliswaar niet ter plaatse vastgelegd, maar wel wordt ermee voorkomen dat het 'de perken te buiten gaat'. De schermen zijn voornamelijk geplaatst rondom de platen, op de stuifgevoelige grens. Ze hebben zowel de overstuiving van bestaande begroeiing als het verlies van zand in redelijke mate beperkt; in een later stadium beschermden ze het ingezaaide stuifgraan tegen uitwaaiing.
In de luwte achter de schermen vormde het



3



opgevangen zand geleidelijk ruggen. Afhankelijk van de verdere aanvoer van zand vanaf de voorliggende vlakte bleven deze ruggen beperkt tot kleine terreinoneffenheden of groeiden ze in de loop van het jaar uit tot een begin van stuifduinen. Door de zandrug met een tweede stuifscherm te begrenzen kon worden voorkomen dat het zand bij draaiing van de wind terugstoof. Daar waar een zandrug een volume bereikte van een tiental kubieke meters per strekkende meter, werd een derde scherm bovenop de rug geplaatst. De op deze wijze beschermde zandruggen hebben tot nu toe een gezamenlijke lengte van 45 km. Als materiaal voor de windschermen is rijshout gebruikt, nylongaas bevestigd aan afrasteringspalen, en riet. Op de Hompelvoet is een proefruimte ingericht. Daar wordt rondom een open stuifvlakte het effect van de verschillende materialen nagegaan. Voorlopig leveren rijshout en riet de beste resultaten. Om te voorkomen dat de gevormde stuifduinen weer uitstuiven kan men er het beste helm op planten; dat is namelijk een gewas dat zich onder natuurlijke omstandigheden ook vestigt op jong opgestoven strandzand. Gedurende de wintermaanden is 10 km zandrug met helm ingeplant. Zandaanvoer stimuleert in principe de groei van de helmplant, maar in het onderhavige gebied is plaatselijk zoveel zand aangevoerd dat een aantal planten overstoven werd voor er van enige groei sprake kon zijn. Verandering van windrichting brengt soms wel weer uitstuiving teweeg, zodat de helm weer een kans krijgt. Voorts zijn nu spartinaduintjes met helm ingeplant. Met succes is ook helm gezaaid. Door de trage groei en de dunne stand leveren de zaailingen gedurende het eerste jaar nog nauwelijks een bijdrage tot de vastlegging. Was bij het inzaaien van het grasgraanmengsel het zoutgehalte van de bovengrond de beperkende factor, bij het planten van helm was dat het vochtgebrek. Pas laat in het najaar was er voldoende neerslag gevallen om met het planten op de uit kurkdroog stuifzand opgebouwde zandruggen te kunnen beginnen.

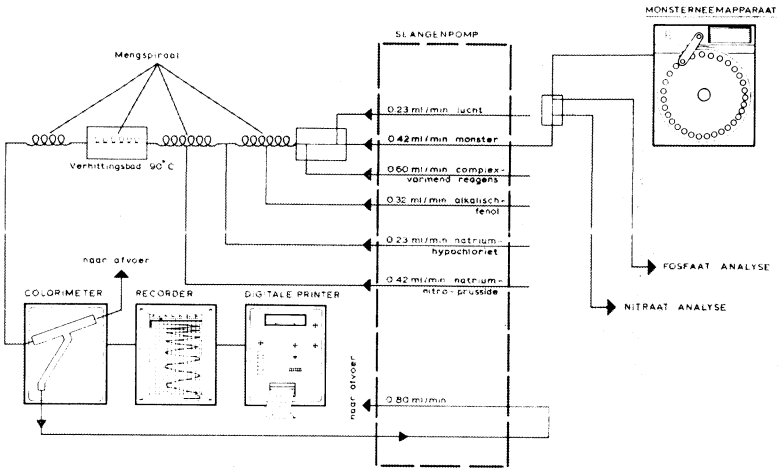
De vastleggingswerkzaamheden zijn thans zo goed als voltooid. Begunstigd door uitermate goede weersomstandigheden gedurende het afgelopen jaar is het werk vlot verlopen. Overlast aan derden kon door de maatregelen vrijwel geheel worden voorkomen; de platen en eilanden zijn niet egaal afgestoven tot het freatisch niveau; integendeel, de terreinvariatie is vergroot. De drooggevallen gronden zijn, nagenoeg nog in de oorspronkelijke vorm, beschikbaar gebleven voor verdere ontwikkeling en inrichting. Thans dienen verdere, meer op de toekomst gerichte beheersmaatregelen op de vastleggingswerkzaamheden aan te sluiten.

Bijdrage verzorgd door de Dienst der Domeinen

Het gebruik van automatische analyse-apparatuur bij het onderzoek naar de waterkwaliteit in het Deltagebied

Om het verloop van de fysische en chemische kwaliteitsindicatoren van de buiten- en binnenwateren in het Deltagebied na te gaan, beschikt de afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst sinds augustus 1970 over een eigen bescheiden laboratorium te Goes. In dit laboratorium worden de volgende chemische parameters, vanwege hun belang voor de waterkwaliteit, bepaald: ammonium, stikstof (volgens Kjeldahl), nitraat en nitriet, orthofosfaat, totaal-fosfaat en binnenkort ook de hoeveelheid organische stof. Daarnaast worden nog enkele fysische parameters bepaald: het gehalte aan zwevende stof en de gloeirest daarvan. De taak van het laboratorium wordt verlicht doordat de bemonsteraars zelf ter plekke het zuurstofverzadigingspercentage, de zuurgraad en het chloridegehalte van een monster kunnen meten.
Het laboratorium is uitgerust met automatische analyse-apparatuur, die het voordeel bezit weinig ruimte in te nemen en verscheidene bepalingen tegelijkertijd te kunnen verrichten op 20 tot 60 monsters per uur. Door gebruik van deze apparatuur is het mogelijk in de kleine laboratoriumruimte met een minimale personeelsbezetting 20 tot 40 watermonsters per dag geheel te analyseren, en reeds één dag na de bemonstering alle analyse-resultaten ter beschikking te stellen.
Om de werkwijze van deze automatische analyse-apparatuur te kunnen beschrijven en de voordelen ervan in het juiste licht te kunnen stellen, is het noodzakelijk dat we eerst even aandacht besteden aan de wijze waarop analyses volgens de conventionele, manuele technieken worden verricht.
De chemische parameters die van belang zijn voor de waterkwaliteit, worden in het algemeen colorimetrisch bepaald; de gehalten van de stoffen die men zoekt aan te tonen zijn namelijk meestal te laag voor een analyse door weging of volumebepaling. Voor een colorimetrische bepaling laat men de stof die men bepalen wil reageren met andere stoffen, waarmee hij een gekleurde verbinding aangaat. De kleurvormende reactie moet selectief zijn voor de te bepalen parameter en geen storende gekleurde verbinding opleveren met andere aanwezige stoffen. De intensiteit van de kleur vertoont een vaste relatie tot het gehalte van de gezochte parameter. De kleurmeting geschiedt in een colorimeter. Het gekleurde monster wordt in een cuvet gedaan – dat is een vaatje met nauwkeurig bekende afmetingen –, en op de cuvet werpt men een bundel monochromatisch licht, dat door de vloeistof gedeeltelijk wordt geabsorbeerd, en gedeeltelijk doorgelaten. Het doorgelaten gedeelte valt op een achter de cuvet geplaatste fotobuis en wordt omgezet een elektrisch signaal; de sterkte daarvan geeft de concentratie weer van de te bepalen parameter.
Om de kleurvormende reactie op gang te brengen moet een analist een bepaalde hoeveelheid van het monster in bewerking nemen, en er verscheidene reagentia aan toevoegen, waarbij hij de reactie-omstandigheden, zoals temperatuur en zuurgraad, zorgvuldig in acht moet nemen. Hij zal moeten wachten tot de reactie is afgelopen en de optimale kleuring is verkregen. De bepaling is dus tijdrovend, en er bestaat altijd kans op fouten.
De automatische analyse-apparatuur die nu bij de afdeling Milieu-onderzoek in gebruik is, kan al deze analysehandelingen automatisch

1



2



1. Schema van de ammonium-analyse met de automatische analyse-apparatuur

2. Overzichtsbeeld van de apparatuur

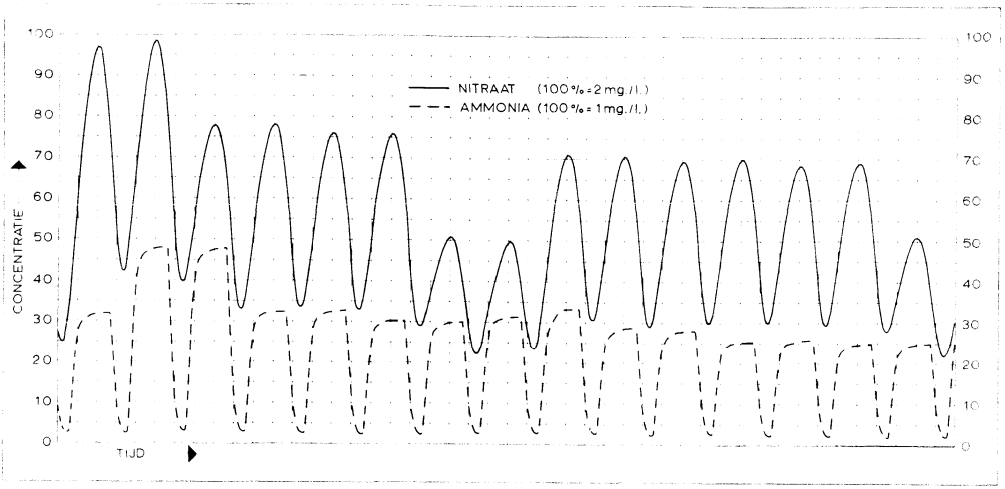
3. Detail van de apparatuur; van voor naar achter: monsterneem-apparaat, slangenpomp, analyse-gedeelte en colorimeter

4. Weergave van de analyse-resultaten op de recorder; parameters nitraat en ammonium

3



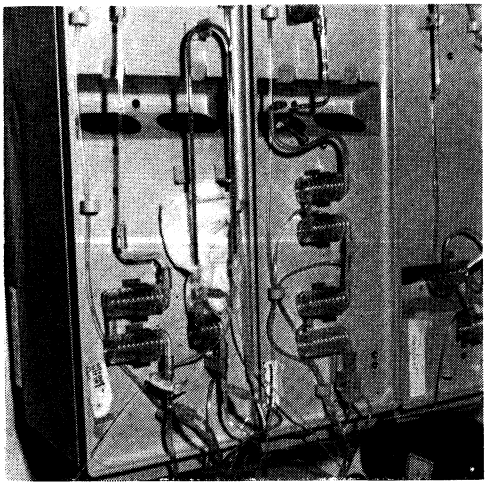
verrichten, sneller, nauwkeuriger en met gebruik van minder materiaal.
Het volumetrisch afmeten van zowel de monsters als de reagentia geschiedt in een slangenpomp, die ze aanzuigt door slangen met verschillende inwendige doorsnee, en wel zo dat de verhouding tussen de hoeveelheden voldoet aan de analysevoorschriften. Men kan de diameters zo kiezen dat bijvoorbeeld 0,32 ml van het monster in bewerking wordt genomen. Bij manuele bepalingen is dat veelal 10 tot 50 ml, en aangezien de toe te voegen hoeveelheid reagentia proportioneel is aan de hoeveelheid in bewerking genomen monster, heeft de automatische analyse-apparatuur een veel lager chemicaliënverbruik. Onder meer om de verschillende analyses gescheiden te kunnen houden, is de slangenpomp voorzien van een luchtsluis die er voor



zorgt dat iedere twee seconden een luchtbelletje wordt meegepompt naar het analytische gedeelte van de apparatuur.
Het monsterneemapparaat bestaat uit een roterende schotel met openingen waarin men vaatjes met monsterwater kan plaatsen. Er is plaats voor 40 monstervaatjes. Een holle naald, die verbonden is met een slang op de slangenpomp, zuigt gedurende een bepaalde tijd, meestal 1 minuut, een hoeveelheid monsterwater – voor 3 simultane bepalingen is dat meestal 0,96 ml – uit een vaatje aan, en verspringt, alvorens uit het volgende vaatje te gaan aanzuigen, naar een voorraad gedestilleerd water, en brengt zo een scheiding aan tussen twee monsters, zodat geen contaminatie kan optreden. De wasperiode met gedestilleerd water duurt een halve minuut, zodat het in totaal anderhalve minuut duurt om een monster te nemen.
Het analyse-gedeelte van de apparatuur bestaat uit een systeem van glazen buisjes, glazen spiraaltjes en verhittingsbadjes. Op verschillende plaatsen in het systeem bevinden zich injectiepunten, waarop de doseerslangen zijn aangesloten die het monster, de verschillende reagentia en de luchtbelletjes aanvoeren. De dosering van de luchtbelletjes is uitermate belangrijk voor de analyse. De luchtbelletjes zorgen voor scheiding van de monsters, en houden tegelijk het analyse-gedeelte schoon. Voor een goede meting in de colorimeter is het van essentieel belang dat de luchtbellen even groot en gelijk van vorm zijn, terwijl ook hun onderlinge afstand, dus de lengte van de vloeistofcompartimenten, telkens even groot moet zijn.
In het analyse-gedeelte vindt menging plaats van monster en reagens. De nog niet gemengde vloeistofstroom wordt daar namelijk door een horizontaal spiraaltje geleid, waarin door de rondgaande bewegingen het verschil in soortelijk gewicht van monster en reagens intensieve menging optreedt. De aldus gemengde vloeistofstroom, waarin zich nog steeds op onderling gelijke afstanden luchtbelletjes bevinden, kan vervolgens door een verhittingsbadje geleid worden, dat op een voor de kleurontwikkeling optimale temperatuur gehouden wordt.
Na het doorlopen van het analyse-gedeelte is de kleurreactie geheel of gedeeltelijk voltooid, en kan de colorimetrische gehaltebepaling plaatsvinden. De colorimeter van het apparaat is voorzien van drie kanalen, zodat bij aansluiting van drie analyse-gedeeltes, ook drie verschillende parameters tegelijk bepaald kunnen worden. Bij een aanzuigsnelheid van 40 monsters per uur, kunnen dus 120 analyses worden uitgevoerd, een werk waaraan een analist bij de manuele analyse-techniek zeker een hele dag kwijt zou zijn. De cuvetten van de colorimeter zijn van het zogenaamde doorstroomtype; ze zijn voorzien van een installatie die de luchtbelletjes afzuigt, aangezien die in geen geval in de lichtweg mogen raken. Het elektrisch signaal dat in de colorimeter wordt opgewekt, wordt versterkt en overgebracht naar een recorder, die de gehaltes visueel weergeeft als pieken.
Om de administratieve verwerking van de gegevens zo gemakkelijk mogelijk te laten verlopen, kan men ook automatische registratie-apparatuur op de analyse-apparatuur koppelen.
Automatische analyse-apparatuur is kostbaar; maar door de personeelsbesparing, het mindere materiaalverbruik en de snelheid van

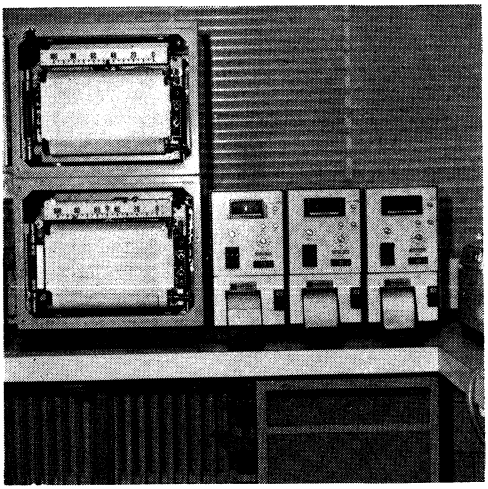
1. Detail van het analyse-gedeelte van de nitraat-, ammonium- en fosfaatbepaling

2. De registratie van de analyseresultaten geschiedt met behulp van 2 recorders en 3 digitale printers



1

de analyse, komen de kosten per analyse in de automatische apparatuur toch lager uit dan bij overeenkomstige manuele analyse. Het automatische procédé heeft ook nadelen. Het systeem is weinig flexibel. Zitten er bijvoorbeeld in een monster voor de analyse storende ionen, dan zou in het analyse-gedeelte een neerslag kunnen ontstaan waardoor de automatische bepaling onuitvoerbaar wordt, tenzij men het monster een manuele voorbehandeling geeft of in het analyse-gedeelte zodanige veranderingen aanbrengt dat deze storingen worden teniet gedaan. Maar voor de grote meerderheid der gevallen gelden deze bezwaren niet; en dan heeft men in de automatische-analyse-apparatuur, wanneer de analyse-methodieken zo zijn geijkt dat de resultaten volkomen correleren met die van de manuele analyse, een bijzonder snel en betrouwbaar analytisch instrument.



2

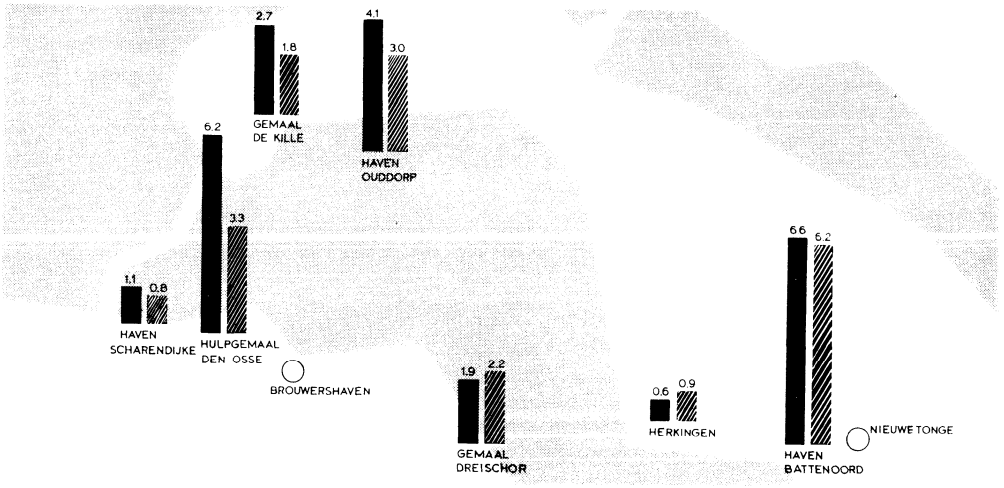
In Bericht 59 (februari 1972) is gewezen op de wenselijkheid, de gevolgen van de afsluiting van het Brouwershavense Gat voor het milieu nauwlettend te onderzoeken; niet alleen in het belang van het achter de dam gelegen Grevelingenmeer, maar ook als onderdeel van de voorbereiding op de Oosterschelde-afsluiting. In hetzelfde artikel werd ook al een voorlopig verslag gegeven van de eerste ervaringen na de afsluiting van het Grevelingenbekken. Nu de gegevens van één jaar onderzoek ter beschikking staan, lijkt het zinvol de afgelopen periode in zijn geheel nogmaals te overzien.

Eén jaar onderzoek van de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer

We zullen ons in dit artikel beperken tot de a-biotische factoren van de waterkwaliteit, en slechts zijdelings verwijzen naar de biologische aspecten. Het bacteriologisch onderzoek is pas in een later stadium op gang gekomen, en er zijn nog te weinig resultaten van voorhanden om er mededelingen over te kunnen doen. Wellicht zal het mogelijk zijn, in een van de volgende Berichten de biologische processen in het centrum van de aandacht te plaatsen. Overigens is de feitenverzameling ook ten aanzien van de a-biotische factoren nog onvolledig, en kan de interpretatie ervan nog maar voorlopig en voorzichtig zijn.

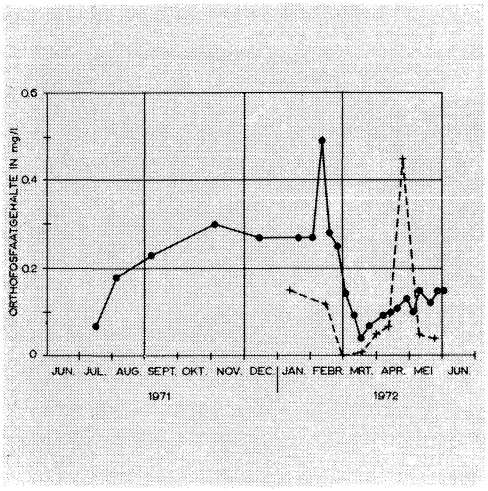
De kwaliteit van het open water hangt in hoge mate af van complexe omzettingsprocessen, die op hun beurt weer worden beïnvloed door uitwendige factoren zoals meteorologische omstandigheden en lozingen van polder- of afvalwater. Vooral aan de laatstgenoemde invloed zal hier aandacht worden besteed, terwijl voorts het verloop van de waterkwaliteit als functie van de tijd in ogenschouw zal worden genomen.

In vergelijking met andere zijn vooral vier belastende bronnen aan de rand van het Grevelingenmeer van belang voor de waterkwaliteit; het zijn de lozingen van Battenoord, Ouddorp, het hulpgemaal Den Osse en Scharendijke. De kwaliteit van het met afvalwater van Herkingen en Nieuwe Tonge vervuilde polderwater dat via de haven van Battenoord wordt geloosd, is bijzonder slecht. Vooral de recreanten hebben daar last van. Nu het Grevelingenmeer een afgesloten water is geworden zal accumulatie van verontreinigende stoffen moeten worden vermeden. Het is zeker gewenst om op korte termijn voorzieningen te treffen die verbetering brengen in de bestaande situatie. Overwogen wordt om het afvalwater van Nieuwe Tonge en het daar gelegen recreatiegebied met een persleiding af te voeren naar een centrale zuiveringsinstallatie nabij Middelharnis. Ouddorp, dat thans nog ongezuiverd afvalwater loost op het Grevelingenmeer, zal in de nabije toekomst gaan lozen in de mond van het Haringvliet. Hoewel het afvalwater van Brouwershaven biologisch gezuiverd op het polderwater wordt geloosd, slaat het hulpgemaal 'Den Osse' relatief grote hoeveelheden fosfaat, ammonium en zwevende stof uit op het Grevelingenmeer. Ook Scharendijke loost zijn afvalwater nog op het Grevelingenmeer. In de nabije toekomst zal deze kern evenwel worden aangesloten op het persleidingstelsel van de gemeente Westerschouwen. De overige lozingspunten, waaronder het poldergemaal van Dreischor, dragen slechts in geringe mate bij tot de gehele belasting van het Grevelingenmeer met verontreinigende stoffen. De belasting van het gehele meer met opgelost orthofosfaat bedraagt per eenheid van wateroppervlak niet meer dan een honderdste van die van het Brielse Meer, en een tiende van die van het Veerse Meer. In het afgelopen jaar zijn veel grotere hoeveelheden fosfaat op de bodem gefixeerd dan er zijn ingelaten. Het gehalte steeg in het najaar van 1971 echter tot hoge waarden – ongeveer 1,2 mg per liter –, hoofdzakelijk ten gevolge van na de afsluitingsperiode optredende processen, aangezien de lokale belasting met verontreinigende stoffen (zoals fosfaten) in het meer gering is. Toen zich in maart 1972 een bloei van tot het genus *Chaetoceros* behorende diatomeënsoorten ontwikkelde, nam het



anorganisch orthofosfaatgehalte snel af, tot lage waarden als 0,15 mg per liter. Ook tijdens de daaropvolgende groei van de diatomee *Sceletonema costatum* in april en begin mei, bleef het gehalte aan orthofosfaat tamelijk laag, ongeveer 0,4 mg per liter. Als oorzaak van het lage fosfaatgehalte kan men de lage mineralisatiesnelheid van de afgestorven diatomeeën aanwijzen. Deze organismen worden namelijk omgeven door een kiezelzuur skelet, dat maar zeer langzaam mineraliseert, zodat het orthofosfaat slechts zeer geleidelijk vanuit de bodem in het water wordt gebracht.

In tegenstelling tot wat er gebeurde met het orthofosfaat, nam de hoeveelheid ammonium, een andere belangrijke voedingsstof, direct na de afsluiting af, vermoedelijk doordat de mineralisatie zich in eerste instantie onder aërobe omstandigheden afspeelde, zodat veel nitraat werd gevormd, en er in de diepere waterlagen zuurstofloosheid optrad; het nitraat werd vervolgens gereduceerd tot gasvormige stikstof, die naar de atmosfeer ontweek. In juli 1971 werden de mineralisatieprodukten tengevolge van zoöplanktonbloei bovendien voor een belangrijk deel omgezet in organisch celmateriaal, hetgeen tot uiting kwam in een snelle toeneming van het totaal aan organische stikstof tot ongeveer 3 mg per liter. Na het afsterven van dit zoöplankton kwam een massaal mineralisatieproces op gang, wat resulteerde in plaatselijk zeer lage zuurstofgehaltes en zelfs zuurstofloosheid, met name in perioden van windstil weer. Vermoedelijk tengevolge daarvan kwam de mineralisatie in de periode augustus-september niet tot uiting in hoge gehaltes aan ammonium, nitraat en nitriet, maar ontweek een deel van de stikstof naar de atmosfeer. In oktober, toen de zuurstofhuishouding zich begon te herstellen, nam ook het gehalte aan ammonium toe, zelfs in sterke mate. In mindere mate begon toen ook het gehalte aan nitriet op te lopen. Deze stijging hangt waarschijnlijk samen met de zeer lage watertemperatuur, waarbij het nitrificatieproces langzaam verliep, en waarbij vrijwel geen ammonium werd gebruikt voor de opbouw van celmateriaal. In februari namen de gehaltes aan ammonium, nitraat en nitriet weer af, en tijdens de voorjaarsbloei in maart was er nog maar heel weinig ammonium over, namelijk ongeveer 0,03 mg per liter; nitraat en nitriet ontbraken geheel. Na de periode van voorjaarsbloei stegen de gehaltes aan ammonium, nitraat en nitriet – evenals dat aan orthofosfaat – slechts geleidelijk.



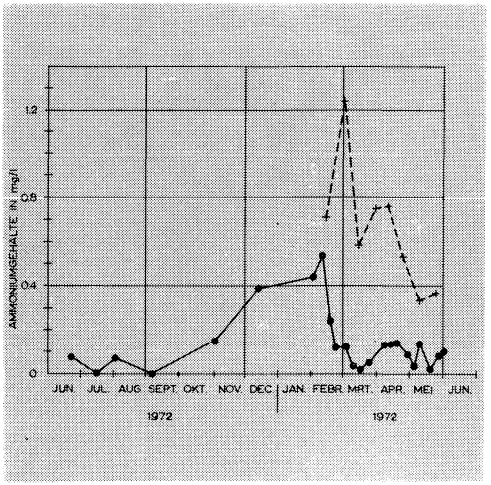


Fig. 1. Belasting met orthofosfaat (zwart) en ammonium (gearceerd) op het Grevelingenmeer ten gevolge van de uitslag van polderwater en huishoudelijk afvalwater; augustus 1971– maart 1972 (hoeveelheden in tonnen)

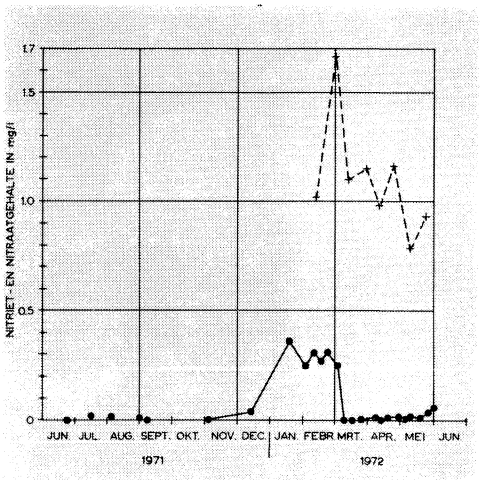
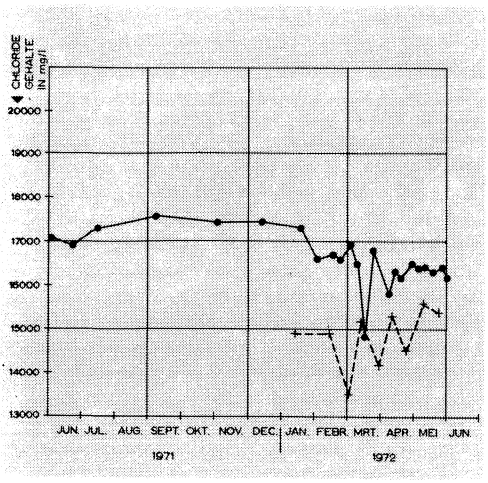
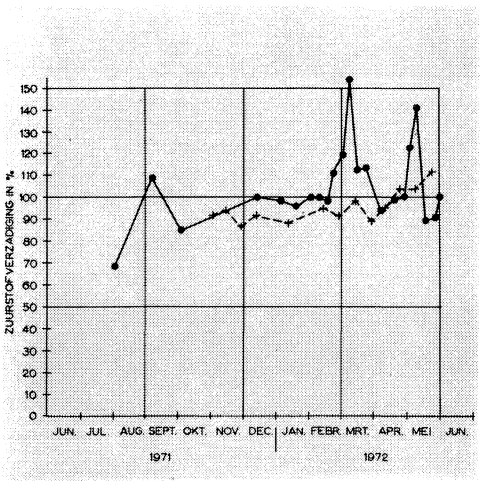


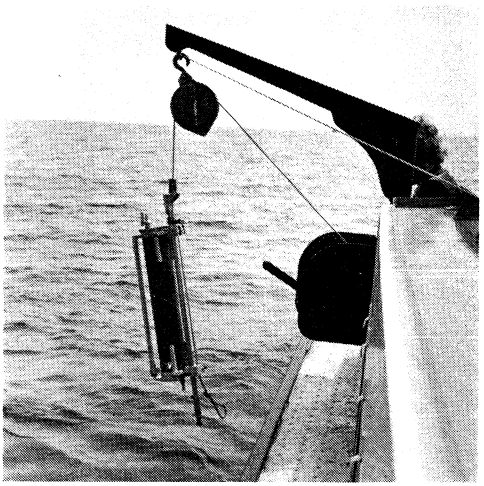
Fig. 2. Verloop van een aantal voor de waterkwaliteit relevante gehaltes, gemeten in de bemonsteringspunten G 2 (getrokken lijn) en Z 4 (gebroken lijn)



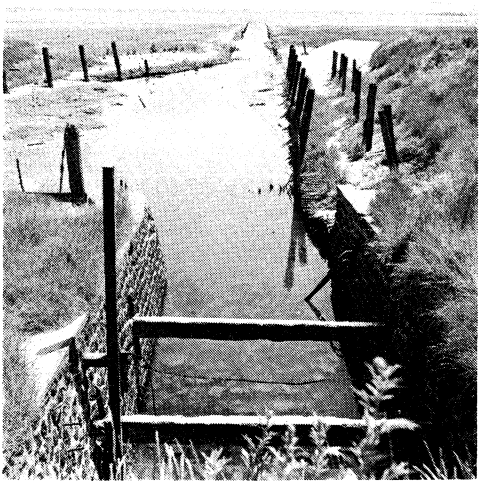




De Secchi schijf voor het meten van de doorzichtdiepte verdwijnt juist onder water



Een monsterneemapparaat wordt vanaf het meetvaartuig te water gelaten



Uitwateringsgeultje bij het gemaal De Kille

Tengevolge van het wegvallen van de tijstromen kwam er behalve veel zwaarbeschaalde diatomeeën ook zand en slib tot sedimentatie. Onmiddellijk na de afsluiting daalde het gehalte aan zwevende stof van 30 mg tot 10 mg per liter; sedertdien varieert het van 0 tot 15 mg per liter. Het water werd dan ook veel helderder. Het doorzicht, gemeten met behulp van de Secchischijf, nam in februari toe van 2 tot 7 m. Vanzelfsprekend worden ook het gehalte aan zwevende stof en het doorzicht in hoge mate beïnvloed door de opbloei van plantaardige organismen. Tijdens perioden van opbloei bereikt de gloeirest, het anorganisch deel van de zwevende stof, de lage waarden van 10 of 20%. Er is dan dus veel organisch materiaal in het water gesuspendeerd. In perioden zonder opbloei heeft de gloeirest aanzienlijk hogere waarden. Uit de

verzamelde gegevens blijkt dat op het Grevelingenmeer wat dit betreft na een jaar nog geen evenwichtstoestand is bereikt.
Een milieu met een zekere diversiteit en stabiliteit heeft naast een geringe voedselrijkdom ook een niet te sterk fluctuerend chloridegehalte nodig. Op het Grevelingenmeer is het chloridegehalte het afgelopen jaar tamelijk stabiel geweest; over het geheel vertoont het echter wel de neiging, te dalen. Getracht moet worden te voorkomen dat het gehalte zou dalen beneden 14 000 mg per liter, omdat het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer als belangrijk onderzoeksobject geruime tijd in de huidige toestand dient te worden gehouden; alleen dan kunnen de resultaten van het onderzoek voldoende betrouwbaar worden geacht om mede betrokken te worden bij de studies naar de meest gewenste wijze van inrichting en beheer van het Zeeuwse Meer.
Een enigszins duurzame stratificatie in het water als gevolg van dichtheidsverschillen, door thermische of chemische oorzaken ontstaan, is in het afgelopen jaar in de geulen van het Grevelingenmeer niet voorgekomen. Wel trad meteen na de afsluiting een zuurstofgradiënt op, en er zijn ook wel thermische gradiënten geconstateerd. Een spronglaag was echter niet duidelijk vast te stellen, ten gevolge van de aan wind blootgestelde ligging van de geulen. Sedert augustus 1971 is nabij de bodem dan ook geen lagere zuurstofverzadiging meer waargenomen dan 75%. Een uitzondering vormde een plaats nabij het sluitgat bij Scharendijke, waar na een opbloei van diatomeeën één maal op 50 m diepte een verzadigingsgraad van slechts 40% werd geregistreerd.
Hoewel ten gevolge van de afsluiting van het Brouwershavense Gat veel op de bodem of in de tijzone aan de oevers thuishorende organismen sterk in aantal zijn verminderd of zelfs geheel zijn verdwenen, trad er in het afgelopen jaar duidelijk herstel in. Uit recent onderzoek van het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek is zelfs gebleken dat de soortenrijkdom van het fytoplankton na de afsluiting groter is geworden.
Het aquitisch milieu van het Grevelingenmeer is zich dus in biologisch en milieu-hygiënisch opzicht aan het herstellen van de schok die de afsluiting van het bekken heeft teweeggebracht. Het tamelijk stabiele zoutgehalte en de geringe hoeveelheid bemestende stoffen op het meer hebben daarop een gunstige invloed uitgeoefend.
In de komende jaren zal het door de Rijkswaterstaat en het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek aangevangen onderzoek met kracht voortgezet worden, teneinde de ontwikkelingen op de voet te kunnen volgen en zo nodig te kunnen bijsturen door een optimaal waterbeheer op ecologisch verantwoorde grondslag.

De waterkwaliteit van het Brielse Meer

De reeds geruime tijd bestaande contacten tussen de Rijkswaterstaat, het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en de Drinkwaterleiding Rotterdam hebben geleid tot het besluit gezamenlijk een studie te verrichten naar de fosfaathuishouding van grote waterbekkens en het daarmee verband houdende eutrofiëringsproces, en methoden te onderzoeken ter verwijdering van fosfaten in het belang van een goede waterkwalteitsbeheersing. Het Brielse Meer werd uitgekozen als een van de eerste onderzoeksgebieden.
Naast onderzoek naar de waterkwaliteit zoals ze in de verschillende delen van het meer is, zou een experiment worden uitgevoerd met de defosfatering van het bij Spijkenisse in te laten rivierwater. Door toevoeging van ijzersulfaten wilde men het fosfaatgehalte van het binnenkomende Rijn- en Maaswater zien te verminderen.
De toekomstige Deltameren en het Brielse Meer zijn, wat de waterkwaliteit betreft, eigenlijk onvergelijkbaar. Op het Brielse Meer immers vormen de lokale lozingen een grote belasting voor het water. In het toekomstige Zeeuwse Meer zal die belasting honderd keer zo gering zijn. Niettemin zijn er overeenkomsten tussen de toekomstige Deltameren en het Brielse Meer, die dit laatste gebied tot een alleszins interessant studie-object maken.
Zowel het Brielse Meer als de Deltameren worden althans ten dele gevuld met voorbezonken rivierwater. De verblijftijd van het water in de meren zal ook van dezelfde orde van grootte zijn. Ieder jaar treedt in het Brielse Meer een uitbundige groei op van plantaardige en dierlijke organismen, een verschijnsel dat al jaren wordt bestudeerd door het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek.

Deze studies konden nu worden uitgebreid tot een breed onderzoek naar de waterkwaliteit, zodat een goede basis van vergelijking zou bestaan ten opzichte van de resultaten van een defosfateringsproef. Voor een dergelijke proef ligt de inlaatsluis bij Spijkenisse, goed bereikbaar aan het begin van het voedingskanaal, zeer gunstig. Door zijn voldoende turbulentie en regelbaar inlaatdebiet is deze sluis er bijzonder toe geschikt nauwkeurig gedoseerde hoeveelheden chemicaliën snel in het water te verspreiden. Daarbij komt dat de punten waar afval- en polderwater op het Brielse Meer wordt geloosd of waar wateronttrekking plaatsvindt, en die dus een storende invloed op het verloop van de defosfateringsproef zouden kunnen hebben, hoofdzakelijk geconcentreerd zijn in het westelijk deel van het meer, op betrekkelijk grote afstand van de proefinstallatie. Slaagde de defosfateringsproef, dan kon onmiddellijk kwaliteitsverbetering optreden van het water in het Brielse Meer, zulks ten gerieve van de recreatie.
Het programma van onderzoek naar de feitelijke waterkwaliteit van het Brielse Meer omvat ook onderzoek naar lokale belastingsbronnen, dat wil zeggen kwantificering van de belasting door polder- en afvalwater; het vindt plaats bij de gemalen Noordsluis, Zwartewaal en De Klomp, en bij het bezinktank die het huishoudelijk afvalwater van Brielle opvangt. Deze belastingsbronnen hebben grote invloed op de waterkwaliteit van het meer door de lozing die er plaats vindt van grotendeels ongezuiverd huishoudelijk afvalwater uit de woonkernen van Brielle, Zwartewaal en Vierpolders, en van vervuild polderwater uit de polders Noordsluis, Nieuwe Gote en Holle Mare.

De waterkwaliteit in het meer zelf, dat wekelijks in zeven stations bemonsterd wordt, zullen wij in dit artikel, dat vooral de a-biotische aspecten beziet, behandelen aan de hand van de parameters opgeloste zouten, zuurstof, zuurgraad, temperatuur, totaal-fosfaat, opgelost anorganisch fosfaat, totaal-ijzer, doorzicht, zwevende stof, gloeirest en chlorofyl. De presentatie en de interpretatie van de verzamelde gegevens is gericht op drie aspecten van de waterkwaliteit: het verloop ervan als functie van de tijd en als functie van de plaats, en het beeld van de totaal-fosfaat-balans. Omdat het er hier vooral om gaat, de uitgangssituatie te schetsen waarmee het resultaat van de defosfaterinfsproef kan worden vergeleken, wordt een verslag gegeven van de bevindingen in de periode juli-december 1971. De verschillende aspecten van de waterkwaliteit zijn toen in een weliswaar kortdurend maar intensief waarnemingsprogramma nagegaan.

Zowel in dat deel van het Brielse Meer dat een stromend milieu vertoont als in het semi-stagnante gedeelte vertonen de verkregen onderzoeksresultaten een zeer grillig verloop. Dit op zichzelf al wijst op verstoring van het milieu. In het verloop van de kwaliteit van het ingelaten water, opgenomen in bemonsteringspunt B 1, bij Spijkenisse, is een duidelijke seizoeninvloed waarneembaar. Bij afnemende watertemperatuur, met name in oktober, stijgt het zuurstofverzadigingspercentage hier tot 75%, vermoedelijk als gevolg van de lage mineralisatiesnelheid. Het totaal- en het orthofosfaatgehalte nemen onder diezelfde omstandigheden toe, een verschijnsel dat ook dikwijls in de Rijn en de Maas wordt opgemerkt. Het gehalte aan ijzer en dat aan zwevende stof ondergaan evenmin als de gloeirest een duidelijke seizoeninvloed; het gehalte aan chlorofyl en de zuurgraad zijn 's zomers hoger, tengevolge van de vermeerdering van het fytoplankton.

In het Brielse Meer zelf vertonen alleen de zuurgraad en de elektrische geleidendheid een vrij regelmatig verloop. Het orthofosfaatgehalte en het totaal-fosfaatgehalte bereiken 's zomers de laagste waarden, enerzijds doordat veel orthofosfaat wordt opgenomen in organisch celmateriaal, anderzijds doordat het inlaatwater 's zomers vaak minder fosfaten bevat dan in de herfst en in de winter. Bovendien wordt 's zomers aanzienlijk minder water, dus ook minder fosfaat, op het meer uitgeslagen.

Het zuurstofverzadigingspercentage ligt 's zomers ongeveer even hoog als 's winters;

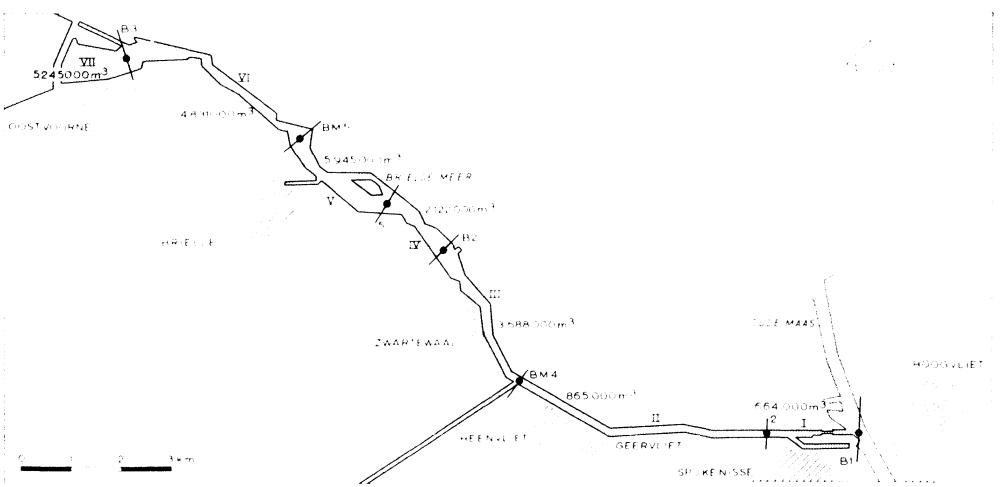


Fig. 1. Bemonsteringspunten en vakindeling van het Brielse Meer met bijbehorende waterinhoud

2

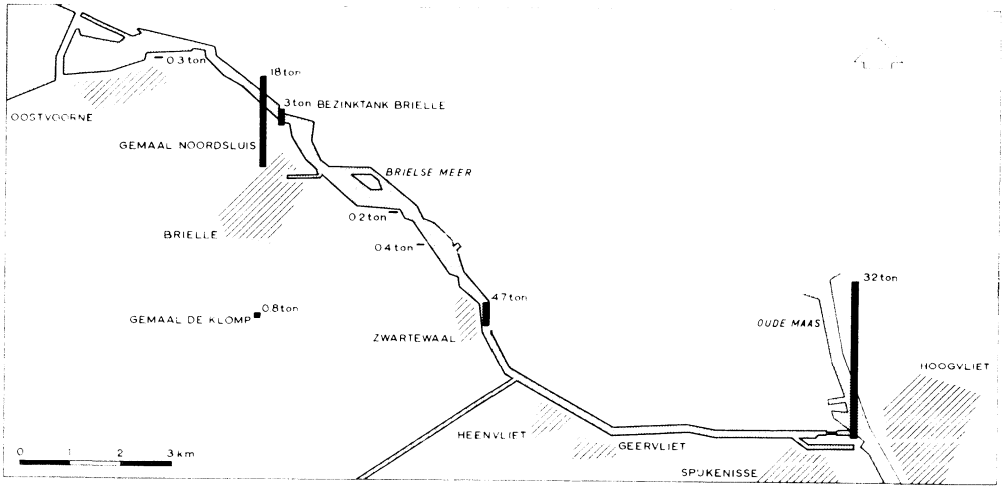


Fig. 2. Totale fosfaatbelasting op het Brielse Meer in de periode juli–december 1971

3a

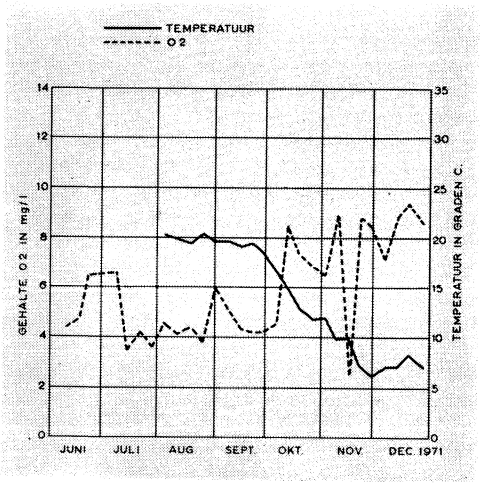


Fig. 3*a*. Verloop van temperatuur (getrokken lijn) en zuurstofgehalte in bemonsteringspunt B 1; periode juli–december 1971

3b

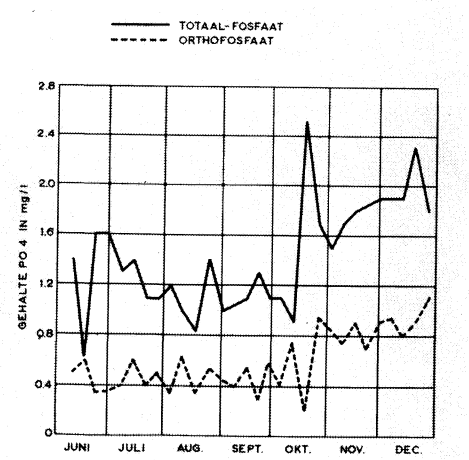
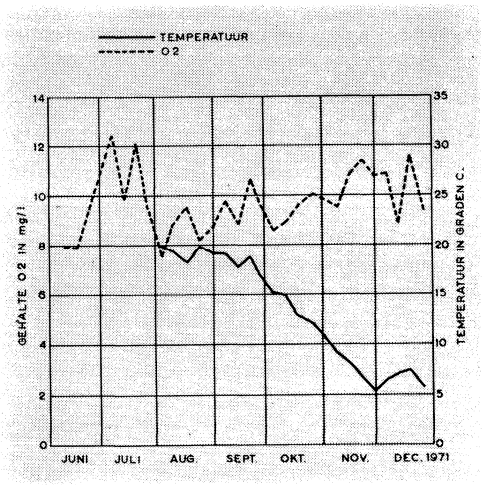


Fig. 3*b*. Verloop van de gehaltes aan orthofosfaat (gebroken lijn) en totaalfosfaat in bemonsteringspunt B 1; periode juli–december 1971

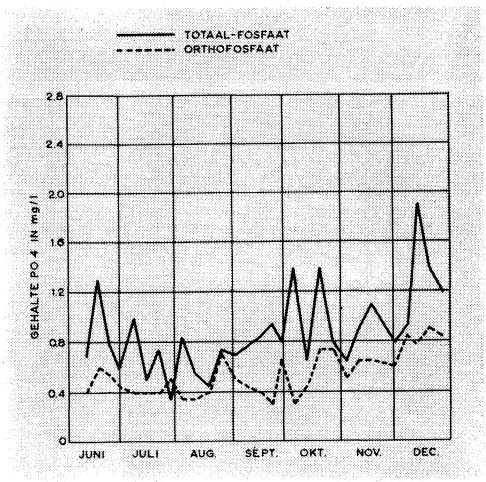
Fig. 4a. Verloop van temperatuur (getrokken lijn) en zuurstofgehalte in bemonsteringspunt B 2; periode juli–december 1971

Fig. 4b. Verloop van de gehaltes aan orthofosfaat (gebroken lijn) en totaal-fosfaat in bemonsteringspunt B 2; periode juli–december 1971

4a



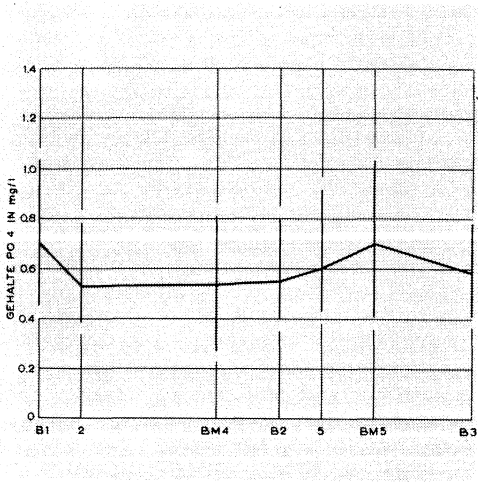
4b



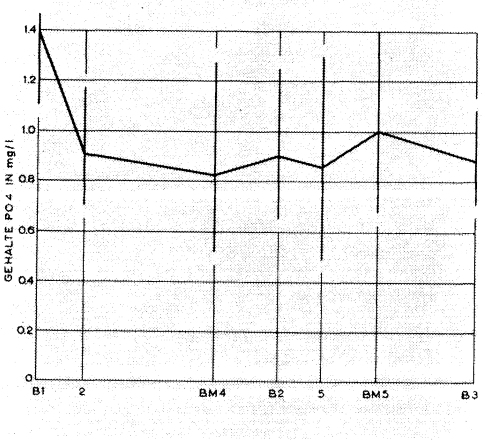
dat is enerzijds een gevolg van de zuurstofproduktie door het fytoplankton en anderzijds van zuurstofconsumptie bij de snelle mineralisatie van het afgestorven plankton. Het totaal-ijzergehalte vertoont geen seizoeninvloed, en varieert van praktisch 0 tot 0,8 mg per liter. Ook het zwevende-stofgehalte vertoont geen duidelijke seizoeninvloed. 's Zomers zal veel zwevende stof ontstaan uit organisch materiaal, van dode algen bijvoorbeeld, terwijl 's winters veel zwevende stof wordt aangevoerd uit de polders, die dan weer flink gaan uitslaan. Wel heeft dit tot gevolg, dat de gloeirest, het anorganisch deel van de zwevende stof, in het algemeen 's zomers lager is dan 's winters. Ook het chlorofylgehalte is om begrijpelijke redenen 's zomers hoger, met name in het westelijk deel van het meer, dat het meest algenrijk is. Varieert het chlorofyl-gehalte in het oostelijk gedeelte tussen 45 microgram per liter in juli en 1 microgram per liter in december, in het westelijk gedeelte loopt dit gehalte van 2 microgram per liter in december tot 145 microgram per liter in augustus. De zuurgraad verloopt zoals gezegd regelmatig; toch is hij 's zomers het hoogst, met name waar opbloei van blauwalgen plaatsvindt.

Het bij Spijkenisse ingelaten water bestaat uit een mengsel dat afkomstig is uit het Spui en de Oude Maas, en dat gedeeltelijk rechtstreeks van de Rijn en de Maas komt, en gedeeltelijk is voorbezonken op het Haringvliet. In het laatste halfjaar van 1971 is gemiddeld 1,5 m^3 water per seconde in het Brielse Meer ingelaten. Als er voldoende verval is wordt er ingelaten met behulp van schuiven, anders gebruikt men daarvoor pompen. In beide gevallen gaat de inlaat gepaard met stroomversnellingen en turbulentie. De daardoor teweeggebrachte menging van water en lucht blijkt tezamen met het daaropvolgende sedimentatieproces en de daarmee gepaard gaande verblijftijd een aanzienlijke fysisch-chemische en biochemische zelfreiniging te veroorzaken. Het effect is enigszins te vergelijken met dat van een aëratiebassin en een nabezinking. Het gevolg is, dat het zuurstofgehalte toeneemt met ongeveer 2 mg per liter, en dat, vermoedelijk tengevolge van fysische en chemische processen als coagulatie, adsorptie en floculatie, en het mechanische proces van sedimentatie, een scherpe daling opreedt van het totaalfosfaatgehalte – met 30 tot 40% –, van het orthofosfaatgehalte – met 25% –, en van het gehalte aan zwevende stof en aan ijzer – elk met 50%. De helderheid van het water blijkt na afloop met 50% te zijn toegenomen. Het

5a



5b



6a

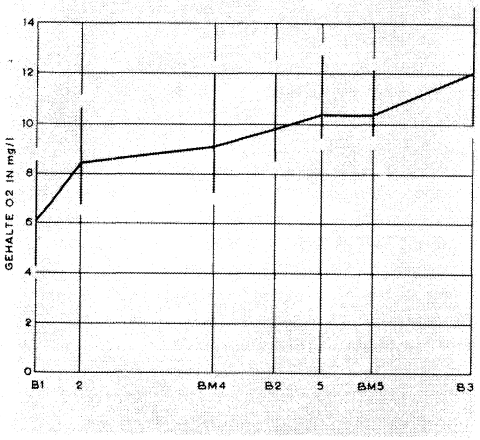
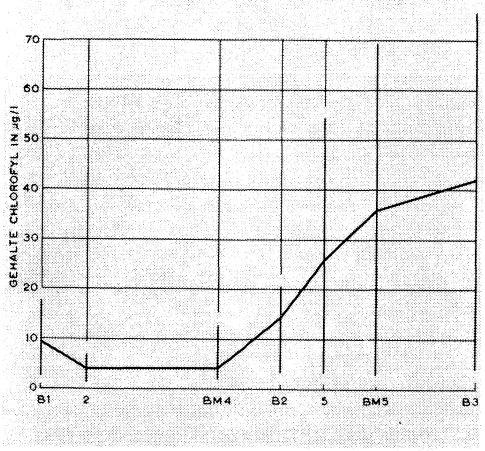


Fig. 5. Gemiddeld gehalte aan orthofosfaat (links) en totaal-fosfaat in traject B 1–B 3; juli–december 1971

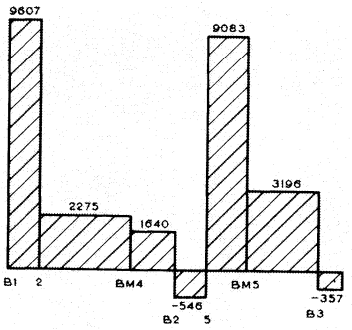
Fig. 6. Gemiddeld zuurstofgehalte (boven) en chlorofyl-gehalte in traject B 1–B 3; juli–december 1971

Fig. 7. Gemiddelde hoeveelheid positief of negatief geaccumuleerd fosfaat, uitgedrukt in kg PO_4, in traject B 1–B 3; juli–december

6b



7



lijkt van belang, het mechanisme dat de bovenbeschreven resultaten afwerpt, exact te leren kennen. Wat is de invloed erop van calcium, magnesium en ijzer? Welke betekenis heeft het van de ondiepe kanaalbodem opdwarrelende sediment voor het reinigingsproces? De resultaten van de zelfreiniging worden verder naar het westen van het meer ernstig verstoord door lozingen van vervuild polderwater en van afvalwater. Met name bij Zwartewaal worden de gehaltes aan fosfaat en aan chlorofyl merkbaar verhoogd. Het is niet geheel duidelijk in hoeverre deze stijging beïnvloed wordt door stromingen ten gevolge van de wind. Westelijk van Zwartewaal, waar bemonsteringsstation B 2 is gelegen, neemt de helderheid van het water weer toe. De stroom wordt verderop verlamd, en een gedeelte van de zwevende stof bezinkt. De resultaten van de zelfreiniging worden nabij Brielle voor de tweede maal ernstig verstoord. Ook hier ligt de oorzaak in belastingen met polder- en afvalwater.

In meetpunt BM 5 gaan de gehaltes aan totaal-fosfaat, orthofosfaat, chlorofyl, ijzer, zwevende stof en met name het organische aandeel daarin, omhoog. Het zuurstofgehalte neemt hier af, evenals de helderheid.

Meetpunt B 3 geeft gemiddeld over de waarnemingsperiode het hoogste zuurstofgehalte te zien. Vermoed moet echter worden dat de hoge gehaltes voor een belangrijk deel te danken zijn aan de zuurstofproduktie van algen, die alleen overdag plaats vindt; zou men 's nachts meten, wanneer de algen zuurstof consumeren, dan kwamen er lagere waarden te voorschijn.

De uitbundige eutrofiëring in het westelijk deel van het Brielse Meer kan men aflezen uit de lijn die het gemiddeld chlorofyl-gehalte als functie van de plaats weergeeft (fig. 6b). De zuurgraad neemt van oost naar west over het gehele meer slechts zeer geleidelijk toe, van 7,7 tot 8,5. De relatief hoge waarden in de punten 5, BM 5 en B 3 worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de lokale activiteit van plantaardige organismen.

Gedurende de waarnemingsperiode – juli-december 1971 – is ook getracht met behulp van geautomatiseerde apparatuur mogelijke stratificatieverschijnselen in het Brielse Meer op te sporen. Met name in station B 3, waar het water 15 m diep is, is zulks onderzoek verricht. Er werd evenwel geen spronglaag waargenomen. Wel ontwikkelde zich in de maanden augustus en september een duidelijke zuurstofgradiënt. Tot zuurstofloosheid in de diepere lagen is het niet gekomen.

Een goed inzicht in de relatieve bijdrage tot de verontreiniging van het meer van de verschillende belastende bronnen kan verkregen worden door het opstellen van een verontreinigende-stoffen-balans. Zo blijkt uit een balans van de bruto totaal-fosfaatbelasting over de tweede helft van 1971 dat bij Spijkenisse 32 ton fosfaten werd ingelaten, en dat bij Zwartewaal 4,7 en bij Brielle 21,8 ton aan fosfaten op het meer werd uitgeslagen. De fosfaatbelasting door een paar kleine polders is daarnaast te verwaarlozen.

We hebben al gezien dat bij een zelfreinigingsproces zoals optreedt vlak na de inlaat bij Spijkenisse, een deel van de fosfaten naar de bodem verdwijnt. Van deze hoeveelheid, die wordt bepaald door het netto transport door adsorptie en desorptie nabij de bodem, zeggen we dan dat ze is geaccumuleerd.

Op het traject B 1-BM 4 vonden geen lozingen plaats van polder- of afvalwater. Uit de geregistreerde vermindering van het fosfaatgehalte kon worden berekend dat op dat traject ongeveer 12 ton fosfaat wordt geaccumuleerd; 40% van de ingelaten fosfaten wordt dus weer aan het water onttrokken. Daarnaast verdwijnt nog 1 ton fosfaat als gevolg van de onttrekking voor de industriële watervoorziening, en 2,3 ton door negatieve kwel.

In het vak BM 4-B 2 wordt 1,6 ton aan fosfaten geaccumuleerd, wordt door negatieve kwel 1 ton afgevoerd, en als gevolg van de agrarische watervoorziening 3,3 ton onttrokken. In dit gedeelte wordt echter nabij Zwartewaal 4,7 ton fosfaten geloosd. Tot aan bemonsteringsstation B 2 treft men een zeer laag gehalte aan chlorofyl aan. Bij punt B 2 begint het echter al behoorlijk te stijgen, zodat dit punt als oostelijke grens kan worden gezien van het gebied waar 's zomers blauwalgen voorkomen. Wanneer men accumulatie, negatieve kwel en onttrekkingen aftrekt, blijkt de netto fosfaatbelasting afkomstig van het inlaatwater niet 32 ton, maar 12 ton te bedragen, nog maar 40% van de bruto belasting. Zo bezien is niet het inlaatwater, maar de lozing van Brielle – 21 ton – de fosfaatbron die de meeste moeilijkheden veroorzaakt.

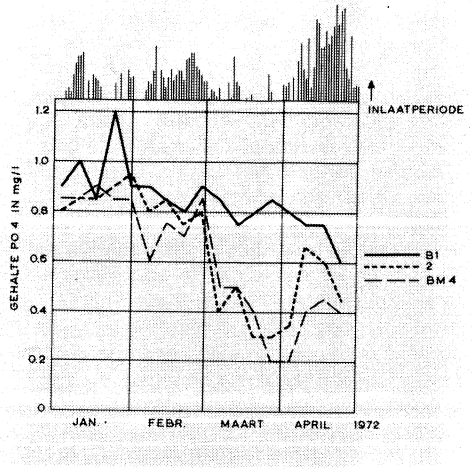
Over het gehele meer is de bruto fosfaatbelasting ongeveer 59 ton, en bedraagt de accumulatie 26 ton, ofwel 44%. De totale bruto belasting aan fosfaten bedraagt over het laatste – droge – half jaar van 1971 gemiddeld 4,2 g per m^3. Ter vergelijking diene dat de accumulatie op het IJsselmeer 90% bedraagt, en de bruto fosfaatbelasting per jaar 5,5 à 8 g per m^3 bedraagt.

Op sommige trajecten van het Brielse Meer treedt 'negatieve accumulatie' op. De vermoedelijk oorzaak ligt in de harde tot storm-

achtige wind van de maanden september en oktober 1971, na de maximale opbloei van blauwalgen.
De hoge gehaltes aan orthofosfaat en totaalfosfaat zouden dan moeten worden verklaard uit het opdwarrelen van bodemslib waarin veel fosfaat zat, eventueel ook door een concentratiegradiënt tussen bodem en water, onder meer ten gevolge van de omvangrijke algenbloei.

Na aldus een uitvoerige inventarisatie te hebben gegeven van de waterkwaliteit op het Brielse Meer in de periode juli-december 1971, en met name van de fosfaatgehaltes, kunnen we nu overgaan tot beschrijving van de defosfateringsproef, in 1972 uitgevoerd op het bij Spijkenisse ingelaten water. Eind januari van dit jaar is de defosfateringsinstallatie aan de inlaatsluis van het Brielse Meer bij Spijkenisse gereed gekomen. Ze bestaat uit twee roestvrij-stalen opslagtanks met elk een inhoud van 25 000 liter, en een doseringsinstallatie met vijf doseringsplaatsen, verdeeld over de gehele breedte van de sluis. De doseringen kunnen met regelkranen worden aangepast aan de in te laten hoeveelheid water. De toe te voegen chemicaliën worden geleverd door het Rotterdamse Drinkwaterleidingbedrijf, dat dezelfde materialen als coagulans gebruikt bij de bereiding van drinkwater. De primaire doelstelling van de proef, chemische verwijdering van fosfaten uit rivierwater, kan op verschillende manieren worden bereikt, namelijk door de vorming en neerslag van onoplosbare zouten, en door de adsorptie van fosfaten aan colloïdale hydroxyde vlokken die door de toegevoegde chemicaliën in het water worden gevormd. Een andere verwijderingsmogelijkheid is de vorming van een ijzer-hydroxyde complex waarbij verwisseling van hydroxyde-ionen door fosfaat-ionen plaatsvindt. De mate van complexvorming is sterk afhankelijk van de zuurgraad van het water. Dit eerste deel, de coagulatie-fase, wordt gevolgd door een proces van flocculatie. De aanvankelijk gevormde vlokken groeien bij voldoende verblijftijd onder invloed van de waterbeweging door botsing en aanhechtingen aan tot sedimenteerbare grootte. Optimale flocculatie wordt verkregen door langzaam afnemende turbulentie; de gevormde vlokken vallen dan ook niet meer uiteen.
Hoe is de defosfateringsproef in het Brielse Meer nu verlopen? In februari werd nog met de installatie geëxperimenteerd; in maart werd een begin gemaakt met de eigenlijke proef-

8a



8b

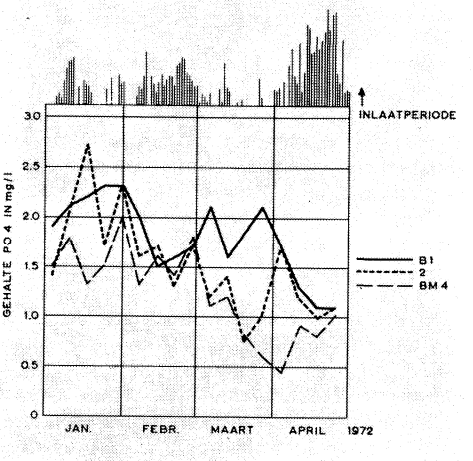


Fig. 8. Verloop in de bemonsteringspunten B 1, 2 en BM 4 van het gehalte aan orthofosfaat (*a*) en totaal-fosfaat (*b*) als functie van de tijd

9a

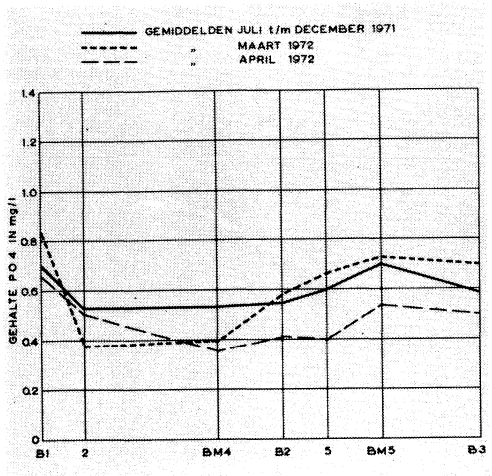
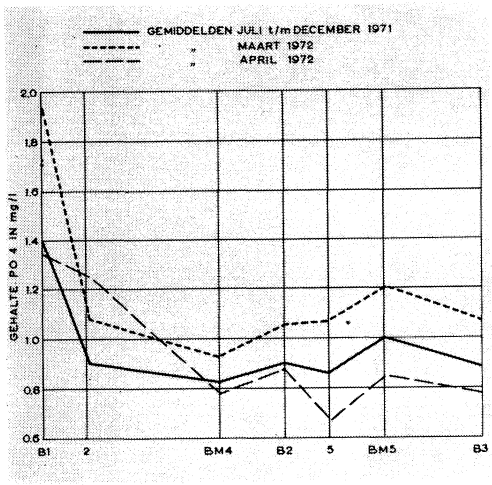
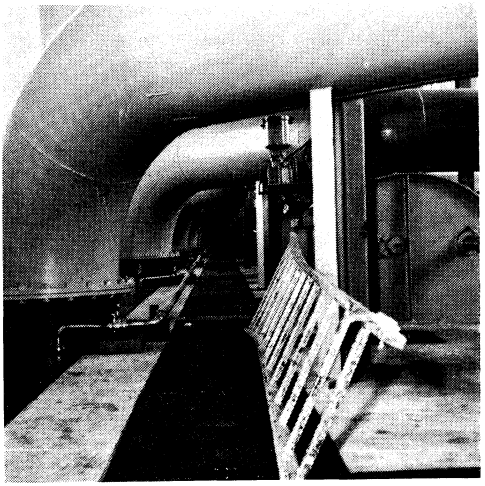
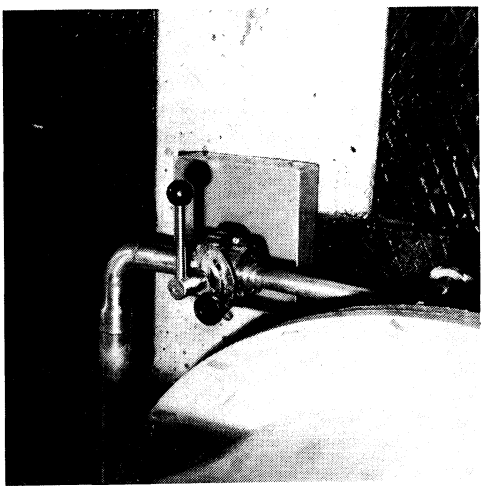


Fig. 9. Verloop in het traject B 1–B 3 van de gehaltes aan ortho-fosfaat (*a*) en totaal-fosfaat (*b*) in verschillende perioden

9b







In het gemaal te Spijkenisse wordt het ijzersulfaat nabij de uitmonding van de vijf persbuizen gedoseerd met behulp van een roestvrij stalen leiding met doseerkranen

Een doseerkraan

neming. Gedurende de maanden maart en april werd gemiddeld 1,5 mg ijzer per liter inlaatwater toegevoegd. De hoeveelheid ingelaten water bedroeg in maart ongeveer 3,6 miljoen m^3 rivierwater. In deze periode werd geconstateerd dat 50 resp. 50-70% van het totaal-fosfaat en het orthofosfaat uit het bewerkte water was verwijderd. Hierdoor werd onder meer bereikt dat het orthofosfaatgehalte afnam tot de waarden die men meet op de open Oosterschelde, n.l. 0,07 mg per liter.
Het veruit grootste gedeelte van het defosfateringsproces bleek zich af te spelen in de eerste anderhalve kilometer na de inlaatsluis. Monsters die werden getrokken onmiddellijk na de inlaat, toonden nog maar weinig fosfaatverwijdering. Kennelijk was de verblijftijd van het water nog te kort geweest om flocculatie en sedimentatie zich te laten voltrekken. De invloed van de verblijftijd op het resultaat bleek nog sterker in de maand april, toen 19,5 miljoen m^3 rivierwater werd ingelaten en de gemiddelde verblijftijd korter was. De verwijderingspercentages namen toen af tot 10-60% voor het totaal-fosfaat en 40-50% voor het orthofosfaat. De coagulatie had wel plaatsgevonden, maar de flocculatie en sedimentatie nog niet in vodoende mate. Onder deze omstandigheden strekte de defosfatering zich ook uit over het gehele oostelijke deel van het Brielse Meer; lokale lozingen van vervuild polderwater en van afvalwater hebben het beeld van de defosfatering toen enigszins verstoord. Met enig voorbehoud kan evenwel worden gesteld dat na 1 uur verblijftijd omstreeks 30–40% van orthofosfaat wordt verwijderd, en na 24 uur 60 tot 70%.
Naast de geconstateerde verbetering met betrekking tot de fosfaathuishouding treedt ook een verbetering op in de helderheid van het water.

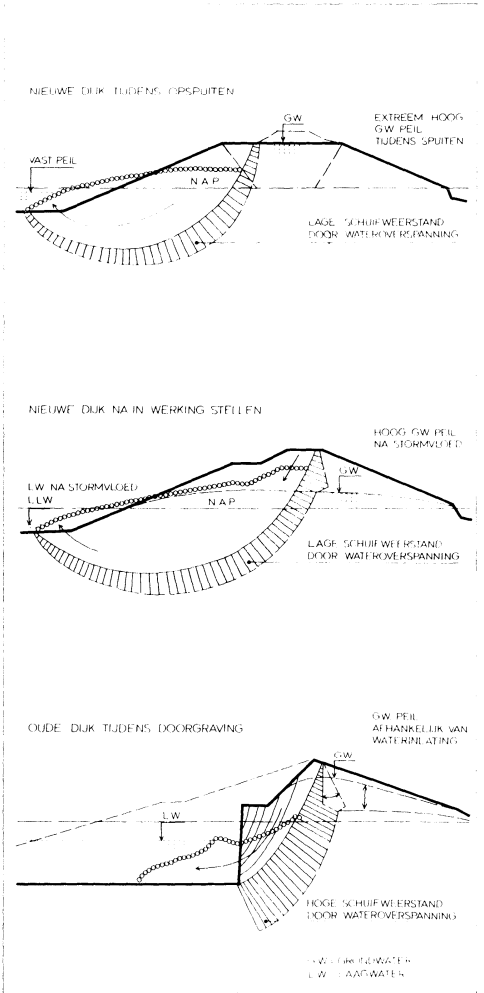
De eerste ervaringen met de defosfatering van rivierwater lijken gunstig. Behalve meer ervaring met de proeven op praktijkschaal zullen ook de resultaten van begeleidend onderzoek op model- en laboratoriumschaal nodig zijn alvorens meer definitieve conclusies kunnen worden getrokken.

Stabiliteitsverlies van taluds is een van de belangrijkste grondmechanische problemen waarmee men bij de uitvoering van de Deltawerken wordt geconfronteerd. Er wordt hard gewerkt om het theoretisch inzicht in stabiliteitsvraagstukken te vergroten. Onder meer met het doel een nieuwe berekeningsmethode te toetsen, is in november 1971 een talud onder geprogrammeerde omstandigheden kunstmatig tot afschuiving gebracht.

Een geforceerde afschuiving in de Auvergne-polder

Bij de aanleg van de afsluitdammen in het Deltagebied dient er met bijzondere zorg voor te worden gewaakt dat geen evenwichtsverstoringen in de bodem optreden die de standzekerheid van juist aangebrachte constructies of van in de nabijheid gelegen dijken of damgedeelten in gevaar zouden kunnen brengen. In de regel gaat het hier om het tegengaan van stabiliteitsverlies in zandmassa's, omdat niet alleen de bodem van de damtracé's in hoofdzaak uit zand bestaat, maar ook de damlichamen zelf voor een belangrijk deel uit zand worden opgespoten. Met de mogelijkheid van stabiliteitsverlies in grond wordt in het algemeen rekening gehouden indien de grond een combinatie vertoont van slechte wrijvingseigenschappen en hoge wateroverspanningen. In zand ontwikkelen zich onder normale omstandigheden weinig wateroverspanningen. Met de mogelijkheid van stabiliteitsverlies in zandtaluds wordt rekening gehouden zodra taluds in zand plaatselijk over enige hoogte steiler worden dan 1 : 2. Waar de stabiliteitsgrens precies ligt, wordt in hoofdzaak bepaald door de wrijvingseigenschappen van het korrelskelet van zand.
Als het stabiliteitsverlies zelf sterke wateroverspanningen veroorzaakt – wat vooral kan gebeuren in fijn zand met een losse pakking – dan kan het in vele gevallen uitgroeien tot een soort kettingreactie van afschuivingen, een verschijnsel dat bekend staat als een zettingsvloeiing. De grond kan daarbij over grote afstand verplaatst worden. De resulterende evenwichtshellingen zijn soms, bij zeer fijn zand, niet steiler dan 1 : 15. Daar waar geen losse pakking aanwezig is of waar een beschermende constructie het vloeien van zand tegengaat, kan zo'n zettingsvloeiing eindigen met steil overeind blijvende taluds. Een voorbeeld van zo'n zettingsvloeiing bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat is gegeven in Bericht 58 (november 1971).
In het oostelijk deel van de estuaria, waar de bodem overwegend uit klei of veen bestaat, zijn de stabiliteitsproblemen van geheel andere aard. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de aanleg van de nieuwe Schelde-Rijnverbinding, waar nieuwe dijken worden aangelegd op een slappe ondergrond van klei en veen, en waar nieuwe kanalen worden gegraven, maar ook bij de verzwaring van dijken langs de Westerschelde, op een soortgelijke slappe ondergrond, en op schorren en slikken waar perskaden worden aangelegd voor slibdepots. Bij de aanleg van nieuwe dijken op zulke ondergrond kunnen stabiliteitsverliezen reeds optreden bij taluds flauwer dan 1 : 2. De grens wordt hier namelijk niet alleen bepaald door de wrijvingseigenschappen van het korrelskelet van klei en veen, die vergelijkbaar zijn met die van het korrelskelet van zand, maar ook door wateroverspanningen in de fundering van een dijk vóór het ontstaan van de afschuiving. Zulke wateroverspanningen kunnen ontstaan tijdens het aanbrengen van de dijk en als de waterstand voor de dijk zakt. In de korte tijd waarin de belasting wordt aangebracht kan het water niet wegstromen en heeft de grond geen gelegenheid om meer schuifweerstand op te bouwen ter compensatie van de aangebrachte belasting. Tijdens het opspuiten van een dijk, of in de laagwaterperiode na een stormvloed, kan er zo'n groot waterstandsverschil in en buiten het dijklichaam optreden, dat de schuifweerstand van de grond daalt tot beneden de

kritieke grens; een afschuiving is dan het gevolg. Het eindresultaat van zo'n afschuiving ziet er heel anders uit dan bij een zettingsvloeiing: het resulterende talud is slechts weinig flauwer dan het aanvankelijke, de afschuiving komt meestal tot stilstand na een geringe draaiende beweging van de afgeschoven moot grond over een vrijwel cirkelvormig glijvlak. Anders dan bij zettingsvloeiingen in zand veranderen de wateroverspanningen bij dit soort afschuivingen weinig. Het evidente verschil tussen de twee beschreven soorten stabiliteitsverlies leidt ertoe, dat ze ook theoretisch verschillend moeten worden benaderd. Afschuivingen worden berekend met zogenaamde glijvlakberekeningen. Daarbij wordt het moment van een langs een cirkelvormig glijvlak afschuivende moot grond (M_1) vergeleken met het moment van de maximale schuifweerstand die de grond kan opbrengen (M_2). Het verhoudingsgetal M_1/M_2 noemt men de stabiliteitsfactor (F). Komt een moot grond tot afschuiving, dan kan men spreken van de kritische stabiliteitsfactor (F_k). In die gevallen waarbij $F_k = 1$, kan de stabiliteitsfactor tevens als veiligheidsfactor (F.S.) beschouwd worden. Is de kritische stabiliteitsfactor ongelijk aan 1 dan kan voor de beoordeling van de veiligheid van een bepaalde constructie de verhouding F/F_k gebruikt worden, zijnde de veiligheidsfactor F.S.
Een afschuiving is beter te berekenen en te voorspellen dan een zettingsvloeiing. Bij de glijvlakberekeningen kan namelijk worden aangenomen dat de hele afschuivende moot in één keer in beweging komt. De plaats van het glijvlak kan vaak goed worden vastgesteld. Bij zettingsvloeiingen levert juist het kettingreactie-karakter van het verschijnsel moeilijkheden op voor de toepassing van de glijvlakberekening. Sinds kort is echter een nieuwe methode in ontwikkeling, in de vorm van een computerprogramma CONSOL, waarin, binnen zekere begrenzingen, het progressieve bezwijkkarakter van zettingsvloeiingen, met inbegrip van de waterspanningen, kan worden benaderd. Met dit programma worden de spanningen en vervormingen zo realistisch mogelijk berekend. De grond wordt geacht te bezwijken in zogenaamde 'plastische zones', waar de schuifspanningen groter zijn dan de schuifweerstand. Toenemende vervormingen, waaronder ook plaatselijke afschuivingen mogen worden gerekend, resulteren in een herverdeling van spanningen en van plastische zones. Lopen de waterspanningen daarbij verder op, zoals in losgepakt zand, dan breiden de plastische zones zich uit, en kan een kettingreactie van afschuivingen benaderd worden. Lopen de waterspanningen niet verder op, zoals in klei en veen, dan komt de moot grond pas tot afschuiving als er een doorgaande plastische zone ontstaat waarlangs een schuifvlak tot ontwikkeling kan komen.
De resultaten van de nieuwe berekeningsmethode zijn sterk afhankelijk van de ingevoerde materiaaleigenschappen, een reden om ook met dit soort berekeningen door middel van proeven ervaringen op te doen alvorens er conclusies op te funderen.
De slechte meetbaarheid van zettingsvloeiingen maakte het onmogelijk, het CONSOL-programma aan een zettingsvloeiing te ijken. Beter leek het, er eerst proeven mee te doen die verband hielden met afschuivingen in klei en veen. Er is daarom een proef opgesteld waarbij een kunstmatige, dus uitgelokte en



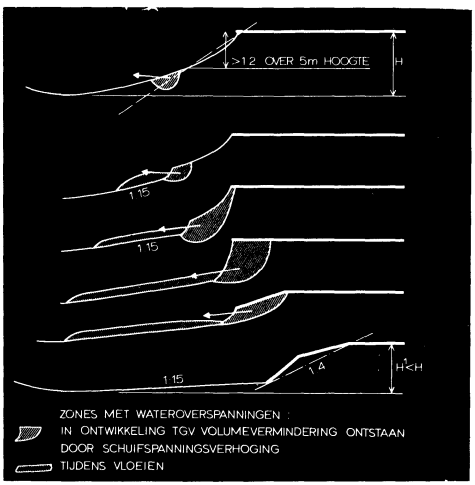
1

geprogrammeerde afschuiving van een dijktalud zo nauwkeurig mogelijk zou worden berekend en waargenomen.
Het proefvak voor de te forceren afschuiving werd gekozen in een bochtafsnijding van de Eendracht ter plaatse van de Auvergne-polder tegenover het stadje Tholen. In die polder moest de oude dijk op twee plaatsen worden doorgegraven, hetgeen de mogelijkheid bood, de proef goedkoop uit te voeren. Teneinde de kans op een afschuiving zo groot mogelijk te maken, koos men het proefvak op een plaats waar de fundering het zwakst was. Verreweg de goedkoopste methode was die waarbij de dijk tijdens het doorbaggeren ongunstig werd belast. Omdat bij de ontgraving belasting weggenomen wordt ontstaan tijdelijk wateronderspanningen in de fundering. Daardoor wordt de aanwezige schuifweerstand relatief groter en treedt de afschuiving pas op als een vrij steil talud over grote hoogte gebaggerd wordt.
Behalve ijking van de CONSOL-berekeningen heeft de geforceerde afschuiving een tweede doel gediend, namelijk de bepaling van de kritische stabiliteitsfactor van de glijvlakberekening voor de nieuwe hoogwaterkering die langs het kanaal werd aangelegd. Tijdens het opspuiten van de dijk was er al een kleine afschuiving opgetreden doordat de wateroverspanningen in het dijklichaam te hoog opliepen. Deze gebeurtenis bevestigde het vermoeden dat de veiligheidsmarges klein waren, zoals glijvlakberekeningen reeds hadden voorspeld. Bovendien bleek na de aanleg dat het grondwaterniveau in de dijk en de wateroverspanningen in de ondergrond minder snel daalden dan gewenst was. Het was zaak de

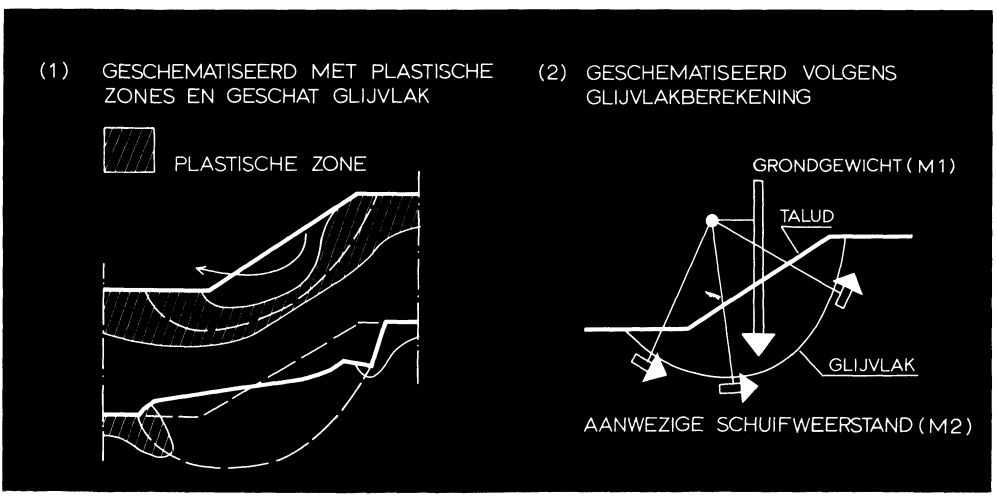
Fig. 1. Mechanismen van afschuivingen in dijken onder verschillende omstandigheden

Fig. 2. Mogelijk mechanisme van een zettingsvloeiing

Fig. 3. Schematische weergave van een glijvlakberekening



2



3

kritische stabiliteitsfactor van de nieuwe dijk zo nauwkeurig mogelijk te kennen, voordat hij ging fungeren als waterkering.

Tabel I. Kritische veiligheidsfactoren (Fk) voor afschuivingen tijdens of direct na het opspuiten van een zandlichaam op een slappe ondergrond zoals berekend door Bishop en Bjerrum in 1960.

Plaats waar de afschuiving optrad	kritische veiligheids-factor
Chingford	1,05
Gosport	0,93
Panama 2	0,93
Panama 3	0,98
Newport	1,08
Bromma II	1,03
Bocksjön	1,10
Huntington	0,98

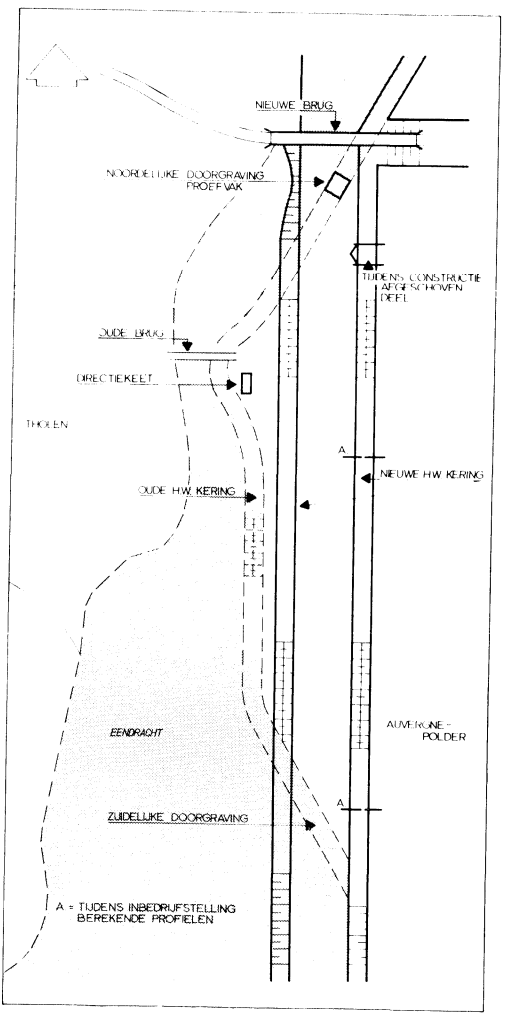
Tabel II. Kritische veiligheidsfactoren (Fk) voor afschuivingen tijdens of direct na het ontgraven van grond in een slappe bodem, zoals berekend door Bishop en Bjerrum in 1960.

Plaats waar de afschuiving optrad	kritische veiligheids-factor
Huntspill, Engeland	0,90
Congress Street, Chigaco	1,10
Skattsmanso, Zweden	1,06
Skattsmanso, Zweden	1,03

De tabellen I en II geven een voorbeeld van de variaties die in de kritische stabiliteitsfactor kunnen optreden; de gegevens ervoor zijn ontleend aan reeds opgetreden afschuivingen, waarop steeds dezelfde glijvlakberekening werd toegepast. De variatie blijkt te liggen tussen 0,9 en 1,1. Kiest men 1,1 – de bovengrens dus – als kritische stabiliteitsfactor en eist men daarenboven een veiligheidsmarge van 20%, dan zou een stabiliteitsfactor van 1,3 vereist zijn. Kiest men een kritieke factor 0,9 en 20% veiligheid, dan is een stabiliteitsfactor van 1,1 voldoende; past men ook in dat geval een factor toe van 1,3, dan betekent dat een veiligheid van 40%. Dat de kritieke factoren ondanks het gebruik van dezelfde berekeningen, dezelfde laboratoriumproeven en dezelfde interpretatie variëren tussen 0,9 en 1,1, wordt voor een groot deel veroorzaakt door verschillen in tijd en vervormingssnelheid.
Verschillen in vervormingssnelheid vormen wellicht de belangrijkste reden waarom het moeilijk was, de kritieke stabiliteitsfactor van de afschuiving in de bouwfase van de – in den droge gebouwde – dijk te vergelijken met de afschuiving van een aan open

Dijkwerkers bezig op het proefvak

Fig. 4. Het proefvak in de bochtafsnijding van de Eendracht nabij Tholen





water gelegen dijk bij extreem laag water. In het eerste geval duurde de ongunstige toestand meer dan 60 uur; in het tweede niet meer dan 6 uur. Een factor 10 in de vervormingssnelheid, zoals hier aanwezig, kan 2 tot 5% verschil in wrijvingseigenschappen, en dus in de kritieke stabiliteitsfactor opleveren. De kritieke factor die uit de afschuiving van het proefvak naar voren kwam, mag daarom representatiever worden geacht voor de nieuwe hoogwaterkering in gebruik dan de kritieke factor die volgde uit de afschuiving tijdens de opbouw van de dijk.
De beslissing om de dijk door afgraving tot afschuiving te brengen, werd niet onverdeeld gunstig ontvangen. Ophoging zou namelijk om theoretische redenen aantrekkelijker zijn: een ophoging kan in kleine hoeveelheden worden aangebracht, zodat nauwkeurige voorspelling van de afschuiving vooraf niet nodig is. Ophoging zou bovendien een afschuiving van een meer gelijkvormig profiel opleveren, met minder grote grondverplaatsingen.
Afgraving was echter uit praktisch oogpunt aantrekkelijker, zoals gezegd omdat de dijk toch moest worden doorgraven, en de kosten van de proef bij afgraving het laagst zouden zijn. Wel gold bij de afgraving als dwingende eis dat ze gereed moest komen bij H.W., en daarbij stabiel blijven, om vervolgens bij L.W. onstabiel te worden. Aan deze eis kleefden een aantal nadelen. De mogelijkheid bestond dat de zuiger die het werk deed, een geheel getij over – en dat zijn vele kostbare uren – zou moeten blijven wachten. Zou onverhoopt het profiel te vroeg onstabiel worden dan zou de zuigpijp onder de afschuiving bedolven kunnen worden. Bleek het afgravingsprofiel te stabiel gekozen, dan zou de afschuiving niet plaats vinden bij het eerstvolgende L.W., en bestond de kans dat de dijk daarna alleen ondiepe afschuivingen of schollen te zien zou geven. Een ander nadeel van de keuze voor ontgraving is dat bij sommige glijvlakberekeningstechnieken de kritieke stabiliteitsfactoren van een afgegraven profiel belangrijk kunnen afwijken van die bij een opgehoogd profiel. Dit nadeel kon echter worden opgevangen door gebruik te maken van de glijvlakberekening volgens de methode van Bishop, die betrekkelijk ongevoelig is gebleken voor deze verschillen. Vergelijking van de kritieke stabiliteitsfactor voor ophoging in tabel I met die voor afgraving in tabel II geven bij deze methode nauwelijks enig verschil te zien in gemiddelde waarden (0,1). Juiste voorspelling van de kritieke stabiliteitsfactoren bij H.W. en L.W. was voor de keuze van het profiel en het afgravingsprogramma dus een eerste vereiste. In nauwe samenwerking met het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft en met studenten van de Technische Hogeschool aldaar is een groot aantal glijvlakberekeningen uitgevoerd. Om zo nauwkeurig mogelijk te werken zijn de berekeningen vergezeld gegaan van uitvoerig grondonderzoek en langdurige meting van de waterspanningen in het terrein. De belangrijkste resultaten voor een aantal onderzochte profielen zijn samengevat in tabel III.
Profiel I genoot aanvankelijk de voorkeur, omdat het op eenvoudige wijze kon worden gebaggerd. Minder aantrekkelijk was dat dit profiel een hoge stabiliteitsfactor bezat, en dus een geringe kans op afschuiving bood, terwijl een eventuele afschuiving zou verlopen langs een ondiep glijvlak. Dat was ook de ervaring bij vroegere afgravingen, en de reden

Tabel III. Kritische stabiliteitsfactoren voorspeld aan de hand van oriënterende glijvakberekeningen (buitenwaterstand N.A.P. – 2 m).

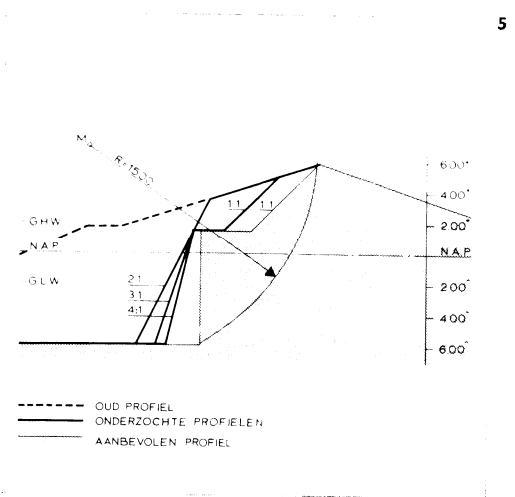
Profiel	Celproeven		Triaxiaal proeven (C U)		Plaatselijke kleefmeting	Vane testmeting	Opmerkingen
	A = 0%	A = 100%	A = 0%	A = 100%			
I	1.004						ondiep glijvak
II	1.007	0.64	1.26	0.65			ondiep glijvlak
III	1.27	0.65			1.72	2.25	diep glijvak
IV	1.22	0.53	1.33		1.68	2.14	diep glijvak
V	1.00						diep glijvak
VI	0.80	0.48	1.06	0.60			diep glijvak

A = 0% betekent: geen aanpassing van wateroverspanningen.
A = 100% betekent: volledige aanpassing van wateroverspanningen.

Celproeven en triaxiaal proeven zijn laboratoriumproeven en plaatselijke kleef- en Vane testmeting zijn metingen in het terrein voor het bepalen van de wrijvings-eigenschappen van de grond.

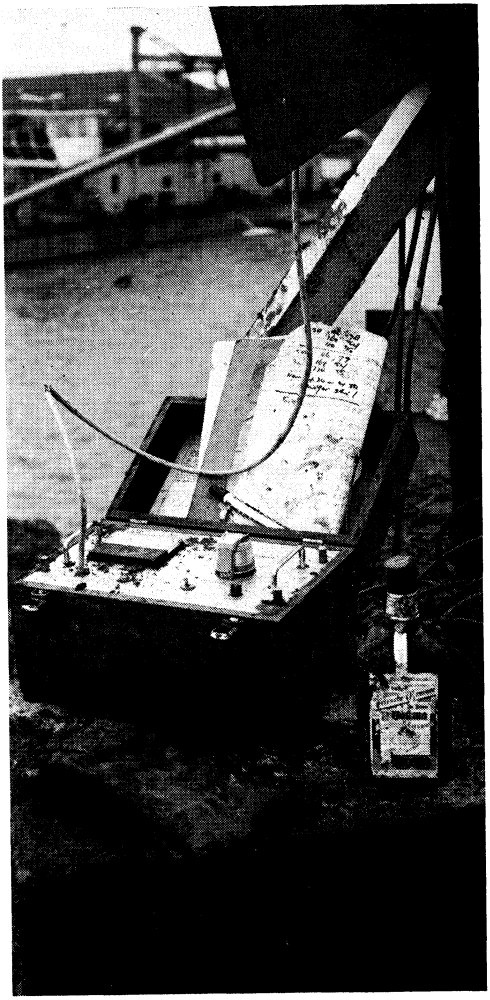
dat de proef door velen met enige scepsis tegemoet werd gezien.
Profiel III laat zien dat ontgraving vooraf van het gedeelte boven de H.W.-lijn de vorming van een diep doorlopend glijvlak bevordert, maar dat het schuine talud beneden H.W. nog steeds een te hoge stabiliteitsfactor oplevert. Een verticaal front zoals in profiel VI levert de gewenste verlaging van de kritieke stabiliteitsfactor op, namelijk tot 0,87.
De onberekenbaarheid van baggerprogramma's was er de oorzaak van dat de begindatum van de proef pas twee weken tevoren kon worden vastgesteld. Op maandagochtend 23 november 1971 zou met het baggeren worden begonnen. Hoewel de duur van het baggeren kon variëren tussen 24 en 48 uur, werd de afschuiving gepland op het eerste laagwater na de 48-uursperiode, 's woensdagsmiddag 25 november om half twee.
Besloten werd niettemin verlichting aan te brengen, voor het geval dat de afschuiving al dinsdagnacht zou plaatsvinden.
Voor er gebaggerd kon worden moest het profiel boven de hoogwaterlijn worden aangepast, om de kans op ondiepe afschuivingen te verkleinen. Ook werden op 20 m aan weerszijden van de as van het proefvak sleuven gegraven, om randeffecten zoveel mogelijk te elimineren. Onmiddellijk daarna moest begonnen worden met de plaatsing van 12 definitieve waterspanningsmeters, van glijvlakmeters – plastic buizen die ter plaatse van het glijvlak zouden moeten breken –, van piketten met behulp waarvan de vordering van het baggerwerk op afstand kon worden gevolgd, en van rekmeters, die de verplaatsing van de voorkant van het dijkprofiel moesten meten.

Fig. 5. Profielen waarvoor oriënterende glijvlakberekeningen zijn uitgevoerd

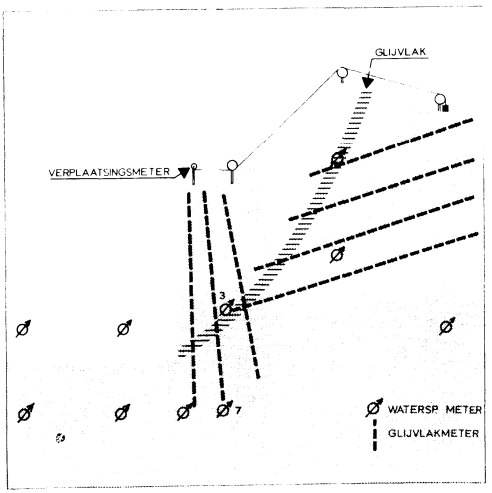


Rechts: meetpunt voor vloeistof-overspanning

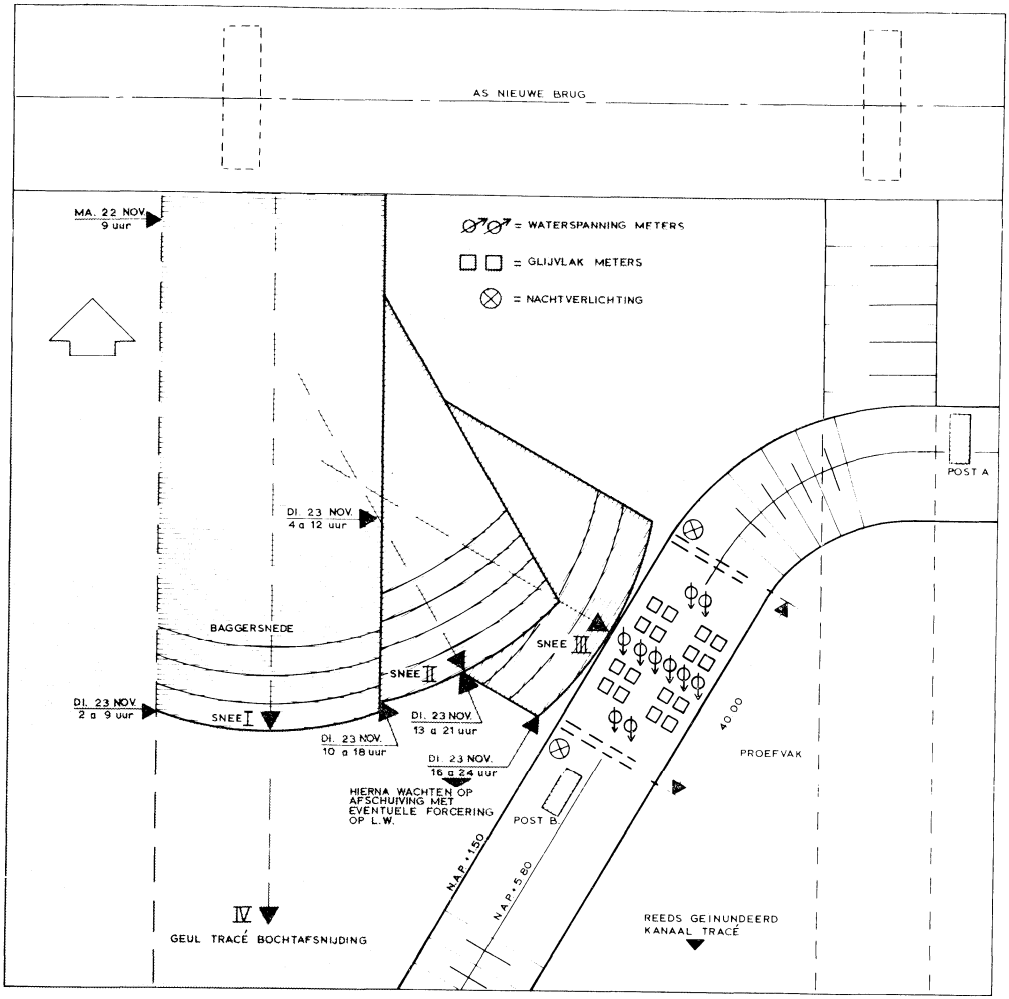
Fig. 6. In het dijkprofiel aangebrachte instrumentatie ten behoeve van de proefneming



Met al deze aanpassingen en voorzieningen mocht pas een week van te voren worden begonnen, om de kans op schade door storm te voorkomen. Desondanks kwamen de weergoden tussenbeide. Op 21 en 22 november zorgde een storm voor een opwaaiing van 1,5 meter, zodat het talud boven normaal H.W. volledig werd overspoeld. Het was alleen aan de kleibekleding te danken dat niet opnieuw aanpassingen behoefden te worden aangebracht. Wind en regen hielden nog tot 24 november aan. Toch moest, onder moeilijke omstandigheden, het meetprogramma worden afgewerkt, en moesten de laatste voorbereidingen worden getroffen. De hulp van studenten is daarbij wederom onmisbaar gebleken.
Intussen vorderde de zuiger sneller dan het programma toeliet, zo snel zelfs, dat hij maandagnacht al met de laatste van de drie geplande sneden begon. In de glooiing achtergebleven stenen veroorzaakten daarbij echter zoveel moeilijkheden, dat de zuiger uiteindelijk pas woensdagmorgen, precies op het moment van H.W., zijn werk voltooide. Toen het L.W. intrad om 13.15 uur – dat was eerder dan voorspeld, – was er nog geen enkel teken dat wees op de vorming van een diepe afschuiving. Wel waren veel schollen van het verticale talud afgegleden. De vrees groeide dat de afschuiving nog een getij op zich zou laten wachten, erger nog, dat er dan inmiddels zoveel schollen zouden zijn gevallen, dat het voortalud te flauw zou zijn geworden voor een diepe afschuiving. De waarneming van 13.30 uur toonde echter plotseling een flinke vervorming. Nauwelijks had men zich dat gerealiseerd, of de gigantische moot grond stortte met veel geraas de



7



diepte in, slechts 20 minuten na het vervroegde laagwater. Tijdens en na de afschuiving bleek de aardmassa zo onsamenhangend te zijn, dat de plastic buizen en enige kabels van waterspanningsmeters niet braken. Door de grote verzakking kon het glijvlak boven water gelukkig toch goed opgemeten worden. Geconstateerd kon worden dat het werkelijke glijvlak redelijk met de voorspelling overeenkwam. De stabiliteitsfactor is na een aantal correcties vastgesteld op 0,9. Vergeleken met de ervaringen in het laboratorium is dit getal laag, dat wil zeggen dat de veiligheidsmarge van de nieuwe hoogwaterkering toch groter bleek dan was verwacht. Om ruimschoots voldoende veiligheid in de nieuwe hoogwaterkering te verkrijgen kon hierdoor worden volstaan met het aanbrengen van een eenvoudige drainage. In het algemeen gesproken zal meervoudige bevestiging van dit resultaat nodig zijn, en zal ook de veiligheid bij meer frequente en minder extreme waterstanden in vergelijking tot hogere stabiliteitsfactoren bezien moeten worden.

De CONSOL-berekeningen die bij deze proef werden uitgevoerd, moesten aangeven of het gekozen ontgravingsprofiel op de plaats van het glijvlak een doorgaande plastische zone bevatte. In fig. 10 ziet men, van boven naar beneden, het profiel na een voorbereidende ontgraving boven de H.W.-lijn en aan de oppervlakte gedurende het baggeren in fasen veranderen. Het laatste profiel komt overeen met het definitieve profiel van de glijvlakberekeningen. In de eerste berekening is de plastische zone al van het begin af achter in het dijklichaam aanwezig; ze breidt zich vervolgens langzaam uit, maar loopt bij vol-

Fig. 7. Overzicht van de snedes die de zuiger maakte ten behoeve van de proef

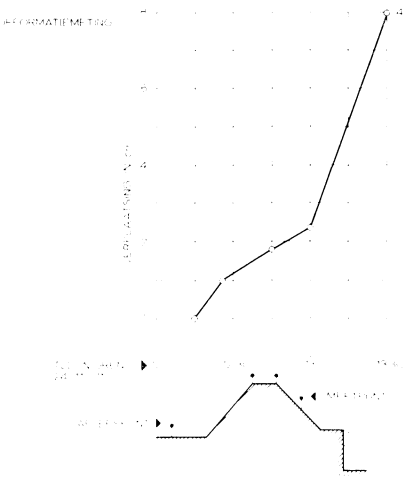




Fig. 8. In het dijkprofiel gemeten vervormingen

Het proefvak en de zuiger, met op de achtergrond het stadje Tholen

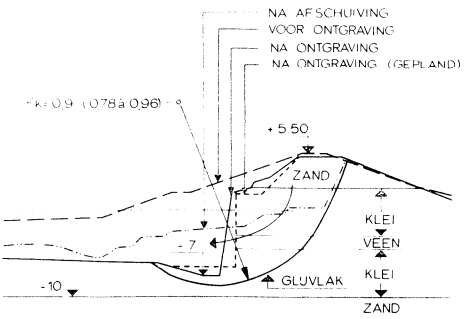
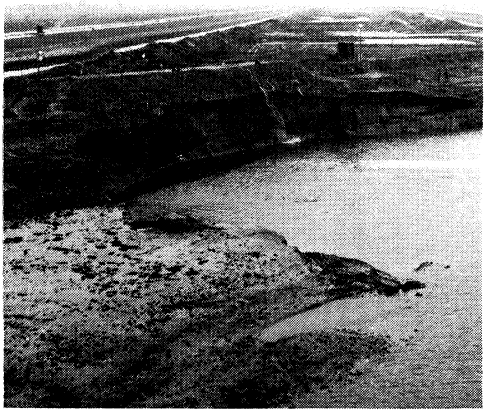
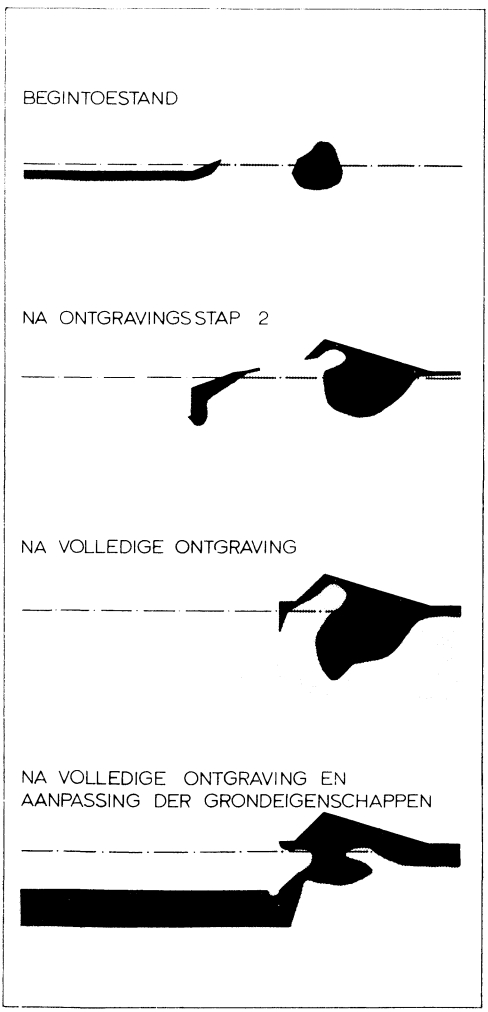


Fig. 9. Kort vóór en kort na de afschuiving gemeten profielen met bijbehorende meest kritieke glijvlakken en kritische veiligheidsfactoren

De afschuiving voltrekt zich. Eerst vallen er schollen; dan breekt een moot grond af die lijkt naar voren te komen, maar tenslotte onderuitzakt

Fig. 10. Ontwikkeling van plastische zones tijdens de ontgraving van het profiel





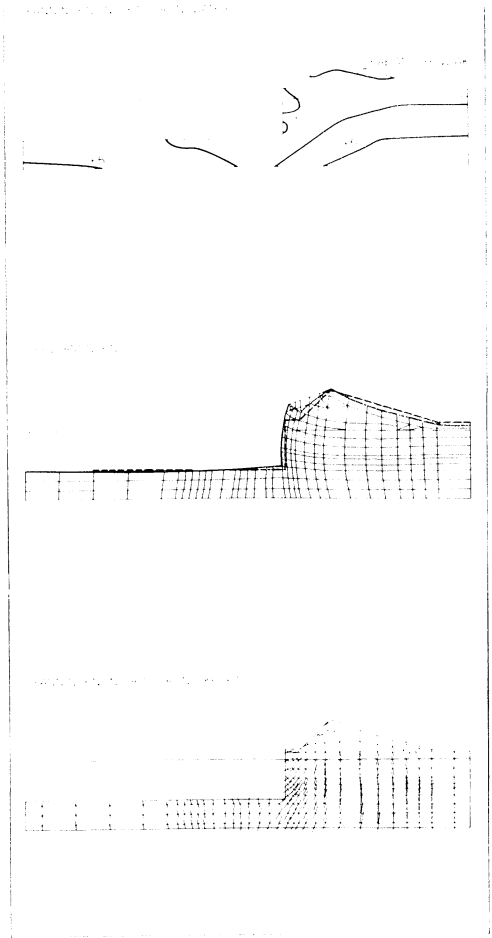
ledige ontgraving toch niet geheel door. Of de afschuiving werkelijk zou optreden, bleef vanuit dit oogpunt dus een open vraag.
De plastische zones helemaal vooraan in het talud wezen reeds op de mogelijkheid dat er schollen zouden vallen. De eigenschappen van het materiaal waarop de CONSOL-programma's werkten, een poreus soort met water verzadigd rubber, leken echter niet voldoende op die van grond om dienaangaande iets te kunnen concluderen. Grond gedraagt zich bepaald anders wanneer hij aan trek onderhevig is, zoals aan de bovenrand van een dijk, en ook wanneer de schuifspanningen ten opzichte van de normale spanningen hoog zijn opgelopen. De verzwakking die dan optreedt, is in de tweede berekening – definitief profiel – in beeld gebracht. Duidelijk ziet men daar de omvang van de plastische zone veranderen. De dijk leunt nu zwaar op de bodem voor het steile talud. Dat is dan ook de belangrijkste reden dat de plastische zone hier wel doorloopt en vrijwel het gehele voorspelde glijvlak omvat.
Figuur 11 geeft wat meer inzicht in de vervormingen en spanningen van het grondskelet en van het grondwater. Opvallend zijn daarbij de spanningsconcentraties bij de teen, vooral volgens de tweede berekening. Ook dient gewezen te worden op het vooroverhellen van het ontgraven profiel onmiddellijk na de ontgraving. Uit sommige opnamen van de afschuiving ontstaat de indruk dat de afgeschoven moot grond eerst wat voorover is gekomen alvorens te glijden. Het meest opvallend is echter de grote vermindering in waterspanning als gevolg van het wegnemen van belasting. De gemeten verminderingen bleken achteraf veel geringer te zijn. De vraag





11

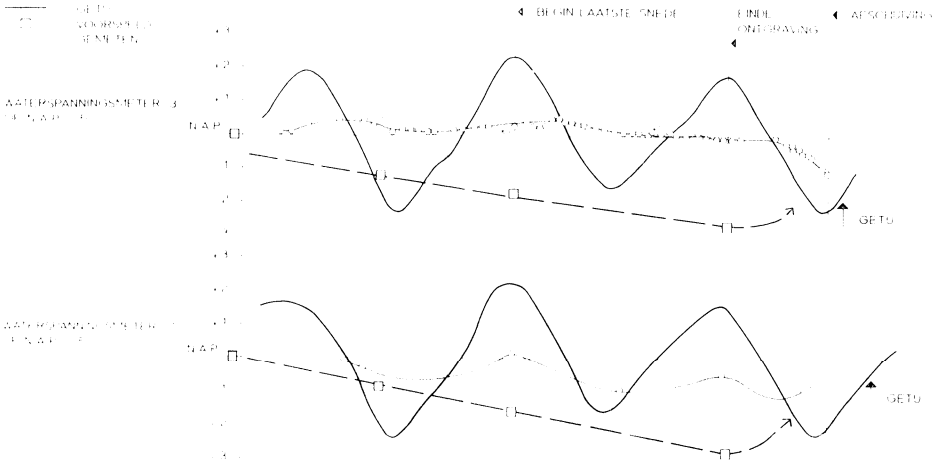
Fig. 11. Ontwikkeling van de waterspanningen, spanningslijnen en vervormingen volgens de CONSOL-berekeningen



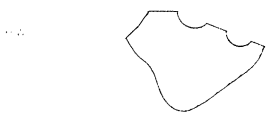
rees of de waterspanningsmeters de snelle vermindering wel snel genoeg konden volgen en of er mechanismen zijn die het achterblijven van de gemeten waarden ten opzichte van de berekende waarden kunnen verklaren. De belangrijkste verschillen tussen de glijvlakberekeningen en de CONSOL-berekeningen vloeiden hieruit voort. Indien de glijvlakberekeningen niet op de gemeten maar op de berekende waterspanningen worden gebaseerd, komen de kritische stabiliteitsfactoren meer dan 10% hoger te liggen (0,9 à 1,1 in plaats von 0,78 à 0,96).

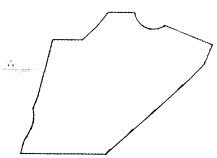
Het rendement van de proef in algemene zin, naast de onmiddellijke betekenis ervan voor de hoogwaterkeringen in kwestie, kan ongeveer als volgt worden samengevat:

12



13





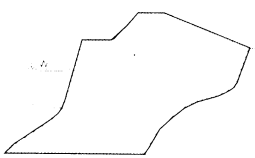


Fig. 12. Voorspelde waterspanningen in vergelijking met de meting in het veen (boven) en de kleilaag dicht bij het zand (beneden)

Fig 13. Omvang van de plastische zones voor het gezogen profiel onder verschillende omstandigheden:
1. onmiddelijk na het baggeren, bij hoog water
2. 6 uur na het baggeren, bij laag water
3. na het baggeren en na het volledig verdwijnen van waterspanningen

Glijvlakberekeningen kunnen afschuivingen bij het doorgraven van dijken goed voorspellen. De berekeningsmethode volgens het CONSOL-computerprogramma kan het mechanisme van zo'n afschuiving goed reproduceren, beter eigenlijk dan de glijvlakberekeningen. Om met het CONSOL-programma een even nauwkeurige voorspelling van een afschuiving te kunnen geven als met een glijvlakberekening is echter nog meer ervaring nodig, met name voor wat betreft het meten van waterspanningen in klei en veen. De benadering met behulp van de CONSOL-berekeningen van een progressief afschuivingsproces zoals dat optreedt bij zettingsvloeiingen door een opeenvolging van plastische zones, wordt in het licht van het voorgaande zo snel mogelijk voortgezet.

Als vervolg op de in de afgelopen vijf jaar achtereenvolgens aangelegde werkhavens Schelphoek en Sophiapolder en de werkeilanden Roggenplaat, Neeltje Jans en Noordland, worden dit jaar in de Oosterschelde twee werken uitgevoerd die daarvan sterk in karakter verschillen. Beide passen ze wel in de bekende en bij de grote afsluitdammen gebruikelijke strategie, waarbij eerst op de hooggelegen platengebieden damvakken worden aangelegd die de hoofdgeulen begrenzen. Vervolgens worden dan in de hoofdgeulen drempels en bodembeschermingen aangebracht, waarna de eigenlijke sluiting volgt.

Het damvak 'Geul' in de Oosterschelde en de damaanzet tegen Noord-Beveland

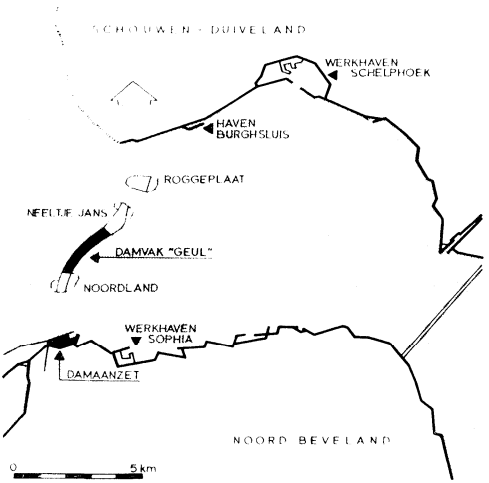
Zo verbindt het damvak 'Geul' de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland, waardoor tussen de hoofdgeulen Schaar van Roggenplaat en Roompot een aaneengesloten damvak ter lengte van 3800 m ontstaat. Aan de zuidzijde van de Roompot gaat de damaanzet tegen Noord-Beveland de begrenzing van deze hoofdgeul vormen. Nadat beide werken zullen zijn voltooid is van de totale lengte van de afsluiting, welke 9 km bedraagt, ongeveer 5 km gereed, terwijl circa 4 km, verdeeld over drie sluitgaten, nog te maken overblijft.

Beschouwen we echter het doorstroomprofiel beneden N.A.P., dan blijkt dat door de gezamenlijk 5 km lange damgedeelten slechts 15% van het profiel wordt afgesloten. Het door deze damgedeelten geblokkeerde debiet wordt vrijwel volledig afgeleid naar de hoofdgeulen, zodat ondanks de aanleg van meer dan de helft van de totale damlengte nog steeds evenveel water de Oosterschelde in- en uitstroomt als voorheen.

Het 1800 m lange damvak 'Geul' is genoemd naar de te blokkeren Geul, tussen de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland. Iedere vloed- en ebperiode stroomt ongeveer 70 miljoen m^3 water door de Geul de Oosterschelde in en uit. Het volume van deze ene Oosterscheldegeul is al even groot als dat van het hele voormalige Veerse Gat.
Een belangrijk verschil tussen beide sluitingen is dat na afsluiting van het Veerse Gat het verval over de dam gemiddeld 1,5 m bedroeg, terwijl het bij de Geulsluiting slechts 20 cm zal bedragen; het water kan hier immers nog zijn weg door de hoofdgeulen vinden.
Toch moet bij het ontwerp en de uitvoering van het damvak rekening worden gehouden met de specifiek bij een sluiting behorende vraagstukken. Op basis van modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium en aan de hand van berekeningen is gekozen voor een zogenaamde zandsluiting. Hierbij wordt de dam vooruitgebouwd door met grote capaciteit zand te spuiten. Naarmate de uitbouw vordert zullen de stroomsnelheden toenemen, waardoor een toenemend deel van het aangebrachte zand wegstroomt. Theoretisch geldt derhalve dat om vooruit te komen de spuitcapaciteit groter moet zijn dan de zandtransportcapaciteit van de stroom.

In de praktijk moeten echter, om economisch verantwoord te kunnen werken, de zandverliezen relatief klein blijven; de spuitcapaciteit moet dus niet alleen maar groter, doch *aanmerkelijk* groter zijn dan de zandtransportcapaciteit van de stroom. Zowel bij de Deltawerken in de zuidwestelijke zeegaten als bij de afsluiting van de Lauwerszee is de afgelopen jaren veel ervaring opgedaan met deze methode van sluiten. Daardoor kunnen met name de berekeningen van de zandverliezen thans met grotere nauwkeurigheid worden uitgevoerd. De methode van werken is van grote invloed gebleken op de te verwachten zandverliezen. Om deze redenen is in het bestek voor dit werk enerzijds een minimum spuitcapaciteit van 500 000 m^3 per kalenderweek voorgeschreven om een veilige afsluiting te garanderen, terwijl anderzijds ten behoeve van de aannemers de gunstigste werkwijze is aangegeven.
Nadat de dichting met zand, die naar verwachting ongeveer 7 weken in beslag zal nemen, zal zijn voltooid, moet de sluitkade

1

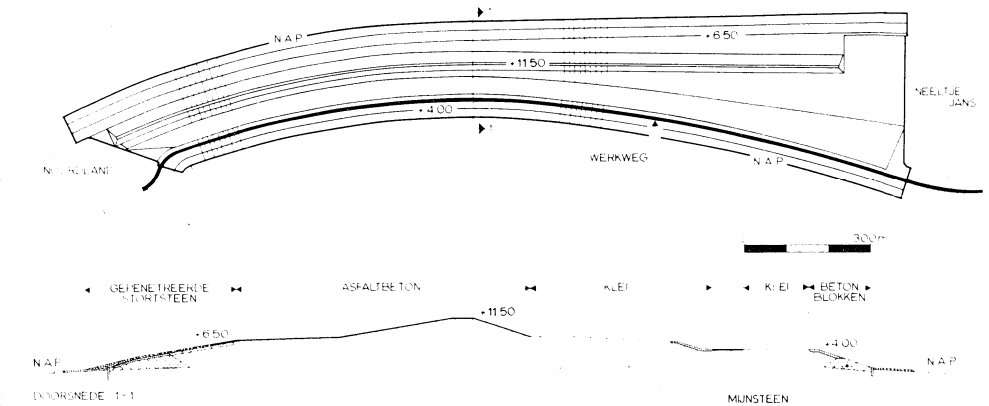


1. Situatie van het damvak 'Geul' en van de damaanzet op Noord-Beveland

2. Plattegrond en profiel van het damvak 'Geul'

3. Damaanzet op Noord-Beveland met haven; overzicht en profiel

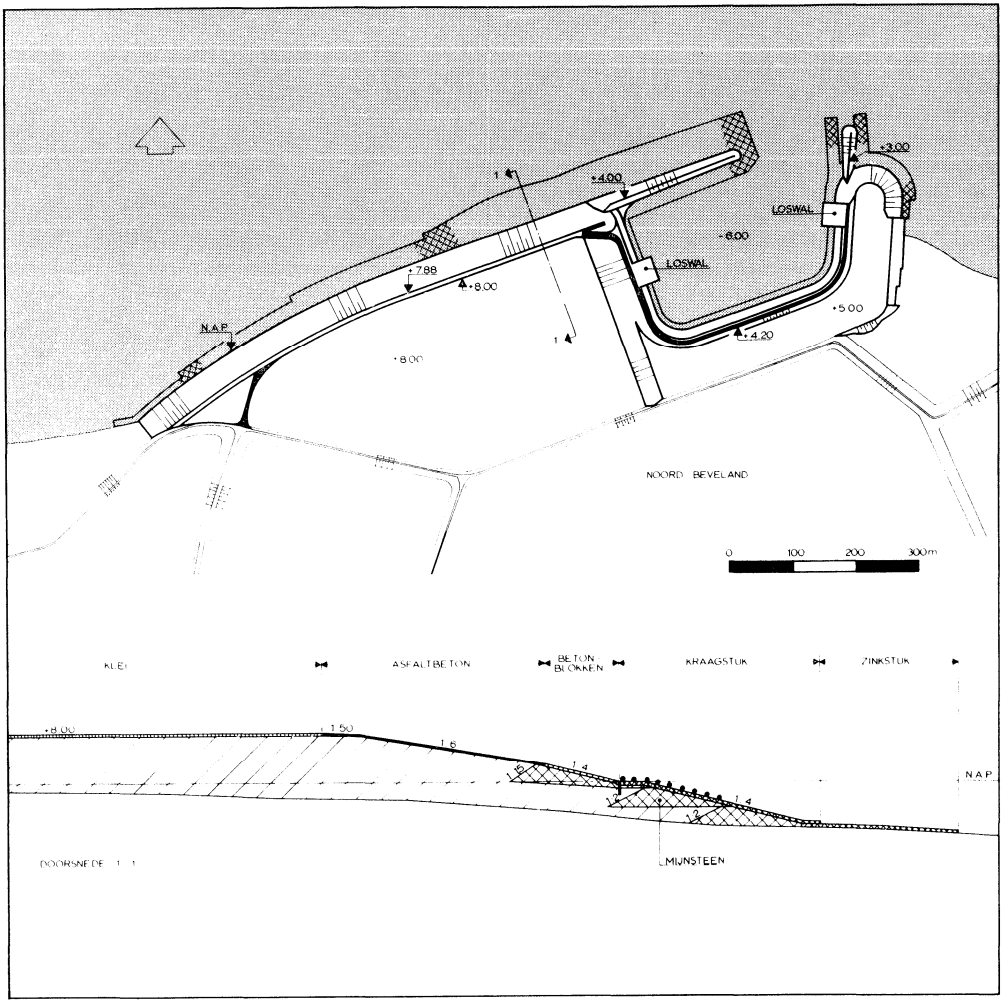
2



worden uitgebouwd tot de definitieve afmetingen.
Het voor de sluiting en de verdere afwerking van de dam benodigde zand wordt gewonnen ten oosten van het te maken werk, op een tweetal plaatsen zo dicht mogelijk bij de uiteinden van het werk.
Het profiel en de bekleding van de dam komen overeen met die van de eerder uitgevoerde werkeilanden. Het hoog gelegen gedeelte van de brede binnenberm is bestemd voor het opslaan van betonblokken voor de kabelaansluiting en zal daarom nog niet direct in zijn definitieve vorm worden afgewerkt.
Wekelijks worden fotovluchten uitgevoerd welke de stand van het werk vastleggen. Aan de hand van deze foto's, aangevuld met de resultaten van lodingen voor zoveel het betreft de onder water gelegen gedeelten van het werk, worden dwarsprofielen getekend. Uit deze dwarsprofielen wordt de inhoud van de dam berekend.
Deze gegevens zijn belangrijk voor de na de sluiting uit te voeren controleberekeningen naar de opgetreden zandverliezen.

Damaanzet tegen Noord-Beveland

Bij het ontwerp van de damaanzet tegen Noord-Beveland is uitgegaan van een geleidelijke sluiting van de Roompot, met behulp van een kabelbaan. Belangrijke eisen waaraan de aanzet moet voldoen betreffen in verband hiermee de opstelruimte voor het vaste railgedeelte van de kabelbaan en de opslagruimte voor de blokkendepots. Voorts is in de damaanzet een haven met loswallen opgenomen voor de aanvoer van materiaal en materieel.
In verband met de ongunstige grondmecha-



nische toestand van de oever ter plaatse is veel aandacht geschonken aan de vormgeving. Verschillende uitbouwlengten zijn onderzocht in het Waterloopkundig Laboratorium. Uit dit onderzoek is gebleken dat een uitbouw door de uitloper van de Schaar van Onrust tot aan de hoofdgeul ontoelaatbaar is in verband met de stroomconcentratie, die diepe uitschuringen tot gevolg zou hebben.
Gekozen is voor een zo beperkt mogelijke uitbouw waarbij toch voldoende werkterrein en havenoppervlak ter beschikking komt.
Het ontwerp van de bekleding van de buitenbelopen is erop gericht dat ze na het blokkeren van de Roompot weer kunnen worden opgenomen, om het zandlichaam in de Roompot te kunnen doen aansluiten tegen de nu gemaakte damaanzet. De constructie bestaat uit kraagstukken met daarop aansluitend mijnsteenkaden welke worden afgedekt met betonblokken ter dikte van 30 cm. Deze constructie reikt tot N.A.P. + 3 m. Het achter de mijnsteenkade aan te brengen zand wordt opgespoten tot N.A.P. + 8 m, wat overeenkomt met de hoogte van het werkterrein. De bekleding boven N.A.P. + 3 m bestaat uit asfaltbeton van 20 cm dik.
Voor dit werkonderdeel is 1,5 miljoen m^3 zand nodig, dat zal worden gewonnen uit een zandwinput nabij het werkeiland Noordland. Voor het transport van het zand wordt een bakkenbedrijf ingezet. Via een bakkenzuiger wordt het zand in het werk geperst.
De hiervoor beschreven werken zijn op 9 mei 1972 aanbesteed en vervolgens opgedragen aan de aannemerscombinatie Dijksbouw Oosterschelde, die op 1 juni met de uitvoering is begonnen.

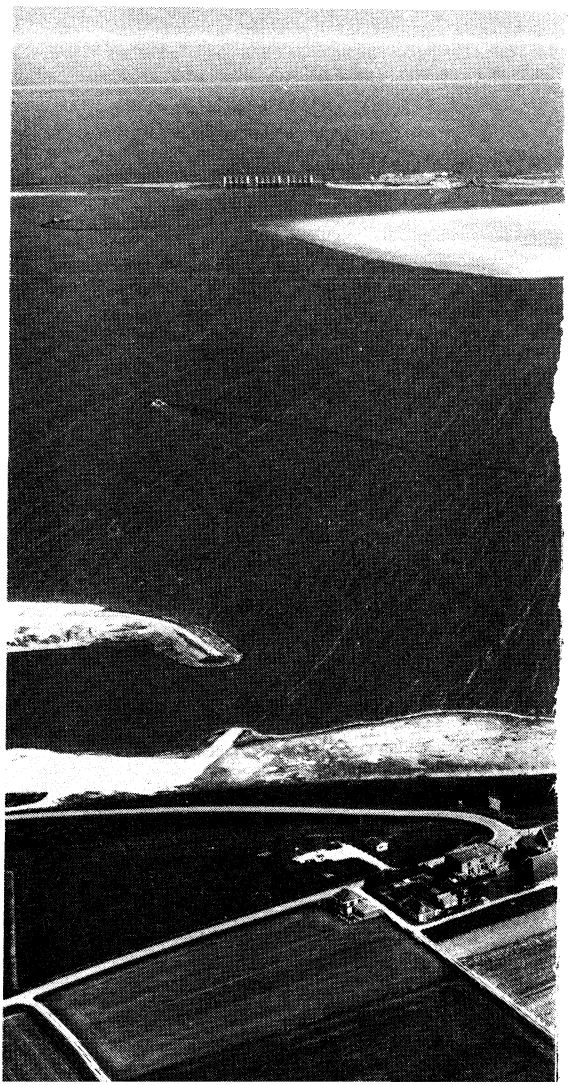
D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De recreatieve functie van de afgesloten Lauwerszee

De Lauwerszee is nu drie jaar afgesloten. Hoewel de inrichting van het gebied nog slechts in het beginstadium verkeert, kan nu al een duidelijke verandering van het recreatiepatroon in de aangrenzende regio worden vastgesteld. Ook hier lijken – evenals werd vastgesteld ten aanzien van de vissershaven Lauwersoog in het vorige Bericht –, prognose en werkelijkheid gescheiden wegen te gaan: de belangstelling voor de dagrecratie is veel groter dan werd verwacht; daarentegen valt de ontwikkeling van de watersport enigszins tegen.

Binnen de afgesloten Lauwerszee biedt de natuur vele mogelijkheden tot recreatie. Soortgelijke mogelijkheden ontbreken binnen redelijke afstand op het oude land, zodat het Lauwersmeer met de aangrenzende droogvallende gronden een belangrijke lacune in het recreatiepatroon kan opvullen. De Tweede Nota voor de Ruimtelijke Ordening in Nederland (1966) noemt het dan ook noodzakelijk het Lauwerszeegebied te ontwikkelen tot een recreatiegebied van regionale betekenis.

In de vele in de loop der jaren ontwikkelde inrichtingsplannen is aan de recreatie steeds een belangrijke plaats toegedacht. De omvang van de voor dit doel te bestemmen terreinen was echter mede afhankelijk van het belang dat in de verschillende plannen aan andere bestemmingen werd toegedacht. Oorspronkelijk zou het grootste deel van de droogvallende gronden een bestemming krijgen als landbouwgebied. Maar toen in overeenstemming met de prijsontwikkeling op de landbouwmarkt de belangstelling van agrarische zijde voor het Lauwerszeegebied daalde, begon men een vrijwel volledige bestemming tot natuur- en recreatiegebied te overwegen. In 1967 werd de wens geuit, 2500 ha in te richten als militair oefenterrein. Daarvoor zouden dan de meer binnenwaarts gelegen terreinen in aanmerking komen, zodat de uit een oogpunt van natuurbescherming en recreatie meest belangwekkende grond en nabij het boezemmeer voor dat doel beschikbaar bleven. Bovendien zou een groot deel vooral bosachtig oefenterrein als natuurgebied interessant blijven en voor recreanten toegankelijk worden gesteld. Zo werd de bewegingsvrijheid voor de recreant nog groter dan bij de oor-



spronkelijke, op een landbouwkundige bestemming gerichte plannen.
De vorenstaande overwegingen hebben ten grondslag gelegen aan het gezamenlijk streekplan 1969 van de provincies Groningen en Friesland. Sindsdien is het overleg tussen de belanghebbenden voortgezet. Daarbij zijn een aantal nieuwe wensen naar voren gekomen, en zijn sommige onderdelen van het plan nader uitgewerkt. De neerslag daarvan vindt men in het zogenaamde 'inrichtingsplan 1980'.

Dag-recreatief verkeer

Sedert maart 1970 wordt het aantal voertuigen geregistreerd dat het gebied via de weg langs de afsluitdijk van de Lauwerszee binnenkomt en verlaat. Het onderzoek werd ingesteld om enig inzicht te verkrijgen in de

Oostmahorn (voorgrond) is stil geworden na het vertrek van de veerdienst. Geheel links een deel van de nieuwe jachthaven



variabelen die het recreatieverkeer beinvloeden, en ook om een toetsing te verkrijgen van de reeds jaren aangehouden prognose van 60 000 dag- en verblijfsrecreanten in het Lauwerszeegebied op een gemiddelde zomerzondag in 1980. De resultaten werden verkregen met behulp van mechanische tellers, en aangevuld met de antwoorden op enkele enquêtes, waarop onder meer werd gevraagd naar herkomst en reisdoel, reden en frequentie van het bezoek.
Er kwamen een paar markante cijfers naar voren:
Per jaar passeren bijna 1 miljoen personen de weg langs de afsluitdijk naar Lauwersoog. Dit zijn voornamelijk recreanten; een kleiner deel van de passages betreft wegverkeer, doorgaand verkeer over land en verkeer naar of van de veerdienst op Schiermonnikoog.
De grootste drukte valt op zon- en feestdagen, met toppen van 17 000 bezoekers. De grootste voertuigintensiteit bedroeg omstreeks 1000 auto's per uur in beide richtingen. Ten gevolge daarvan ontstonden lange files, een in dit deel van Nederland vrij onbekend fenomeen.
Wat deze cijfers verrassend maakt, is het feit dat recreatieve voorzieningen in het bezochte gebied nog vrijwel ontbreken. De ontsluiting is nog nauwelijks op gang gekomen; de jaren na de afsluiting zijn merendeels besteed aan het voltooien van de bedijkingswerken en het inrichten van de vissershaven. Tijdens de uitvoering van een groot waterstaatswerk kan belangstelling van deze omvang normaal genoemd worden. Dat de bezoekersaantallen na het voltooien van de afsluiting niet sterk zijn teruggevallen, bewijst de aantrekkingskracht van het gebied.
De recreant moet zich overigens tevreden stellen met een vooral beschouwelijke toer, en een zit op het talud van de dijk, of – iets geriefelijker – in het café-restaurant op Lauwersoog. Er wordt voorts dankbaar gebruik gemaakt van de beperkte mogelijkheden voor sportvisserij, terwijl een redelijk bereikbaar gedeelte van de oever aan de noordzijde van het Nieuwe Robbengat op warme dagen enkele duizenden baders en zwemmers trekt. Stellig zal mogen worden verwacht dat met het op gang komen van de inrichting van het Lauwerszeegebied en de uitbreiding van de recreatiemogelijkheden, ook de belangstelling verder zal stijgen.

Watersport

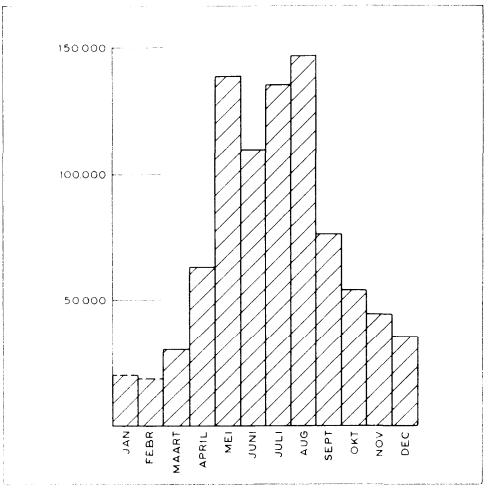
Binnen de voormalige Lauwerszee liggen thans drie jachthavens. Als eerste werd, in 1970, de jachthaven 'Bootsgat' te Oostma-

De flauwe oevers van het Lauwersmeer staan oeverrecreatie toe over een grote breedte

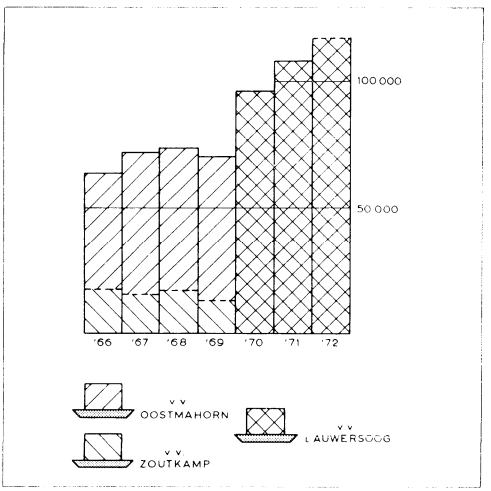


1. Aantallen bezoekers van het Lauwerszeegebied in de maanden van 1970

2. Aantallen veerbootpassagiers van en naar Schiermonnikoog



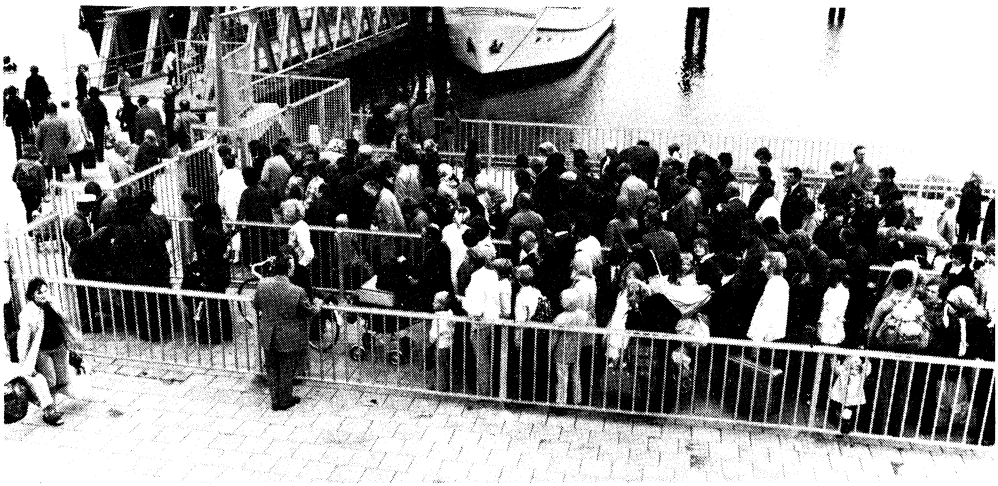
1



2

horn gerealiseerd; deze haven, met een uiteindelijke capaciteit van ongeveer 600 boten, ligt in de voor pleziervaart omgebouwde werkhaven. Daarna volgde het Noordergat – capaciteit uiteindelijk 400 boten – op Lauwersoog, waar destijds bij de bouw van de caissonhaven al met de nieuwe bestemming rekening was gehouden. Dit jaar kon de kleinste jachthaven van de drie worden geopend, het 'Lunegat' te Dokkumer Nieuwe Zijlen, gesitueerd in een voormalige winput van bekledingsklei, met een capaciteit van ruim 300 boten. Naar verwachting zal volgend jaar de inrichting ter hand genomen worden van een jachthaven te Zoutkamp, die plaats biedt aan 400 boten.
Het rijk heeft alleen de infrastructurele werken uitgevoerd, dat wil zeggen de havenkommen op diepte gebracht en gezorgd voor oevervoorzieningen, voor de inzaai- en inplant van terreinen en voor de aanleg van ontsluitingswegen met aansluitende parkeerplaatsen. De benodigde fondsen werden beschikbaar gesteld door de Rijkswaterstaat en het ministerie van Economische Zaken. Daarna zijn de havens in pacht uitgegeven aan stichtingen die de verdere inrichting verzorgen en het beheer uitoefenen. Van Rijkswaterstaatszijde waren de besturen van de aangrenzende gemeenten reeds in een vroeg stadium uitgenodigd om initiatieven te ontwikkelen waardoor ze de jachthavens mettertijd zouden kunnen overnemen. Dit had tot gevolg dat al voor de uitvoering van de werken stichtingen in oprichting waren waarin naast de bestaande watersportverenigingen ook de gemeenten participeerden. Deskundigheid en maatschappelijke controle werden in deze vorm gebundeld, zodat goede waarborgen werden geschapen voor een gezonde ontwikkeling. Voor het Rijk ontstond bovendien de zekerheid dat de jachthavens na de uitvoering der infrastructurele werken onmiddellijk konden worden afgestoten.
Binnen de drie jachthavens zijn nu door de bouw van steigers in totaal 500 ligplaatsen beschikbaar gekomen. Daarvan zijn er 300 vast bezet, terwijl een ander deel in het hoogseizoen wordt ingenomen door passanten. De belangstelling voor de watersport op het nabijgelegen Waddengebied is groeiende, zeker ook onder invloed van het gereedkomen van een jachthaven op Schiermonnikoog. Over de Lauwerszee loopt bovendien een internationale route voor de recreatievaart tussen het Oostzeegebied, Denemarken en Duitsland enerzijds en de Nederlandse watersportgebieden en Groot-Britannië

anderzijds. Door jachten met een vaste mast wordt deze route meestal gekozen, vanwege het ontbreken van bruggen met een beperkte doorvaarthoogte.
De interesse die de beoefenaars van de watersport tot nu toe aan de dag leggen voor het Lauwersgebied blijft ondanks het hiervoor genoemde niettemin belangrijk achter bij de prognose.
Nog slechts enkele jaren geleden werden door de Provinciaal Planologische Dienst van Groningen voor dit jaar bijna 2000 boten verwacht, en een prognose van de interprovinciale werkgroep die in 1969 een rapport uitbracht omtrent het te voeren jachthavenbeleid, becijferde voor dit jaar een minimaal aantal van 900 en een maximaal aantal van ruim 1700 boten. In feite zijn het er nog geen 300, doordat de aanloopperiode die het gebied



Embarkeren in de nieuwe veerhaven te Lauwersoog

doormaakt, meer tijd vraagt dan blijkbaar aanvankelijk werd verwacht. Een bijkomende handicap voor de watersport wordt gevormd door de soms zeer flauwe oevers, die de boten ertoe nopen op grote afstand uit de wal te ankeren. Door verspreid over het gebied een behoorlijke lengte aan eenvoudige steigers aan te brengen, kan hierin worden voorzien. De bouw van zulke steigers is trouwens toch nodig, met het oog op de nog van rijkswege uit te voeren werken ten behoeve van de inrichting en het onderhoud.

Het Wad over

Hoewel dit niet tot de recreatieve ontwikkeling behoort van het Lauwerszeegebied zelf, willen we toch aandacht wijden aan de sterke toeneming van het aantal passagiers op de veerdienst naar Schiermonnikoog. Er is namelijk reden, dit verschijnsel te zien als een bijkomend gevolg van de afsluitingswerken.
Tot eind 1969 werd het rijksveer op Schiermonnikoog onderhouden vanaf Oostmahorn. In het hoogseizoen werd het bijgestaan door een particulier veer vanaf Zoutkamp. Thans heeft alle vervoer naar en van Schiermonnikoog plaats vanuit Lauwersoog. Onafhankelijk van het getij worden per dag 3 tot 5 diensten uitgevoerd. De duur van de overtocht bedraagt 40 minuten.
Het volledig vervoersaanbod over enkele jaren voor en na de verplaatsing van het veer is weergegeven in een staafdiagram. Af te lezen valt, dat het aanbod zich gedurende de periode 1966–1969 stabiliseerde op 70 000 retourreizen, blijkbaar een marginaal getal onder die omstandigheden Het vertrek vanaf

Lauwersoog deed het aantal passagiers snel toenemen tot meer dan 100 000; mede gelet op de eerste resultaten van dit jaar mag worden verwacht dat de groei zich nog zal voortzetten. Ook bij vergelijking met het vervoer naar andere Waddeneilanden blijkt de relatieve groei opvallend groot.
De oorzaak van de toeneming moet worden gezocht in de verkorting die de reisduur heeft ondergaan, met name voor mensen uit Groningen. Mede door de openstelling van een secundaire weg vanaf Winsum tot aan de Lauwerszee is het huidige vertrekpunt van het veer, in tegenstelling tot Oostmahorn vroeger, snel bereikbaar. Schiermonnikoog is gaan behoren tot het dag-recreatiepakket van de Groningers. Grotere bekendheid van deze mogelijkheid en de uitvoering van de in Friesland geplande secundaire wegen zullen de loop naar het veer verder doen toenemen.
De veerhaven is ondergebracht in het meest westelijke deel van het havencomplex op Lauwersoog. De meeste ruimte wordt in beslag genomen door een buitendijks en een binnendijks parkeerterrein met een gezamenlijke capaciteit van 1000 auto's. Op Schiermonnikoog worden in het algemeen geen auto's toegelaten, dus iedereen moet zijn auto hier achterlaten. Reeds thans kunnen op dagen van grote drukte niet alle auto's op deze parkeerterreinen een plaats vinden; uitbreiding kan mettertijd zonodig gevonden worden op het huidige opslagterrein van de Rijkswaterstaat.
De drie veerboten die de verbinding met het eiland onderhouden kunnen gelijktijdig ligplaats kiezen aan een drijvend ponton. Het ponton meet 10 bij 30 meter, en is opgebouwd uit weinig onderhoud vragende materialen als azobé en polystyreen.
Op het ponton kunnen kleine vrachtauto's tot 5 ton laadvermogen worden toegelaten; voor zwaardere wagens staat een vaste laadstoep ter beschikking met 3 niveaus. In de veerhaven zowel als in de vissershaven zijn de gebruikers zeer tevreden over de drijvende pontons.

Vraag naar informatie

Reeds gedurende een tiental jaren wordt de dienst Lauwerszeewerken bijna dagelijks benaderd met verzoeken om informatie. Met name op scholen blijkt het onderwerp geliefd te zijn, waarschijnlijk omdat er tegelijkertijd verschillende facetten van 'onze strijd tegen het water' aan kunnen worden gedemonstreerd: de afsluiting met moderne middelen van een randzee, een afwateringssysteem met een boezemmeer, een eigen polderbemalingssysteem en de terugdringing van het zout.

Behalve met daartoe samengestelde literatuur wordt de gevraagde voorlichting gegeven aan de hand van een in 1963 opgezette expositie waarin een aantal facetten van de afsluitingswerken wordt behandeld. In de periode 1965–1968 bedroeg het aantal betalende bezoekers jaarlijks ongeveer 60 000; in het afsluitingsjaar 1969 nog meer. Ook daarna bleef de belangstelling groot; men is echter opgehouden, de aantallen bezoekers te registreren. De expositie was tot voor kort ondergebracht in het kantinegebouw op Lauwersoog, en ze is dan ook tengevolge van de inrichting van het veerhaventerrein met de kantine mee verhuisd naar een plaats nabij de overige barakken van de dienst Lauwerszeewerken. Zo lang er duidelijke interesse blijft bestaan van de zijde van het publiek zullen de Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders gezamenlijk informatie blijven verschaffen over verleden en toekomst van het Lauwerszeegebied.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

De bouw van een derde sluis met overbrugging, het aanpassen van de voorhavens en de bouw van een inlaat- en jachtensluis in de Volkerakdam zijn op 4 april 1972 aanbesteed. Voor deze aanbesteding met voorafgaande selectie waren 6 aannemers uitgenodigd. In totaal zijn 4 inschrijvingen ontvangen. Het laagst werd ingeschreven door de combinatie Dirk Ver-

In de nabijheid van de Haringvlietsluizen is op 1 juli een nieuwe expositie geopend over de Deltawerken. Deze Delta Expo, georganiseerd in samenwerking tussen het Nationaal Bureau voor Tourisme en de Rijkswaterstaat, blijft voorlopig tot 15 november. Foto beneden: aanblik bij het binnenkomen



stoep Nederland N.V. te 's-Gravenhage, Hollandsche Beton Maatschappij N.V. te Rijswijk en Amsterdamsche Ballast Beton- en Waterbouw N.V. te Amsterdam, voor een bedrag van f 59 890 000,–.
Het werk is inmiddels aan deze combinatie opgedragen. Begin mei is met de uitvoering begonnen.
Het bestaande directiekantoor werd uitgebreid, en er werden keten bijgeplaatst. Een bronbemaling voor de sluisbouw werd aangebracht, en een tijdelijke wegomlegging gerealiseerd ten behoeve van de bouw van de overbrugging van de derde schutsluis.

Brouwershavense Gat

Nog juist voor het begin van de bouwvakvakantie is het laatste asfaltbeton in het werk aangebracht. Na de bouwvakvakantie kan de asfaltmolen, die op een terrein nabij de werkhaven Kabbelaarsbank staat opgesteld, worden afgebroken en van het werk afgevoerd. Daarna kan dit terrein onder profiel worden afgewerkt en kunnen de nodige bekledingen worden aangebracht.
Nadat op 30 maart de oostelijke parallelweg voor het verkeer was opengesteld is op 30 juni ook de hoofdrijbaan aan het verkeer in gebruik gegeven. Vanaf die datum beschikken het snel- en het langzaam verkeer over de Brouwersdam over afzonderlijke rijbanen. Het snelverkeer gaat over de hoofdrijbaan die als autoweg is aangegeven; het langzaam verkeer gaat over de oostelijk parallelweg. De westelijke parallelweg, die op de buitenberm van de Brouwersdam is aangelegd, kan nog niet voor het verkeer worden opengesteld.
Op Goeree en Schouwen zijn door de provinciale directies verschillende werken uitgevoerd die een vlotte afwikkeling van het verkeer over de Dammenweg bevorderen. Op Schouwen is in het tracé van de oostelijke parallelweg een viaduct over de Rampweg gereed gekomen en is de smalle noodbrug over een watergang van het waterschap vervangen door een brede betonbrug.
Op Goeree is de verbindingsweg van 1700 m tussen de oostelijke parallelweg op de Brouwersdam en de zogenaamde spruitweg gereed gekomen. Nabij de aansluitingen van de Brouwersdam op de Goereese en Schouwense kust zijn parkeerplaatsen aangelegd. Elk van beide parkeerplaatsen biedt plaats aan 500 personenauto's. Vanaf deze parkeerplaatsen kan men met gebruikmaking van voetgangerstunnels op een veilige manier de wegen op de Brouwersdam kruisen.
De aanpassing van de werkhavens Springersdiep, Kabbelaarsbank en Middelplaat aan de nieuwe situatie is voltooid. De bestrating van de haventerreinen met groenstenen en betonklinkerkeien is aangebracht. Bij harde wind vanuit zee stuift nog wat zand over de dam heen.
Door het plaatsen van rijsschuttingen aan de zeezijde van de dam wordt getracht dit euvel te bestrijden.

Oosterschelde

Noordland

Op 10 april 1972 werd het werkeiland Noordland voor de eerste maal opgeleverd.

Damaanzet tegen Noord-Beveland en damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje Jans.

Op 9 mei 1972 werd bovengenoemd werk aanbesteed, en op 10 mei 1972 gegund aan de Combinatie Dijksbouw Oosterschelde.
Inmiddels zijn de werkzaamheden aangevangen. Voor het dichten van de geul met zand tussen de de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland zijn de zuigers 'Beverwijk 37', 'Sliedrecht 22' en 'Brabant' ingezet.
Een asfaltmolen werd op het eiland Noordland geplaatst. Voor de damaanzet tegen Noord-Beveland zijn de winzuiger 'Sliedrecht 10' en de bakkenzuiger 'Scaldis' ingezet. Bij de damaanzet werden zool- en kraagstukken gelegd, en er werden mijnsteenkaden aangebracht; ook werd met behulp van spuitlansen een damwand geplaatst en werd een betonblokkenglooiing gelegd.

C. De werken ten Noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De werkhaven wordt, mede onder invloed van de nog steeds gunstige weersomstandigheden, in een vlot tempo in den droge ontgraven. Het zandlichaam van de hoofdwaterkering langs de werkhaven is op hoogte gebracht en het wordt nu met klei en teelaarde afgedekt. De asfaltbetonfunderingen van wegen en opritten zijn aangebracht. De werken aan de steenloskade en de dukdalven zijn grotendeels voltooid; men is begonnen met het verbeteren van de haventoegang.
Ook de tweede olie-opslagtank van 1000 m^3 inhoud is thans drijvend verplaatst (zie Bericht 59, februari 1972). Daar deze verplaatsing destijds door omstandigheden niet kon worden uitgevoerd toen ze bouwtechnisch gezien aan de beurt was, moest het drijvende transport het aanmerkelijke hoogteverschil van 2,5 m overwinnen. Het opbrengen naar deze hoogte geschiedde in twee etappes, evenals het terugvoeren naar maaiveldhoogte. Het transport vond echter zonder moeilijkheden plaats.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

De gewapend betonnen bodemconstructie van de uitlaat is klaargekomen. Een aanvang werd gemaakt met de betonwerken voor de inlaatsluis. De heiwerken van stalen damwand in zee zijn grotendeels voltooid.
Met het ontmantelen van de zeedijk en het maken van de nieuwe bezinkingen heeft men een begin gemaakt. De geleideschermen in het zeewaterbassin zijn grotendeels afgewerkt.

Verantwoording van de foto's

Landbouw en Visserij	2 4 5 6
Ir. M. van Nederveen	9 11 13 14
Rijkswaterstaat	16 18 22 31 37 39 41 42 43
Hofmeester	49
U. Wilstra	50
H. de Vries	52
Studio 67	54

Driemaandelijks Bericht
nummer 62, november 1972

Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

De ontwikkeling van het waterloopkundig onderzoek in verband met de afsluiting van de Oosterschelde 59

De oevers van de Deltameren 71

Golfbeweging op de Deltameren 84

Maatregelen ter bestrijding van het zoutbezwaar van de Volkeraksluizen 90

De sluiting van getijgeulen met zand 98

Vorderingen 106

De ontwikkeling van het waterloopkundig onderzoek in verband met de afsluiting van de Oosterschelde

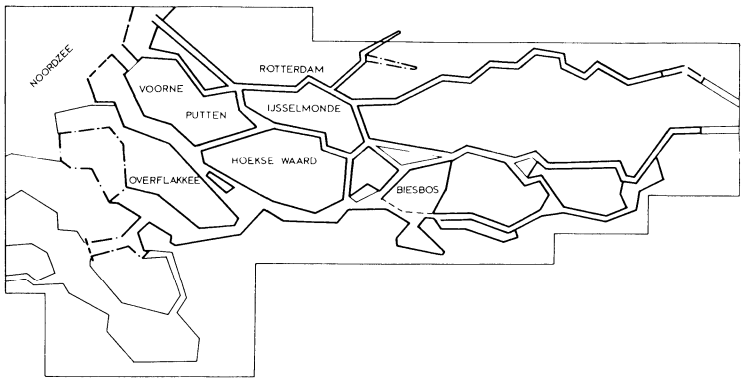
Nu het op één na grootste zeegat in het Deltagebied, het Brouwershavense Gat, is afgesloten, resteert alleen nog de afsluiting van de Oosterschelde, niet alleen de laatste, maar ook verreweg de grootste van de in het Deltaplan voorziene afsluitingen. De omvang van dit werk komt duidelijk naar voren wanneer men een vergelijking trekt met andere zeegaten aande hand van het totale volume water dat per getij door het damtracé in- en uitstroomt. Waar nu de Afsluitdijk ligt, die de voormalige Zuiderzee tot IJsselmeer maakte, stroomde vóór de afsluiting gemiddeld ongeveer 1 miljard m^3 water per getij heen en weer. Door het tracé van de Brouwersdam trok voorheen een getijvolume van 0,7 miljard m^3. Door het tracé van de ontworpen Oosterscheldedam stroomt per getij echter in totaal niet minder dan 2,2 miljard m^3 water, dus drie maal zoveel als door het Brouwershavense Gat en twee maal zoveel als door het tracé van de Afsluitdijk.
De aanleg van de laatste primaire Deltadam betekent dan ook een zware opgave, en het is niet verwonderlijk dat de Deltadienst al jaren lang in nauwe samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium studies verricht aangaande de waterbeweging in het mondingsgebied van de Oosterschelde. Om deze waterloopkundige studies een goede basis te kunnen geven zijn in de eerste plaats metingen in de natuur noodzakelijk betreffende stroomsnelheid, verticaal getij, golfgedrag, zandverplaatsing en dergelijke meer, alles onder wisselende omstandigheden.
Wanneer deze gegevens op betrouwbare wijze zijn ingevoerd, wordt van het model verwacht dat het een zo volledig mogelijk inzicht zal verschaffen in de verandering die de realisering der werken zal oproepen in de natuur, met name in de beweging van het water en in de bodemfiguratie.
Om dienaangaande een verantwoorde verwachting te kunnen opstellen kan men steunen op twee soorten hulpmiddelen. Allereerst kan men gebruik maken van hydraulische modellen. Daarnaast is er een mathematisch één-dimensionaal overzichtsmodel. Het elektrisch analogon 'Deltar', dat in deze Berichten al meermalen is genoemd, kan voor het Oosterscheldeonderzoek niet worden ingezet, omdat daaraan een operationele taak is toebedeeld ten dienste van de Waterbeheersing in het noordelijk Deltabekken.
De eerste voorwaarde die gesteld wordt, zowel aan hydraulische als aan mathematische modellen, is dat ze de in de natuur optredende getijverschijnselen met voldoende nauwkeurigheid simuleren. Bij beide methodieken zijn derhalve uitvoerige ijkingen noodzakelijk.

Geschiedenis

Het initiatief tot de bouw van het eerste grote overzichtsmodel van het benedenrivierengebied is in 1946 genomen door de Stormvloedcommissie. Toen reeds naar voren gebrachte plannen tot kustlijnverkorting door damverbindingen tussen verschillende eilanden – het twee-, het vier-, en het vijfeilandenplan met varianten – maakten het noodzakelijk dat een groot aantal verschillende hydraulische situaties werd geprognosticeerd. Modelonderzoek bleek toentertijd bepaalde voordelen te hebben boven getijberekeningen, en men besloot, een model te bouwen dat de getijbeweging en de rivierafvoer zou simuleren. Als gevolg van de betrekkelijk eenvoudige eisen kon het model sterk worden samengetrokken.

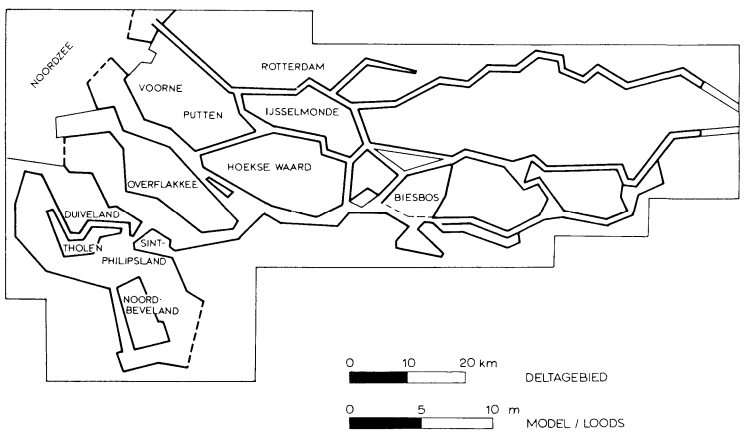
M 284

AUG. 1948 EN MEI 1949



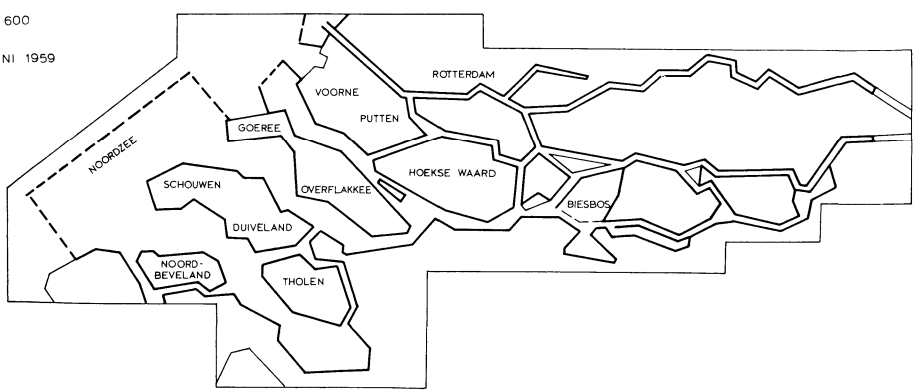
M 284

SEPTEMBER 1953



M 600

JUNI 1959



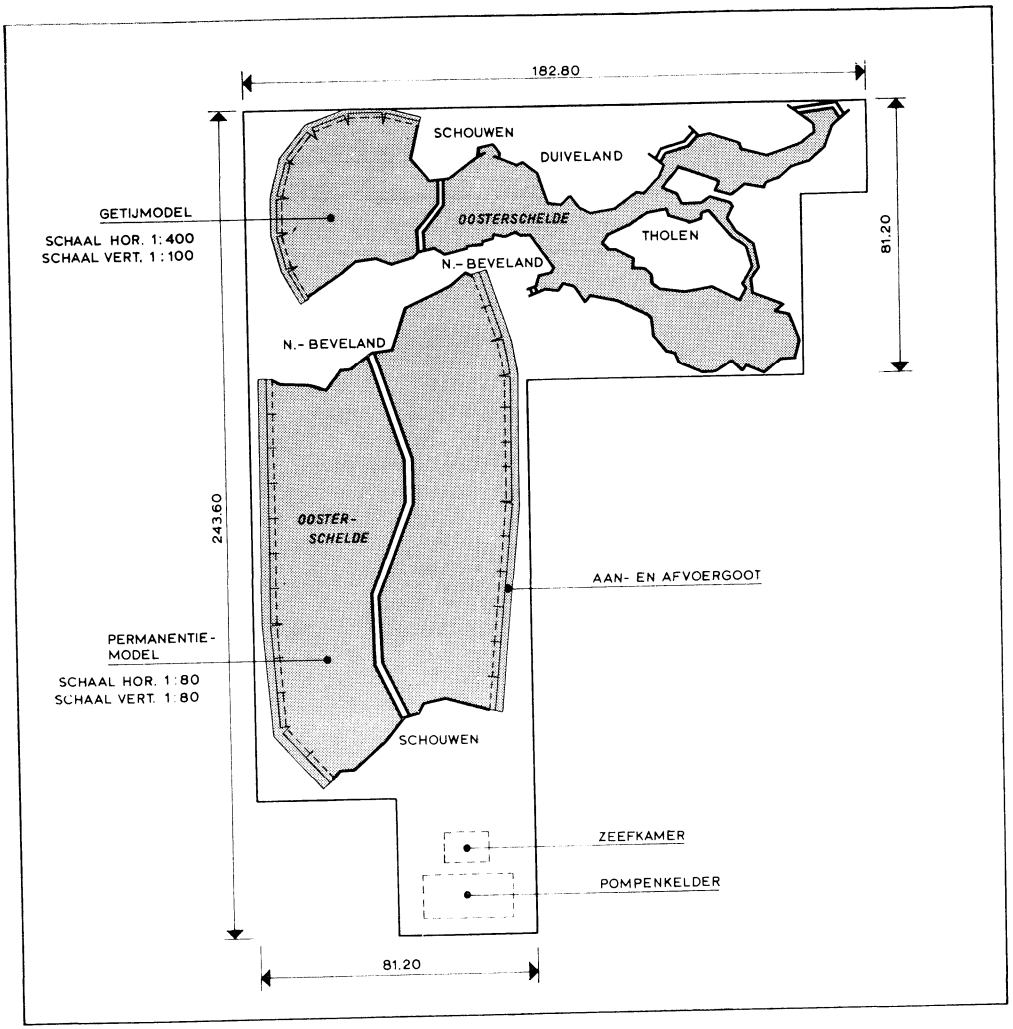
Overzicht van verschillende hydraulische overzichtsmodellen voorafgaand aan M 1000

De bovenstroomse grens van het model werd daar gelegd waar de invloed van de zee op het regiem van de rivier niet meer merkbaar was; in de Waal ligt dat punt tussen Tiel en Dodewaard en in de Rijn ongeveer bij Amerongen; in de Maas wordt de grens gevormd door de stuw te Lith. Aan de zeezijde moest de grens zover buiten de kust liggen dat hydraulische veranderingen binnen het modelgebied geen invloed meer zouden hebben ter plaatse van de modelgrens. Dat betekende dat de Maasvlakte en het bankengebied van het Goereese Gat in het model moesten worden opgenomen. Zuidoostwaarts is men aanvankelijk niet verder gegaan dan de lijn Herkingen–Stelhoek en het Zijpe, aangezien de destijds overwogen afdammingen alle betrekking hadden op het gebied benoorden het Hollands Diep en het Haringvliet. Medio mei 1948 kwam dit model – M 284 – in bedrijf. Niet lang daarna echter rees de vraag wat de invloed zou zijn van de aanleg van een afsluitdam door het Hollands Diep of het Volkerak. Om dit te kunnen nagaan moest de grens van het model zuidwestelijk worden verschoven tot voorbij Brouwershaven en tot aan Stavenisse. Toen in 1952 voor het eerst plannen werden geopperd om afsluitdammen te leggen in het zuidelijk deel van het Deltagebied, moest het model opnieuw worden uitgebreid. In verband met de beperkte ruimte in het laboratoriumcomplex moest daarbij genoegen worden genomen met een modeltechnisch niet geheel juiste oplossing. Het Brouwershavense Gat werd in het model niet verder uitgebreid; de Oosterschelde werd van Bergen op Zoom tot Westerschouwen-Vlietepolder weliswaar in het model gereproduceerd, maar op een sterk verwrongen manier. Het gebied ten zuiden van Bruinisse, bestaande uit Zijpe, Mastgat, Keeten en Oosterschelde, werd gespiegeld weergegeven. De algemene invloed van de afsluiting van de beide zuidelijke zeegaten kon op die manier toc hnog redelijk goed tot uitdrukking worden gebracht. De vervallen bij en de stromen door de sluitgaten werden voldoende nauwkeurig weergegeven om de onderzoekers in staat te stellen tot een globale oordeelsvorming ten aanzien van de te volgen sluitingsmethodiek. De verbouwing was gereed in september 1953. Men kon meteen beginnen met onderzoek ten behoeve van de eventuele afdamming van het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde, waarvan de wenselijkheid door de inmiddels opgetreden stormvloedramp van februari 1953 sterk naar voren was gekomen. De resultaten van de metingen in het beschreven model zijn de basis geweest van het derde interim-rapport van de Deltacommissie. Inmiddels werden de eisen die aan het model werden gesteld, steeds zwaarder, vooral voor wat betreft de zuidelijke zeegaten. De veranderingen die zouden optreden als gevolg van de aanleg van dammen door het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde konden aan de hand van het bestaande model niet meer volledig genoeg worden bestudeerd. Bij de eerstvolgende verbouwing, waarbij het gebied ten zuiden van Bruinisse weer geografisch juist werd weergegeven, kwam de westelijke modelgrens nu te liggen in volle zee, daar waar de invloed van alle Deltawerken gezamenlijk onbespeurbaar was geworden. De modelgrens week inmiddels zo sterk af van de oorspronkelijke, dat men het model vanaf die laatste verbouwing in 1959 aanduidt met een nieuw nummer: M 600.
In 1963 heeft de Rijkswaterstaat aan het Waterloopkundig Laboratorium opgedragen de mogelijkheden te bestuderen van een modelonderzoek dat meer speciaal betrekking zou hebben op de problematiek rond de afsluiting van de Oosterschelde. De voornaamste vraagstukken die daarbij aan de orde kwamen, betroffen de bepaling van het tracé van de afsluitingen, de uitvoering van de daarbij te vormen sluitgaten, de opbouw van damgedeelten over de zandplaten in het tracé, de vormgeving der wintersluitgaten, die van de sluitgaten in de opbouwfasen en de uitgestrektheid van de bodembescherming aan weerszijden van de sluitgaten.
De uitkomsten van het vooronderzoek leidden in maart 1964 tot de opdracht voor de bouw van het Oosterschelde-getijmodel M 822, dat in de loop van 1964 en 1965 werd gebouwd in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst'

in de Noordoostpolder. Voor de schalen van het model zie tabel I.
In 1966 werd het model bedrijfsklaar gemaakt en geijkt. Het eigenlijke modelonderzoek kwam pas op gang in 1967. Allereerst werden drie mogelijke tracés van afsluiting onderling vergeleken. Vervolgens werden onderzoekingen ingesteld naar de vormgeving van de damkoppen en naar de opbouwfasen van de damvakken op de platen.
Het beperkte model M 822 zou zijn randvoorwaarden ontlenen aan het overzichtsmodel van de benedenrivieren M 600, waarvan de getijapparatuur en de meet-apparatuur na vernieuwing voldoende nauwkeurig zouden functioneren, om die basisgegevens te verschaffen. Men ging daarbij als volgt te werk. Na ijking van beide modellen op de uitgangstoestand werd elke te onderzoeken situatie eerst in M 600 gestroomd; daarbij kwam een volledige registratie tot stand van zowel het verticale getij als de debieten. Aan de hand van de daaruit verkregen gegevens werd model M 822 ingesteld, dat dus bij elke nieuwe situatie opnieuw moest worden geijkt aan de hand van gegevens uit M 600. Pas daarna kon het eigenlijke onderzoek in M 822 beginnen. Met deze werkwijze werd gedurende enige jaren ervaring opgedaan. Het kwam daarbij vast te staan dat de nauwkeurigheid van het onderzoek door het werken met twee modellen nadelig wordt beïnvloed. Beide vertonen ze enige onnauwkeurigheden, maar er komt een derde onnauwkeurigheid bij wanneer de randvoorwaarden van het ene model moeten worden overgedragen naar het andere. Ten aanzien van het model M 600 kan worden opgemerkt dat de instelling van het verticale getij voor de uitgangssituatie over het algemeen goed was te noemen. Dit houdt in dat ook de totale kombergingsstroom voldoende nauwkeurig werd weergegeven. De verdeling van het debiet over de verschillende geulen was echter minder nauwkeurig, speciaal wanneer een toestand werd gesimuleerd waarbij de sluitgaten min of meer vernauwd waren; de afvoercoëfficiënten van de sluitgaten in M 600 weken tengevolge van de grote samentrekking sterk af van die in model M 822, maar ook van die van in de natuur.
Bij de overdracht van de randvoorwaarden van M 600 naar M 822 deed zich bijvoorbeeld de moeilijkheid voor, dat de in M 600 gemeten waterstanden ter plaatse van de rand van M 822 niet rechtstreeks naar dat model konden worden overgebracht; de oorzaak daarvan lag in de randconstructies van M 822. De grootte van de daarmee geïntroduceerde onnauwkeurigheid was moeilijk te bepalen. Het bleek evenwel dat geringe wijzigingen in de randvoorwaarden reeds een niet te verwaarlozen verandering in de stroomsnelheden tot gevolg hadden.
De onnauwkeurigheid van M 822 werd, afgezien van hetgeen hiervóór al werd gezegd over de randvoorwaarden, sterk beïnvloed door de landinwaartse rand van het model, die voor het weergeven van de dwarsverhangen ter plaatse te sterk bleek te zijn geschematiseerd.
Deze onnauwkeurigheid was des te groter, naarmate het in te stellen getij sterker afweek van het oorspronkelijke.
Het kwam er op neer, dat onderzoek van situaties met vernauwde sluitgaten vrijwel niet mogelijk was.

Tabel – de modelschaal van de besproken modellen

Schalen		M 284/600	M 822	M 1000	M 1001
Lengte en breedte	n_l	2400	300	400	800
Hoogte	n_h	64	100	100	800
Snelheid	n_v	8	10	10	± 9
Tijd	n_t	300	30	40	± 9
Afvoer	n_Q	1.288.800	300.000	400.000	± 57.000
Weerstand	n_c	6,1	1.74	2	1
Samentrekking	n_s	37,5	3	4	1

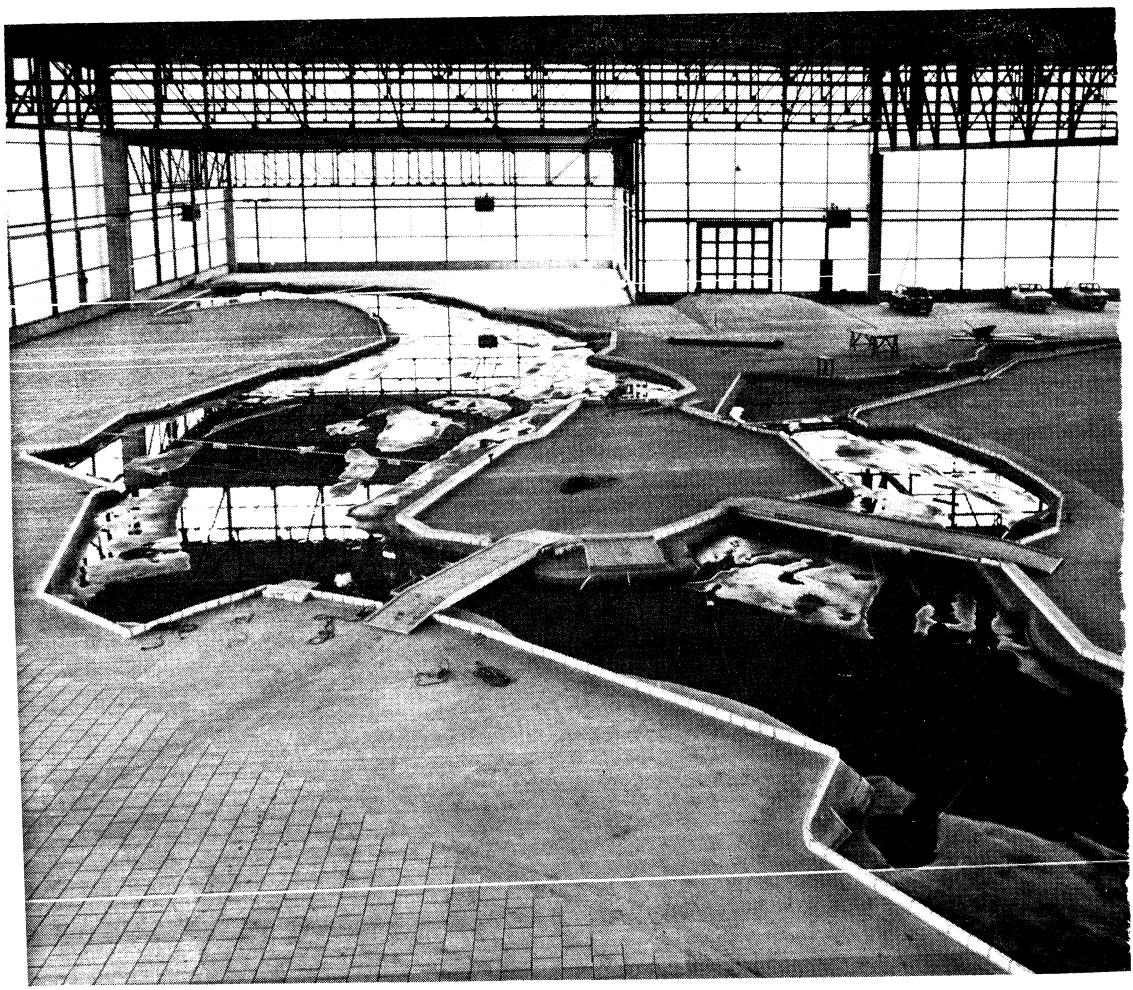


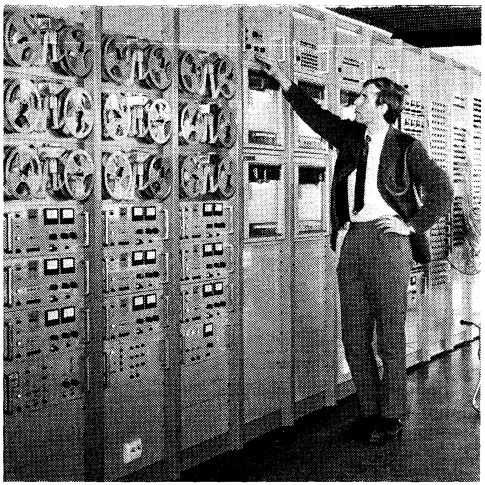
Schets van de opstelling van M 1000 en M 1001 in de Oosterscheldehal

M 1000 en M 1001

Het tracé-onderzoek ten behoeve van de Oosterschelde-afsluiting, alsmede het onderzoek naar de eerste bouwfasen, te weten de drie werkeilanden en de damgedeelten over de platen, was met goed gevolg in M 822 onderzocht; het onderzoek van de afsluiting zelf bleek echter hogere eisen te stellen dan waaraan M 822 kon voldoen. Inmiddels was al gedurende enige tijd ervaring opgedaan met het getijmodel van het Brouwershavense Gat M 886, waarin het gehele kombergingsgebied van het toekomstige Grevelingenmeer was weergegeven. Gezien de noodzaak van aanpassing van M 822 en de goede ervaringen met M 886 is in 1968 na zorgvuldige afweging van zowel de modeltechnische als de financiële factoren besloten tot de bouw van een

geheel nieuw getijmodel van het gehele kombergingsgebied vande Oosterschelde en het Volkerak. Dit werd model M 1000. Met het oog op detailonderzoek aan de sluitgaten en het ontgrondingsonderzoek werd tevens een detailmodel gebouwd van de sluitgaten in het damtracé. Dit detailmodel, waarin géén getij wordt opgewekt, kreeg nummer M 1001.
Om meteorologische effecten, zoals die van regen en vorst, uit te sluiten en aldus de werkbaarheid te verhogen, werden beide modellen ondergebracht in een grote hal met een vloeroppervlak van 25 000 m^2. De schalen van het overzichtsmodel zijn grotendeels bepaald door hydraulische overwegingen; er werd daarbij voortgebouwd op ervaringen die men had opgedaan bij de getijmodellen M 886 Brouwershavense Gat – en M 822. De schaalkeuze voor het detailmodel is voornamelijk ingegeven door de eis dat op voldoende kleine schaal betrouwbaar ontgrondingsonderzoek moest kunnen worden gedaan. Het gebruik van polystyreenkorrels als ontgrondingsmateriaal maakte een aanvaardbaar compromis mogelijk tussen de beperking van de ruimte enerzijds en de meettechnische eisen en de reproduceerbaarheid van stroombeelden en snelheidsverdelingen anderzijds.
In het *overzichtsmodel* wordt in de eerste plaats onderzoek verricht naar de invloed die de afsluiting van de Oosterscheldemond in de achtereenvolgende bouwstadia van de dam zal hebben op de voortplanting van het getij in het erachter gelegen bekken, en op de stromingstoestand in de sluitgaten.
Dit model is voorzien van een vaste, betonnen bodem, waarop de voor de reproduktie van de getijbeweging noodzakelijk bodemruwheid





Apparatuur voor de automatische registratie van metingen in het model

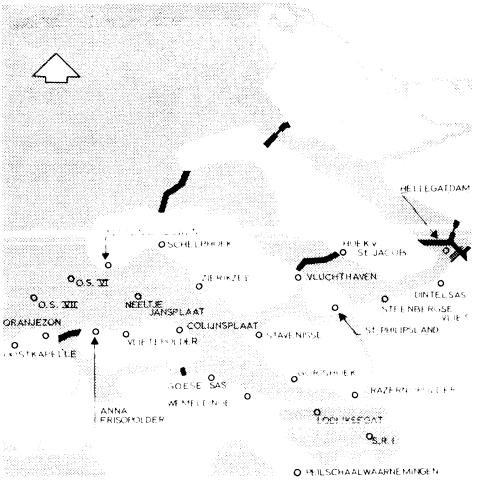
Deel van het overzichtsmodel M 1000 in de Oosterscheldehal

is aangebracht met behulp van betonkubusjes in de diepe geulen, en grindkorrels in de ondiepe delen. Zowel aan de zeezijde als aan de zijde van het Volkerak is het model voorzien van beweegbare kleppen, die de wateraanvoer regelen. Aan de zijde van het Volkerak was een regelrand noodzakelijk om de ijking juist te kunnen uitvoeren; daarvoor gebruikte men namelijk een meting van vóór de afsluiting van het Volkerak. Bij het onderzoek blijft deze regelrand verder buiten gebruik. De zeerand bestaat uit acht compartimenten van elk tien meter lang. De plaats van deze rand is mede bepaald op grond van een tweedimensionale getijberekening waarbij een aantal verschillende sluitingspercentages van de sluitgaten werd verondersteld. Bij een sluitingspercentage van 70% blijkt de waterstandsverandering bij H.W. aan de modelrand nog maar een paar cm te bedragen. Bij lagere percentages is de verandering uiteraard geringer. Vanwege de geringe invloed die de afsluiting heeft op het getij, wordt gedurende de gehele gesimuleerde sluiting steeds hetzelfde, in de natuur gemeten getij gereproduceerd. Dit ene getij wordt steeds aangehouden, in het belang van zowel de snelheid van het onderzoek als de vergelijkbaarheid van de resultaten. Alleen wanneer men wil weten welke gevolgen een bepaalde verandering heeft onder verschillende getij-omstandigheden, gaat men over tot het instellen van een ander getij aan de modelrand. Bij het ontwerp van het model is rekening gehouden met een grote verscheidenheid van getij-omstandigheden, en het watertransportsysteem rondom het model is dan ook volledig in staat extreme getij-omstandigheden te simuleren.

Ter wille van een snelle verwerking van de gegevens – die vooral van belang is wanneer het gaat om wijzigingen in de stromingsomstandigheden of de snelheden –, is voor het getijmodel een meet- en registreersysteem ontworpen waarmee het mogelijk is tot 96 gegevens uit een situatie tegelijkertijd centraal te registreren en de resultaten al of niet na tussenkomst van e encomputer te doen afdrukken. Zo kan men op zeer korte termijn en met een minimum aan personeel beschikken over de gemiddelde snelheid in een verticaal, de gemiddelde stroominrichting in een vlak, de veranderingen in de waterstand gedurende een bepaalde periode, en de debieten voor een raai. Deze gegevens kunnen worden aangevuld met foto's van het stroombeeld, waartoe in de spanten van de hal zes camera's op rails zijn opgehangen.

Het *detailmodel* is in eerste instantie uitgevoerd als permanentiemodel, dat wil zeggen dat er geen getij in verloopt. Het zou echter kunnen dat de faseverschillen en de stroming door de verschillende sluitgaten van grote invloed blijken te zijn op het ontgrondingsbeeld aan weerszijden van de sluitgaten. Dan kan ook in dit model een getij worden geïntroduceerd, zij het dat deze omschakeling problemen met zich zou brengen van regeltechnische aard, voornamelijk omdat de randen van het model in de natuur maar 6 km van elkaar liggen. In ieder geval is het detailmodel met het oog op eventuele introductie van het getij ondergebracht in dezelfde hal als het getij-overzichtsmodel, en maakt het gebruik van hetzelfde watercirculatiesysteem. Het detailmodel zal voornamelijk gebruikt worden voor de kwantitatieve bepaling van de te verwachten bodemaantasting aan weerszijden van de sluitgaten in de verschillende bouwfasen van de dam. In het model zijn daartoe aan beide zijden van de sluitgaten bakken met polystyreenkorrels in de betonvloer opgenomen. Deze bakken beslaan de volle breedte van de sluitgaten, ze zijn 6,85 m lang en maximaal 30 cm diep. Wat

tijdens een proef aan polystyreen wordt opgewerveld en getransporteerd, moet niet in het watercirculatiesysteem terechtkomen; in het afvoerkanaal is dan ook een zeefband ingebouwd. Het detailmodel stelt een gebied voor dat aan weerszijden reikt tot ongeveer 3 km uit de as van het damtracé. De kleppenranden zijn bij dit model met de hand instelbaar. Het maximale debiet dat kan stromen door het model als geheel, bedraagt 3 m^3/sec., hetgeen overeenkomt met een debiet in de natuur van 170 000 m^3/sec.
Een van de belangrijkste aspecten van de kwantitatieve bepaling van de bodemaantasting is de ontwikkeling van de bodemligging in de tijd. Er is dus een registratie-apparaat bij nodig dat in staat is met grote snelheid en nauwkeurigheid de vormveranderingen van het polystyreenbed te volgen. Omdat peilen met de hand moeilijk gaat, en ook verstoringen kan teweegbrengen, is er een elektronisch instrument ontworpen dat terwijl het met een snelheid van 10 tot 30 cm/sec. over de meetbrug glijdt, een nauwkeurig profiel registreert van de bodem in zijn baan. Door de meetbrug te verhalen kan men in korte tijd een aantal raaien naast elkaar loodrecht op het tracé in het sluitgat meten. Aangezien op deze manier van elke raai het profiel wordt afgetast, heeft het instrument de naam 'profiel-volger' gekregen, of kortweg 'provo'.



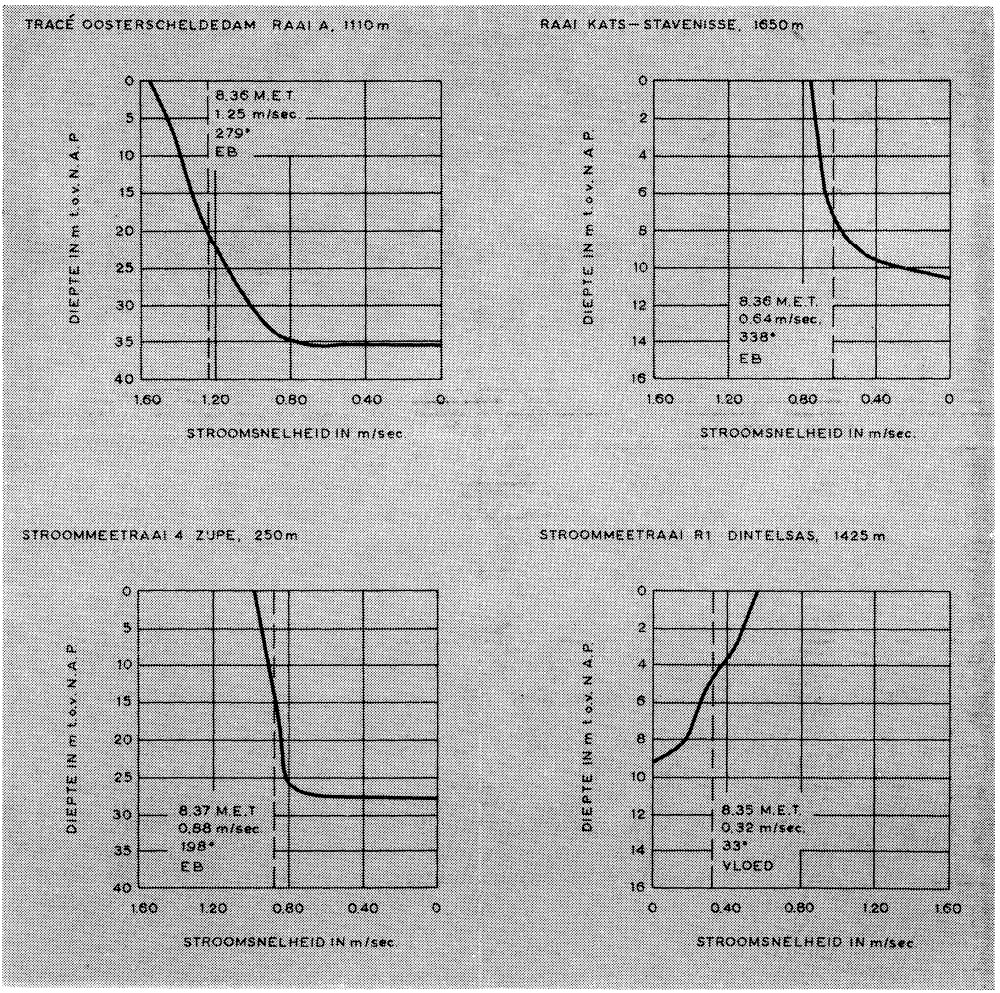
Ligging van de punten voor natuurmetingen in het Oosterscheldegebied

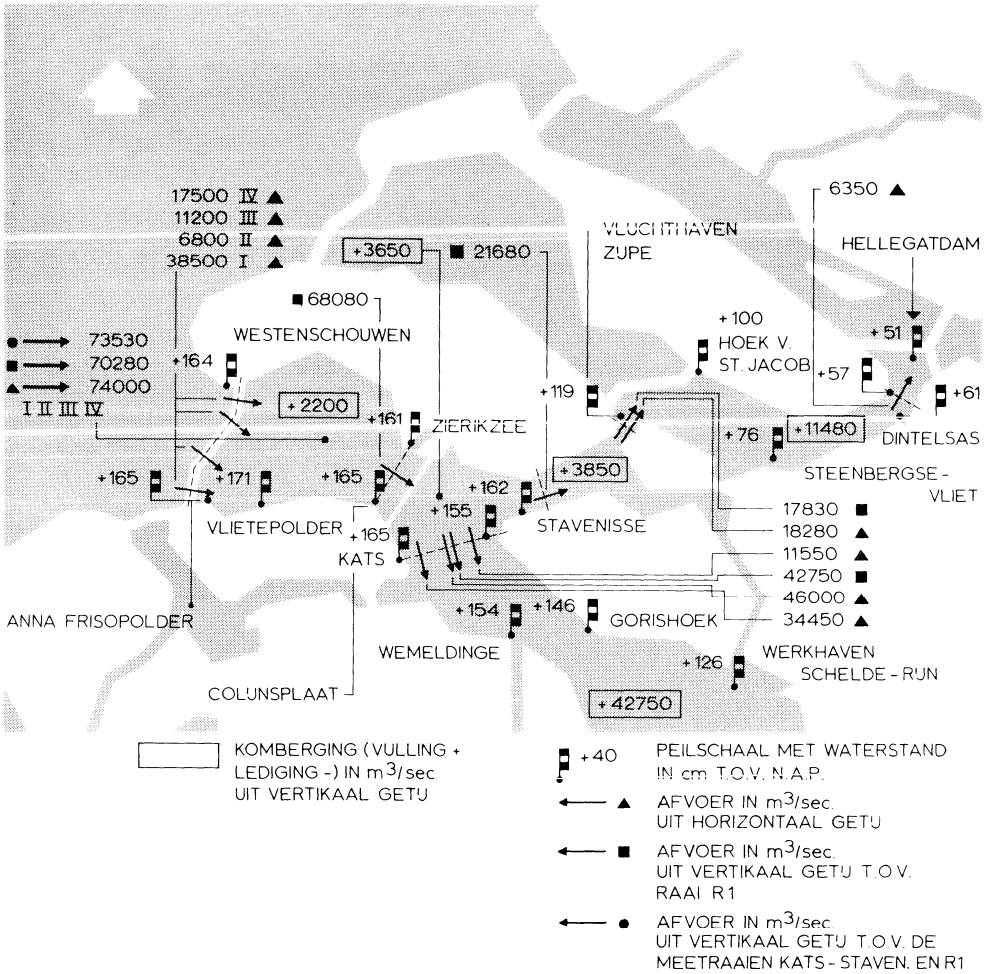
Snelheidsverticalen bij maximale ebsnelheid;
stroommeting van 11 september 1968

Natuurmetingen

Het gebied dat in het overzichtsmodel M 1000 wordt weergegeven omvat het gehele Oosterscheldebekken en daarnaast nog het Keeten, het Mastgat, het Zijpe, de Krammer en het Volkerak. De westelijke grens loopt van Domburg op Walcheren over de Domburger Rassen langs de westrand van de Banjaard en verder over de Bollen van het Nieuwe Zand naar de Oude Hoeve, ongeveer 3 km benoorden de lichttoren van Haamstede op Schouwen-Duiveland. Aan de oostzijde wordt het weergegeven gebied begrensd door een lijn loodrecht op het midden van het Hellegat, ter hoogte van Willemstad.
Alle gegevens die in het model zijn ingevoerd en op basis waarvan vervolgens prognoses worden geformuleerd over het gedrag van het systeem onder invloed van wijzigingen in de configuratie, moeten vanzelfsprekend eerst aan de werkelijkheid worden ontleend. Hoe nauwkeuriger het gebied uit metingen bekend was, hoe getrouwer ook de voorstelling ervan in het model kon wezen. De meeste gegevens die men voor de bouw en de inrichting van een overizichtsmodel nodig had, konden worden afgeleid uit bodempeilingen, waterstandsmetingen en stroommetingen.
Het gehele gebied wordt sinds 1959 minstens één maal per jaar gepeild in evenwijdige raaien, die gemiddeld 200 m van elkaar liggen. De totale raailengte bedraagt 2600 km. De peilingen dienen om de modelbouw mogelijk te maken, maar ook en allereerst om na te gaan aan welke veranderingen de geulen en banken in het gebied onderhevig zijn.
De bodemdiepte wordt aan boord van meetvaartuigen geregistreerd met behulp van een echolood. De plaatsbepaling geschiedt in de smallere stroomtakken, zoals op het traject Keeten–Volkerak, aan de hand van bakens op de wal; op de brede Oosterschelde wordt gebruik gemaakt van het Decca-net. De tijdsverdeling wordt automatisch op de registratierollen mee afgedrukt; waarneming van de waterstand ter plaatse maakt het mogelijk de gemeten diepten te herleiden tot diepten beneden N.A.P.
Op basis van deze metingen kunnen dwarsprofielen en peilkaarten getekend worden. De bodem van M 1000 is geprofileerd op grond van een serie peilingen in 1967.
Het verloop van de waterstanden, ook wel genoemd het 'verticale getij', kon worden afgeleid van een aantal registrerende peil-

schalen in het meetgebied. In het door ons beschouwde gebied beschikte men voor een lange periode over getijkrommen van een groot aantal peilschalen, die echter alle waren opgesteld aan de waterkant. Zodoende was van het verticale getij langs de platen en in de geulen niets bekend. Ook voor de mond van de Oosterschelde ontbrak elk gegeven.
Om voor nabootsing van de waterbeweging in het model te kunnen dienen, moest het waarnemingsnet dus sterk worden uitgebreid. Bovendien bleek dat de meting van het verticale getij op enkele plaatsen, zoals te Vrouwenpolder, Burghsluis, Wemeldinge, Beneden Sas, Dintelsas, en Willemstad, sterk werd beinvloed door bijkomstige factoren zoals spuigang of verzanding.
Om in de gebleken lacunes te voorzien werd besloten het aantal peilschalen belangrijk uit te breiden en ze alle simultaan gedurende een geheel getij visueel waar te nemen. De meting voltrok zich op 24 en 25 juli en op 7 en 8 augustus 1968; gedurende 15 uur werd om de vijf minuten een waterstandsmeting verricht.
De uitgestrektheid van het beschouwde gebied maakte het onmogelijk om met het beschikbare materieel in één simultane meting alle vereiste gegevens bijeen te krijgen die nodig zijn voor een getrouwe weergave in het model van de hydraulische situatie. In plaats daarvan werden op een aantal verschillende dagen in een geselecteerd aantal raaien in het meetgebied stroommetingen uitgevoerd. Bij zo'n gedetailleerde meting wordt een duidelijk beeld verkregen van de stroomsnelheidsverdeling in een raai, en na een aantal rekenkundige bewerkingen, van de





debieten door die raai.
Voor het uitvoeren van zulke metingen beschikt de Deltadienst over een kleine vloot van meetschepen, waarmee alle meetpunten van één raai, en soms zelfs van meer dan één raai tegelijk kunnen worden bemeten. Vóór met een stroommeting wordt begonnen, neemt men snel met een registrerend echolood het bodemprofiel in de raai op. De plaatsen waar gemeten zal worden in het profiel, worden vervolgens bepaald. Gewoonlijk wordt een aantal meetpunten gekozen op onderling regelmatige afstand, maar ter plaatse van grote diepteverschillen worden de meetschepen dichter bij elkaar gelegd, zodat men door interpolatie ook de waarden in de tussenliggende punten kan schatten. De schepen worden zo verankerd dat de meetapparatuur zich in de raai bevindt.

In elk punt wordt, teneinde een goed overzicht te krijgen van de verticale snelheidsverdeling, op een aantal hoogten tussen oppervlak en bodem gemeten. De verticaal moet in 15 minuten worden doorlopen, waarmee aan de ene kant wordt voorkomen dat elke puntmeting te kort duurt om een goed beeld te geven van de werkelijkheid; en aan de andere kant dat het getij tijdens de meting zoveel verloopt, dat er geen sprake meer is van een momentane snelheidsverticaal. Op die manier worden in een meetpunt gedurende 13 uur achtereen elk kwartier de snelheid en de richting van de stroom in de verticaal opgemeten. Daaruit kan de gemiddelde snelheid over de verticaal worden afgeleid, en tegen de tijd uitgezet leveren al die gemiddelden een voorstelling van het horizontale getij in een bepaald punt. Voor het berekenen van de

hoeveelheid water die per tijdseenheid door een raai stroomt, worden de stroomsnelheden ontbonden, waarbij de component loodrecht op de raai wordt uitgezet als ordinaat. De uiteinden van deze componenten worden verbonden door een vloeiende kromme, zodat men op elke plaats in het dwarsprofiel de gemiddelde snelheid loodrecht op de raai kan aflezen. Vermenigvuldiging met de waterdiepte levert het debiet per eenheid van breedte op. Na het tekenen van deze waarden op de bijbehorende plaatsen in de raai, ontstaat een diagram waarvan de oppervlakte het debiet weergeeft door het gehele dwarsprofiel op één bepaald tijdstip. De vermenigvuldiging van debiet en tijd levert tenslotte het totale eb- en vloedvolume op.

In de loop van 1968 werden voor het verkrijgen van gegevens als de bovengenoemde stroommetingen verricht ten behoeve van model M 1000, en wel: op 12 en 13 juni in de raai Kats-Stavenisse, op 26 en 27 juni in raaien bij Zijpe en Dintelsas en op 27 en 28 augustus in het tracé van de Oosterscheldedam. Om al die metingen, die vanzelfsprekend werden verricht onder verschillende weers- en getij-omstandigheden, onderling vergelijkbaar te maken, werd een vierde simultane stroommeting uitgevoerd op 10 en 11 september, waarbij in elk van de genoemde raaien op een aantal referentiepunten werd gemeten. Bovendien werd tegelijk van een groot aantal peilschalen de waterstand afgelezen. Het was toen springtij, hetgeen de betekenis van meetfouten relatief geringer maakt. Ter controle werd aan de hand van in 1967 verrichte peilingen nog een kombergingsberekening uitgevoerd. Daartoe werd het gebied tussen de raai bij Dintelsas en het tracé van de Oosterscheldedam in een aantal vakken verdeeld, en werd van elk vak vastgesteld hoeveel water er per half uur in- of uitstroomde. De gemeten afvoeren in een aantal raaien werden vergeleken met de uit de komberging berekende afvoeren in diezelfde raaien. Er bleek een zeer redelijke overeenstemming van de uitkomsten. Interessant is nog de verdeling van het vloed- en ebvolume over de geulen in de Oosterscheldemond. Bij vloed trekt 53% van het volume door de Roompot naar binnen, 23% door de Hammen, 16% door de Schaar van Roggenplaat en 8% door de Geul. Bij eb zijn deze cijfers respectievelijk 55, 21, 19 en 5.

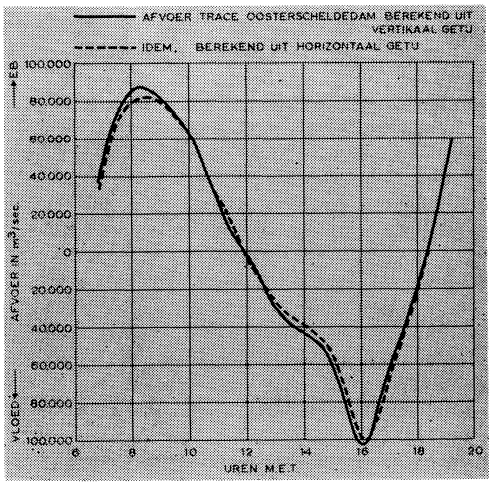
De ijking van M 1000 is aanvankelijk verricht aan de hand van de getijgegevens van 11 september 1968. Na de afsluiting van het Volkerak was de toestand echter zo veranderd, dat opnieuw een vergelijking tussen model en natuur noodzakelijk werd geacht. Daarom hebben op 6, 7 en 8 oktober 1971 opnieuw simutane stroom- en peilschaalwaarnemingen plaatsgevonden in het tracé van de Oosterscheldedam. Ten tijde van deze metingen was niet alleen het Volkarak afgesloten, maar waren ook reeds drie werkeilanden in het tracé van de Oosterscheldedam aangelegd, namelijk de eilanden Roggenplaat, Neeltje Jans en Noordland.

Behalve de stroommetingen in de vier sluitgaten van de Oosterscheldedam zijn zowel in de vloed- als de ebperiode drijvermetingen uitgevoerd rondom het werkeiland Roggenplaat. Ze werden uitgevoerd met twee meetboten voorzien van een aantal 2 meter lange stokdrijvers. In bovenstrooms van de drijfvakken gelegen raaien werden de drijvers op vooraf vastgestelde plaatsen te water gelaten. Het moment van tewaterlating werd genoteerd. De drijvers werden door de meetboten gevolgd, waarbij hun positie van tijd tot tijd werd vastgesteld met behulp van het Deccaplaatsbepalingssysteem. De looptijden werden op de meetboten op stopwatches afgelezen. Op deze wijze werden de gemiddelde stroomsnelheden in de bovenste waterlaag van ongeveer 2 m dikte bepaald.

Uiteindelijk werden de metingen van 7 oktober

De belangrijkste hydraulische gegevens aangaande het Oosterscheldegebied op basis van de metingen op 11 september 1968

Afvoer door het tracé van de Oosterscheldedam, berekend uit horizontaal en verticaal getij; 11 september 1968



1971 het meest geschikt bevonden voor de herijking van model M 1000.

Het mathematisch één-dimensionaal overzichtsmodel

De recente ontwikkeling van de computertechniek en de voor het oplossen van getijproblemen beschikbare rekentechnieken maken het thans mogelijk naast hydraulische ook mathematische overzichtsmodellen te construeren. De voorwaarden die noodzakelijk zijn voor het simuleren van de juiste hydraulische omstandigheden in het detailmodel, kunnen thans evengoed aan een mathematisch als aan een hydraulisch overzichtsmodel worden ontleend. Onze kennis betreffende een aantal verschijnselen die zich in de omgeving van sluitgaten voordoen, zoals ontgrondingen en wervelstraten, laten zich echter nog moeilijk langs wiskundige weg beschrijven. Mathematische detailmodellen van sluitgaten zijn derhalve nog niet mogelijk.
Daar het gebruikelijk is om de verlangde gegevens bij kostbare en ingrijpende waterstaatkundige werken zekerheidshalve volgens verschillende methodieken te benaderen, is van het gebied dat in het hydraulisch model M 1000 wordt voorgesteld, ook een mathematisch model gemaakt. Hiertoe werd dit gehele gebied geschematiseerd tot een één-dimensionaal geulenstelsel. Dit stelsel bestaat uit ongeveer 40 knooppunten en 60 onvertakte getijgeulen of takken. Door zijn vele takken en knooppunten benadert dit één-dimensionale model van de Oosterschelde de twee-dimensionale toestand. Opgemerkt moet evenwel worden dat de vervallen die optreden onder invloed van de aardrotatie in dit model buiten beschouwing blijven. In de randvoorwaarden voor het verticale getij in de Oosterscheldemond is de invloed van de aardrotatie echter wel opgenomen, daar ze afkomstig zijn uit natuurmetingen. In het hydraulisch model worden die krachten door zogenaamde Corrolistollen kunstmatig opgewekt, maar in het mathematisch één-dimensionaal model worden ze buiten beschouwing gelaten.
De rekentijd plus uitvoertijd van de gegevens in dit mathematische model bedraagt op de middelgrote Eliottcomputer van de Rijkswaterstaat ongeveer een uur. Na dat uur kan men voor elk moment in twee opeenvolgende getijden zestig inlichtingen opvragen aangaande de waterstanden en 120 inlichtingen betreffende de stromen. Voor de berekening wordt een impliciete methode gehanteerd. Waterstanden en afvoeren worden bij deze methode berekend voor iedere knooppunt, waarbij de grens van twee takken die in elkaars verlengde liggen, ook als een knooppunt wordt opgevat, terwijl de lengte van de takken flexibel is. Dit systeem maakt een vereenvoudiging mogelijk van de schematisering, en geeft de mogelijkheid tot een betere benadering van de werkelijke rivierfiguratie.
Het hydraulisch en het mathematisch model zijn beide op dezelfde natuurmeting geijkt. In eerste instantie werd daarvoor een meting van 10 en 11 september genomen, toen het Volkerak nog open was, en later een van 7 oktober 1971, toen het Volkerak al was afgesloten. Men kon toen meteen een indruk krijgen van de invloed die deze afsluiting volgens de twee verschillende modellen op de hydraulische toestand uitoefende.
In het gebied vanaf het damtracé in de Oosterschelde tot aan het Zijpe stemmen de beide modellen goed overeen wat betreft hun voorstelling van de veranderingen in de waterstanden. Verder gaande in de richting van de Volkerakdam nemen de veranderingen in de laagwaterstanden volgens het mathematisch model iets meer toe dan volgens het hydraulische. Van de veranderingen die de stromen in de verschillende meetraaien tengevolge van de Volkerakafsluiting ondergaan, geven beide modellen hetzelfde beeld. Het maximale ebdebiet ter plaatse van de Oosterscheldedam neemt zowel volgens model M 1000 als volgens het mathematisch model toe met 8%, terwijl de stroom door de raai Kats-Stavenisse praktisch niet verandert. De stroomkromme in het Zijpe, waar volgens het hydraulisch model het maximale ebdebiet toeneemt met 19% en het maximale vloeddebiet vermindert met 11%, vertoont volgens het mathematisch model in de overeenkomstige situaties een vermeerdering van 24% en een vermindering van 14%. In elk geval blijkt, dat het hydraulisch en het mathematisch model praktisch tot vrijwel dezelfde resultaten komen. De stroom door de raai Kats-Stavenisse veranderde praktisch niet, omdat het oostwaarts van die lijn gelegen deel van de Oosterschelde door de afsluiting van het Volkerak nauwelijks wordt beïnvloed.

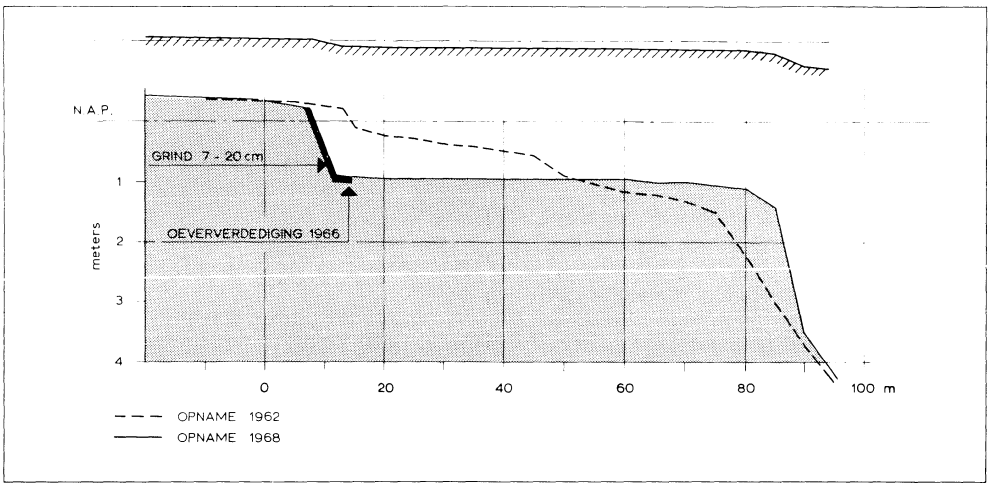
Aan deze twee modellen en aan het detailmodel M 1001 zullen dus waterloopkundige prognoses worden ontleend die voor het ontwerp en de uitvoering van de Oosterscheldeafsluiting onmisbaar zijn. Het onderzoek in de modellen zal daarna echter nog moeten worden voortgezet ter bestudering van een aantal vraagstukken die uit de afsluiting voortvloeien, zoals de windeffecten op het toekomstige Zeeuwse Meer, de waterbeheersing, en dergelijke meer.

De oevers van de Deltameren

Wanneer een primaire Deltadam is gesloten en er een vast waterpeil is ingesteld op het bekken erachter, wordt de overgangszone tussen land en water veel smaller dan hij voor de afsluiting was. Toen stonden ten gevolge van een tijverschil van om en nabij 3 m de platen, slikken en schorren van het gebied voortdurend bijna in hun geheel bloot aan de werking van het bewegende water. Na de afsluiting zijn de overgangszones beperkt tot de randen van de overigens drooggevallen platen, slikken en schorren. Golven en stromingen op het afgesloten bekken vormen een zekere bedreiging voor de instandhouding van deze vele tientallen kilometers lange oevergebieden. Wil men ze optimaal geschikt houden voor natuurbescherming en recreatie, dan zullen er zekere maatregelen genomen moeten worden. De problematiek daaromheen wordt in het nu volgende artikel nader belicht.

De stromingen van een open estuarium kunnen in enkele uren tijds grote massa's bodemmateriaal verplaatsen. Geulen worden daardoor uitgeschuurd en oevers aangetast, terwijl op plaatsen waar stroomverlamming optreedt, juist weer bodemmateriaal wordt afgezet. Door de regelmatige afwisseling van eb en vloed heffen de gevolgen van die massale zandverplaatsingen elkaar echter goeddeels op. Waar bij eb uitschuring optreedt, kan de vloed weer aanzanding te zien geven, en andersom. Op korte termijn gezien treden er daardoor nauwelijks veranderingen op in de grote lijnen van de morfologische opbouw van een gebied: de processen van uitschuring worden min of meer gecompenseerd door de processen van aanzanding. Grote veranderingen komen in dit systeem evenwel toch voor, wanneer namelijk op de ene plaats de uitschuring en op de andere plaats de aanzanding en aanslibbing de overhand heeft. Deze veranderingen blijken pas op lange termijn, en aan hoe lange termijnen men daarbij soms wel moet denken, wordt geïllustreerd door de vele namen van platen in het Deltagebied met een thans niet meer te achterhalen betekenis, zoals Hompelvoet, Galgeplaat en Haringvreter.
Na de afsluiting van een estuarium treedt een geheel ander mechanisme in werking. Dan is er niet meer het getij dat zorgt voor afbraak en opbouw maar het wordt vrijwel alleen de wind, die zijn invloed doet gelden. De wind veroorzaakt naast golven ook een – betrekkelijk zwakke – stroming in het water. De gezamenlijke werking van deze beide invloeden leidt in een ondiepe zone onder de waterspiegel tot een langdurig voortgaand proces van uitsluitend afbraak, overal waar de meerbodem zich tot binnen deze zone verheft.
Het weggevoerde bodemmateriaal wordt in dieper water afgezet langs de randen van de geulen die een ondiepte begrenzen. De getijbeweging heeft er vóór de afsluiting voor gezorgd dat een geaccidenteerd gebied ontstond van door geulen gescheiden platen, slikken en schorren. Het afbraakproces na het wegvallen van het getij heeft de neiging het gebied sterk te nivelleren, tot een waterplas met een vrij gelijkmatige minimumdiepte.
Dit aantastingsproces is het resultaat van een ingewikkeld en nog niet geheel verklaard samenspel van een groot aantal met elkaar samenhangende verschijnselen. Dat het zich voordoet, is komen vast te staan op grond van 10 jaar achtereen overal in het Veerse Meer verrichte metingen van de veranderingen in de bodemligging. Voor een goed begrip van het vervolg van dit artikel lijkt het dienstig enkele van deze verschijnselen nader te beschrijven; dan kan de lezer zich tenminste enig idee vormen, hoe het afbraakproces zich voltrekt.
De door de wind veroorzaakte golven brengen het wateroppervlak in min of meer heftige beweging; tot een zekere diepte wordt deze beweging overgedragen op de onderliggende

waterdeeltjes. Hoe dieper in het water, hoe minder de waterdeeltjes in beweging geraken; tenslotte is de beweging geheel gedempt. Bevindt de bodem van het water zich nog binnen de werkingssfeer van een golf aan de oppervlakte, dan zal het water dichtbij de bodem bij het passeren van golven een heen en weer gaande beweging maken langs een lijn die evenwijdig loopt met de voortplantingsrichting van de golf. Die beweging kan zo sterk worden dat ook een gedeelte van het bodemmateriaal mee heen en weer wordt gesleept.
Behalve golven veroorzaakt de wind ook een regelmatig voortgaande stroming in het water – de driftstroom –, die eveneens wordt meegedeeld aan de diepere waterlagen. Door verschillende oorzaken kan de richting van de driftstroom afwijken van de voortplantingsrichting der windgolven. In het eenvoudigste geval, wanneer beide richtingen samenvallen, is het gemakkelijk in te zien dat de boven beschreven heen en weer gaande beweging van een waterdeeltje dicht bij de bodem van een ondiepte wordt versterkt in de richting van de driftstroom, en wordt verzwakt in de tegenovergestelde richting; dat waterdeeltje beweegt zich dus schoksgewijs voorwaarts. Ook wanneer de afzonderlijke werking van driftstroom en golven niet in staat zou zijn om het bodemmateriaal in beweging te brengen, dan kan hun gezamenlijke werking dat veelal wel.
Er wordt dan bodemmateriaal op min of meer grillige wijze in de richting van de driftstroom meegesleept. Ook in het meer algemene geval dat de richting van golven en driftstroom sterk uiteenloopt, zullen de beide invloeden op het bodemmateriaal elkaar versterken. Komt het bodemmateriaal in beweging, dan zal het zich verplaatsen in de richting van de driftstroom. Voor het uiteindelijk bewegingseffect is de driftstroom dan dus bepalend. Wat zich nu in werkelijkheid in de afgesloten bekkens afspeelt, is veel ingewikkelder dan de hiervoor beschreven schematiseringen. Wij kunnen daarvan voornamelijk het eindresultaat goed waarnemen: de door geulen omgeven ondiepten midden in de Deltameren komen op deze manier steeds dieper onder water te liggen, terwijl het weggevoerde materiaal aan de lijzijde van de ondiepte wordt afgezet langs de rand van een geul. Dat gaat zo door totdat de bodem buiten de werkingssfeer van driftstroom en golven is gekomen. Het kan heel lang duren voordat dit evenwicht zich heeft ingesteld, aangezien hevige stormen, waarvan het effect diep in het water reikt, zeer zeldzaam zijn. Op welke diepte het evenwichtsniveau ligt, is van veel factoren afhankelijk. Behalve de ter plaatse optredende golfhoogten zijn onder meer ook de fijnheid van het bodemmateriaal van belang en de onderlinge samenhang van de korrels. Om de gedachten te bepalen: de stabiele diepte kan enige malen zo groot zijn als de er mee corresponderende golfhoogte. Ook nabij de oevers van platen, slikken en schorren veroorzaakt dit afbraakmechanisme een verdieping van de bodem; daar doet echter tevens het verschijnsel van de retourstroom of vereffeningsstroom zijn invloed gelden.
Bij aanlandige wind zal de drifstroom aan de oppervlakte op de oever gericht zijn; over de bodem wordt deze waterbeweging dan



echter gecompenseerd door een van de oever af gerichte vereffeningsstroom. Het door de wind in de hogere waterlagen meegesleepte water wordt door de oever tegengehouden, en stroomt dan langs de bodem weer terug. Is de aanlandige wind krachtig genoeg, dan wordt het water nabij de oever zo sterk in beweging gebracht, dat de retourstroom het bodemmateriaal verplaatst naar dieper water, verder uit de oever. Ook het materiaal dat door brekende golven uit de oever wordt losgemaakt wordt grotendeels op die manier afgevoerd – des te gemakkelijker wanneer de bodem schuin afloopt – en afgezet op een plaats waar het buiten bereik is van de golfwerking.
Dit proces van oeveraantasting verloopt sneller naarmate de onderwateroever onder een steilere helling staat, naarmate het bodemmateriaal ter plaatse fijner van korrel is en minder samenhangt, en naarmate de oever vaker aan krachtige winden is blootgesteld. Worden er geen kunstmatige belemmeringen in de weg gelegd, dan gaat dit aantastingsproces door totdat zich een onderwateroever heeft gevormd met een zo flauwe helling dat de energie van op de oever aankomende golven dermate geleidelijk wordt afgebroken dat op geen enkel punt nog bodemmateriaal in beweging wordt gebracht door de gezamenlijke werking van golven en retourstroom. Oevermetingen in het Veerse Meer, waar ook na meer dan 10 jaren sedert de afsluiting nog nergens in de oeverzones een stabiele toestand is ingetreden, wijzen er op dat men hierbij moet denken aan hellingen in de orde van grootte van 1 : 500. In het Grevelingenbekken zou deze evenwichts-



Aangetaste oever nabij De Punt op het eiland Goeree; foto van september 1972

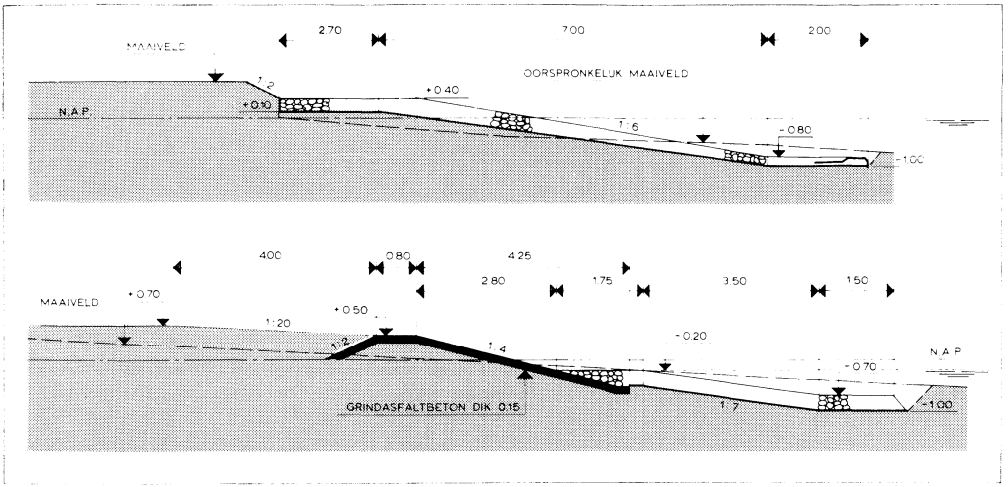
Links: Oeverafslag van het eiland Haringvreter in het Veerse Meer

helling betekenen dat er van de grote door diepe geulen omgeven platen op de lange duur niet veel overblijft. Dat is om verschillende redenen niet toelaatbaar. In de Deltabekkens is al voldoende wateroppervlakte beschikbaar. Voor drooggevallen landoppervlakten is echter een zo grote belangstelling, ook als men alleen denkt aan bestemming voor recreatieve doeleinden en voor natuurbescherming, dat slechts in beperkte mate kan worden voldaan aan de behoeften ten aanzien van deze veel ruimte eisende vormen van grondgebruik.
De oeveraantasting moet derhalve tot staan worden gebracht. Het ligt voor de hand dit te bewerken door langs de waterlijn een oeververdediging aan te brengen. Verdere achteruitgang van de oever wordt daardoor voorkomen. De waterzone buitenwaarts van de

verdediging echter, die voor zover ze reeds aan de afslag ten offer is gevallen aanvankelijk zeer ondiep zal zijn, wordt zoals we hiervoor gezien hebben, gedurende lange tijd steeds dieper en dieper, totdat ter plaatse de evenwichtstoestand is bereikt. In het ontwerp van de oeververdedigingen moet met de te verwachten voortgaande verdieping rekening gehouden worden.
In het Veerse Meer zijn daarom enkele oevers die dichtbij vrij diep water liggen lans de oeverlijn bestort met grind 7–20 cm onder een helling van 1 : 6. Deze combinatie van materiaalgrofheid en taludhelling blijkt de op het Veerse Meer voorkomende golfslag tot dusver goed te weerstaan. Het hangt van de omstandigheden tijdens de uitvoering van het werk af, hoever dit talud naar beneden toe nog vrij gemakkelijk kan worden ontgraven.

Meestal kan men niet zover komen als in verband met de komende verdieping van de vooroever noodzakelijk is. In dat geval wordt waterwaarts van de teen van de grindglooiing een horizontale berm aangelegd van 2 m breed. Onder invloed van de verdere ontgrondig zal deze berm langzamerhand schuin achterwaarts wegzakken tot een bepaalde helling is bereikt. Wanneer de ontgronding aan de buitenzijde van de verdediging sterker zou doorzetten dan verwacht was, kan men vanaf het land op eenvoudige wijze het extra benodigde grind bijstorten. Onder het grind is vooraf een bodemafdekking van kunststofweefsel gelegd. De dikte van de grindlaag kan daardoor iets worden beperkt. Om verschillende redenen is dit weefsel ook doorgezet onder het grind op de onderwaterberm, hoewel het daar wel eens zou





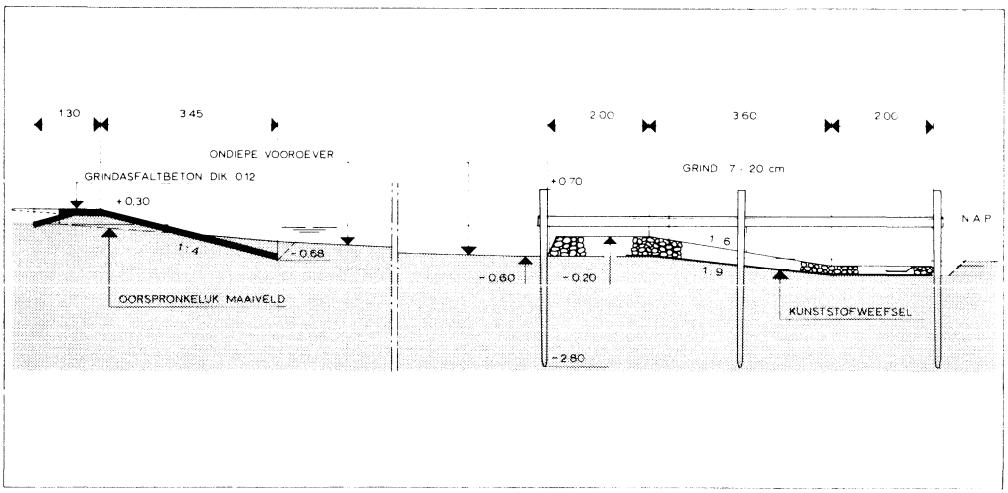
Oeververdediging van grind langs een recreatie-oever in het Veerse Meer (boven); ontwerp van een oeververdediging van grind en grindasfaltbeton langs een recreatie-oever in het Grevelingenmeer (beneden)

Links: Oeveraantasting in het Veerse Meer, voor de Zuidvlietpolder op Zuid-Beveland. De waterstand is 20 cm verlaagd

kunnen verhinderen dat de berm op soepele wijze in een glooiend talud verandert. De ervaring is nog te kort om daarover al conclusies te formuleren.
Om de uitloop van de golven op te vangen wordt de grindglooiing opgetrokken tot een paar decimeters boven het waterpeil. De recreanten blijken dit in het zicht blijvende grind soms echter als speelmateriaal te gebruiken. Grof grind dat zo in het gras van de aangrenzende oeverstrook terecht komt bemoeilijkt het maaien, en in het water gegooide stukken kunnen baders en zwemmers verwonden. Langs druk bezochte recreatieoevers moet daarom de voorkeur gegeven worden aan grindasfaltbeton voor de strook boven water, al is dat dan ook kostbaarder. Doorslaggevend om juist grindasfalt te kiezen was de overweging dat een gesloten, min of meer starre verdediging op het grensvlak met het gegraven talud vooral geen holle ruimte mag bevatten waarin materiaal uit het grondvlak kan binnendringen. Ten gevolge van de waterbeweging onder de verdediging zou de constructie dan namelijk de onontbeerlijke steun van het grond-talud verliezen, en in elkaar kunnen zakken.
De constructie moet dus dicht zijn en goed aansluiten op het gegraven talud. Langs oevers die pas in de veraf liggende toekomst druk bezocht zullen worden, zal ook voor het boven water liggende deel van de verdediging grind kunnen worden gebruikt. Wanneer de vooroever later in zijn evenwichtstoestand is gekomen, kan worden overwogen, dat grind oppervlakkig vast te leggen met een asfaltprodukt of iets dergelijks.
De hiervoor beschreven verdediging langs de oeverlijn zal in het algemeen worden aangelegd op plaatsen waar de ondiepe vooroever maar smal is. Op den duur zal ze, ook waar de ondiepe vooroever zich over een grotere breedte uitstrekt, de scheiding gaan vormen tussen een hooggelegen oever en een zone met vrij diep water, waar bij aanlandige wind al gauw een sterke golfslag zal staan. Zo'n oever is minder geschikt voor gezinsrecreatie, omdat het water te diep is voor kleine kinderen. Wie vlak bij de oever wil zwemmen, kan hier juist wel terecht.
Om het te water gaan te vergemakkelijken zullen dan korte steigertjes over de grindbestorting heen moeten worden gebouwd. Iets langere steigers kunnen langs zo'n oever goed dienen als aanleggelegenheid voor boten, en ook hengelaars zullen ze weten te waarderen.
Uit een oogpunt van natuurbescherming heeft

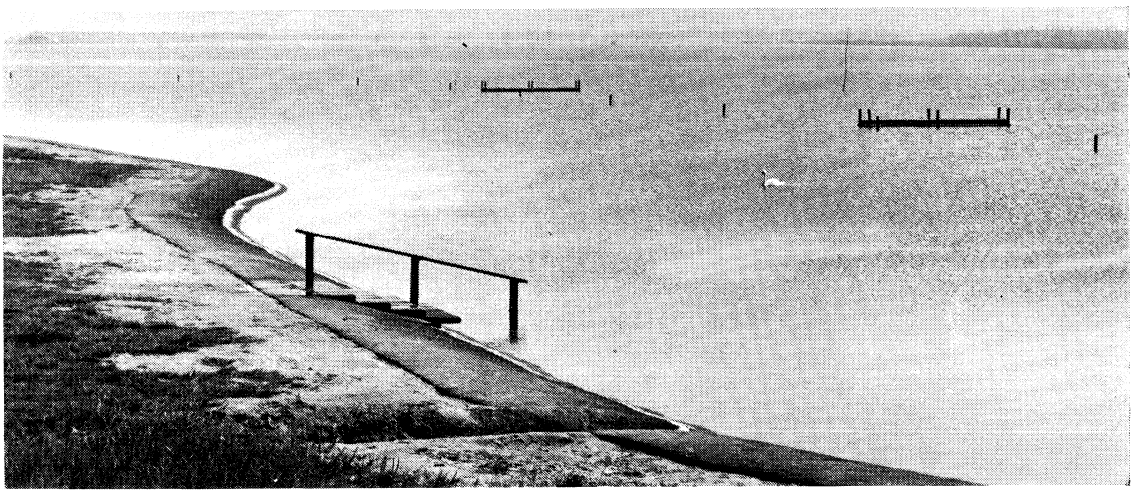
een dergelijke verdediging slechts waarde omdat ze de achteruitgang van natuurgebieden verhindert. Maar als nadeel geldt, dat de tijdens de periode van afslag gevormde flauw hellende oeverstrook, waardevol als overgangszone tussen twee milieu-typen, erbij verloren gaat. Wat dit betreft lopen de wensen van gezinsoeverrecreatie en natuurbescherming parallel. Beide belangen zouden een oeverzone die van enkele decimeters boven water tot enkele decimeters onder water flauw afhelde en waar het water ook bij sterke aanlandige wind rustig bleef, ten zeerste op prijs stellen. Voor de gezinsrecreatie is het gewenst dat deze zone doorloopt tot 80 cm onder de waterspiegel. Ook voor de natuurbescherming vormt deze maat wellicht een goed uitgangspunt. De betekenis van rustig ondiep water voor het dierlijk en plantaardig leven is genoegzaam bekend. Gewezen kan ook worden op het feit dat fouragerende steltlopers en zwemeenden zich niet begeven in water van meer dan respectievelijk ongeveer 10 en 50 cm diep.

Waar zo'n flauw hellende brede oeverzone van nature reeds aanwezig is of door afslag is ontstaan, kan een belangrijk deel ervan inderdaad behouden blijven. Men moet dan langs een bepaalde dieptelijn, bijvoorbeeld die van 80 cm, een golfkering aanbrengen, waarachter dan vaak nog een vrij brede ondiepe waterzone ligt die niet beschermd wordt. Die laatste zone geeft men op, maar het dikwijls tientallen meters brede gedeelte tussen de golfkering en de waterlijn kan behouden blijven. Wil men elke verdere aantasting van de beschermde onderwateroever tegengaan, dan moet de golfkering reiken tot enkele decimeters boven het waterpeil. Waar bij krachtige aanlandige wind een verhoging van de waterspiegel optreedt, zal de golfkering ook nog met de maat van die opwaaiing moeten worden verhoogd. Ondanks de eventuele doorlatendheid van de golfkering wordt het water in de ondiepe oeverzone dan nagenoeg van het buitenwater afgesloten. Mede onder invloed van de hogere temperatuur die dit water daardoor in het zomerseizoen bereikt, en wellicht ook van de grotere temperatuurschommelingen gedurende het etmaal waaraan ondiep water bloot staat, kunnen er ongewenste biologische processen worden gestimuleerd, zoals uitbundige algengroei, afgewisseld door afstervingsprocessen. Deze effecten zullen minstens voor een deel kunnen worden tegengegaan door de golfkering op een aantal plaatsen te onderbreken. Ter hoogte van de openingen, die bijvoorbeeld 20 m breed moeten zijn, kan de aantasting van de oever doorgaan. Wil men dat verhinderen, dan moet de oever ter plaatse worden verdedigd. De verdere aantasting zal daar dan beperkt blijven tot een verdieping van de ondiepe vooroever.



Het water achter de golfkering kan beter worden ververst wanneer men de bovenkant van de golfkering legt op 10 à 20 cm onder het normale waterpeil, en er daarbij ook nog een aantal openingen in aanbrengt. Reeds bij zwakke aanlandige wind wordt het buitenwater over deze golfkering gestuwd naar de ondiepe zone; de compenserende retourstroom voert het water weer naar buiten door de openingen. Dit circulatiesysteem vindt men ook bij de zwinnen en muien langs de Noord-

zeekust. De grote golven breken op zo'n golfkering, de kleinere golven schieten er overheen en zij kunnen voortgaande aantasting van de oeverlijn veroorzaken, zij het in sterk verminderde mate. Toch kan men de verminderde voortgaande aantasting ongewenst achten, hetzij omdat verder verlies van landareaal niet kan worden geaccepteerd, hetzij omdat het bij aantasting vrijkomende bodemmateriaal de ondiepe zone te zeer kan gaan verondiepen. Maar achter een lage golfkering kan de verdere teruggang van de oever worden verhinderd door daar een summiere secundaire verdediging neer te leggen, bijvoorbeeld in de vorm van een smalle grindrichel. Langs recreatie-oevers is dit weer minder raadzaam, vanwege het reeds genoemde speelse grindgebruik door recreanten; daar geniet dus een asfaltglooiing de voorkeur. Onder water wordt asfalt glad door algengroei, en dat is ook bij een smalle zone voor kinderen heel vervelend bij het te water gaan. Het verdient daarom aanbeveling op enkele plaatsen in de glooiing traptreden aan te brengen. Wanneer zo'n smalle secundaire oeververbinding is aangebracht, zal de aangrenzende waterzone over een zekere breedte verder worden verdiept onder meer door de kleine golven die de golfkering passeren. De flauw hellende bodem achter de golfkering wordt daarbij enigszins afgevlakt, althans aanvankelijk. Onder invloed van het zwin- en mui-effect kan de flauwe helling op de lange duur op een lager niveau weer terugkeren. De mate waarin dat gebeurt kan van plaats tot plaats sterk verschillen; ze is onder meer afhankelijk van de aard van het bodemmateriaal en van de ligging van de oever ten opzichte van de meest frequent voorkomende krachtige winden.



Recreatie-oever bij de haven van Amperland; de golfkering onder water is gemarkeerd door palen en voorzien van zwemsteigers. Langs de oeverlijn ligt een secundaire verdediging van asfalt.

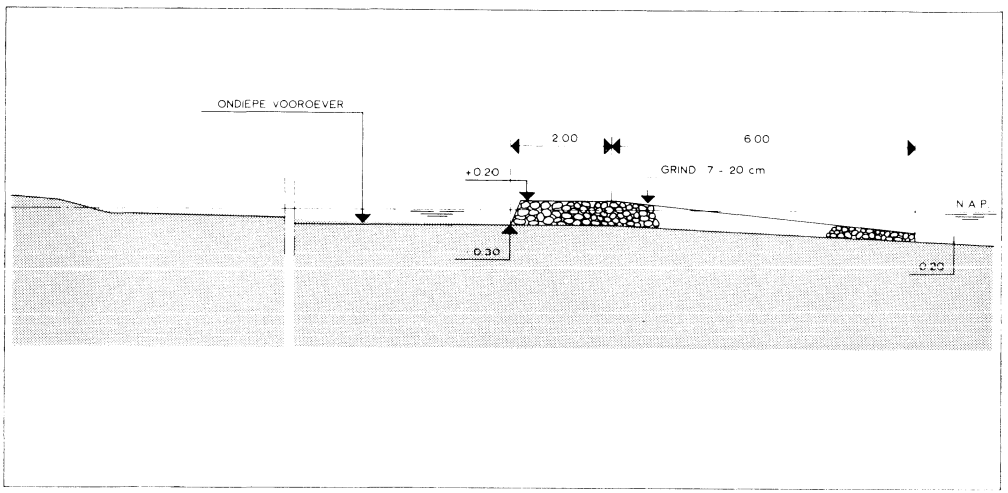
Links: Golfkering met zwemsteiger en secundaire verdediging langs de Schotsman in het Veerse Meer

De openingen in de golfkeringen geven zwemmers gelegenheid het open water buiten de golfkering te bereiken. Boven de golfkering kan men daartoe bovendien nog houten vlonders plaatsen, die net boven het water uitsteken en zo lang zijn als de golfkering breed is. In het Veerse Meer blijken zulke bruggetjes op zichzelf al een grote attractie te vormen.

Voor de golfkering zelf zijn in principe een groot aantal constructies mogelijk. Bij het bepalen van een nadere keuze dient men zich af te vragen welke golfbestendige materialen tegen redelijke prijzen aan de markt komen, en welke materialen onder de gegeven omstandigheden goed kunnen worden verwerkt.

Voorts dient de constructie te voldoen aan de eis dat ze bij een belangrijke bodemverlaging aan de buitenzijde in stand blijft; en dat ze ook bestand is tegen ijsgang. In het Veerse Meer en ook voor de nog aan te leggen golfkeringen in het Grevelingenmeer is de keus gevallen op hetzelfde grind 7–20 cm dat ook voor de oeververdedigingen wordt gebruikt. Dit is het meest grove grind dat onder bepaalde voorwaarden nog in voldoende hoeveelheden te krijgen is. De ervaringen die er tot nu toe mee zijn opgedaan wekken de verwachting dat dit grind onder een helling 1 : 6 de golfslag in het Veerse Meer zal kunnen weerstaan, al moet een definitieve uitspraak dienaangaande worden uitgesteld totdat de bodem buiten de golfkering zich op de bij elke situatie passende diepte zal hebben gestabiliseerd.

Het grind voor de golfkeringen kon in het Veerse Meer tijdens de lage winterwaterstand vanaf de landzijde worden uitgereden met door tractoren voortgetrokken kipkarren, en ook met vrachtauto's. In de natuurgebieden veroorzaakte deze werkwijze in een brede strook langs de oever een onaanvaardbare beschadiging van de bodem. Naderhand heeft men het materiaal dan ook uitgereden vanuit in het water aangelegde depots. Die depots werden tijdens het hoge zomerpeil op een ondiep oevergedeelte in het water gevormd door rechtstreeks lossen uit schepen, die 40 m van het depot lagen. De tussenliggende afstand werd met een kraan en een lopende band overbrugd. Toen het winterpeil was ingesteld, stond ter plaatse van de depots nog 30 tot 40 cm water, maar dat vormde voor de trekkers en kipkarren geen



In het Veerse Meer zijn de golfkeringen langs de voor recreatie bestemde oevers veelal dicht bij de winterwaterlijn gelegd. 's Zomers staat daar dan 60 tot 70 cm water, terwijl de breedte van de beschermde waterzone 50 tot 80 m bedraagt. Langs de natuurgebieden is daarvan afgeweken. De golfkering is daar gelegd langs een lijn waar 's zomers 30 tot 40 cm water staat. Voor een deel moet deze werkwijze worden toegeschreven aan een zekere voorzichtigheid die in acht is genomen toen de ervaring met dit verdedigingssysteem nog gering was. In de voor het Grevelingenmeer opgestelde plannen is de golfkering langs de brede ondiepe vooroever zowel van recreatiegebieden als van natuurgebieden zoveel mogelijk ontworpen langs de dieptelijn van N.A.P.-1 m, dus 80 cm beneden het streefpeil van het meer.

bezwaar. Door het lage winterpeil van het Veerse Meer ligt de grondslag in het tracé van de golfkering tijdens die ene helft van het jaar vrijwel droog. Dat biedt de mogelijkheid, de stabiliteit van de constructie tegen ontgronding enigszins te vergroten door tot een diepte van enige decimeters een talud te ontgraven, dat af te dekken met een kunststofweefsel en het grind daarop te leggen.
Om nog dieper gaande ontgrondingen op te kunnen vangen is de teen van de constructie uitgebreid met een 2 m brede horizontale berm, die later onder een helling kan komen te staan.
Bij de laatste in het Veerse Meer uitgevoerde kilometers golfkering is het ontgraven van een talud achterwege gelaten. De golfkering bestaat daar alleen uit een hoeveelheid grind die in de vorm van een dam of een matras op

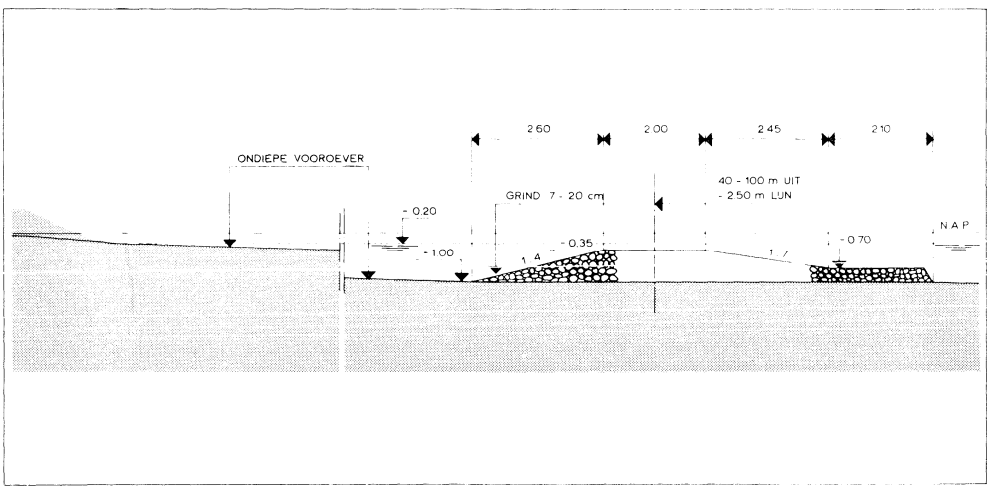
de meestal vrijwel horizontale bodem ligt. Proefnemingen lijken namelijk te bevestigen dat een ruwweg op het maaiveld gestorte grinddam onder invloed van de oeverafslag wordt omgevormd tot een goed onder profiel liggende grindglooiing.
Daarmee is vooruitgelopen op de omstandigheden in het Grevelingenmeer, waar 's zomers en 's winters hetzelfde peil wordt aangehouden. Ter hoogte van de gekozen dieptelijn ontbreekt dan de mogelijkheid een talud te maken. Het grind moet in het water worden aangebracht, en er bestaat voorkeur voor een methode waarbij het grind rechtstreeks uit het schip in het werk wordt gestort. Er is nu een werkwijze ontworpen om het grind met behulp van een kraan en een paar lopende banden tot ongeveer 100 m uit de zijkant van een schip te lossen. Door dat schip en de hulpwerktuigen te verhalen langs de oever, kan men dan tamelijk continu grind in het werk storten. Een hydraulische kraan brengt het grind vervolgens onder profiel.
Onder water zal het er dan aanvankelijk nog vrij onordelijk bij liggen, maar zoals we gezien hebben is de belangrijkste eis dat er overal in de dam voldoende grind aanwezig is om het talud dat onder invloed van de golfslag zal worden gevormd, af te dekken tot een vooraf bepaalde diepte. Grind leent zich voor dit doel heel goed; de ronde vormen ervan passen ook goed in een recreatiegebied.
Omdat de oorspronkelijk gelegde dam in de loop der jaren sterk van vorm zal veranderen, is het natuurlijk onmogelijk, hierbij een kunststofweefsel ter afdekking van de bodem toe te passen.
In het Grevelingenmeer gaat men hetzelfde soort grind gebruiken als in het Veerse Meer. Wellicht zou men daar, omdat langs enkele oevers in het Grevelingenmeer op den duur een sterkere golfslag zal gaan optreden, grover grind moeten gebruiken om dezelfde helling van 1 : 6 te kunnen aanhouden en daarmee dezelfde hoeveelheden per m te kunnen blijven verwerken. Grover grind wordt echter niet in voldoende hoeveelheden geleverd. Voor zover het grind onder een helling wordt verwerkt, houdt men in het Grevelingenmeer een iets flauwer talud aan, van 1 : 7, terwijl een zekere overmaat van grind ervoor moet zorgen dat ook een eventueel flauwer talud geen verrassingen oplevert. Mocht op sommige plaatsen na een aantal jaren blijken dat de kruin van de grinddam toch niet tegen de steeds sterker wordende golfslag bestand is, dan zal alsnog

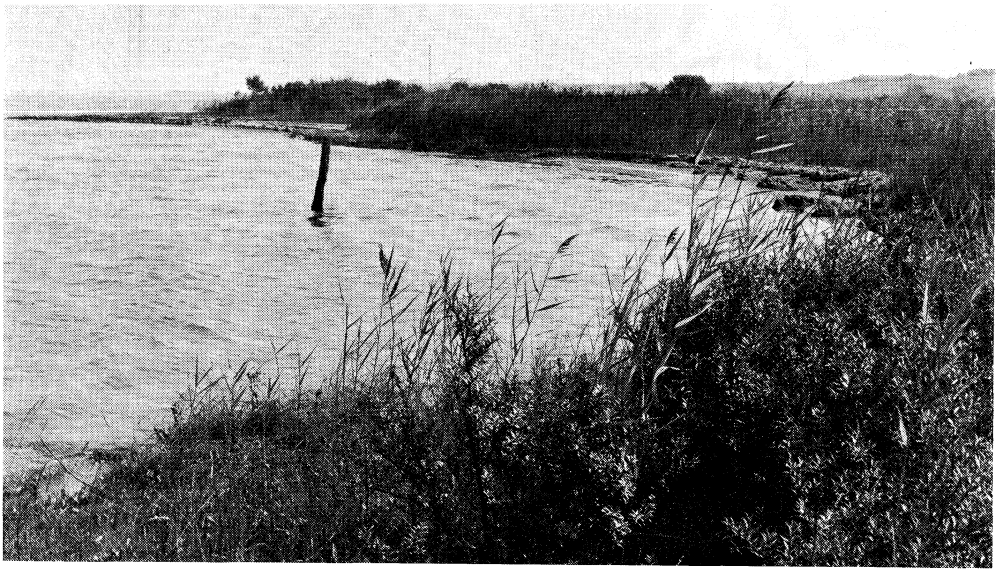


Natuurgebied 'de Middelplaten', in tekening en in werkelijkheid. Op de achtergrond de boven water uitstekende golfkering van grind

een aanvullende versterking kunnen worden aangebracht van lichte stortsteen. Dat materiaal is duurder, en het is ook scherpkantig, wat het in een recreatiegebied onaantrekkelijk maakt. Er zal dan ook pas in uiterste noodzaak gebruik van worden gemaakt.
In het Veerse Meer bestaan de beschreven constructies al enkele jaren; maar er is nog geen ervaring opgedaan met ijsgang zoals die na een periode van strenge vorst kan optreden wanneer de dooi plotseling invalt en er een krachtige wind waait. De verwachting is, dat de grinddammen er niet veel hinder van zullen ondervinden. De vrij fragiele steigertjes echter die op een aantal plaatsen over de grinddammen zijn gebouwd, en de palen die de openingen in golfkeringen markeren ten behoeve van zwemmers, zullen waarschijnlijk minder tegen ijsgang bestand zijn. In kleinere plassen is meermalen gebleken dat zelfs zware dukdalven niet voldoende weerstand kunnen bieden aan een door de wind in beweging gebracht ijsveld. Het heeft dan ook niet veel zin de houten constructies ten koste van veel geld zwaarder te construeren. Het enige wat men voorlopig, in afwachting van een eerste strenge winter, kan doen, is de steigertjes zo goedkoop mogelijk maken, en ze zo min mogelijk buiten de golfkering laten uitsteken. Als algemene maatregel kan verder worden aanbevolen om het peil tegen het einde van een periode met sterke ijsvorming zo ver mogelijk naar beneden te brengen.

In aansluiting op deze meer technische beschouwing over de bescherming van de oevers der Deltameren willen we ook nog even ingaan op de gevolgen die de afsluiting van de Oosterschelde in dezen kan hebben. De studie van de toekomstige waterstaatkundige inrichting der Deltameren is in volle gang. Daarbij komt thans indringender dan voorheen de vraag aan de orde hoe men moet staan tegenover de eventuele verzoeting van de zoute bekkens in het Deltagebied, speciaal vanuit het gezichtspunt van de recreatie en van de natuurbescherming.
In nauw verband daarmee wordt de vraag gesteld naar de mogelijkheid en de wenselijkheid van dagelijkse peilwisselingen of peilwisselingen over langere perioden. Uit verschillende publikaties is gebleken dat men in natuurwetenschappelijke kring een sterke voorkeur heeft voor zoute bekkens met peilwisselingen, en daarmee gepaard gaande stromen, die enigszins als een vervanging van het getij zouden kunnen worden beschouwd. Het onderzoek naar de aard en de natuurwetenschappelijke waarde van de leefgemeenschappen die achter de dammen zouden kunnen worden gerealiseerd, duurt nog voort, onder meer bij de afdeling Milieuonderzoek van de Deltadienst. Deze aspecten van natuurbescherming worden in dit artikel verder niet aangeroerd. Slechts over de recreatieve vooruitzichten kan op dit moment iets zinnigs gezegd worden. De recreanten zullen de verschillen tussen zout en zoet, tussen vaste en variërende peilen in hoofdzaak alleen gewaar worden in de oeverzones. Het verschil tussen zout en zoet water zal daar vooral tot uiting komen in de begroeiing van een smalle zone landwaarts van de waterlijn en in de aard van flora en fauna in het gebied van de ondiepe vooroever. De natuur-





Natuurlijke begroeiing langs een nog onverdedigde oever in het Veerse Meer

Ontwerp van een golfkering langs natuurgebieden in het Grevelingenmeer

lijke oeverbegroeiing langs een zout meer zal weinig verschillen van die langs een zoet meer, en te minder naarmate de oever hoger is en minder blootgesteld aan bij harde wind overstuivend zout spatwater. De geringheid van het verschil moet daaraan worden toegeschreven dat zich in de bodem van de door zout water omgeven gebieden na verloop van tijd een zoetwaterlens vormt, een grondwaterlaag met een in de richting van de oevers afnemende dikte. Hoe hoger de oever, des te dikker de zoetwaterlens ter plaatse, en des te meer zal de plantengroei gelijk zijn aan die in een geheel zoete omgeving. Op lage maar beschut gelegen oevers – 10 tot 20 cm uitstekend boven het water – kan de plantengroei toch nog een zoet karakter dragen, zij het dat de vegetatie er ijler is en minder hoog opschiet.

Een veel groter verschil zal zich voordoen bij de ondiepe vooroevers. We hebben gezien dat die alleen in stand blijven waar ze beschut zijn, bijvoorbeeld door een golfkering. Wanneer het water zoet is, kunnen daar dan uitgebreide rietvelden en moerasvegetaties ontstaan; ook het wat diepere water geeft een uitbundige groei te zien van allerlei waterplanten. De golfkeringen zelf en de oeververdedigingen van grind zullen grotendeels door begroeiing aan het oog worden onttrokken. Is het water zout, dan zullen er waterwaarts van de oeverlijn geen boven het water uitstekende, in de bodem wortelende planten voorkomen. Ook onder water zal de vegetatie veel spaarzamer zijn en bestaan uit zeegras en wat zwevende wieren en algen. De grindverdedigingen zullen waar ze boven water uitkomen, goed zichtbaar blijven.
Welke voorkeur men nu vanuit een oogpunt van recreatie wil uitspreken is – kwesties van waterkwaliteit daargelaten – voor een groot deel een zaak van landschapswaardering. Het beeld dat de oevers van een zoet meer te zien geven, kennen we al, van het Brielse Meer en andere grote meren in ons land. Hoe de vegetatie zich ontwikkelt aan de oevers van een zout meer, wordt over enige jaren zichtbaar in het afgesloten Grevelingenbekken. De oevers van het Veerse Meer leveren geen goed voorbeeld, want dat meer is brak, en het zomerpeil ligt er 70 cm hoger dan het winterpeil. Dit laatste heeft tot gevolg dat de zoetwaterlenzen zich tijdens de regenperiode van de winter goed kunnen ontwikkelen, zelfs tot een eind buiten de zomerwaterlijn. Wanneer in het voorjaar het waterpeil omhoog komt, worden de zoetwaterlenzen mee omhoog gedrukt. Zelfs in het brakke

water vlak bij de oeverlijn kan zich dan nog, zij het moeizaam, een zoete vegetatie handhaven, die zijn wortels heeft in de zoetere ondergrond.
De voorkeur voor zout of zoet water wordt natuurlijk mede bepaald door de recreatievorm die men beoefent. Rietkragen maken een oever onaantrekkelijk voor een zwemmer die vanaf het land te water wil gaan, en in het algemeen hebben baders en zwemmers bezwaar tegen water met veel planten erin. Sportvissers daarentegen liggen graag met hun bootje in het riet.

De sterk corrosieve werking van zout water is ook een nadeel voor de kostbare attributen die de watersport meer en meer vergt. Alles wat met zout water in aanraking is geweest, wordt bedekt met een laagje zout; ook baders

Natuurlijke begroeiing langs de oevers van de Ruiterplaat in het Veerse Meer



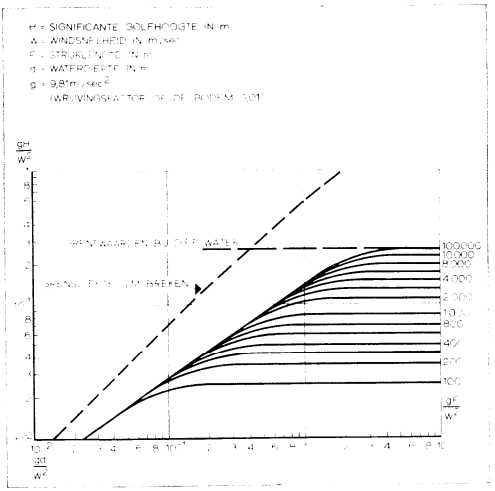
ondervinden dat, en zij zullen dus na het bad graag een zoetwaterdouche nemen.
Voor de instandhouding van voor oeverrecreatie bestemde ondiepe vooroevers biedt een zoet milieu zowel voor- als nadelen. Enderzijds zal op een aantal plaatsen de overmatige groei van riet en waterplanten noodzaken tot maatregelen, anderzijds vormt de begroeiing een fraaie secundaire verdediging, die verdere maatregelen aan de landzijde van een golfkering overbodig maakt, en een belangrijke bijdrage levert aan de instandhouding van oeverzones.
In het Veerse Meer is tenslotte gebleken dat de paalworm zich ook in stilstaand zout water zeer sterk kan ontwikkelen. De vele houten constructies in de oeverzone die met water in aanraking komen, zouden dan van paalwormbestending hout gemaakt moeten worden, wat nogal kostbaar is.
Al met al blijkt het vooralsnog moeilijk vanuit het oogpunt van de recreatie een sterke voorkeur uit te spreken voor een zout of een zoet Deltameer. De wijze waarop het Grevelingenmeer zich in de komende jaren ontwikkelt zal daarin nog wel wat meer klaarheid kunnen verschaffen. Vanuit een oogpunt van diversiteit zou te bepleiten zijn dat in een zoute Delta een zoet compartiment wordt opgenomen, en omgekeerd in een zoete Delta een zout gedeelte.
Tenslotte nog iets over de minder of meer regelmatige peilwisselingen waar wel eens voor gepleit wordt. Het in dit artikel besproken systeem van brede ondiepe vooroevers achter golfkeringen is ontworpen met als stilzwijgende vooronderstelling een vast waterpeil. Voor het Veerse Meer ligt dat peil op N.A.P., voor het Grevelingenmeer 20 cm lager. Bij een dergelijk vast streefpeil komen natuurlijk ook wel peilschommelingen voor, bijvoorbeeld als gevolg van onregelmatige lozing van het overtollige water, of van op- en afwaaiing. Zulke schommelingen blijven doorgaans beperkt tot een centimeter of tien onder en boven het streefpeil, en op het Veerse Meer blijken ze geen hinder te veroorzaken.
Het wordt wat anders als men te maken krijgt met langer durende afwijkingen naar boven en naar beneden van bijvoorbeeld een paar decimeter. Als zulke afwijkingen weinig voorkomen betekenen ze telkens een verstoring van het heersende systeem. Brede zones zullen incidenteel droogvallen of juist onder water komen, wat afstervingsprocessen op gang brengt. Wanneer het stelsel van oeververdedigingen op zulke variaties moet worden afgestemd, kan dat inhouden dat een golfkering aanmerkelijk moet worden verzwaard omdat de teen moet worden afgestemd op het laagste peil, en de kruin op het hoogste. Ook eventuele secundaire oeververdedigingen zouden er anders uit gaan zien – men zou ze moeten afstemmen op het grote peilverschil, en daarmee weer scheidingen aanbrengen tussen oeverzones met een groot hoogteverschil. Een nader oordeel over de gevolgen die peilvariaties zullen hebben voor de oeververdediging kan pas gegeven worden wanneer men weet welke variaties kunnen worden verwacht, hoe vaak, wanneer en voor hoe lang.
De peilverlaging van 70 cm die het Veerse Meer in de huidige overgangssituatie jaarlijks ondergaat in de periode 1 oktober – 1 april, blijkt voor de recreatie nauwelijks bezwaren op te leveren. Maar wanneer diezelfde peilverlaging zou voorkomen in een zeldzame droge zomer, dan zou juist tijdens goed recreatieweer de ondiepe vooroever nagenoeg droog staan. Hetzelfde verschijnsel zou dan wel aanzienlijk bezwaar opleveren.
De algemene conclusie moet zijn dat het hier voorgestelde systeem van brede ondiepe vooroevers aantrekkelijk als het is uit een oogpunt van natuurbescherming en recreatie, minder zinvol wordt naarmate de peilverschillen waarmee rekening moet worden gehouden groter zijn en naarmate ze vaker voorkomen.

Golfbeweging op de Deltameren

Bij de Deltadienst wordt sedert een paar jaar onderzoek verricht naar de golfbeweging op meren en afgesloten zeearmen. Dit onderzoek heeft ten doel, na te gaan in hoeverre de golfbeweging op de zeearmen na de afsluiting verandert, en welke prognoses daaruit kunnen worden afgeleid voor de toekomstige golfbeweging op nog af te sluiten estuaria. Kennis van de golfbeweging na de afsluiting levert één van de ontwerpcriteria voor de in de Deltameren aan te brengen oeververdedigingen langs zandplaten en eilandjes, en is daarnaast van belang voor het bepalen van de recreatieve mogelijkheden die elk van de afgesloten zeearmen te bieden zal hebben. Met name dient tijdig bekend te worden, of de afgesloten zeearmen geschikt zijn voor alle typen vaartuigen, – jachten, zeilboten, vissersboten – dan wel of wellicht sommige stukken van de afgesloten bekkens afhankelijk van de weersomstandigheden vanwege een zeer onrustige golfbeweging voor bepaalde schepen als gevarenzones moeten worden gemarkeerd. Het hier bedoelde onderzoek naar de golfbeweging op meren en zeearmen verloopt in fasen. Enkele fasen zijn reeds afgesloten. Vanadaar dat dit artikel een tussentijdse balans kan opmaken, en dat er enkele richtingen in kunnen worden aangegeven voor de nog uit te voeren fasen van het gehele onderzoek.

Wanneer het gaat waaien over een wateroppervlak dat in rust is, ontstaat er golfbeweging, in het algemeen heviger naarmate het harder waait. Het blijkt dat door het strijken van de wind over een wateroppervlak energie-overdracht plaats vindt van de bewegende lucht op het water. De windsnelheid is echter niet de enige grootheid die het uiteindelijke golfbeeld bepaalt. Andere factoren zijn de strijklengte en de windduur. Onder strijklengte wordt de afstand over het wateroppervlak verstaan waarover de wind met constante richting en snelheid waait. Onder windduur wordt de tijdsduur verstaan waarin een constante windrichting en -snelheid voorkomen. Hoe de energie-overdracht in werkelijkheid plaatsvindt, is niet bekend. Geen van de tot nu toe opgestelde hypothesen daaromtrent bevredigt geheel. Wel is het mogelijk gebleken langs empirische weg correlaties vast te stellen tussen enkele golfkarakteristieken, zoals significante golfhoogte en gemiddelde golfperiode, en de windparameters strijklengte, duur en snelheid.
In ondiep water, waarvan de diepte kleiner is dan de halve golflengte, zodat de golven waterbeweging langs de bodem veroorzaken, worden de golfhoogte en de golflengte vervormd door energieverlies langs de bodem, terwijl er ook richtingsveranderingen van de golfkammen zullen gaan optreden.
Ook voor deze ondiepe gebieden zijn empirische correlaties bekend tussen de golfkarakteristieken en de windparameters; de waterdiepte treedt daarbij dan op als derde bepalende factor. Figuur 1a geeft, louter ter illustratie, een voorbeeld van een van de meest toegepaste golfopwekkingsgrafieken. De relatielijnen zijn voornamelijk gebaseerd

a



b

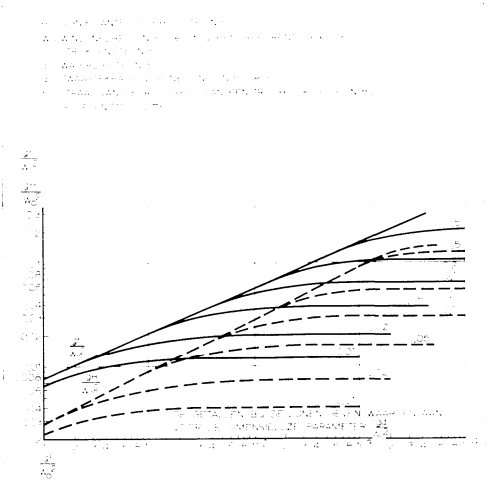


Fig. 1. Verband tussen strijklengte, windsnelheid, golfhoogte en waterdiepte boven een horizontale bodem bij onveranderlijke en langdurige windinvloed; op grond van buitenlandse metingen (a) en volgens het Waterloopkundig Laboratorium (b)

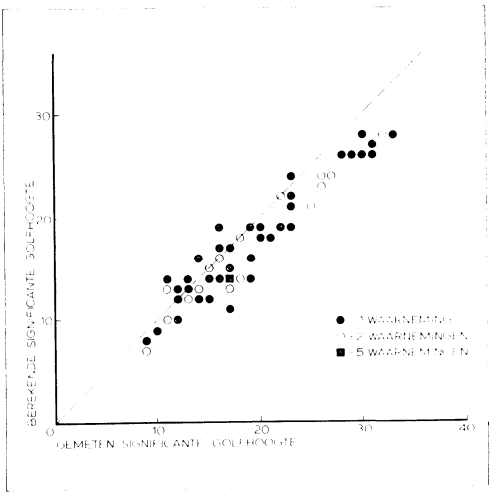
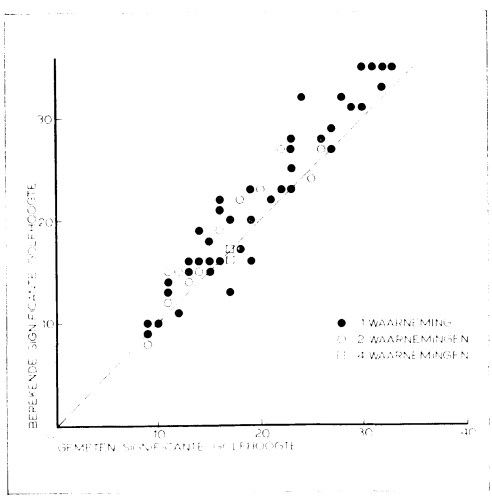
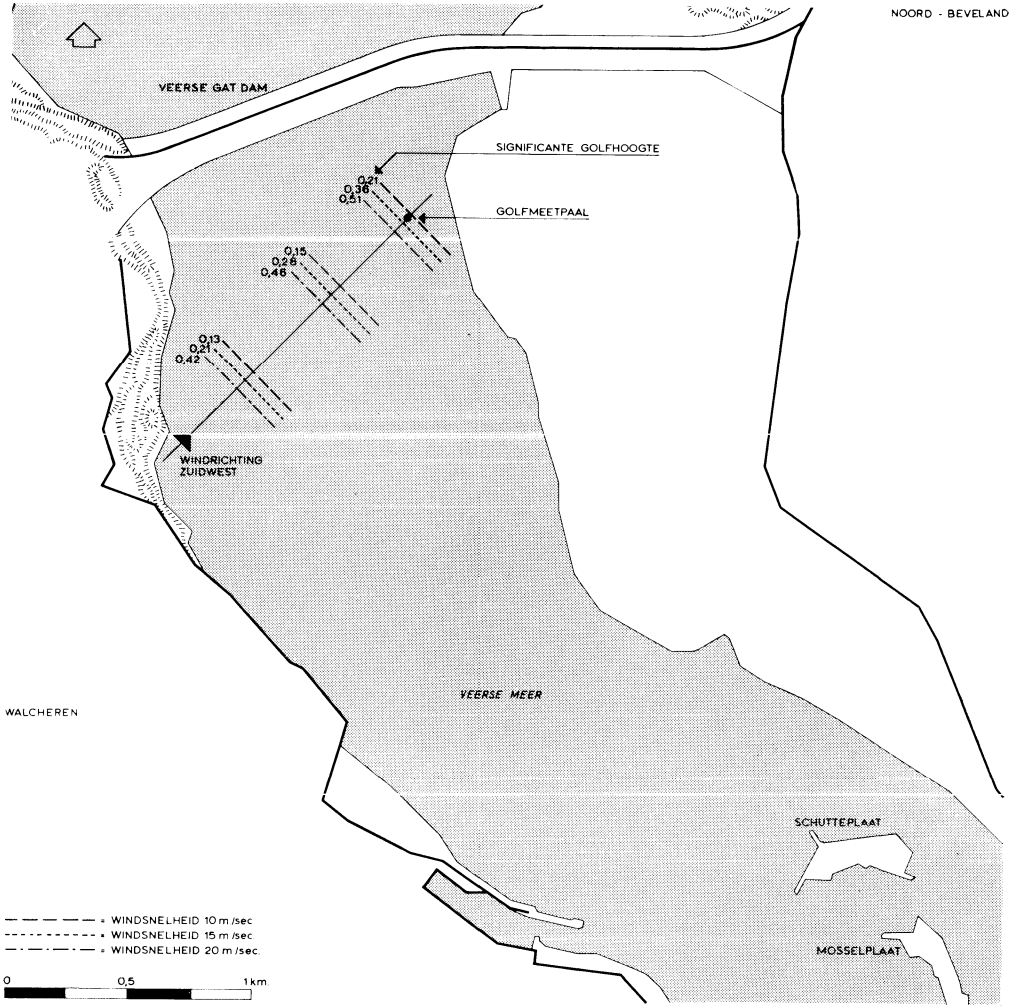


Fig. 2. Berekening van golfhoogte en - periode volgens fig. 1a (boven) en volgens fig. 1b (beneden)

op buitenlandse metingen. Ze gelden alleen boven zandige bodems. Figuur 1b geeft daarnaast een 'binnenlandse' golfopwekkingsgrafiek, voornamelijk gegrond op metingen op het IJsselmeer en in het laboratorium. De verschillen tussen beide correlaties zijn in het algemeen niet groot.

Om na te gaan of genoemde grafieken ook van toepassing zijn op de afgesloten zeearmen in Zuidwestnederland is het golfonderzoek in het voorjaar van 1970 aangevangen met een vergelijkende meting in het noordwestelijke deel van het Veerse Meer, nabij de Schotsmanplaat. Een eigenaardigheid van het proefgebied is, dat de golven er wat men noemt 'fetch limited' zijn, dat wil zeggen dat het groeien van de golven bij hogere windsnelheden beperkt wordt door de relatief kleine strijklengte (Engels: *fetch* betekent

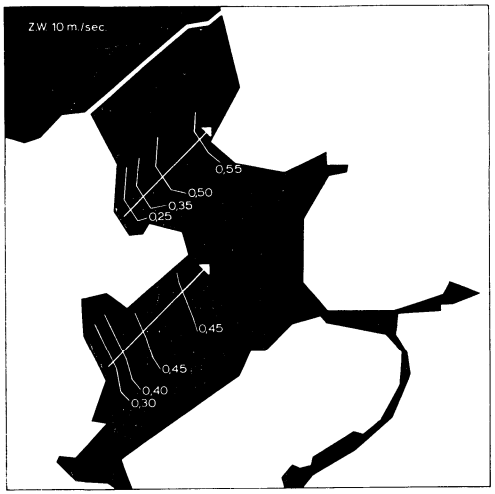


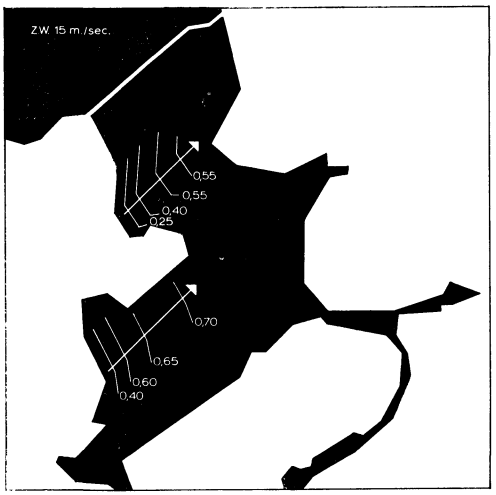


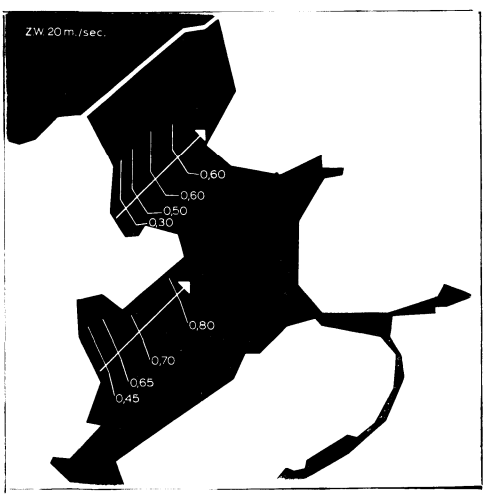
strijklengte).
De golfmetingen werden uitgevoerd met een elektrische stappenbaak in water van 5 m diepte. Tijdens de meting woei er wind uit Z.W.- tot N.W.-richtingen; de snelheid liep op tot 15 m/sec. Figuur 2, die een beeld geeft deze meting, laat zien dat er een duidelijke samenhang bestaat tussen de gemeten en de berekende waarden voor de significante golfhoogte. Wel komt de ene methode globaal 10% hoger uit dan de andere, maar er is een correlatie, evenals tussen de berekende en de gemeten golfperiode. Er wordt thans ook door de Dienst der Zuiderzeewerken golfonderzoek uitgevoerd op het IJsselmeer. Daar blijkt uit de vergelijking van metingen met berekeningen eveneens dat de golfparameters boven zandige bodems voldoende nauwkeurig volgens de genoemde golfop-

Fig. 3 (boven). Significante golfhoogten bij verschillende windsnelheden volgens de metingen van 1969 en 1970 in het Veerse Meer

Fig. 4 (rechts). Significante golfhoogten op het IJsselmeer bij verschillende windsnelheden



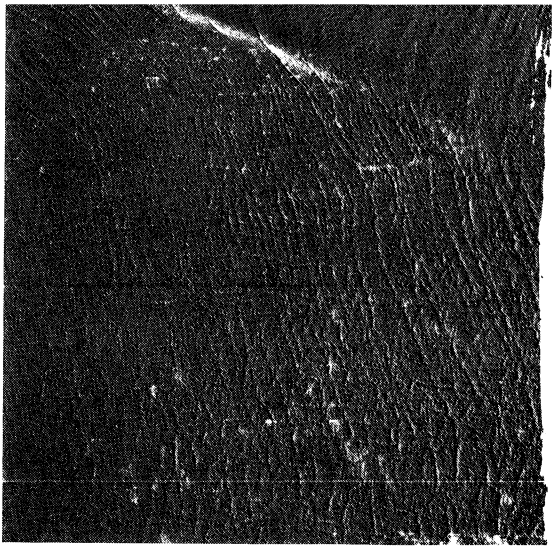


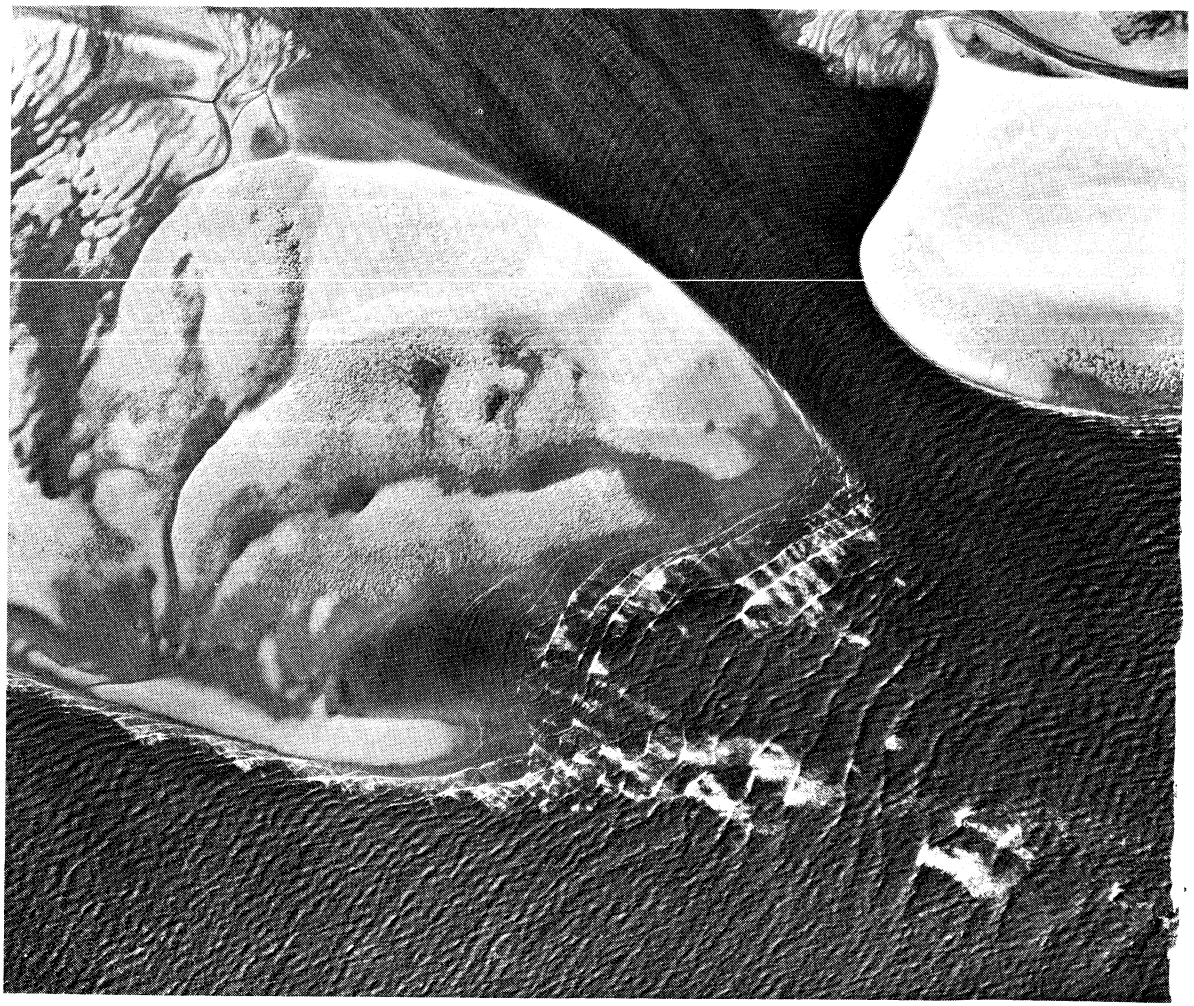


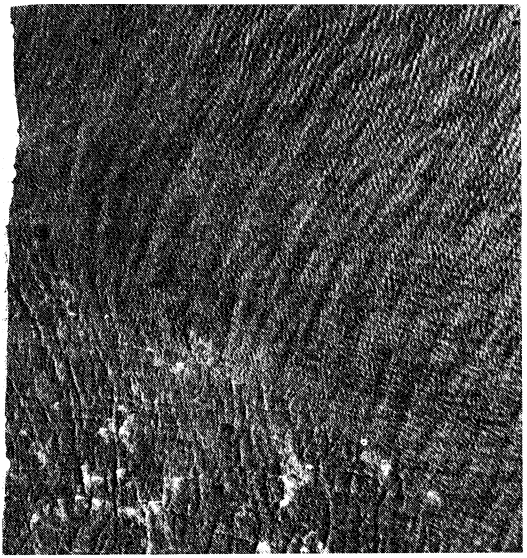
wekkingsgrafieken kunnen worden berekend uit de windparameters, de strijklengte en de waterdiepte.
Bij niet-zandige bodems zijn evenwel grotere afwijkingen gevonden tussen berekende en gemeten golfkenmerken.
In het algemeen kan voor ons land gesteld worden dat de golfparameters op water met zandige bodems voldoende nauwkeurig kunnen worden berekend, indien althans de bodem vrij vlak en min of meer horizontaal is en mits het oppervlak in verhouding tot de strijklengte van de wind voldoende breed is.
Om een indruk te geven wat voor golfhoogten er bij een niet al te hoge windsnelheden op het Veerse Meer en het IJsselmeer voorkomen, zijn de figuren 3 en 4 opgenomen, waarin de significante golfhoogten zijn weergegeven, die optreden bij Z.W.-wind van 10, 15 en 20 m/sec.
Wil men de golfparameters berekenen die bij een gegeven windsnelheid op een bepaalde plaats in een al dan niet afgesloten zeearm zullen optreden, dan staat men voor een zeer gecompliceerde opgave. Hier immers is de waterdiepte niet overal min of meer gelijk. Integendeel, het grillig verloop van de bodemvorm heeft een grote invloed op de golfbeweging. Men treft meestal een systeem aan van lange, diepe geulen tussen uitgestrekte platen of banken. Bij zo'n bodemvorm gaan verschijnselen als refractie, diffractie en reflectie het beeld van de golfbeweging vertekenen. Refractie van golven treedt op wanneer het water ondieper wordt. De snelheid van een scheef inkomende golf is dan niet meer op ieder punt van de golfkam dezelfde; de golfkam begint onder invloed daarvan te veranderen van richting. In water van gelijkblijvende diepte kan de golfkam echter eveneens van richting veranderen, en wel wanneer de golf een gebied binnendringt dat niet door het windveld beïnvloed is, of is geweest; men spreekt dan van diffractie. Terugkaatsing van golven tegen taluds heet reflectie. In de meeste gevallen treedt een combinatie op van de genoemde verschijnselen.
Daarbij komt dat de getijbeweging het beeld in open zeearmen nog weer aanzienlijk modifieert. Het verticale getij heeft invloed op de refractie- en reflectie-effecten, waardoor het voor kan komen dat gebieden die bij laagwater een bijzonder onrustige golfbeweging vertonen, bij hoogwater een veel rustiger golfbeeld laten zien. Ook kunnen de grootte en de plaats van een gebied met een onrustige golfbeweging als gevolg van waterstandsvariaties veranderen. Het horizontale getij zal de golfvorm eveneens beïnvloeden. Als de

Foto beneden: refractie en diffractie van golven

Foto rechts: interferentie van golfpatronen







stroom loopt in de richting van de golfvoortplanting, zullen de golven wat lager en daardoor minder steil kunnen worden; bij tegengestelde stroomrichting gaan de golven steiler staan. Bij stroom en wind van dezelfde richting is de schijnbare windsnelheid geringer dan die van de werkelijke wind, terwijl de schijnbare wind sterker is dan de werkelijke wanneer stroom en wind aan elkaar tegengesteld werken. In het westelijke deel van een open zeearm moet dan bovendien nog rekening worden gehouden met het doordringen van een deel van de golfbeweging die op de Noordzee is opgewekt.

Door de afsluiting van een zeearm wordt een aantal van de hiervoor genoemde factoren geëlimineerd. Het horizontale en verticale getij verdwijnen, evenals de golfdoordringing vanuit de Noordzee.

Ondanks de aanzienlijke reductie van beïnvloedende verschijnselen is het vooralsnog toch nog niet mogelijk nauwkeurige schattingen te maken van de golfparameters op afgesloten estuaria. De komende fasen van het golfonderzoek zullen dan ook gericht moeten zijn op het overwinnen van deze moeilijkheid. Daartoe zal onder meer de invloed van de geulbreedte op de golfopwekking en op de refractie, diffractie en reflectie, bepaald moeten worden.

Welke betekenis heeft nu de afsluiting van een zeearm als bijvoorbeeld de Oosterschelde voor de watersport? Een open zeearm kan alleen worden bevaren door een ervaren schipper met een zeewaardig jacht. Behoorlijke kennis van de stromingen in het vaarwater en van de verandering van omstandigheden die het gevolg kan zijn van plotselinge weersveranderingen, zijn zonder meer vereist.

Bij dit zeemanschap hoort ook een behoorlijke kennis van de golfbeweging en wat die gaat doen in tijd en plaats als gevolg van het wisselend spel van hoog en laag water.

Na de afsluiting krijgt de golfbeweging op zo'n zeearm ten gevolge van het wegvallen van eb en vloed en van de golfdoordringing vanuit zee, waarbij de deininggolven nog een bijzondere rol spelen, een geheel ander karakter. Een gevolg van die verandering is waarschijnlijk dat het aantal watersportliefhebbers dat van het water gebruik gaat maken, aanzienlijk stijgt. Met name zal men een sterke stijging te zien krijgen van het aantal kleinere boten. Er zal minder ervaring, en ook een minder zeewaardig schip nodig zijn, om zich op het water te durven wagen. Door drastische uitbreiding van het aantal jachthavens langs het bekken neemt de vluchtafstand voor schepen bij plotselinge weersverslechtering aanzienlijk af.

Tocht blijft voorzichtigheid geboden. Bij bepaalde windsnelheden en -richtingen zullen sommige gebieden die vóór de afsluiting door een ervaren schipper met gebruikmaking van de afvlakkende werking van wind en stroom wel selectief konden worden bevaren, onrustiger worden, en voor bepaalde typen boten zelfs gevaarlijk. Of een gebied als gevaarlijk of alleen als onrustig moet worden beschouwd hangt namelijk niet alleen af van absolute waarden als de 'ruwheid' van het water of de interferentie van bepaalde golfpatronen, er moet ook rekening worden gehouden met relatieve factoren, zoals de golflengte ten opzichte van de scheepslengte, of, nauwkeuriger geformuleerd, van de eigen frequenties van de verschillende scheepsbewegingen ten opzichte van in de golven voorkomende frequenties.

Het stampen van een schip – dat is een draaiende beweging om de dwarsscheepse as tegen de golven in – kan bijvoorbeeld zo hevig worden, dat het schip geen voortgang meer maakt. Ook dwars op de golven kan een naar een maximum groeiende slingering optreden, het zogenaamde rollen, waarbij het schip tenslotte water gaat maken en gevaar loopt. Het verdient overweging om gebieden waar en omstandigheden waaronder onrustige of zelfs gevaarlijke golfbeweging kan optreden op kaarten ten behoeve van de pleziervaart aan te geven.

Al spoedig na het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970 bleek dat de zoutbelasting op het Haringvliet ten gevolge van het schutbedrijf met de Volkeraksluizen belangrijk groter was dan werd verwacht. De oorzaak bleek gelegen in het gedeeltelijk in het ongerede raken van de luchtbellenschermen. De installatie is inmiddels herzien, en daarnaast zijn nog enkele aanvullende maatregelen getroffen in het belang van de zoutbestrijding. Sinds juli 1971 is de zoutbelasting van de Volkeraksluizen dan ook tot lage waarden teruggelopen.

Maatregelen ter bestrijding van het zoutbezwaar van de Volkeraksluizen

De grootte van de zoutbelasting die de Volkeraksluizen opleggen aan het Haringvliet, is berekend uit enkele incidentele zoutgehaltemetingen in en onmiddellijk buiten de schutkolken van de beide sluizen; en daarnaast door vergelijkingen van het continu geregistreerde zoutgehalte van het door Nieuwe Merwede en Amer aangevoerde, nog niet door de Volkeraksluizen beïnvloede opperwater met dat van het wèl door de sluizen beïnvloede water van het Haringvliet bij Middelharnis. Uit deze laatste vergelijking komt in feite de zoutbelasting van de Volkeraksluizen naar voren, zoals die zich halverwege het Haringvliet, na volledige menging, manifesteert.
De aldus berekende waarden zullen in het vervolg van dit artikel dan ook als „effectieve zoutbelasting van het Haringvliet" worden aangeduid. Figuur 1 toont het verloop van de weekgemiddelden van de effectieve zoutbelasting van het Haringvliet, in de periode van de afsluiting van het Volkerak op 28 april 1969 tot 16 augustus 1972. Men ziet dat de waarden van deze belasting na het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen tot ongeveer de helft teruglopen. Halverwege 1971 treedt dan opnieuw een verlaging op, nu tot relatief zeer lage waarden. Dit is de verbetering waarvan in de aanhef van dit artikel sprake was.
Is de periode waarover de effectieve zoutbelasting van het Haringvliet wordt gemiddeld voldoende lang, en hebben zich binnen die periode ook voldoende variaties voorgedaan in de afvoer- en getijomstandigheden, dan zal het gemiddelde van deze waarden gelijk zijn aan het gemiddelde van de in dezelfde periode opgetreden 'specifieke zoutbelasting' van de Volkeraksluizen. Deze laatste waarde varieert als gevolg van waterstands- en dichtheidsverschillen tussen het Volkerak en het Haringvliet, het aantal schuttingen door de sluizen, de bezettingsgraad van de kolken, en dergelijke meer. Steekproeven ter bepaling van de 'specifieke zoutbelasting' van de Volkeraksluizen kunnen dan alleen redelijk representatief geacht worden, als de omstandigheden waaronder ze werden uitgevoerd, redelijk representatief waren voor de betrokken periode. Ofschoon dit moeilijk in de praktijk valt te arrangeren, is er toch bij de opzet en de uitvoering van de steekproefmetingen op toegezien dat zo goed mogelijk aan die voorwaarde werd voldaan.
Om een indruk te geven van de wijze waarop het zoute water uit het Volkerak tijdens het schutbedrijf via de sluiskolken op het Haringvliet doordringt, zijn in fig. 2 de isohalinen – lijnen van gelijk zoutgehalte – ingetekend die tijdens een elektrische-geleidenheidsmeting werden verkregen.

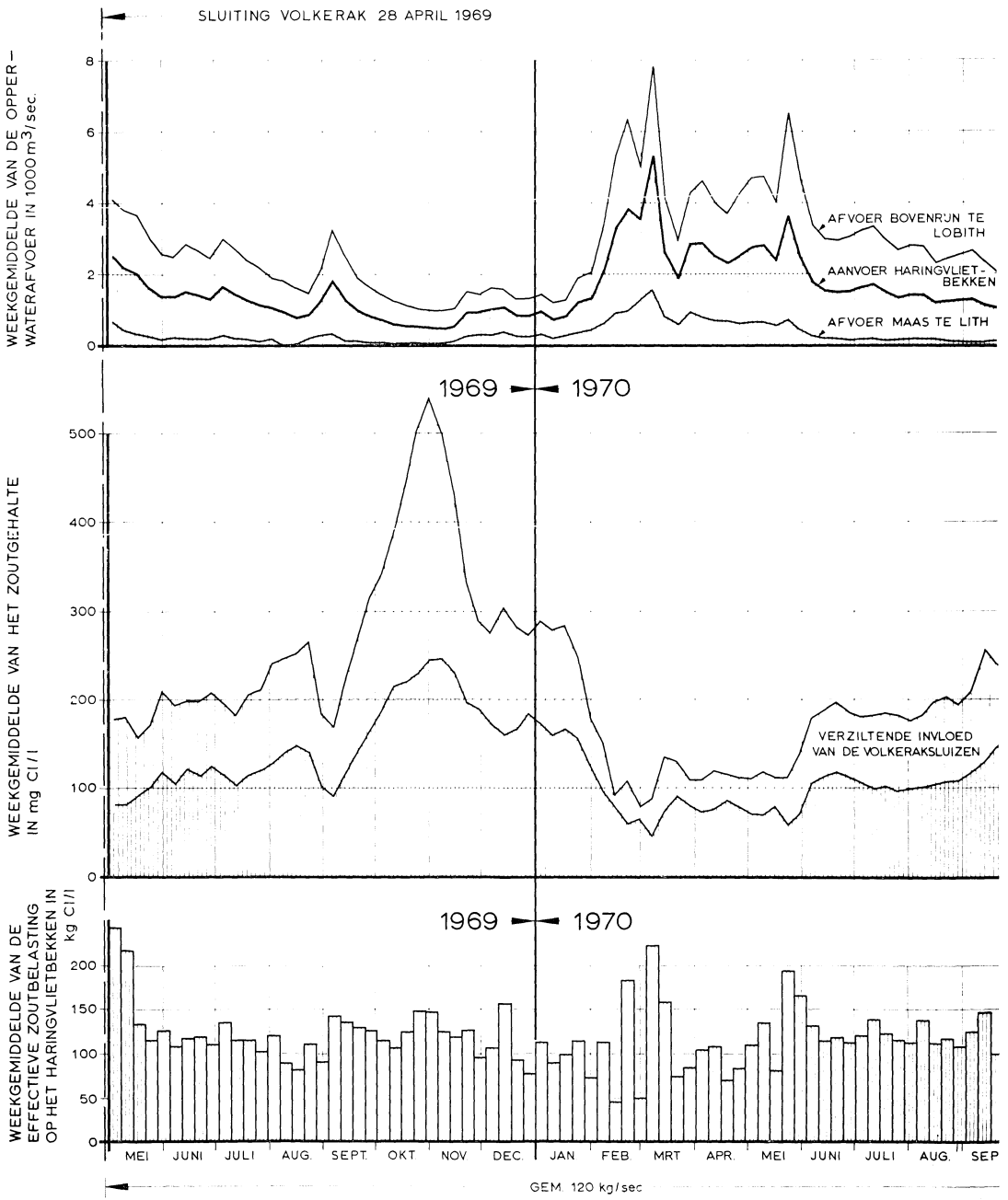
Het Hollands Diep als natuurlijke zoutvang van de Volkeraksluizen

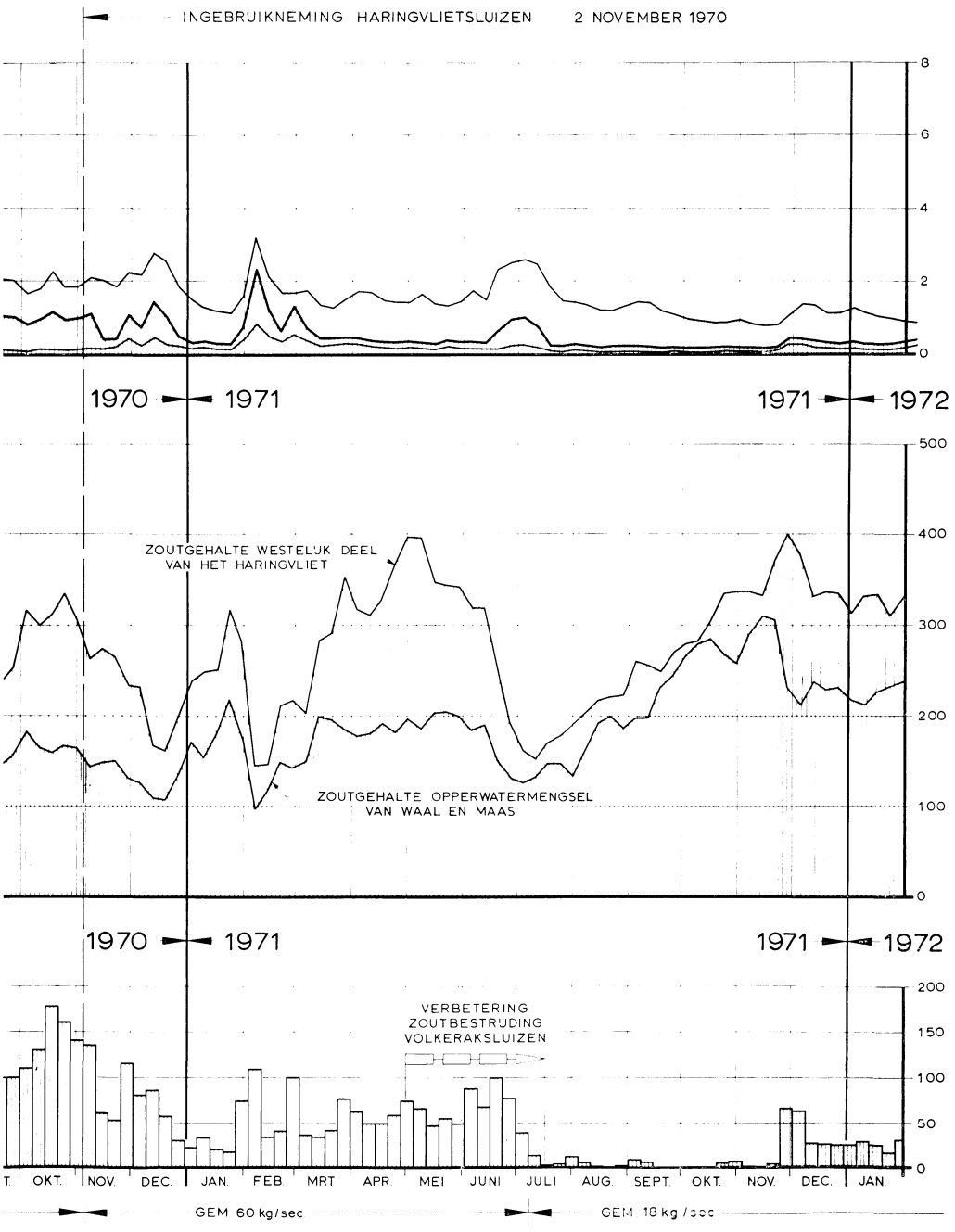
De grote variaties die na het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen begonnen op te treden in het verloop van de effectieve zoutbelasting op het Haringvliet kunnen niet zonder meer verklaard worden uit fluctuaties in de factoren die bij de bron de hoeveelheden zout bepalen die als gevolg van het schutbedrijf vanuit het Volkerak op het Haringvliet en het Hollands Diep worden gebracht. Er zijn andere invloeden aan het werk geweest.
Onderzoek heeft uitgewezen dat bij opperwater-afvoeren kleiner dan het gemiddelde slechts een beperkt deel van het zoute schut-

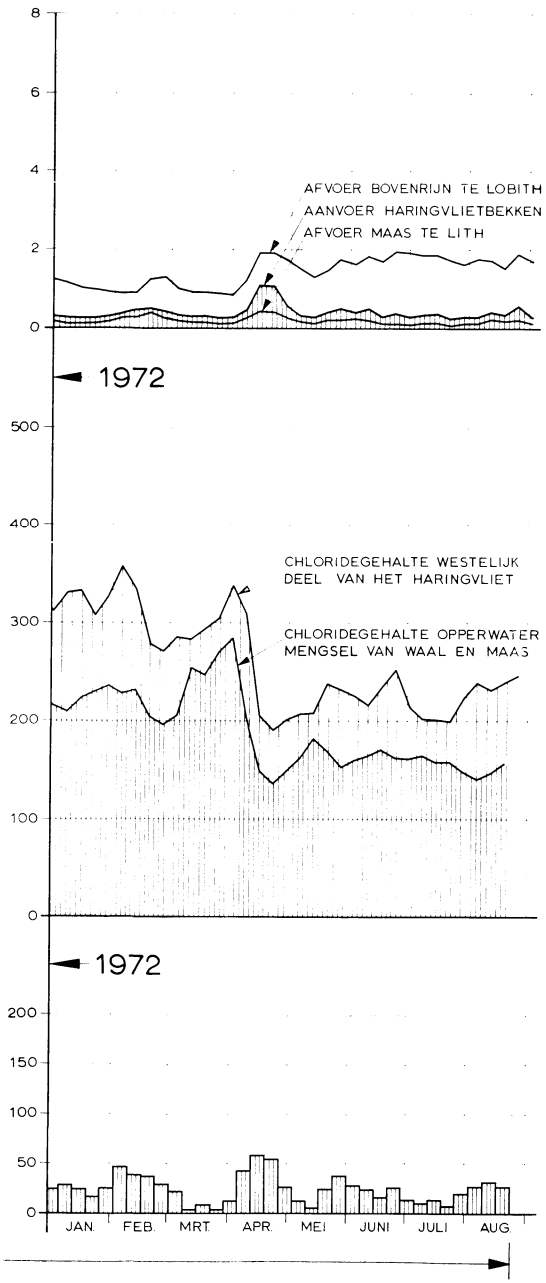


water direct buiten de mond van de noordelijke voorhaven meteen via het Haringvliet wordt afgevoerd. Het grootste en zoutste gedeelte van het schutwater stroomt bij lage opperwaterafvoeren echter over de bodem van de voorhaven naar het Hollands Diep. Daar beweegt het zich oostwaarts, dus tegengesteld aan de opperwaterafvoer, over de bodem van een 12 tot 15 m diepe stroomgeul tussen Willemstad en Noordschans; en bij nog geringere rivierafvoer zoekte het vervolgens zijn weg over de bodem van een circa 11 m diepe scheepvaartgeul, die ten dienste van het industrieterrein bij Moerdijk is gebaggerd tussen Noordschans en Moerdijk. Deze oostwaarts gerichte dichtheidsstroming wordt veroorzaakt door de bodemfiguratie van het overgangsgebied tussen het Haringvliet en het Hollands Diep. Even ten oosten van de Haringvlietbrug treffen we namelijk een betrekkelijk ondiep gedeelte van de rivierbodem aan; de noordelijke voorhaven staat daarentegen in directe verbinding met de relatief diepe stroomgeul tussen Willemstad en Noordschans.
Het verhoudingsgewijs zware zoute water kiest de weg van de minste weerstand, en belandt derhalve in de diepe geulen van het Hollands Diep waar het door dichtheidsstromen verder rivieropwaarts trekt. Gebruik makend van de genoemde geulen weet de dichtheidsstroming vooral bij kleine rivierafvoeren zelfs langs de bovenstroomse zijde door te dringen in de betrekkelijk ondiepe stroomgeul die langs de noordoever van het Hollands Diep loopt tussen de Moerdijkbruggen en Strijensas. Illustratief daarvoor is dat al op 24 november 1970 een zoutgehalte werd gemeten van niet minder dan 600 mg Cl'/l vlak boven de rivierbodem bij de Moerdijkbruggen.
Afhankelijk van de grootte van de afvoer van Waal en Maas wordt het zoute schutwater in de diepe geulen als gevolg van door de afvoer en de wind opgewekte turbulenties en circulatie-stromingen in meer of mindere mate met het er overheen stromende opperwater gemengd, en tegelijk ermee afgevoerd. Hoe groter de rivierafvoeren, hoe meer de oostwaarts gerichte dichtheidsstromen worden afgezwakt; bij een Rijnafvoer van 2200 m^3/sec. – de gemiddelde afvoer – wordt vrijwel al het via de noordelijke voorhaven vrijkomende zoute schutwater meteen langs het Haringvliet afgevoerd.
De verschijnselen die we hierboven beschreven, zijn van een gecompliceerd karakter; zonder er al te diep op in te gaan kunnen we stellen dat de natuurlijke zoutvangfunctie van het Hollands Diep uit een oogpunt van zoutbestrijding zowel gunstige als ongunstige effecten heeft. Een en ander kan worden toegelicht aan het verloop van de effectieve zoutbelasting op het Haringvliet in periode II, 2 november 1970 – midden 1971.
Wanneer de afvoer van de Rijn na een periode van hoge waarden daalt beneden het gemiddelde, dan loopt het 'eigen' zoutgehalte van het opperwater vrij hoog op; maar de effectieve zoutbelasting van het Haringvliet daalt tegelijkertijd, als gevolg van de natuurlijke zoutvang in het Hollands Diep. Men krijgt dan bijvoorbeeld de in de tabel bij de IIe periode genoemde minimale waarden. Komt de Bovenrijnafvoer binnen niet al te lange tijd vervolgens weer boven zijn gemiddelde waarde, dan zakt weliswaar het 'eigen' chloridegehalte van het opperwater

Fig. 1 (doorlopend op blz. 94).
Weekgemiddelden van de opperwaterafvoer, het zout- of cloridegehalte en de effectieve zoutbelasting op het Haringvlietbekken van 28 april 1969 tot en met 16 augustus 1972




INGEBRUIKNEMING HARINGVLIETSLUIZEN 2 NOVEMBER 1970
8
6
4
2
0
1970
1971
1971
1972
500
400
300
200
100
0
ZOUTGEHALTE WESTELIJK DEEL VAN HET HARINGVLIET
ZOUTGEHALTE OPPERWATERMENGSEL VAN WAAL EN MAAS
1970
1971
1971
1972
200
150
100
50
0
VERBETERING ZOUTBESTRIJDING VOLKERAKSLUIZEN
T.
OKT.
NOV.
DEC.
JAN.
FEB.
MRT.
APR.
MEI
JUNI
JULI
AUG.
SEPT.
OKT.
NOV.
DEC.
JAN.
GEM. 60 kg/sec
GEM. 18 kg/sec



weer tot betrekkelijk lage waarden, maar de effectieve zoutbelasting op het Haringvliet neemt toe: het tijdelijk in de diepe geulen geborgen zoute schutwater wordt door de grotere afvoeren meegevoerd en bereikt dus met vertraging het Haringvliet. Tengevolge daarvan kan men juist bij grotere afvoeren een maximale zoutbelasting op het Haringvliet verwachten, bijvoorbeeld het maximum bij de IIe periode. Het 'eigen' zoutgehalte van het opperwater is dan relatief echter zo laag dat het gehalte op het Haringvliet ondanks de sterk verhoogde effectieve zoutbelasting beneden de 200 mg Cl'/l blijft. Dit verloop heeft derhalve een veel gunstiger einduitwerking dan het omgekeerde: daling van de Bovenrijnafvoer beneden zijn gemiddelde waarde. Het 'eigen' zoutgehalte van het opperwater is in dat laatste geval veelal zo hoog, dat zelfs de sterk verlaagde effectieve zoutbelasting het gehalte op het Haringvliet boven de grens van 300 mg Cl'/l doet stijgen. Het ongunstigst zijn die situaties waarin de rivierafvoer langdurig en zonder veel variatie om een lagere dan de gemiddelde waarde blijft schommelen. Zo'n situatie deed zich voor in de maanden maart, april en mei 1971. De effectieve zoutbelasting stelde zich in die periode in op zijn gemiddelde waarde, ongeveer 60 kg Cl'/sec, het 'eigen' zoutgehalte van het opperwater schommelde tussen 280 en 310 mg Cl'/l. Het eindresultaat was, dat het zoutgehalte op het Haringvliet en het Spui opliep tot 400 mg Cl'/l. Op de benedenloop van de Oude Maas liep het gehalte niet verder op dan 300 tot 350 mg/l, zulks als gevolg van de gunstige invloed van het opperwater van het bovenstroomse deel van de Oude Maas. Tijdens sterke wind kan als gevolg van dan optredende circulatiestromingen en turbulenties een tamelijk groot gedeelte van het water in de diepe geulen van de natuurlijke zoutvang gemengd worden met erover heen stromend opperwater. Even ten oosten van de Haringvlietbrug ontstaat dan als het ware een grote zoutwolk in de bovenste waterlagen, die vervolgens langzaam westwaarts trekt. Al gaande vlakt die wolk af, dat wil zeggen dat het zoutgehalte in het centrum geringer wordt, en langs de randen toeneemt. Tegelijkertijd verspreidt de wolk zich op het brede Haringvliet over een steeds grotere oppervlakte. Op het Spui en bij de prise d'eau op de Berenplaat blijkt het voorbijdrijven van zo'n wolk uit een vrij langdurige, betrekkelijk geringe verhoging van het zoutgehalte. Een bijkomend, zeer ongunstig effect van de natuurlijke zoutvang wordt veroorzaakt door het feit dat de diepe geul zich oostwaarts uitstrekt tot voorbij de mond van

Tabel – Effectieve zoutbelasting van het Haringvliet en specifieke zoutbelasting van de Volkeraksluizen

Alle waarden in kg/sec	Effectieve zoutbelasting van het Haringvliet Weekgemiddelden			Specifieke zoutbelasting van de Volkeraksluizen Kolkmetingen	
Periode:	max.	gem.	min.	gem. per etm.	datum
I. 28 april '69 – 2 nov. '70	242	120	45	ca. 135	17 aug. '69
II. 2 nov. '70 – 7 juli '71	134	60	17	ca. 32	30 maart '71
III. 7 juli '71 – 16 aug. '72	66	18	< 0	19 à 23 [1])	6, 9, 19 juli en 24 aug. 1971

[1]) Deze gemeten waarden zijn inclusief het primaire maar exclusief het secundaire effect van het 'nacht-spuien' en het schutten met 'lekkende ebdeuren'.

de Dordtse Kil. Het gevaar bestaat dus dat ook de Kil wordt 'besmet' met het zoute schutwater; het noordelijk Deltabekken zou op die manier achterwaarts via de Oude Maas kunnen verzilten.
De hele hier besproken problematiek wordt samengevat in fig. 1. Daar valt uit af te lezen dat de effectieve zoutbelasting op het Haringvliet in de drie onderscheiden perioden in wezen telkens eender verloopt, en dat de variaties steeds mede een gevolg waren van de bufferwerking van de natuurlijke zoutvang. Het verschil ligt in de grootte van de zoutbelasting van de Volkeraksluizen, en daarmee ook van de effectieve zoutbelasting op het Haringvliet. In de middelste periode waren die waarden tweemaal zo hoog als in de voorafgaande. Ze daalden echter tot één zevende van die waarden nadat eenmaal bepaald zoutbestrijdingsmaatregelen bij de Volkeraksluizen waren getroffen.

Zoutbestrijdingsmaatregelen

Dat na het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen de zoutbelasting van de Volkeraksluizen terugliep, is voor een niet gering gedeelte te danken aan de sterke vermindering van de getijbeweging en de verhoging van de middenstand op het Haringvlietbekken. In hoeverre de luchtbellenschermen die opgenomen waren in de drempels van de schutkolken der Volkeraksluizen aan deze vermindering hebben bijgedragen, is door het ontbreken van de nodige technische en operationele gegevens thans helaas niet meer na te gaan. De vele zoutmetingen die werden uitgevoerd op het Hollands Diep, het Haringvliet en het Spui, wezen echter uit dat de zoutbelasting van de twee schutsluizen nog ver boven het toelaatbare lag, ondanks de vermindering die vanaf 2 november 1970 was opgetreden. Na enig onderzoek bleek dat dit onder meer moest worden toegeschreven aan het nog niet operationeel zijn van de luchtbellenschermen omdat deze nog in een afbouwstadium verkeerden.
De zoutbelasting diende drastisch te worden beperkt. In de tijd tussen 1 mei en 7 juli 1971 zijn toen met kracht een aantal technische voorzieningen en operationele maatregelen doorgevoerd. Allereerst werd het systeem van luchtbellenschermen voorzien van snel te monteren tijdelijke injectiebuizen. Daarnaast werd de operationale bedrijfsvoering van de Volkeraksluizen geperfectioneerd, zodat een groter rendement van de installatie werd verkregen. Voorts werd besloten dat zolang de waterstanden op het Volkerak lager zullen zijn dan die op het Haringvliet – dus tot na de afsluiting van de Oosterschelde – 's nachts met één van de schutsluizen zou worden gespuid, en dat bovendien ten allen tijde in beide schutsluizen zou worden geschut met 'lekkende ebdeuren', dat wil zeggen met niet helemaal gesloten rinketschuiven in de betreffende sluisdeuren. Deze laatste twee maatregelen hadden beide tot doel, het water onmiddellijk ten zuiden van de Volkeraksluizen te verzoeten. Om het over de bodem van het Hollands Diep doorgedrongen zoute schutwater vlotter te laten afvoeren werd tenslotte de eerder vermelde bodemdrempel ten oosten van de Haringvlietbrug weggebaggerd.
Al deze maatregelen en voorzieningen tezamen hebben als gevolg gehad dat de zoutbelasting van de schutsluizen in het Volkerak is teruggelopen tot voor deze overgangs-

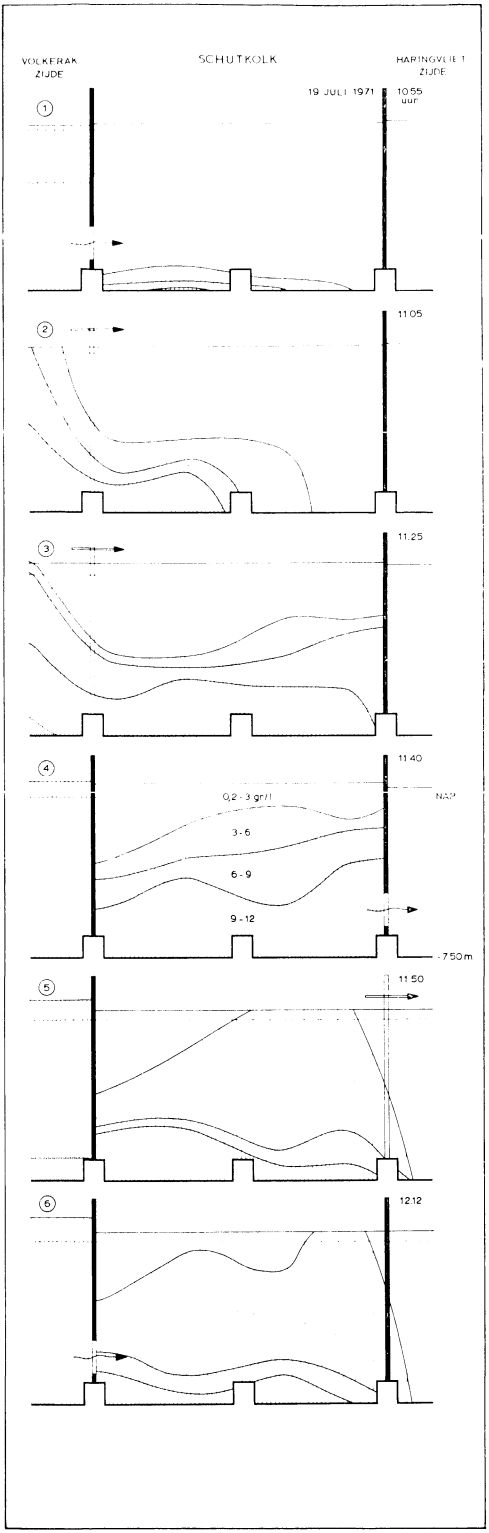


Fig. 2a. lijnen van gelijk zoutgehalte gedurende een schutcyclus; meting van 19 juli 1972 (links)

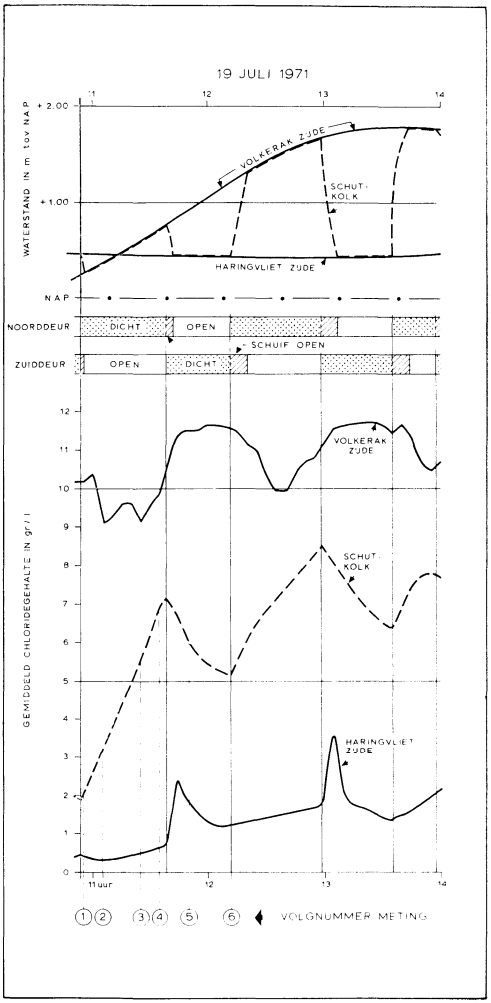
b. verloop van zoutgehalte en waterstand tijdens de meting van 19 juli 1972

periode tot aan de afsluiting van de Oosterschelde acceptabele waarden. De scheepvaart ondervindt van het nachtspuien, het schutten met lekkende ebdeuren en van de krachtige luchtbellenschermen relatief slechts weinig hinder. Sinds 1 mei 1971 werd gemiddeld 30 m^3/sec. naar het Volkerak gespuid.

Door de perfectionering van het systeem van luchtbellenschermen in de zes sluishoofden verminderde de uitwisseling tussen het zoute Volkerak en de beide schutkolken en tussen de brakke schutkolken en het zoete Haringvliet; ook dat kwam de verlaging van de effectieve zoutbelasting ten goede. Het nachtelijk spuien en het schutbedrijf met lekkende ebdeuren deden het zoutgehalte aan de zuidzijde van het sluizencomplex dalen. Dientengevolge nam het dichtheidsverschil over de sluizen af, en daarmee de resterende zoutbelasting. Ook blijkt een niet onaanzienlijk deel van het ondanks de zoutbestrijdingsmaatregelen in de lange voorhaven doorgedrongen zoute schutwater tijdens het nachtelijk spuien naar het Volkerak te worden teruggevoerd.

Het zoete Haringvlietwater dat vanaf 1 mei 1971 werd afgelaten op het Volkerak, moest zich eerst met het zoute water tussen de sluizen en de Oosterschelde vermengen voordat zich een min of meer stabiele zoutgradiënt kon instellen tussen de Oosterschelde en het sluizencomplex. Dit proces verloopt, zoals men uit ervaringen tijdens en na de afsluiting van het Volkerak weet, slechts langzaam.

Het nagestreefde effect op de zoutbelasting werd dan ook pas omstreeks het midden van juli goed merkbaar, mede doordat ook de andere maatregelen en voorzieningen ver-



spreid over de maanden mei en juni werden gerealiseerd. Periode II ging dus medio 1971 geleidelijk over in periode III.
De in de aanvang genoemde kolkmetingen van de zoutbelasting werden uitgevoerd op 17 juli 1969, op 30 maart 1971, op 6, 9 en 19 juli 1971 en tenslotte op 24 augustus 1971. Er werd steeds gedurende een dag gemeten. Per sluis werd uit de laatste vier kolkmetingen een 'specifieke zoutbelasting' berekend van ongeveer 16 kg Cl'/sec. Overdag wordt met beide sluizen geschut; 's nachts wordt met de ene sluis geschut, en met de andere gespuid.
Houdt men vervolgens rekening met een factor 0,5 tot 1,0 voor het nachtelijk scheepvaartverkeer in de overblijvende sluis, dan kan de specifieke zoutbelasting van het hele sluizencomplex op grond van de drie puntmetingen gesteld worden op 19 tot 23 kg Cl'/sec gemiddeld over het etmaal.
Deze waarden liggen iets hoger dan het weekgemiddelde, zoals dat in tabel 1 voor periode III is berekend. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat het 'nachtspuien' en het werken met 'lekkende ebdeuren' naast het eerder omschreven primaire effect nog een bijkomend voordeel heeft. Een deel van het in de noordelijke voorhaven doorgedrongen zout wordt hierdoor namelijk weer naar het Volkerak teruggevoerd. Uit metingen dienaangaande is gebleken, dat de hierdoor bereikte extra vermindering van het zoutbezwaar varieert van 1 tot maximaal zelfs 5 kg Cl'/sec. Houdt men hiermede rekening dan zijn de kolkmetingen van de specifieke zoutbelasting in zeer goede overeenstemming met de berekende gemiddelde waarde van de effectieve zoutbelasting in periode III.
In feite variëren het spuidebiet en het zoutgehalte van het gespuide water voortdurend, en daarmee ook het resterende zoutbezwaar. Tijdelijk kunnen daarbij waarden bereikt worden, groter dan 10 kg Cl'/sec; anderzijds kunnen ze soms zelfs dalen tot beneden nul. Onder invloed van de krachtdadige zoutbestrijdingsmaatregelen die sinds 1 mei 1971 bij de Volkeraksluizen worden getroffen is het resterende zoutbezwaar zo geminimaliseerd, dat de kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater, die zich vanaf 2 november 1970 over het hele noordelijke Deltabekken doet gevoelen, slechts voor een klein deel wordt tenietgedaan.
Het zoutgehalte van het door de Volkeraksluizen beïnvloede opperwatermengsel van Waal en Maas, dat via het Spui langs de Berenplaat afstroomt op de Oude Maas, blijft zelfs bij lage Rijnafvoeren gemiddeld beneden het zoutgehalte van het Rijn- en Waalwater zelf. Vroeger passeerde bij het splitsingspunt Berenplaat alleen door de Waal en de Oude Maas aangevoerd Rijnwater. Afgezien van de eventuele verziltende invloed van de zee schommelt het zoutgehalte van het water op dit splitsingspunt nu tussen dat van het Spui en dat van de bedenloop van de Oude Maas. Zoals reeds werd opgemerkt is het resterende zoutbezwaar van de Volkeraksluizen in de bestaande overgangsperiode tot kort na de afsluiting van de Oosterschelde nog net aanvaardbaar. Pas bij de afsluiting van de Oosterschelde en het inwerkingstellen van het daarin te bouwen selectieve lozingsmiddel zal deze zoutbelasting definitief tot het einde behoren.

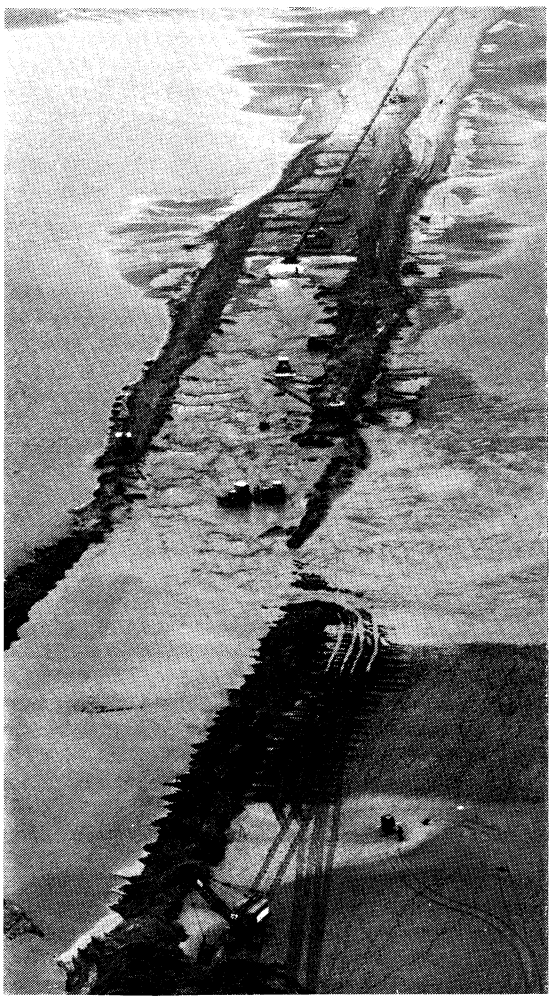
De sluiting van getijgeulen met zand

Bij het maken van dammen in getijgebieden is in de laatste decennia in toenemende mate gebruik gemaakt van zand, dat ter dichting van een stroomgeul rechtstreeks in een sluitgat werd gebracht. Zand biedt weliswaar veel minder weerstand aan de stroom dan steen of klei, maar het is aanmerkelijk goedkoper. De steeds groeiende capaciteit van de moderne zandzuiger staat er borg voor, dat zand bij steeds grotere sluitingen voldoende snel in voldoende hoeveelheden kan worden aangevoerd.
Daarom kan in de sluitingsfase een vrij groot verlies van zand worden geaccepteerd, tot wel 25% van het ingebrachte toe. De enige voorwaarde is dat er ten allen tijde behoorlijk veel meer zand in het sluitgat achterblijft dan er door de stroom uit wordt weggespoeld.

Aanvankelijk werd het zand – we denken hierbij aan de inpoldering van het Zuid-Sloe in 1949 en aan de afsluiting van de Braakman in 1952 – alleen gebruikt als hulpmiddel bij de sluiting; de eigenlijke sluiting werd gerealiseerd met behulp van rijshouten dammen, stortsteen en klei, dan wel met caissons. Voor het eerst bij de aanleg van de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet werd een zanddam van grote lengte opgespoten in een getijgebied. De uiteindelijke sluiting van deze ringdijk werd vanwege de hoge stroomsnelheden toch nog uitgevoerd met gebruikmaking van caissons (Bericht nr. 2, november 1957).
Uit de verkregen ervaringen werd afgeleid dat het ook mogelijk moest zijn geulen in een getijgebied en zelfs zeegaten af te sluiten uitsluitend onder aanwending van zand als sluitingsmateriaal. Voorwaarde daarbij moest wel zijn dat de getijstromen in het af te sluiten gat niet te hoog mochten oplopen, omdat de zandverliezen anders te groot zouden worden. De zandproduktie van de gezamenlijke zuigers moest ruim voldoende zijn om de verliezen te compenseren. Hoe groter de produktie, hoe sneller de sluiting, en hoe kleiner het totaal verlies aan zand. Het tempo van de afsluiting kan worden vergroot door de sluitkade een minimaal profiel te geven, uiteraard met inachtneming van een behoorlijke veiligheidsreserve tegen doorbraak, wanneer tijdens de uitvoering van het werk onverhoopt een storm zou optreden.
Is het sluitgat eenmaal afgegrendeld, dan kan de sluitkade verder met zand worden uitgebouwd tot de uiteindelijk gewenste afmetingen, zonder dat er nog zandverliezen door stroom optreden.

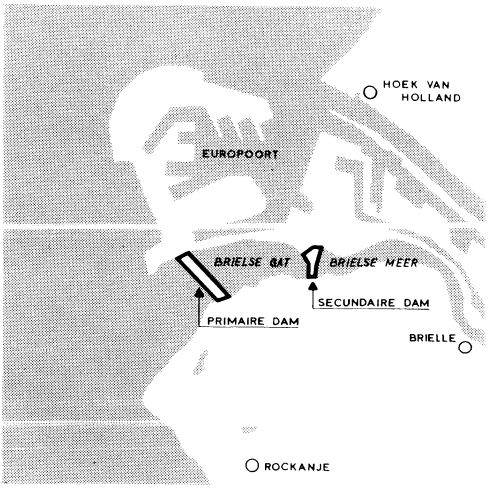
Uit het voorgaande volgt dat een aantal factoren in het bijzonder van belang is voor de bepaling of een zandsluiting uitvoerbaar is. Om na te gaan of een zandsluiting in een bepaald geval kan worden gerealiseerd, moeten allereerst de getijomstandigheden ter plaatse bekend zijn. Ook moet rekening gehouden worden met het snelheidverhogend effect van een gedeeltelijk gerealiseerde afsluiting. Voor deze doeleinden kan onderzoek in een waterloopkundig laboratorium nodig zijn. De korreldiameter moet voorts bekend zijn van het zand waarmee men van zins is de afsluiting te voltrekken; zand wordt minder snel door de stroom meegenomen naarmate het grover van korrel is. Tenslotte moet ook het aantal beschikbare zuigers en de totale capaciteit daarvan in aanmerking worden genomen.
Voor het kiezen van het tijdstip van sluiting dient men, behalve met de cyclische variaties van doodtij en springtij, ook rekening te houden met de waarschijnlijkheid van het optreden van een storm. De meeste zandsluitingen zullen dan ook voltrokken worden in het late voorjaar of de vroege zomer, wanneer de kans op stormen het geringste is.
Niet alleen om de mogelijkheid van een zandsluiting onder zekere omstandigheden te kunnen vaststellen, maar ook om uit verscheidene denkbare afsluitingsmethoden en uitvoeringsperioden de gunstigste te kunnen kiezen, is het nodig dat men de zandverliezen vooraf berekenen kan. Een nauwkeurige rekenwijze staat voor dit doel nog niet ter beschikking. De zandtransportformule die men tot nu toe toepast, gaat uit van een constante stroomsnelheid terwijl in werkelijkheid ten gevolge van de vernauwing van het sluitgat

De sluiting met zand van het Brielse Gat in zijn laatste fase; bulldozers en draglines werken het profiel bij

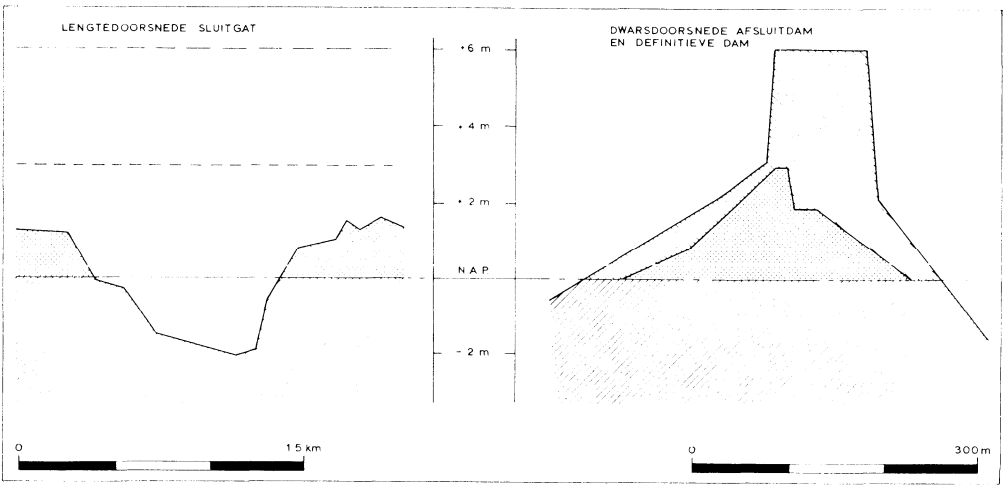


eerst een sterke toeneming en daarna een geleidelijke vermindering van de snelheden op te merken valt. Bij de huidige methode bepaalt men het vermoedelijk zandverlies dan ook door het zandtransport bij maximale stroomsnelheid in het sluitgat te berekenen en de uitkomst hiervan tot 25% van de gevonden waarde terug te brengen.
Een andere factor die de berekening van het zandverlies beïnvloedt, vormt de wijze waarop het zand wordt aangevoerd. De zuiger brengt het namelijk als zand-watermengsel op het stort. Dit mengsel wordt veel makkelijker door de stroom meegevoerd dan het bodemzand. Daarom verdubbelt men ter plaatse van het stort het berekende zandverlies. De hier genoemde rekenwijze voor de bepaling van zandverliezen is nog niet voldoende door metingen gecontroleerd; de praktijk wijst echter uit dat het mogelijk is er een redelijke schatting mee te bereiken van de vereiste zuigercapaciteit. Bovendien kan ermee worden voorspeld welke van een aantal mogelijke werkwijzen de minste verliezen zal meebrengen. Het kan bijvoorbeeld voordelig zijn om te beginnen bij het diepste gedeelte van een sluitgat en de sluiting te voltooien op een ondiep gedeelte. Ook kan het zijn voordeel hebben wanneer men werkt van één kant, zodat alleen op één stort betrekkelijk hoge verliezen moeten worden aangetekend. Met nadruk wordt hier echter herhaald dat de bedoelde rekenwijze nog vrij grof is, en dat nadere controle van de berekeningen door metingen in het werk noodzakelijk is.
Al heeft de rekenmethode voor de bepaling van zandverliezen dan ook een zekere onnauwkeurigheid, in de afgelopen jaren kon ze met een succes een paar keer worden toegepast, en gaandeweg onderging ze ook enige verfijningen. Bij de eerste zandsluitingen van getijgeulen – het Ventjagersgaatje (Bericht nr. 8, mei 1959), het sluitgat in de zuidelijke toerit van de brug over het Haringvliet bij Numansdorp (Bericht nr. 19, februari 1962) – was deze rekenmethode nog in het geheel niet voorhanden. De bij deze twee sluitingen opgedane ervaringen leidden juist mede tot de ontwikkeling van die methode. Zo kon ze naderhand worden toegepast bij de zandsluitingen van het Brielse Gat (primaire en secundaire dam), van het dijkvak op de Zuidwal in de Lauwerszee (Bericht nr. 45, aug. 1968), van het Noord-Pampus in het Haringvliet (Bericht nr. 47, febr. 1969), van het Springersdiep in het Brouwershavensche Gat (Bericht nr. 48, mei 1969), en onlangs van de Geul in de Oosterschelde. Tabel I vat een aantal gegevens samen van de eerste vijf

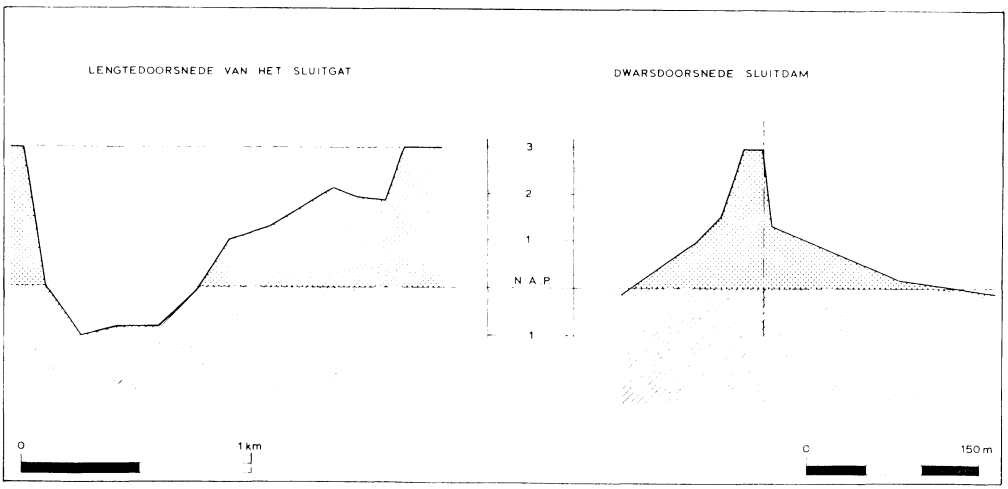
Fig. 1. Lengte- en dwarsdoorsnede van een aantal getijgeulen die recent in de afgelopen jaren met zand werden dichtgezet: de primaire (a) en de secundaire (b) dam door het Brielse Gat, het damvak op de Zuidwal (c), door het Noord-Pampus (d) en het Springersdiep (e)

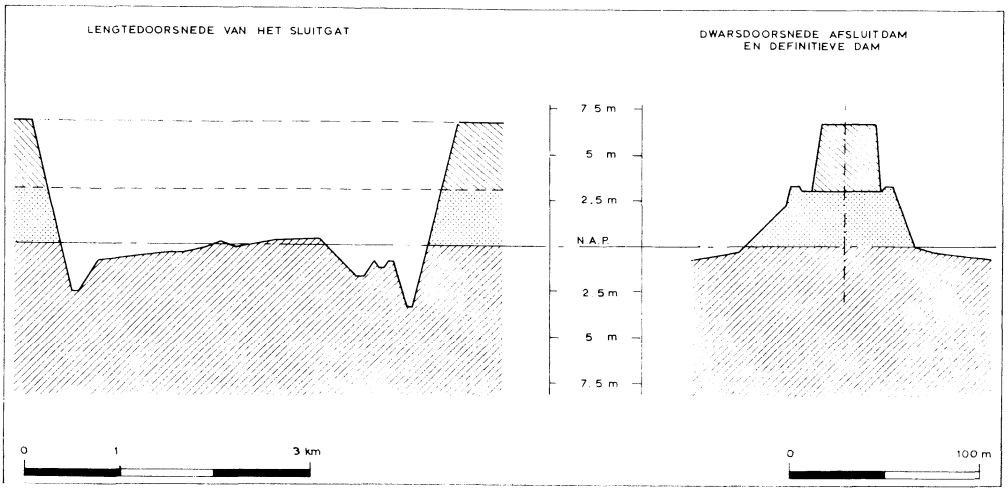


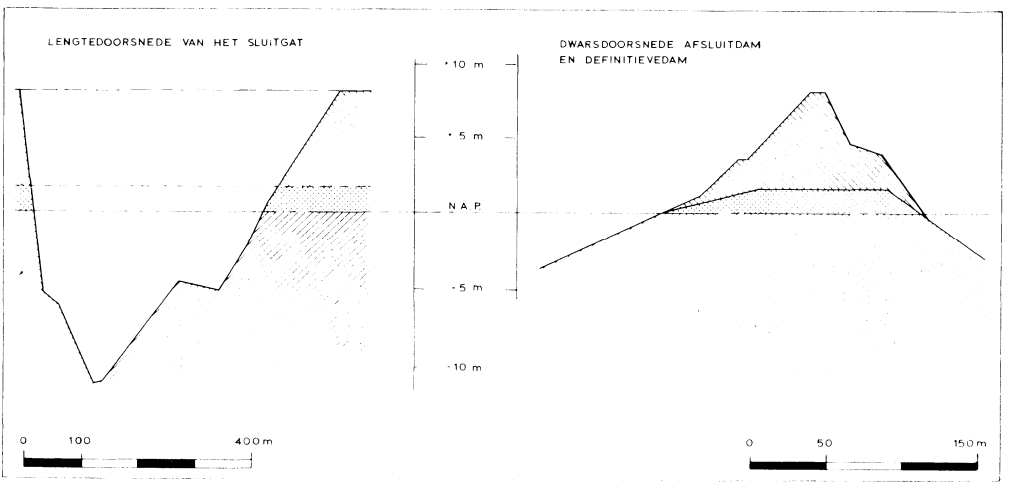
a

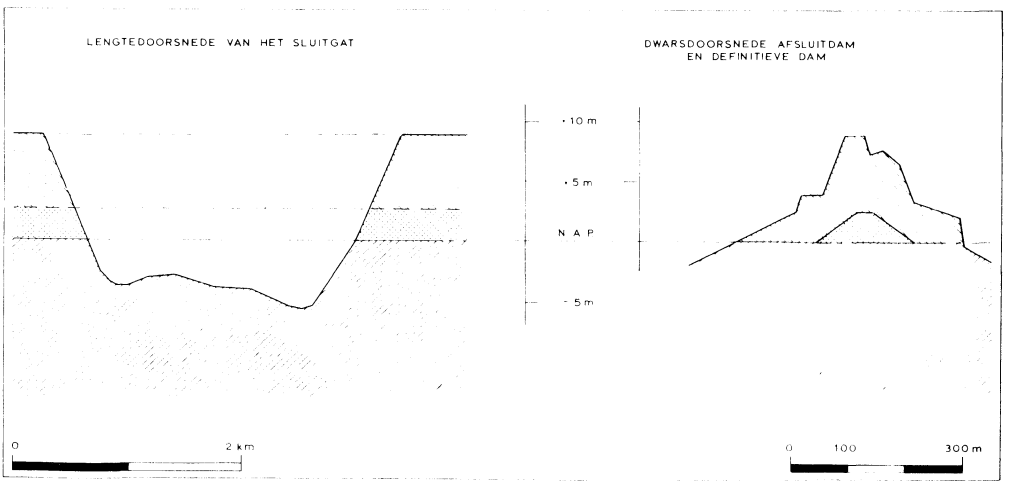


b




c
LENGTEDOORSNEDE VAN HET SLUITGAT
DWARSDOORSNEDE AFSLUITDAM
EN DEFINITIEVE DAM
7.5 m
5 m
2.5 m
N.A.P.
2.5 m
5 m
7.5 m
0
1
3 km
0
100 m


d
LENGTEDOORSNEDE VAN HET SLUITGAT
DWARSDOORSNEDE AFSLUITDAM
EN DEFINITIEVEDAM
+10 m
+5 m
N.A.P.
-5 m
-10 m
0
100
400 m
0
50
150 m


e
LENGTEDOORSNEDE VAN HET SLUITGAT
DWARSDOORSNEDE AFSLUITDAM
EN DEFINITIEVE DAM
+10 m
+5 m
N.A.P.
-5 m
0
2 km
0
100
300 m

Tabel I. Gegevens van een aantal zandsluitingen.

		Brielse Gat primaire dam	Brielse Gat secundaire dam	Lauwerszee Zuidwal	Noord-Pampus	Springers-diep
Gemiddelde getij-amplitude	m	2,2	2,2	2,6	1,85	2,60
Lengte van het sluitgat	m	1820	1720	3351	400	1000
Oppervlak van het sluitgat	m^2	1120	390	4280	2430	4280
Inhoud van de afsluitdam	10^6 m^3	1,19	0,22	1,04	0,75	1,62
Inhoud van de voltooide dam	10^6 m^3	3,28	0,23	1,24	1,10	3,34
Totale zuigerproduktie tijdens de sluiting	10^6 m^3	1,72	0,27	1,56	0,97	1,87
Totale zuigerproduktie voor het gehele werk	10^6 m^3	3,10	0,28	1,75	1,50	3,60
Totaal waargenomen zandverlies tijdens sluiting	10^6 m^3	0,53	0,06	0,52	0,22	0,25
Totaal waargenomen zandverlies tijdens het gehele werk	10^6 m^3	+ 0,18 [1])	0,05	0,51	0,40	0,26
Voor de sluiting benodigde tijd	dagen	63	36	70	37	66
Maximum aantal zuigers		2	1	3	2	3
Maximum zuigerproduktie per getij	10^3 m^3	20	10,5	16	25	25
Maximum voorspeld zandverlies per getij	10^3 m^3	12	6	1,48	6	7,8
Aantal zandstorten		2	1	2	1	1
Gemiddelde korreldiameter van het zand	micron	–	–	130	135	200

[1] aanzanding

genoemde sluitingen, terwijl figuur 1 het verloop van de totale zuigerproduktiviteit en van de inhoud van de afsluitdammen laat zien. Er is in het algemeen naar gestreefd het profiel van de sluitkaden zo klein mogelijk te houden, zodat het werk zo snel mogelijk kon verlopen, en er zo weinig mogelijk zand verloren ging. In de praktijk blijkt echter dat de kruin minimaal 50 m of 100 m breed moet zijn, afhankelijk van het aantal persleidingen. Hoe hoog men de kruin moet opbouwen is afhankelijk van het ter plaatse heersende tijverschil en het risico van doorbraak dat men aanvaardbaar acht. In het algemeen legt men de kruin op N.A.P. + 2 à 3 m.
Bulldozers blijken, vooral in de laatste fase, een belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan het werktempo, door het dwarsprofiel van de sluitkade in de gewenste vorm te brengen.

Bij het spuiten ontstaan boven water namelijk vrij flauwe hellingen: zand van 200 tot 150 mu komt te liggen onder een helling van 1 : 30. Onder water komt dit zelfde zand steiler te staan, namelijk 1 : 15 tot 1 : 20.
Tabel II geeft de invloed weer die de zuigerproduktiviteit in het Springersdiep naar berekening zou hebben op het zandverlies. Vergroting van de produktie leidt tot een meer dan evenredige afneming van het zandverlies en van de sluitingsduur.
Figuur 3 geeft een voorbeeld van de berekende zandverliezen per getij. Het blijkt dat bij verondersteld gemiddeld getij de grootste zandverliezen optreden enige tijd voordat de afsluiting haar beslag krijgt, en dat de maximale verliezen bij eb in een vroeger stadium van de sluiting voorkomen dan die bij vloed. In werkelijkheid verloopt het verlies onder

Tabel II. Springersdiep. Berekende zandverliezen bij verschillende totale zuigerproduktiviteit

Totale zuiger-produktie	Tijdsduur van de sluiting	Berekend zandverlies
m^3/week	weken	10^6 m^3
230,000	5	0.50
300,000	$3\frac{1}{2}$	0.35
350,000	$2\frac{1}{2}$	0.25

invloed van variaties op het gemiddeld getij, zoals doodtij en springtij, enigszins minder regelmatig dan figuur 3 voorgeeft. De meest voordelige sluitingsperiode kan worden afgeleid uit een figuur als 4, waar rekening is

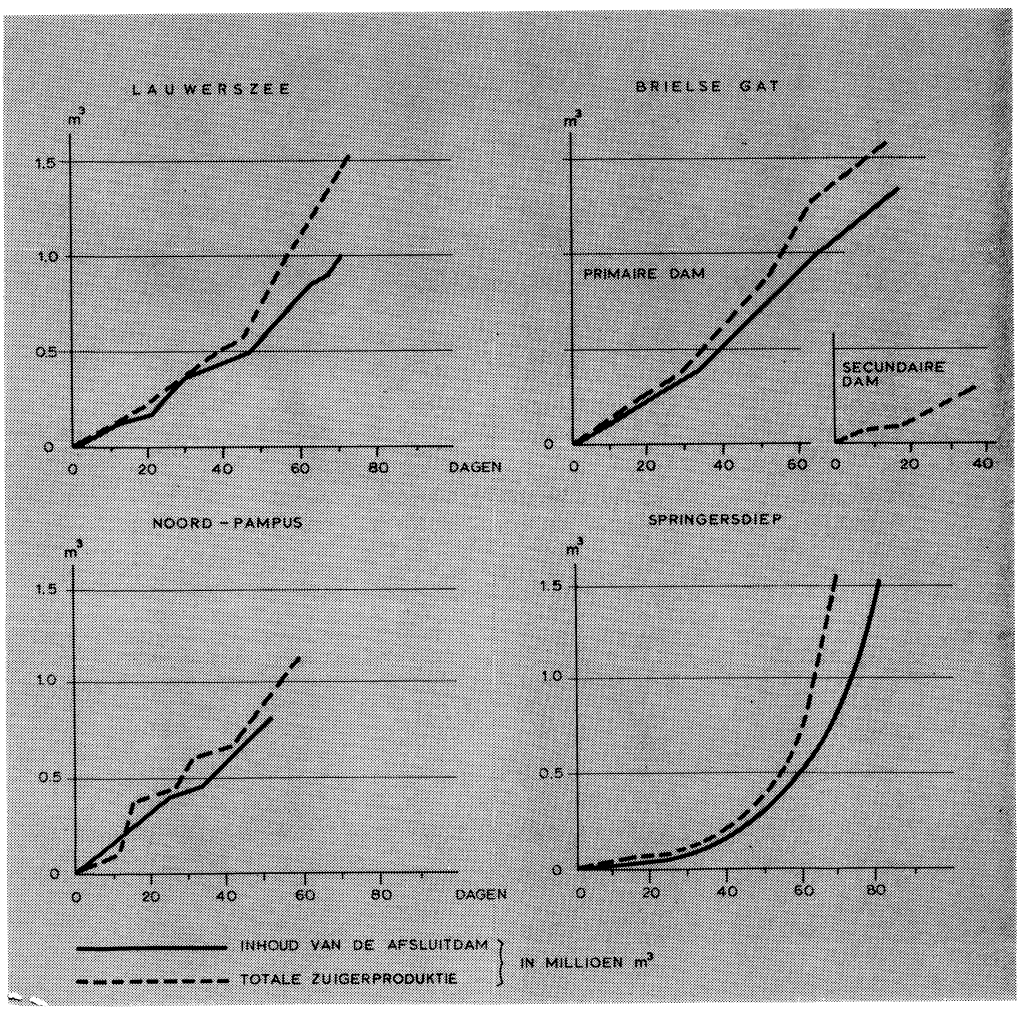
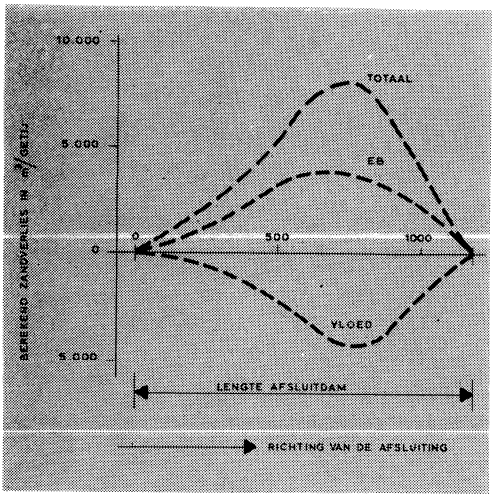


Fig. 2. Verschil tussen zuiger-produktiviteit en dam-inhoud bij een aantal zandsluitingen

gehouden met de variërende getij-omstandigheden. Hoe groot in een bepaald geval het voordeel is wanneer men eerst de diepe gedeelten van het damtracé dempt, en de sluiting voltrekt op een ondiepe plaats, laat zich verder door berekening uitwijzen.
Voor het Noord-Pampus bijvoorbeeld kwam door berekening vast te staan dat de verliezen bij een sluiting van noord naar zuid bijna twee keer zo groot zouden zijn geweest als bij de omgekeerde, ook werkelijk toegepaste, werk-volgorde.
Onder invloed van de weersomstandigheden kunnen in de praktijk toch nog belangrijke afwijkingen van de berekening voorkomen. Betrekkelijk kleine afwijkingen in de getijbeweging en daarmee in de stroomsnelheid kunnen grote veranderingen teweegbrengen in het zandverlies. Ook de golfwerking kan zijn



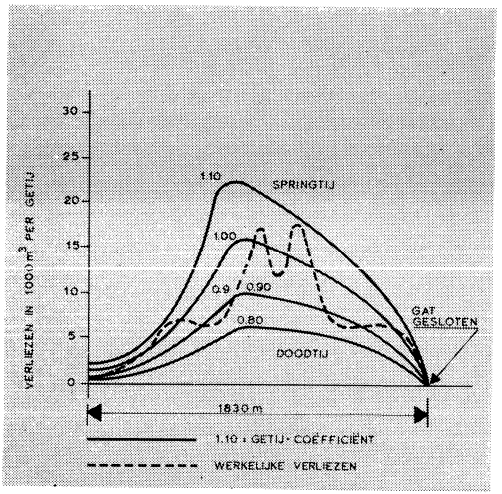


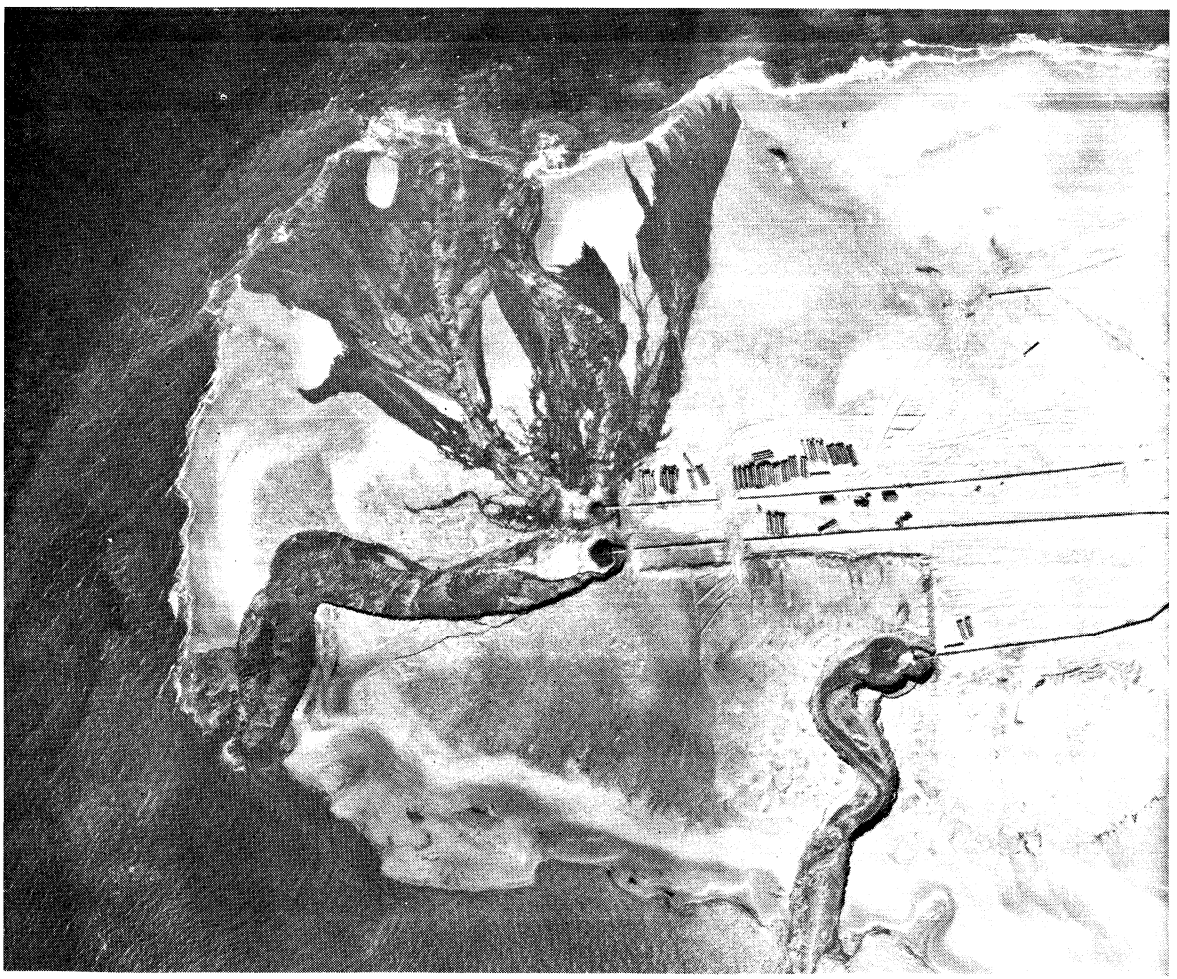


Fig. 3 en 4. Verloop van de berekende verliezen aan zand tijdens een afsluiting waarbij (boven) is uitgegaan van een gemiddeld getij en waarbij (beneden) rekening is gehouden met getijvariaties

Foto links: zandsluiting van het Noord-Pampus; opname van 29 oktober 1968. Duidelijk is te zien hoe de ebstroom zand meevoert van het stort

Foto rechts: zandsluiting van de Geul in de Oosterschelde; opname van het stort op 28 juni 1972

nadelige invloed doen bemerken. Mede om deze redenen dient men te zorgen voor een zandproduktie die tenminste enkele malen groter is dan het berekende verlies.
Wel moet bedacht worden dat een deel van het zand dat voor de afsluitdam verloren gaat, dichtbij op de bodem wordt afgezet, en zo uiteindelijk toch weer binnen het damlichaam valt. Voor de sluitingsoperatie heeft dit zand dan geen betekenis gehad, maar dat wil nog niet zeggen dat het in de economie van het gehele werk niet zou meetellen.
Datzelfde geldt voor het materiaal dat onder invloed van de golfwerking tijdens het spuiten verplaatst wordt naar diepere geulgedeelten in de nabijheid van de dam.
Een ander soort verlies wordt geleden wanneer materiaal met een zeer kleine diameter verloren gaat. Omdat dit gemakkelijk door de stroom wordt meegenomen, vindt men er niets meer van terug. Zo moet het in winzand voorkomende slib, dat wél meetelt in de produktie van de zuigers, grotendeels als definitief verloren worden beschouwd.
Ondanks de onnauwkeurigheden in de rekenmethodes die men thans gebruikt, kan toch met een voor de praktijk voldoende nauwkeurigheid worden geraamd welke zandproduktie in een bepaald geval nodig is, en kunnen bovendien belangrijke aanwijzingen worden verkregen ten aanzien van de te volgen werkwijze en te prefereren sluitingsperiode.



Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

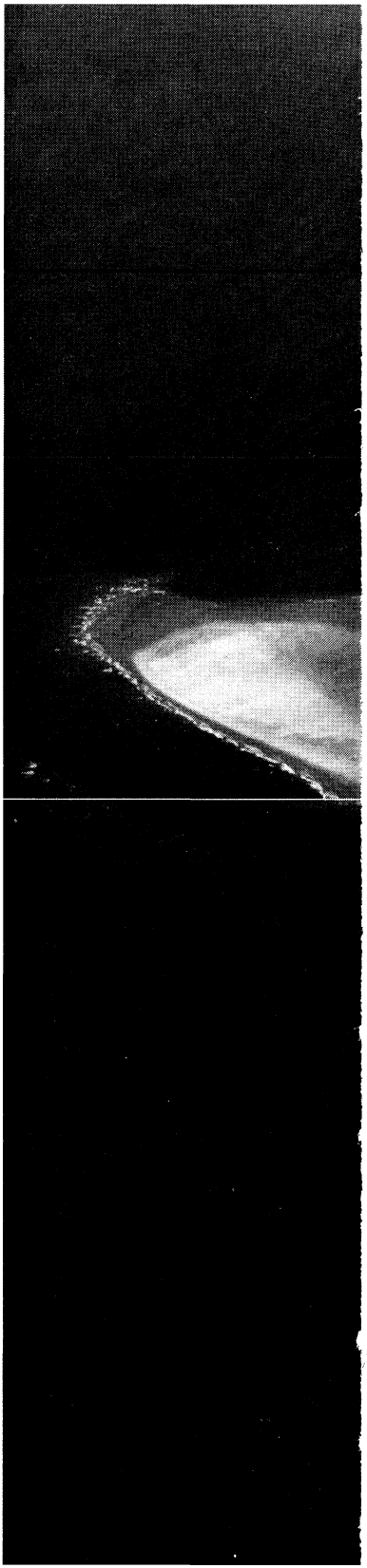
Begin juni werd een begin gemaakt met de opruimingswerkzaamheden van de werkweg op het Voornse strand en de buitendijkse gronden tussen het 'Voornse plateau' en de werkhaven te Hellevoetsluis. Deze weg werd aangelegd voor de aanvoer van materialen en materieel t.b.v. de afsluitingswerken van het Rak van Scheelhoek. Met de eigenaren van de gronden werd destijds overeengekomen dat het terrein na het voltooien van de werken weer in zijn oorspronkelijke staat zou worden teruggebracht. Half juli kwam het werk gereed.
De werkzaamheden aan toeleidingsgeul, stortebedden en waterkering bij de inlaatsluis van de Zuiderdiepboezem bij Dirksland werden eveneens half juni voltooid en opgeleverd.
Het montagewerk ter versteviging van de vangrail-constructie op de verkeersweg over de uitwateringssluizen werd half mei opgeleverd. De bouw van de vijf lossteigers voor vissersschepen in de buitenhaven bij Stellendam werd in augustus voltooid.

Volkerak

Voor het verlengen van de bestaande overbrugging van de te bouwen derde schutsluis moeten eerst een pijler en een landhoofd worden gebouwd. Om deze werkzaamheden te kunnen uitvoeren wordt thans 150 000 m^3 grond ontgraven.
De bouwput voor de derde sluis is inmiddels met behulp van een bronbemaling geheel drooggezet. Men is begonnen de bouwput tot de aanlegdiepte van de sluis verder te ontgraven. De bronbemaling voor de bouwput van de inlaat- en jachtensluis werd in de verslagperiode geplaatst; de bemaling is thans in volle gang. Zodra deze bouwput droogvalt zal worden begonnen aan het op diepte ontgraven ter plaatse van de pijlers van de inlaatsluis en de pijlers van de ernaast liggende overbrugging. Daarna zal een grondverbetering worden toegepast. Inmiddels is ook begonnen met de opbouw van een betonmortelinstallatie.

Brouwershavense Gat

De aanleg van de afsluitdam in het Brouwershavense Gat is voltooid. Op 3 oktober, dat wil zeggen 3 maanden eerder dan in de overeenkomst was voorgeschreven, is door de aannemerscombinatie, de N.V. Dijksbouw, het laatste gedeelte van de dam opgeleverd. De bouw van de dam begon in 1965 met de aanleg van een damvak op de Middelplaat en is nu, ruim 7 jaar later, voltooid. Behalve dat de dam de veiligheid van het achterland bij stormvloeden verzekert, heeft hij ook een recreatieve en een verkeersfunctie. Dit bleek overduidelijk in het afgelopen zomerseizoen; opvallend was



De voltooide Brouwersdam gezien van zuid naar noord; opname van 9 augustus 1972



dat de meerzijde van de dam meer recreanten trok dan de zeezijde. Het goede viswater dat de Grevelingen blijkbaar is, trok honderden hengelaars die over de gehele lengte van de dam verspreid hun geluk beproefden.
In de komende tijd zijn nog enkele kleine werkzaamheden te wachten. Zo zal nog dit jaar een beplanting worden aangebracht volgens een in samenwerking met het Staatsbosbeheer opgesteld plan en zullen ter plaatse van de verkeers- en de voetgangerstunnel op Schouwen en van de voetgangerstunnel bij Goeree vangrails worden aangebracht ter verhoging van de veiligheid van de weggebruiker. Volgend jaar zal de hoofdverharding van een deklaag worden voorzien.

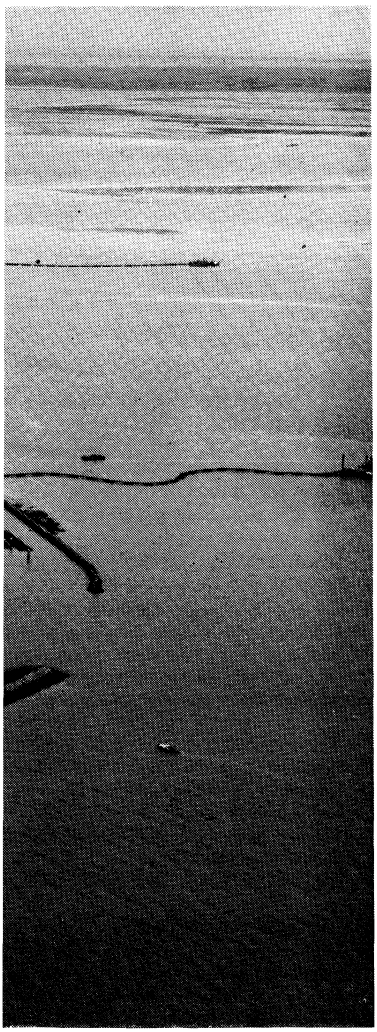
Oosterschelde

Bij de damaanzet tegen de Noordbevelandse oever kwam in deze periode de gehele bekleding aan de zeezijde tot N.A.P. + 8 m, bestaande uit betonblokken en asfaltbeton, nagenoeg gereed.
Een aanvang werd gemaakt met het aanbrengen van een verharding op het zandlichaam door cementstabilisatie.
De werkhaven wordt verder op diepte gecutterd en zal binnen enkele weken gereed zijn. De onderbouw van de noordelijke schermdam kwam gereed; hierop is een gedeelte van de bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat overgebleven betonblokken aange-



Zandsluiting van De Geul in de Oosterschelde; foto d.d. 26 juli 1972

bracht als golfbescherming. De werkzaamheden vorderen goed. De werkzaamheden aan het damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje Jans zijn tot nu toe eveneens voorspoedig verlopen. Op 18 juli was het zandspuiten voor de dichting van de Geul, waarmee op 1 juni was begonnen, zover gevorderd, dat bij laag water een verbinding tot stand was gekomen.
Op 20 september was alle benodigde zand, 5 600 000 m^3, aangebracht. De verdediging aan de zeezijde, bestaande uit kraagstukken, damwanden en gepenetreerde stortsteen tot N.A.P. + 6,5 m, kwam over de gehele lengte van ongeveer 2 km gereed.
Met de asfaltbetonkleding boven N.A.P. + 6,5 m werd een aanvang gemaakt.
De werkweg van grindasfaltbeton kwam over de gehele lengte gereed. Aan de binnenzijde van het damvak werd een aanvang gemaakt met het maken van kraagstukken en teenconstructies en met het leggen van betonblokken tot N.A.P. + 4 m.
De bovengenoemde werkzaamheden zijn tot de helft gevorderd.



C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De werkhaven is thans grotendeels in den droge ontgraven. Op de hoofdwaterkering langs de werkhaven en langs het zeewaterbassin is de kleibekleding aangebracht, die nu verder met teelaarde wordt afgedekt.
De remmingwerken aan de kadebeschoeiingen zijn voltooid, evenals het heiwerk aan de haventoegang; daar zijn de remmingwerken in uitvoering.
Een gedeelte van de bestaande zeewering wordt zeewaarts verplaatst. De oeververbindingen en steenbestortingen met gedeeltelijke asfaltpenetratie zijn behoudens enige aansluitingen voltooid. Met het aanbrengen van de koperslakkeibekledingen is aangevangen.
Achter de westelijke beschoeiing van de werkhaven wordt een modern peilmeetstation gebouwd. De peilmeetput van stalen damwandplanken is geheid, en de op N.A.P. – 3,50 m te leggen stalen toevoerbuis wordt thans uitgevoerd. De onderbouw van dit aanvullende werk kan met zeer grote kostenbesparing worden uitgevoerd.
De ontgraving in den droge van de werkhaven heeft namelijk zo'n verlaging van de grondwaterstand veroorzaakt, dat de anders noodzakelijke waterdichte afheiingen, bronbemalingen en wat meer nodig is bij ontgravingen tot 4 m beneden de waterstand, achterwege kan blijven.
Langs het zeewaterbassin zijn in de afgelopen periode gobimatbekledingen aangebracht.
De werken zijn, behoudens de aansluitende werken bij de inlaatsluis en de uitlaatconstructie, voltooid.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

Het betonwerk van de uitlaatconstructie is voltooid. De vier bodemdelen voor de gewapendbetonnen vloer van de inlaatsluis zijn gestort. De aanslagframes voor de elektrisch bediende afsluitkleppen en de terugslagkleppen zijn gesteld en gedeeltelijk ingebetonneerd.
Het bekistingswerk voor het overige betonwerk vindt voortgang. De heiwerken van stalen damwand in zee zijn thans voltooid. Er zijn gewapendbetonnen deksloven en overstortdrempels op aangebracht.
De werken aan de zeedijk zijn in uitvoering. De zinkwerken zijn, behoudens enige aansluitingen, voltooid. De geleideschermen in het zeewaterbassin werden afgewerkt.
De bodemvoorziening van het stortebed is grotendeels klaar. De aangebrachte bekleding wijkt enigszins af van het bestek. Wel zijn de rietmatten en de in het werk gevlochten matten conform het bestek aangebracht, maar de bestorting van zinksteen, gepenetreerd met gietasfalt, is op verzoek van de directie van de elektriciteitscentrale annex waterfabriek vervangen door een bodembekleding van in het werk gestorte stampbetonblokken. De aldus verkregen zeer vlakke bodem is nu geschikt om in de toekomst mechanisch gereinigd te worden. Verwacht wordt namelijk dat zich op de bodem aanmerkelijke hoeveelheden door de vuilvanger gekeerde algen, wieren en kwallen zullen ophopen.

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten ondershandse overeenkomsten

Opgave van door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de Deltawerken gesloten overeenkomsten

DED-1385 3 mei 1971

Het vervaardigen en leveren van 10 stuks stalen frames voor het transport van betonblokken ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 40 000,–
Aannemer: n.v. Staalkonstruktie Apparatenbouw en Scheepsreparatiebedrijf 'Hellevoet' te Helievoetsluis

DED-1387 19 mei 1971

Het huren van een gedeelte v.g. perceel, kadastraal bekend gemeente Schiedam, sectie N. nr. 365
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Tankers' Schoonmaakbedrijf Tankercleaning te Schiedam

DED-1389 6 mei 1971

Huren van de motorvlet 'Jumbo' ten behoeve van de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Handels- en Scheepvaartbedrijf W. van Laar en Zonen te Soest

DED-1390 9 december 1971

Het maken van afsluitdammen door de stroomgeulen 'Kous' en 'Brouwerhavensche Gat', van wegen en bijkomende werken onder de gemeenten Goedereede, Middenschouwen en Brouwershaven
Aannemingssom: f 46 500 000,–
Aannemer: n.v. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1329a 2 juni 1971

Wijziging van overeenkomst DED-1329, leveren van Duitse mijnsteen ten behoeve van de Deltawerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Utroma te Arnhem

DED-1392 2 augustus 1971

Het leveren van loodslakken ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Handels- en transportonderneming W. de Beyer te Arnhem

DED-1393 29 juli 1971

Het leveren van steenkorven en binddraad ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Technisch Handels- en Adviesbureau M. E. F. de Looff te Capelle a/d IJssel

DED-1394 29 juni 1971

Leveren van grind ten behoeve van de afsluiting van het Brouwerhavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Utroma te Arnhem

DED-1396 27 juli 1971

Het leveren en plaatsen van de stoomlier met twee trommels op de drijvende bok 'Ursus' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 20 000,–
Aannemer: n.v. Arie Rijsdijk-Boss en Zonen te Hendrik Ido Ambacht

DED-1279a 17 september 1971

Wijziging van overeenkomst DED 1279 voor het verlengen van het damvak op de Kabbelaarsbank en het aanbrengen van een bodembescherming in de stroomgeul 'Kous' met bijkomende werken, onder de gemeenten Goedereede, Middenschouw en Brouwershaven
Aannemingssom: f 12 034 117,–
Aannemer: n.v. Aannemings Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1397 25 mei 1971

Voorlopige overeenkomst voor DED-1390, voor het dichten van de twee sluitgaten in de Brouwershavensche Gat-dam en het uitvoeren van de daarmee verband houdende damwerken en bijbehorende weg- en bijkomende werken onder de gemeenten Goedereede, Middenschouwen en Brouwershaven
Aannemingssom: f 46 500 000,–
Aannemer n.v. Aannemings Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1400 4 augustus 1971

Het verplaatsen van een Romneyloods van het kabelbaanstation Scharendijke naar de werkhaven Schelphoek en het leveren en plaatsen van twee nieuwe Romneyloodsen
Aannemingssom: f 85 000,–
Aannemer: Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee

DED-1402 13 oktober 1971

Huur van twee dieselpompen ten behoeve van de uitwatering van een gedeelte van het grondgebied van de Vereniging van Aanwassen onder Fijnaart en een gedeelte van het grondgebied behorende bij het Waterschap 'De Striene' te Klundert in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1403 17 mei 1971

Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1404 17 mei 1971

Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1406 6 december 1971

Het leveren van groenstenen ten behoeve van de sluiting van het Brouwerhavensche Gat en aanpassingswerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Gobi te Zutphen

DED-1195c 19 juli 1971

Wijzigen van overeenkomst DED-1195a en 1195b voor het vervaardigen en in depot opslaan van 210 000 stuks betonblokken ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat onder de gemeenten Goedereede en Middenschouwen
Aannemingssom: f 14 588 421,75
Aannemer:
1 Dirk Verstoep n.v. te 's-Gravenhage
2 v. Hattum en Blankevoort n.v. te Beverwijk

DED-1408 13 juli 1971

Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1409 13 juli 1971

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: fa. G. J. Versluis en Zn. te Lexmond

DED-1410 13 juli 1971

Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: E. H. van Hoff te Woerden

DED-1411 13 juli 1971

Idem
Aannemingssom: idem
Aannemer: W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1412 13 juli 1971

Idem
Aannemingssom: idem
Aannemer: fa. G. van Weverwijk en Zn. te Zijdeveld

DED-1413 13 juli 1971

Idem
Aannemingssom: idem
Aannemer: fa. A. J. van Loon te Drimmelen

DED-1414 13 juli 1971

Idem
Aannemingssom: idem
Aannemer: fa. Gebr. Dubbeldam Bzn te Lage Zwaluwe

DED-1419 18 december 1971

Aan- en verkoop van een houten keet met inventaris staande op het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde
Aannemingssom: f 36 038,09
Aannemer: Combinatie C. J. v. d. Hoeven-Dirk Verstoep te 's-Gravenhage

DED-1279b 1 september 1971

Wijziging van overeenkomst DED-1279, eerder gewijzigd bij overeenkomst DED1279a voor het verlengen van het damvak op de Kabbelaarsbank en het aanbrengen van een bodembescherming in de stroomgeul 'Kous' met bijkomende werken, onder de gemeenten Goedereede, Middenschouwen en Brouwershaven
Aannemingssom: f 12 034 117,–
Aannemer: n.v. Aannemings Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-944b 30 december 1971

Wijziging van overeenkomst DED-944, eerder gewijzigd bij overeenkomst DED-944a voor het aansluiten van het bouwdok voor doorlaatcaissons Nieuw-Bommenede op het hoogspanningsnet van Schouwen-Duiveland
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Prov. Zeeuwse Energie Maatschappij te Middelburg

DED-1248 9 november 1971

Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van het werkeiland Noordland in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: fa. J. A. de Ruiter te Hardinxveld-Giessendam

DED-1340 4 november 1971

Ter beschikking stellen helicopter door Amerikaanse Leger voor storten betonblokken
Aannemingssom: idem
Aannemer: U.S.-Forces Europe

BR-5485 16 maart 1971

Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrische installatie c.a. voor twaalf doorlaat- en twee landhoofdcaissons ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 258 429,–
Aannemer: Van Rietschoten en Houwens' Elektrotechnische Maatschappij n.v. te Rotterdam

Verantwoording van de foto's

Aero Camera	99
Ir. G. Hofker	73 74 77 79 81 82
Hofmeester	91 107 108
Waterloopk. lab. Delft	64

Driemaandelijks Bericht
nummer 63, februari 1973

Inhoud

Natuurbouw op de drooggevallen gronden in het Grevelingenbekken 115

A. De werken van het Deltaplan

Wateroverspanningen onder caissons 124

De toren van de kabelbanen over de drie sluitgaten in de Oosterschelde 134

Verloop van de waterstanden en golven gedurende de storm van 12 en 15 november 1972 141

Veranderingen in de mond van het Haringvliet sedert de afsluiting 146

Vorderingen 164



Natuurbouw op de drooggevallen gronden in het Grevelingenmeer

Op de in 1967 verschenen 'Inrichtingsschets Grevelingenbekken' – zie daarover ook Bericht 45 (augustus 1968) – wordt de mogelijkheid open gehouden grote delen van de droogvallende gronden in het Grevelingenmeer tot natuurgebied te bestemmen. Aan de ontwikkeling van deze gebieden tot natuurterrein wordt thans grote aandacht besteed, en wel om de volgende redenen. De ontwikkelingsmogelijkheden van een natuurgebied worden ten dele reeds in de beginfase bepaald; wanneer men hierbij kansen mist, komen die nimmer terug. Bovendien kan men een natuurgebied makkelijk geschikt maken voor bepaalde vormen van recreatie, terwijl het omgekeerde tal van problemen geeft.
Begin 1971 werd de 'Natuurwetenschappelijke Adviesgroep Grevelingen' ingesteld om de werkzaamheden in het gebied na de afsluiting te begeleiden, opdat enerzijds de natuurlijke potenties van het gebied niet geschaad zouden worden, en anderzijds de mogelijkheden benut zouden worden om deze potenties in de beginfase te verruimen. Naast het geven van algemene richtlijnen heeft de adviesgroep zich vooral gericht op de mogelijkheden tot ontwikkeling als natuurgebied van de centrale platen Hompelvoet, Veermansplaat en Stampersplaat, waarvoor een globaal inrichtingsplan werd ontworpen. Men dient dit plan te beschouwen als een programma van eisen ten aanzien van het natuurbehoud. De mogelijkheden voor 'natuurbouw' in dit gebied kunnen daarom het beste aan de hand van dit plan besproken worden.
Het gebied ontleende vóór de afsluiting zijn betekenis aan het getij en de aanvoer van organische en anorganische stoffen, die de basis legden voor een voedselrijk milieu waarvan de hogere dieren – vooral steltlopers – in belangrijke mate konden profiteren. Het uitvallen van het getij is onherroepelijk, en daardoor is het karakter van het gebied totaal veranderd, ook als het Grevelingenmeer op de lange duur zout blijft. Handhaven van de oorspronkelijke biologische waarde is dan ook niet mogelijk. Bij zorgvuldige planning en goed beheer kunnen echter nieuwe waarden tot ontwikkeling komen. De doelstelling bij het ontwerp van het inrichtingsplan voor de drie platen was daarom: Het maken van een gedifferentieerd gebied, waarin zeer verschillende levensgemeenschappen in samenhang tot ontwikkeling komen.
Op botanisch, zoölogisch en hydrobiologisch gebied kan hier enige compensatie worden gevonden voor het verdwijnen van lage vochtige duingebieden elders in het land. Met betrekking tot de vogels zijn er enkele speciale wensen. Er is hier namelijk een mooie gelegenheid om voor vogelgroepen die elders in Nederland en in Europa bedreigd worden, gunstige biotopen te creëren. Met name wordt gedacht aan broedgebieden voor de grote stern, de visdief, de dwergstern, de strand- en bontbekplevier, de lepelaar, de aalscholver, de reiger en ook voor ralachtigen, en een paar soorten weidevogels. Behalve als broedgebieden kunnen deze eilanden een belangrijke functie vervullen als voedsel-, rui- en rustgebieden voor ganzen en eenden. Op grond van bovenstaande overwegingen werden de volgende uitgangspunten geformuleerd: De bestaande differentiatie in grondsoort en reliëf moet gehandhaafd of zelfs geaccentueerd worden, daarnaast mag het visueel open karakter van het



In dit relatief grootschalige en dynamische gebied doen zich plaatselijk kleinschalige ontwikkelingen voor

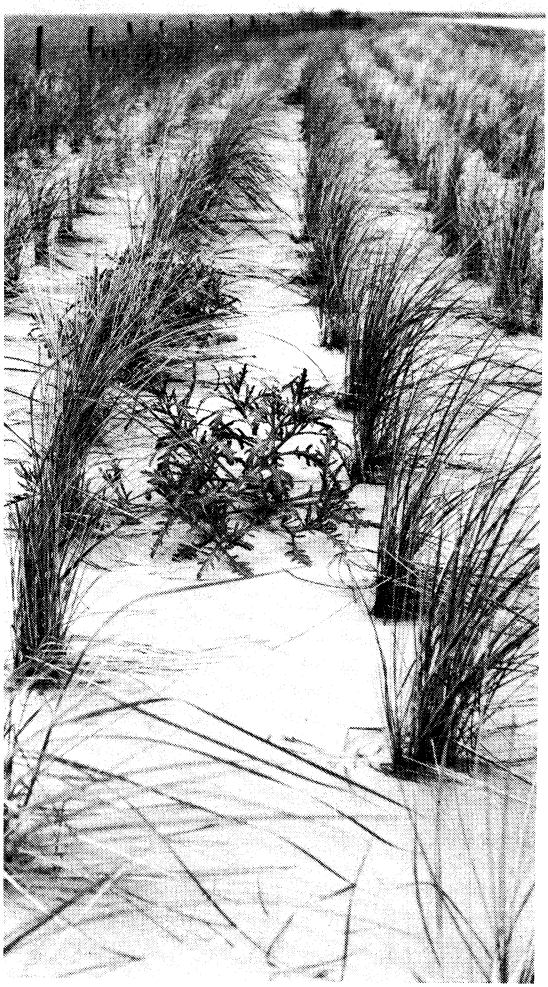
terrein niet worden aangetast, terwijl een goede wisselwerking tussen de verschillende elementen mogelijk moet zijn. Door het plaatsen van rijshoutschermen is inmiddels reeds meer reliëf ontstaan. De stuifdijken zijn dan ook waardevolle structurele elementen. De inzaai op grote schaal van de tussenliggende vlakten, in 1971, heeft echter de mogelijkheid tot verdere natuurlijke differentiatie verminderd.

Milieubouw en natuurbeheer

Bij de inrichting en het beheer van natuurterreinen heeft men in de loop der jaren diverse principes ontwikkeld en getoetst en daarbij kennis verworven, die kan worden samengevat onder de term natuurtechniek. Binnen deze techniek worden hoofdzakelijk twee richtingen onderscheiden: milieubouw en natuurbeheer.
Bij de milieubouw gaat het om eenmalige ingrepen zoals grondverzet, wijziging in waterbeheer of het instellen of veranderen van een beheersmethode.
Over het algemeen moeten deze maatregelen in aansluiting op de schok van de afsluiting worden uitgevoerd. In sommige gevallen dient men echter eerst bepaalde ontwikkelingen af te wachten, zoals de ontzilting van de bodem of de opslag van struiken en bomen. Laat men het juiste moment voorbij gaan dan nemen de kansen op een optimale ontwikkeling af.
Het natuurbeheer omvat de regelmatig weerkerende activiteiten, zoals beweiden, maaien en afbranden. De ervaring heeft geleerd dat voor een ongestoorde natuurlijke ontwikkeling een grote regelmaat in het beheer gewenst is. Elke verandering, hoe goed ook bedoeld, heeft negatieve bijeffecten. Een eenmaal gekozen beheersvorm moet daarom zo lang mogelijk worden voortgezet en mag hoogstens geleidelijk in intensiteit afnemen.
In het Grevelingenbekken nu behoren diverse vormen van milieubouw tot de mogelijkheden. De eerste vorm bestaat in niets doen. Dit houdt in dat we bodem en reliëf de gelegenheid geven zich op natuurlijke wijze aan de gewijzigde omstandigheden aan te passen. Bij de heersende omstandigheden en afhankelijk van het beheer zal daardoor een relatief grootschalig en dynamisch gebied ontstaan. Plaatselijk zullen zich echter kleinschalige ontwikkelingen voordoen. Op plaatsen waar een ander milieu gewenst is kan men één of meer ingrepen verrichten die het milieu blijvend veranderen. Daaronder valt bijvoorbeeld het aanbrengen van grenzen. Voor een optimale differentiatie is het gewenst nieuwe

grenzen, bijvoorbeeld afrasteringen, niet te laten samenvallen met reeds bestaande grenzen, zoals bijvoorbeeld de stuifdijken. Bij voorkeur richt men ze hier dwars op en zoveel mogelijk parallel aan bestaande gradiënten, dus bijvoorbeeld dwars op de hoogtelijnen. Het verloop van de grenzen moet verder zo gevarieerd mogelijk zijn. Ook kan de ingreep bestaan in het aanbrengen van reliëf. Een soortenrijke vegetatie is alleen te verwachten in terreinen met veel ruimtelijke variatie. Hierbij speelt het reliëf een grote rol. De stuifdijken zijn daarom, mede door hun relatief natuurlijke opbouw, uiterst waardevol. Zij vormen echter slechts een grof netwerk, terwijl de ingezaaide percelen weinig variatie vertonen. Derhalve is het van groot belang op enkele plaatsen kunstmatig een kleinschalig reliëf aan te brengen, dat dan door de wind toch weer een natuurlijk karakter krijgt. Hierbij wordt gedacht aan het opschuiven van zandruggen van ongeveer 1 meter hoog en het maken van laagtes tot 0,5 à 1,5 meter onder het maaiveld.

Tussen de aangeplante helm op de stuifruggen vindt reeds spontane vestiging van planten plaats



Bij het ontwerpen van de verhogingen gaat men uit van een maximale schuifafstand van 50 m. De ontwerpen van de complexen kunstmatige duintjes die voor de verschillende platen zijn voorzien, zullen later verder moeten worden uitgewerkt. Enkele principiële verschillen zijn echter reeds in de figuren 1 en 3 aangegeven. Op de Hompelvoet zien wij in grote lijnen een structuur van bogen met de bolle zijde naar het zuidwesten. Het karakter van deze duintjes is hierdoor relatief besloten en stabiel. Op de Veermansplaat ligt de holle zijde op het zuid-westen. Het geheel zal hierdoor een wat dynamischer karakter krijgen. Een heel ander beeld vertonen de ruggen die worden opgeworpen met de vrijkomende grond uit de te graven plassen. Door het vóórkomen van sliblenzen in de ondergrond zal dit materiaal wat rijker zijn, hetgeen een sterke groei van enkele plantesoorten tot gevolg kan hebben. Om hier toch een gevarieerde plantengroei te verkrijgen moeten de milieugradiënten wat sterker zijn. Iets meer reliëf is dus gewenst. De ruggen zouden daarom 2 tot 3 meter hoog moeten worden. De grootste verschillen in begroeiing zijn te verwachten tussen noord- en zuidhellingen. De ruggen zijn daarom in de richting oost-west ontworpen.

Nog weer een andere milieubouwtechnische ingreep is het ontgraven van zoetwaterplassen. Kleine zoetwaterplassen zijn in de hele streek zeldzaam. Zij zullen daarom zelfs wanneer het hele Grevelingenmeer zoet zou worden van grote waarde zijn; maar vooral

als het meer zout blijft, zullen zij voor de vogelwereld van onschatbare waarde zijn. Ook botanisch en hydrobiologisch liggen hier echter interessante perspectieven. Deze plassen moeten zo groot en diep zijn dat dichtvloeien door erosie niet waarschijnlijk is. Anderzijds is het gewenst een flinke ondiepe oeverzone te creëren waar zich een rijke plantenwereld kan vestigen. Er is een drietal plassen ontworpen met ieder een ander karakter. De geografische spreiding is zo groot mogelijk.
De veranderde omstandigheden maken ook de aanleg van grindbanken noodzakelijk. De ervaring in het IJsselmeer en het Veerse meer heeft geleerd dat het moeilijk is om het karakter van een schelpenbank te handhaven als de getij- of golfwerking wegvalt. Er is dan weinig of geen aanvoer van nieuwe schelpen meer, de aanwezige schelpen verpulveren, het gebied stuift vol en de schelpenbank raakt begroeid. Voor sommige sterns en plevieren is een onbegroeide schelpenbank een essentiële broedbiotoop. Een gelijkwaardige vervanging kan echter op verschillende manieren kunstmatig worden aangebracht. Men kan grindbanken van ongeveer 2 meter dik in een plaat of schor ingraven; daarvoor gebruikt men grind van een diameter van 2 tot 8 cm. Door de dikte van de grindlaag en de grootte van de stenen wordt instuiven door uitspoelen gecompenseerd. Het kale grind blijft als broedbiotoop geschikt voor sterns en plevieren, die elders in de wereld ook tussen grind nestelen. Op een niet doorlatende ondergrond, zoals beton of plastic, kan men volstaan met een dunnere laag grind of schelpen. Regelmatig nieuwe aanvoer van schelpen, tenslotte, is een derde manier om de broedbiotoop in stand te houden.
Bespreken we tenslotte kort de visie van de milieubouwer op de ingrepen oeververdediging, inzaai en inplant en ontwatering en ontzilting.
In principe is het gunstig als de oevers zich langs natuurlijke weg ontwikkelen. Teneinde teveel afslag te voorkomen zal echter langs een groot deel van de eilanden een verdediging noodzakelijk zijn in de vorm van grindbanken op enige afstand van de oevers. Er kunnen hierdoor interessante lagunes ontstaan. Ten behoeve van de vastlegging der buitendijkse gronden is op grote schaal een mengsel van rogge en gras ingezaaid – zie Bericht 61, augustus 1972 –, echter voornamelijk op plaatsen waar dit uit natuurtechnisch oogpunt onnodig of zelfs ongewenst was. Het deel van de Hompelvoet dat door aard en ligging van groot belang kan zijn als voedselbiotoop voor ganzen was daarentegen niet ingezaald. Daar het hier gewenst was snel een grasmat te creëren, is een belangrijk deel alsnog ingezaaid.
De wind heeft in dit vlakke gebied een sterk nivellerend effect. De ruggen langs de stuifschermen en de opgeschoven duintjes zullen, zo lang er geen vegetatie op groeit, gevaar lopen weer af te vlakken. Het is daarom gewenst op een deel ervan helmgras aan te planten, dat zich handhaaft zo lang er opstuiving plaats vindt. Komt het gebied na enkele jaren tot rust, dan verdwijnt de helm langzamerhand.
Om de voor de vogels zo belangrijke biezenvelden snel van de grond te krijgen zouden enkele stukken moeten worden ingeplant.





Boven: Op open plekken in het schor op de Hompelvoet broedt een groot aantal grote sterns. Dit is nu een der grootste kolonies in ons land.

Links: Door middel van extensieve beweiding kan in een eentonig gebied wat meer variatie ontstaan

Dit zal kunnen zodra op die plekken het zoutgehalte in de bodem door afstromend zout water voldoende gedaald is, hetgeen waarschijnlijk pas over enkele jaren het geval zal zijn. Deze velden kunnen bovendien voor de visstand van groot belang zijn door hun functie als paaiplaats.
Nergens op de inrichtingsschets staat bosaanplant aangegeven. Het is namelijk veel beter de eerste tien jaar af te wachten hoe en waar de natuurlijke ontwikkeling tot struweel en laag bos zal plaats vinden, om daar dan met het beheer op aan te sluiten. Uit onderzoek in het Veerse Meer is duidelijk gebleken dat zich, biologisch gezien, de meest interessante ontwikkelingen voordoen op plaatsen waar de ontzilting relatief langzaam verloopt, waardoor ook de successie in de begroeiing langzaam gaat. Versnelde ontzilting door verbeterde ontwatering is daarom beslist ongewenst.

Natuurbeheer

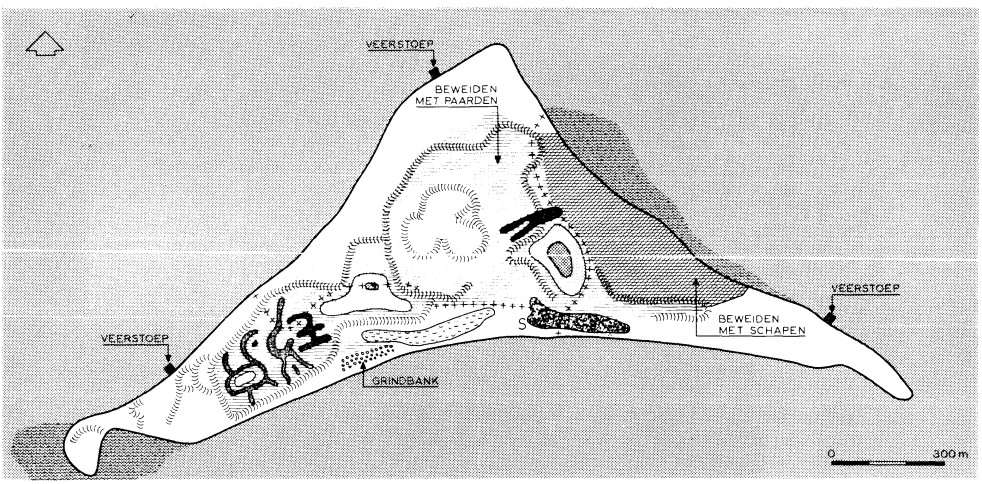
De gekozen inrichting via de milieubouw dient direct samen te gaan met een passend beheer. Hiervoor zijn weer tal van mogelijkheden denkbaar.
Een belangrijke beheersvorm is niet doen. Op plaatsen waar de mens niet ingrijpt zal na de nivellering ten gevolge van het plotseling droogvallen en eventueel afstuiven een natuurlijk differentiatie-proces optreden, waardoor de bestaande verschillen versterkt worden. Deze beheersvorm is dan ook vooral geschikt voor de plaatsen waar de meeste variatie in bodemsoort en reliëf aanwezig was of waar die is aangebracht.
In dit grootschalige en dynamische gebied ligt het voorlopig minder voor de hand te gaan maaien. Later zal wellicht op enkele plaatsen door maaien de diversiteit verder vergroot kunnen worden. Bij wijze van experiment worden echter op de Veermansplaat enkele hectaren van de ingezaaide oppervlakte wel reeds, in de zomer, gemaaid.
Beweiden is echter een ideale beheersvorm voor terreinen met een relatief grootschalig en dynamisch karakter. Bij extensieve beweiding treedt differentiatie op doordat de begrazings-intensiteit en de bemesting van plaats tot plaats variëren. Ook kan men de dichtheid van de begroeiing door beweiding regelen. Hoe meer dieren, hoe meer het terrein open blijft. Er moeten echter nooit meer dieren worden ingezet dan er nodig zijn om op de lange duur de jaarlijkse groei van het gewas af te grazen. Dit moet dan bovendien niet in korte tijd, maar liefst in de loop van het gehele jaar gebeuren. In de herfst moet er nog zoveel gewas aanwezig zijn, dat dit als voedsel voor wilde ganzen kan dienen.
Deze vogels maken thans reeds intensief van de geboden mogelijkheden gebruik. Op den duur is gemengde beweiding denkbaar. Voorlopig is het echter wenselijk dit niet te doen. De ervaring leert namelijk dat de dieren bij gemengde beweiding onrustiger zijn, wat schadelijk is voor de vogelstand. Om een goed inzicht te krijgen in het effect dat verschillende diersoorten teweeg brengen is scheiding eveneens gewenst. Er zijn daarom aparte eenheden geprojecteerd met respectievelijk paarden, schapen en rundvee. Voor koeien en paarden wordt hierbij aan een dichtheid van één beest per 2 hectaren gedacht. Bij schapen kan de verhouding 1 : 1 zijn. Van belang is juist bij deze beheersvorm dat hij zo snel mogelijk wordt ingesteld, omdat

het differentiërend effect de eerste jaren het grootste zal zijn. Wacht men te lang, dan stabiliseren de eentonige gedeelten zich en gaat er een zekere natuurlijke potentie verloren. Het is dan ook verheugend dat het mogelijk bleek reeds in april 1972 met beweiding door ossen en schapen te beginnen op respectievelijk de Veermansplaat en de Stampersplaat. Deze beweiding zal in dit voorjaar worden voortgezet. Bovendien zal dan ook op de Hompelvoet een begin worden gemaakt met beweiding door schapen en paarden.

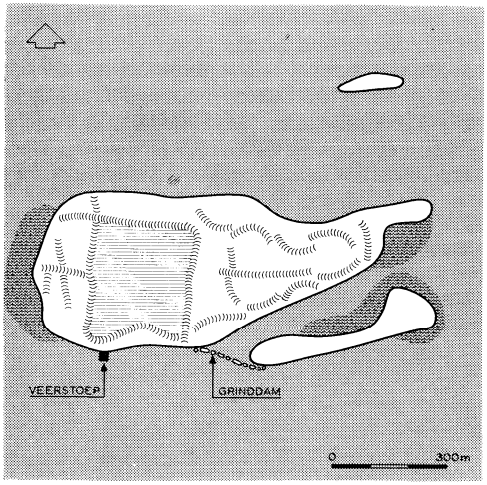
Het inrichtingsplan

Als wij nu het inrichtingsplan nader bezien en er enkele details van bespreken, dan dient vooraf in het algemeen te worden opgemerkt dat bij het ontwerp getracht is zoveel mogelijk aan te sluiten op de terreingesteldheid. Bovendien zijn de verschillende onderdelen zodanig gesitueerd dat ook planten en dieren die juist een overgang tussen of combinatie van milieutypen prefereren, aan hun trekken komen. Dit komt zowel uit in de plannen voor de Hompelvoet als in die voor de Veermansplaat en de Stampersplaat.
Het onbeweide gedeelte van de Hompelvoet, de zone die van nature reeds de meeste variatie vertoont, bevat verschillende elementen. Allereerst een open strandvlakte aan de westpunt, die slechts zeer langzaam begroeid zal raken; dan is er een complex lage duintjes. Het meest westelijk deel is door aanstuiven tegen schermen ontstaan. De kunstmatige duintjes sluiten daarbij aan. In verband hiermee is het van belang dit gedeelte zo snel mogelijk te realiseren. Sluitstuk vormt het hogere duin dat gevormd wordt door de specie uit een te graven plas.
Een gedeelte van deze plas wordt ondiep zodat zich een rijke vegetatie kan ontwikkelen. Het diepe gedeelte kan in droge tijden een wijkplaats voor waterorganismen zijn.
Het beste kan met het graven van dit duinmeer worden gewacht tot zich een zoetwaterlens van voldoende dikte gevormd heeft. Dit zal mogelijk na 1973 het geval zijn.
Wanneer de schelpenbank in dit gedeelte van de Hompelvoet begroeid raakt, zou een grindbank als alternatieve broedbiotoop voor sterns en plevieren kunnen gaan functioneren. Het deel dat begroeid is met een schorrenvegetatie zal niet worden beweid, aangezien hier thans de grote stern broedt.
Het met paarden te beweiden gedeelte van de Hompelvoet is een wijd en grootschalig gebied, dat zich op den duur tot een open landschap met struwelen en verspreide bosjes kan ontwikkelen. De volgende elementen zijn er in te onderscheiden: enerzijds enkele duinruggen, die aansluiten bij het onbeweide duincomplex, zodat een geleidelijke overgang ontstaat; en anderzijds een stuifvlakte, waarin de door uitstuiven blootgekomen schelpen deze winter tot een paar lage heuveltjes zijn geconcentreerd, zodat dit terrein steeds een ander karakter zal behouden dan de ingezaaide vlakte, en een grote diepe plas met aansluitend een hoge rug, gevormd met de vanuit de plas vrijgekomen grond, en gedeeltelijk gelegen in de schapenweide. Deze plas hier krijgt een heel ander karakter dan het duinmeer.
Vooral voor de vogels wordt deze plas van groot belang geacht. Hij moet dan ook in

1



2



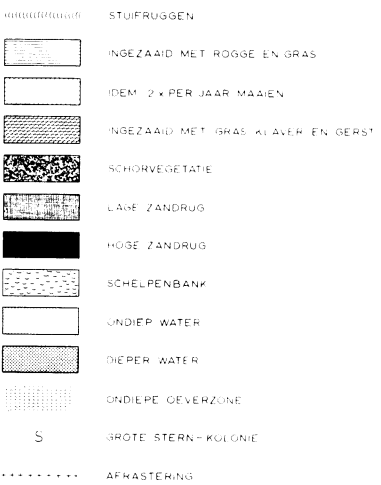


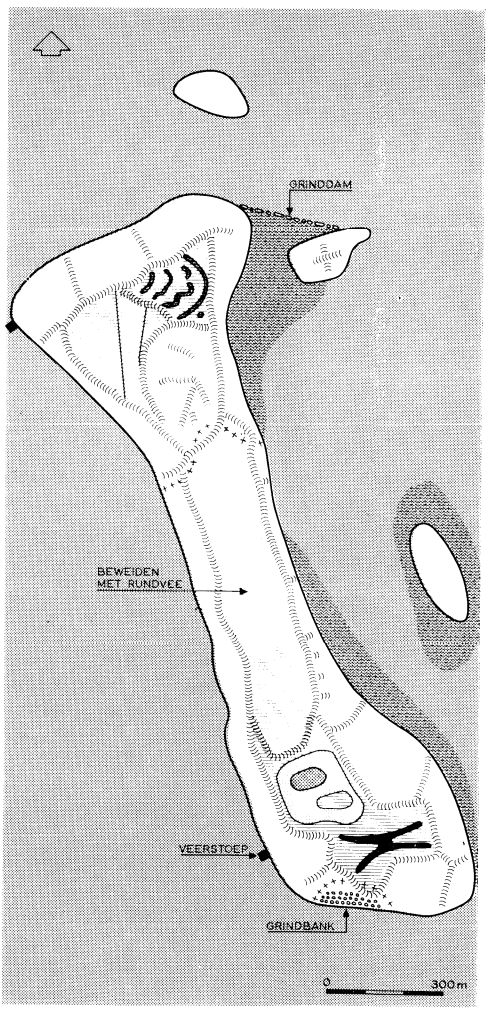
Fig. 1. Inrichtingsschets van de Hompelvoet

Fig. 2. Inrichtingsschets van de Stampersplaat

Fig. 3. Inrichtingsschets van de Veermansplaat

relatie gezien worden met de ganzenweide. In verband met de kans op leverbot kan hij echter niet in het door schapen te beweiden gedeelte liggen. Waarschijnlijk kan deze plas gelijk met het duinmeer gegraven worden. Het brakke water ervan zal wellicht geschikt zijn voor allerlei brakwaterorganismen, waar de vogels weer van profiteren.
Het met schapen te beweiden gedeelte van de Hompelvoet is vooral bedoeld als voedselgebied voor ganzen. Daarom juist is voor beweiding door schapen gekozen. Hierdoor kan zich een korte stevige grasmat ontwikkelen, vooral in het lage slibrijke deel.
Er zijn in dit gedeelte vier zones te onderscheiden: Ten eerste het schelpenrijke zuidelijke deel. Hier zal zich vermoedelijk een struweelrijke vegetatie ontwikkelen. Ook het bestaande schor valt grotendeels in dit te

3



beweiden deel. Voor een geleidelijke ontwikkeling van deze zoutplantenvegetatie is dit zeer gewenst. Ten tweede vindt men hier een tegen verstuiving met rogge en gras ingezaaid gedeelte; ten derde een laag slibrijk deel. Vooral dit deel zal voor weidevogels en ganzen van belang zijn. Het is daarom in het voorjaar 1972 grotendeels ingezaaid met gras en klaver, onder gerst als dekvrucht. Deze begroeiing is thans zover ontwikkeld dat de beweiding met schapen kan beginnen. Tenslotte is er een ondiepe oeverzone waar zich riet- en biezenvelden kunnen gaan ontwikkelen. Deze zone is eveneens van groot ornithologisch belang, vooral als ruigebied voor eenden en als voedselgebied voor grauwe ganzen. Nog waardevoller zou hier echter een zilte oeverzone zijn, in een zout bekken, daar de vogelsoorten die hier op aangewezen zijn het meest bedreigd worden.

Ten aanzien van de Veermansplaat en de ervoor gelegen kleine eilanden stelt de schets in grote trekken het volgende voor:

Op geen van de drie kleine eilanden zal voorlopig iets worden gedaan. Wanneer de bodem voldoende zoet water bevat, zou er opgaand bos kunnen komen. Voor verschillende in kolonies broedende watervogels zoals aalscholvers, reigers en lepelaars kan dit een aantrekkelijke broedbiotoop worden.

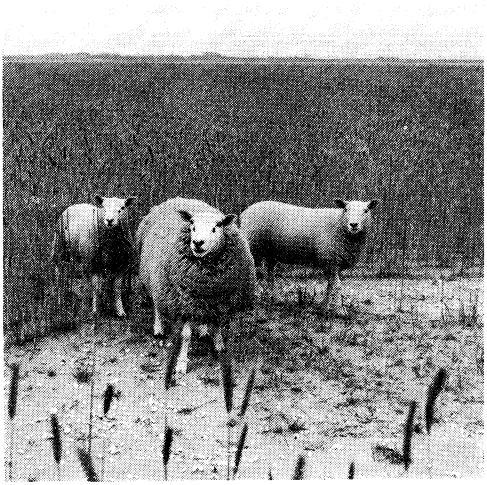
Aan de oostkant van de plaat is het water over grote oppervlakte ondiep, met een slibrijke bodem. Hier zal zich afhankelijk van de verzoeting een riet- en biezenvegetatie ontwikkelen. Het verdient aanbeveling de doorgang tussen de plaat en het middelste eiland met een grinddam af te schermen zodat daarachter een beschutte baai ontstaat, die van belang zal zijn voor ruiende, rustende en voedsel zoekende steltlopers, ganzen en eenden en voor paaiende vissen.

Aan de noordpunt van de eigenlijke Veermansplaat vindt men in het onbeweide gedeelte achtereenvolgens een strandvlakte die langzaam begroeid zal raken, en een gebied met kunstmatige duintjes, bewust geprojecteerd tussen de strandvlakte, de lagune, de stuifvlakte en het ingezaaide stuk, zodat in alle richtingen een overgang van kleinschalig naar grootschalig gebied ontstaat. Daarop sluit aan een ingezaaide vlakte, waar zal blijken hoe zich zo'n gebied van nature ontwikkelt en waarvan bij wijze van experiment een gedeelte 2x per jaar wordt gemaaid. Tenslotte ligt er een stuifvlakte, waar door verstuiving een interessant microreliëf is ontstaan. Ook liggen er verscheidene hoge stuifruggen.



Interessante botanische ontwikkelingen zijn hier zeker te verwachten.

Door beweiding met rundvee zal in de thans zeer eentonige begroeiing van het middengedeelte van de Veermansplaat weer wat variatie ontstaan. Op den duur kan er een open landschap ontstaan met hier en daar wat bosjes, geschikt voor allerlei weidevogels en wellicht ganzen. Aan de oostzijde vinden wij de eilandplas, van groot belang voor de vogelwereld. Een of meer eilanden er in zijn door de rust geschikt voor koloniebroeders zoals kapmeeuwen, visdieven en grote sterns. Deze plas, die nog lang brak of zelfs zout zal blijven, moet liefst zo snel mogelijk worden gerealiseerd. Dit is zowel voor het beweidingsexperiment als voor de vogelstand



Boven: Op de Stampersplaat zal beweiding met schapen een gunstige invloed hebben op de vegetatie-ontwikkeling

Links: In de stuifvlakte op de Veermansplaat ontstonden hoge zandruggen

en de vegetatie-ontwikkeling van belang. Naast de plas komt weer een hoge rug, gevormd met de vrijkomende grond uit de plas. Daar deze grond relatief rijk aan slib zal zijn is de hele rug in het beweide gebied geprojecteerd. Hierdoor wordt een al te snelle vegetatieontwikkeling wat afgeremd. Een tweede grindbank naast die op de Hompelvoet is op deze plaats zeker gewenst.
Het is de bedoeling zowel de Stampersplaat als het kleine plaatje ernaast vrijwel geheel aan de natuurlijke ontwikkeling over te laten. Er kan echter op eenvoudige wijze extensieve beweiding met schapen plaats vinden, hetgeen, vooral de eerste jaren, een positieve invloed zal hebben. Overigens is het zeer gewenst de doorgang tussen de grote en de kleine plaat af te sluiten met een lage dam van zand of grind. Hierdoor wordt een kleine maar vrij diepe baai gevormd. Dit biedt meer perspectieven dan een open doorgang waar wind, stroom en scheepvaart vrij spel hebben. De oever zal onder invloed van het dammetje sneller begroeid raken. Om te voorkomen dat de thans nog steile oever te veel afkalft, moet dit snel gebeuren. Ook de ondiepten ten noorden van de plaat zullen met een grinddam tegen verdere afslag moeten worden beschermd.

Mogelijkheden voor recreatie

De natuurwetenschappelijke belangen worden niet geschaad door bepaalde vormen van recreatie op de eilanden. Er kan zelfs een mogelijkheid worden geopend om in deze gebieden natuurbeschermingseducatie te geven in combinatie met natuurrecreatie. Een klein aantal aanlegplaatsen, die aansluiting geven op enkele natuurpaden, kunnen mogelijkheden bieden voor excursies al dan niet onder deskundige leiding. Dat laatste zal zeker het geval moeten zijn in de broedtijd wanneer broedkolonies worden bezocht. Deze aanlegplaatsen zullen tevens steunpunten zijn voor de watersport en ze moeten dus zorgvuldig geprojecteerd worden, om schade te voorkomen. Zonering is daarom gewenst. Op de Hompelvoet is de noordwestzijde het minst kwetsbaar. De oostelijke helft, maar ook de uiterste westpunt, zullen in het belang van de vogels strikte rustgebieden moeten zijn. Op de Veermansplaat komt vooral de oostzijde met de ondiepe baai als rustgebied in aanmerking. Op de Stampersplaat zou met name het kleine eiland ontoegankelijk moeten blijven.

Wij hebben getracht duidelijk te maken op welke manier het mogelijk is door zorgvuldig gekozen begeleidende maatregelen de natuurlijke ontwikkeling in de Grevelingen in positieve zin te beïnvloeden. Hierdoor zal een natuurgebied van zeer grote betekenis kunnen ontstaan. Deze ontwikkeling is reeds begonnen, en ze gaat door. De gewenste ingrepen en het noodzakelijke beheer mogen daarbij niet achterblijven. Aan de andere kant dienen we steeds het resultaat van de ontwikkelingen af te wachten aangezien dit mede bepalend zal zijn voor verdere maatregelen. Deze combinatie van tijdig ingrijpen enerzijds en geduldig afwachten anderzijds is kenmerkend voor de werkwijze in de natuurtechniek.

Bijdrage verzorgd door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Dit is R.I.N.-mededeling nr. 69.

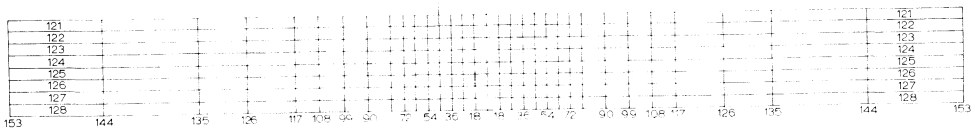
A. De werken van het Deltaplan.

De toenemende omvang van de Deltawerken die achtereenvolgens tot uitvoering kwamen, bracht de noodzaak met zich om naast de uitvoeringstechnische kundigheden ook de theoretische kennis van hydraulische en grondmechanische problemen in een snel tempo te verruimen. Elke afsluiting is dan ook meteen gebruikt als studieobject met het oog op latere ontwikkelingen, dus als een soort modelproef op ware grootte. De uitvoering van zulke proeven brengt vaak allerlei onverwachte moeilijkheden mee.
In onderstaand artikel komt dit ook duidelijk aan het licht.

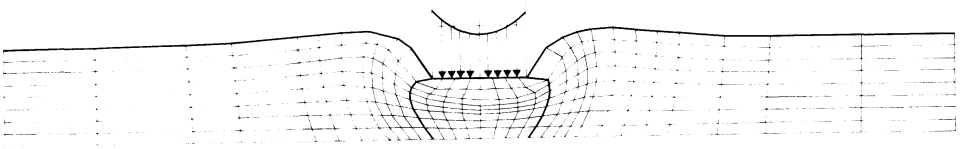
Wateroverspanningen onder caissons

Wanneer een doorlaatcaisson op de drempel van een sluitgat wordt afgezonken neemt de druk die hij uitoefent op de ondergrond even snel toe als wanneer er ter plaatse in vijf minuten tijds een flatgebouw van vijf verdiepingen zou worden gebouwd.
Om de snelle toeneming van de belasting te kunnen opnemen moet de bodem in een bijzonder korte tijd sterk worden samengedrukt. Dat kan alleen door uitpersing van grondwater. Kan het grondwater niet snel genoeg ontsnappen, dan ontstaan er onder de zojuist geplaatste caisson wateroverspanningen.
Deze wateroverspanningen kunnen de stabiliteit van de caisson in gevaar brengen. Ook golfklappen op caissons kunnen wateroverspanningen veroorzaken en de stabiliteit in gevaar brengen, vooral als de geul- of zeebodem uit losgepakt zand bestaat. Om meer inzicht te verkrijgen in deze verschijnselen zijn er metingen verricht onder de doorlaatcaissons, die in april 1971 bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat werden geplaatst in het sluitgat 'Kous'.
Gevaar voor wateroverspanningen is in de bouwwereld bekend genoeg wanneer het gaat om het maken van bouwwerken op kleiige ondergrond; klei immers is zo ondoorlatend, dat zelfs de langzame toeneming van de druk die gepaard gaat met een normale bouwsnelheid, soms nog te vlug verloopt om wateroverspanningen in kleigrond te voorkomen.
Bij caissons die op een redelijk doorlatende zandbodem worden neergezet, lijkt er minder reden te bestaan voor de vrees dat er wateroverspanningen zullen optreden, vooral als er een filterconstructie op de geulbodem is gebouwd, waardoor het grondwater nabij de oppervlakte gelegenheid krijgt om extra snel af te stromen, en waardoor de belasting bovendien over een grotere oppervlakte gespreid wordt. Toch kan de grote belastingssnelheid tijdens het afzinken ook bij zandige ondergrond wateroverspanningen veroorzaken, vooral bij brede caissons. De caissons voor het sluitgat 'Kous' waren 20 m breed. Voor een eventuele caissonsluiting van de Oosterschelde voorzag men al caissons met een breedte van 30 m. De caissons die in de toekomst deel zullen uitmaken van de fundering van radartorens in volle zee, zullen nog wel breder worden uitgevoerd. Omdat de breedte van deze caissons zo groot is en omdat de bodem van onze geulen en van de Noordzee wel uit zand bestaat, maar zand dat vaak zo fijn is of dermate met slib verontreinigd dat de doorlatendheid naar verhouding gering is, werd een meting van de

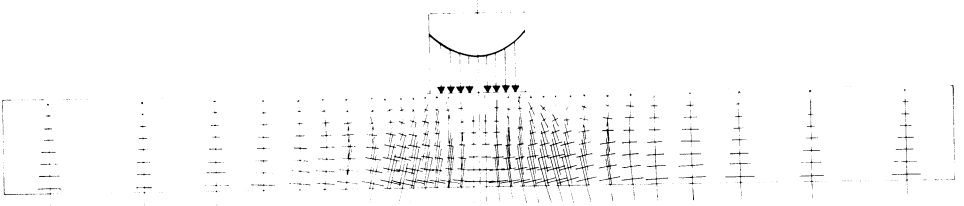
Fig. 1. Spanningen en vervormingen in de bodem onder een zeer snel afgezonken caisson, berekend met het computerprogramma CONSOL



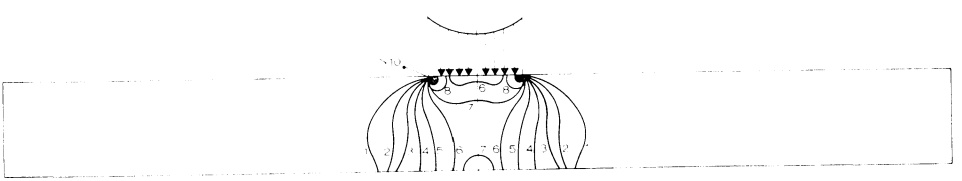
VOORSTELLING VAN HET PROBLEEM (t.b.v. CONSOL)



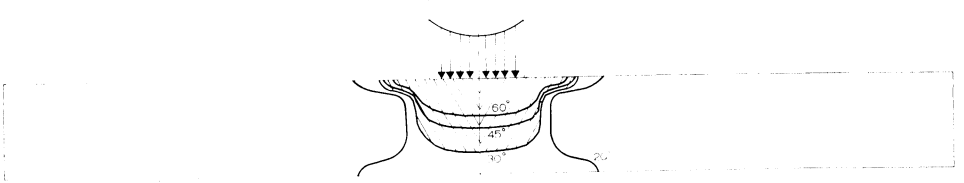
DRUKVERDELING EN VERPLAATSINGEN



SPANNINGSLIJNEN IN HET KORRELSKELET



WATEROVERSPANNINGEN



PLASTISCHE ZONE EN MINIMAAL BEZWEKEN VOOR WEERSTAND

Fig. 2. Situatie van het sluitgat Kous en van het bouwdok te Zonnemaire

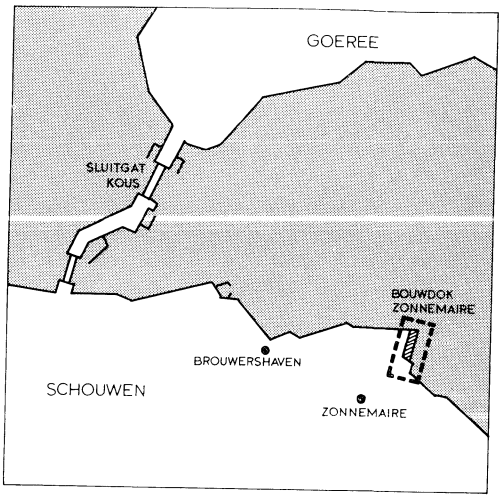
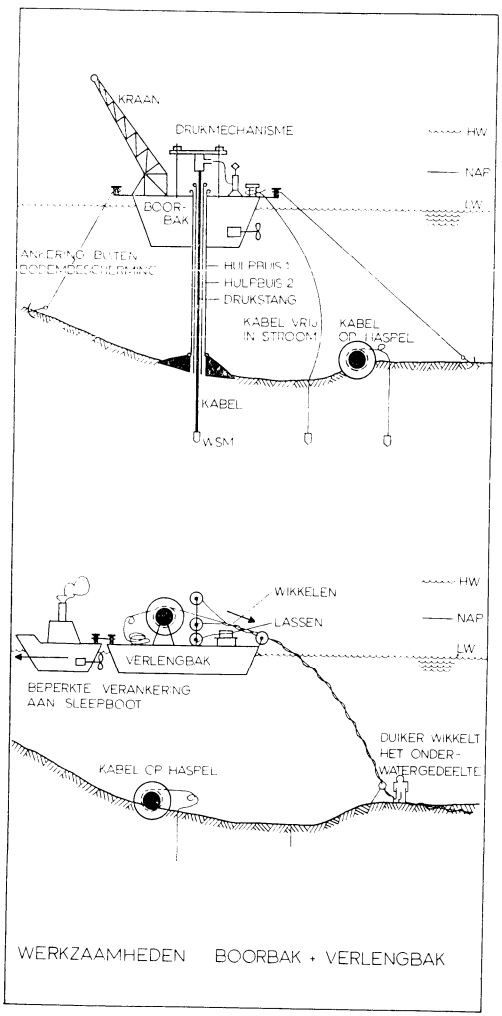


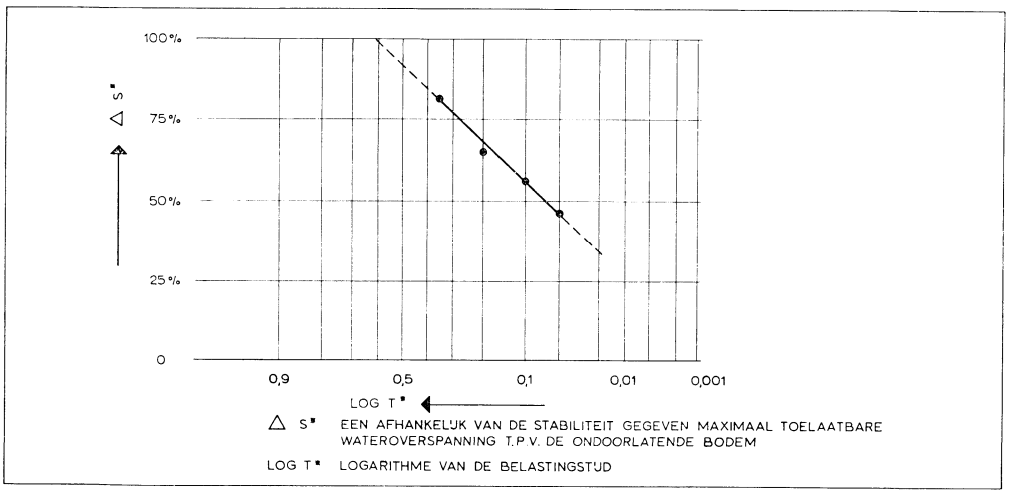
Fig. 3. Werkwijze bij het plaatsen van waterspanningsmeters in het sluitgat Kous

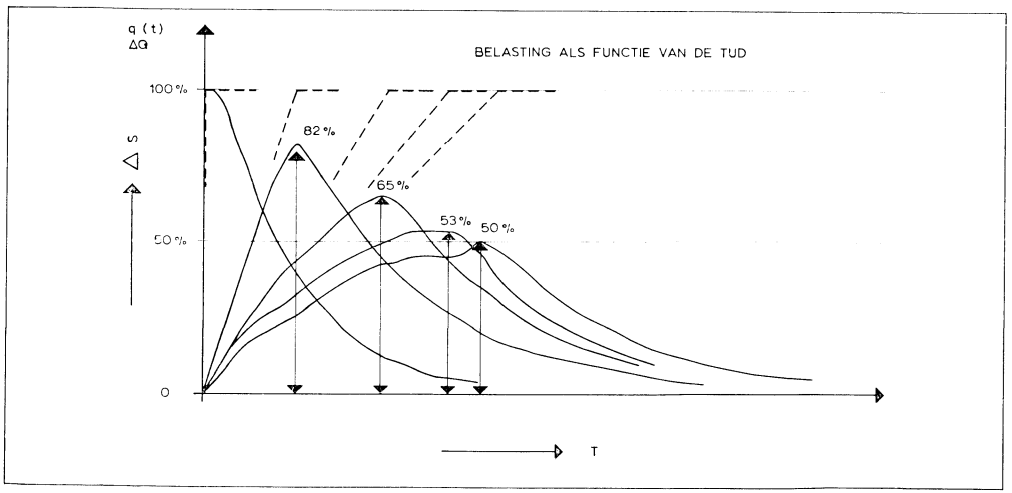


wateroverspanningen onder de caissons in de 'Kous' van groot belang geacht.
Het gevaar van wateroverspanningen is in de bouwwereld minder bekend wanneer het gaat om bouwwerken die aan trillingen blootstaan en op onder het grondwater gelegen zandlagen worden gefundeerd. Een flatgebouw in Niigata in Japan is tijdens de aardbeving van 1964 scheefgezakt, omdat de trillingen dermate grote wateroverspanningen veroorzaakten dat stabiliteitsverlies niet achterwege kon blijven. De wateroverspanningen ontstonden omdat de zanddeeltjes vanwege de trillingen in een relatief korte tijd een kleiner poriëngehalte of een dichtere pakking wilden gaan aannemen, wat niet kon omdat het grondwater niet zo snel weg kon stromen. Golfklappen op caissons kunnen ook trillingen in de fundering opwekken en op dezelfde wijze tot wateroverspanningen en stabiliteitsverlies leiden. Metingen van wateroverspanningen tijdens een eventuele storm direct na het plaatsen der caissons werden daarom eveneens van belang geacht.
Behalve de grote belastingssnelheid geeft juist de breedte van de caisson aanleiding om extra waakzaam te zijn. Plaatst men een caisson op een relatief dunne en ondoorlatende laag, dan hebben we te doen met één-dimensionale consolidatie en is de snelheid waarmee de wateroverspanningen verdwijnen alleen afhankelijk van de laagdikte en onafhankelijk van de caissonbreedte. De snelheid neemt kwadratisch af als de laagdikte groter wordt. Dit effect staat bekend als het laagdikte-effect. Plaatst men dezelfde caisson evenwel op een relatief dikke tevens ondoorlatende laag dan hebben we te doen met twee- of drie-dimensionale consolidatie,

en treden wateroverspanningen alleen op over de laagdikte waarin de caissonbreedte zich door haar belastingsspreiding doet voelen. Naarmate een constructie breder wordt, neemt ook de dikte van de laag waarover de belastingsspreiding zich doet gevoelen toe, met als gevolg dat de afstromingstijd kwadratisch evenredig toeneemt. Men zou dit het 'breedte-effect' kunnen noemen.
Bij grote laagdikte is de snelheid waarmee de wateroverspanningen verdwijnen dus niet meer afhankelijk van de laagdikte, maar juist alleen van de caissonbreedte. Toch wil dit nog niet zeggen dat een bredere caisson altijd ongunstiger is. Een extra grote breedte geeft bij eenzelfde caisson-gewicht meer spreiding van de belasting en dus ook kleinere waterspanningstoeneming. Ondanks de kleinere snelheid van afstromen, kan deze

Fig. 4. Afneming van de maximale wateroverspanning bij afnemende zinksnelheid, in de vorm van een grafiek (boven) en van een diagram.





kleinere toeneming van de waterspanningen toch een kleinere eindspanning geven dan bij een smallere caisson. Het breedte-effect dient daarom steeds in samenhang met het belastingsspreidingseffect bezien te worden.

Metingen in het sluitgat 'Kous' stuitten op grote uitvoeringstechnische bezwaren. De waterspanningsmeters die de gegevens voor de meting zouden moeten aandragen, zou men bijvoorbeeld al tijdens de opbouw van de drempelconstructie in het sluitgat moeten aanbrengen. In die periode wordt er echter in een klein gebied druk gevaren, geankerd, steen gestort en bodembescherming afgezonken, zodat de vrij tere kabels die de waterspanningsmeters met het vasteland moeten verbinden, weinig kans maken de periode tot aan de plaatsing der caissons te

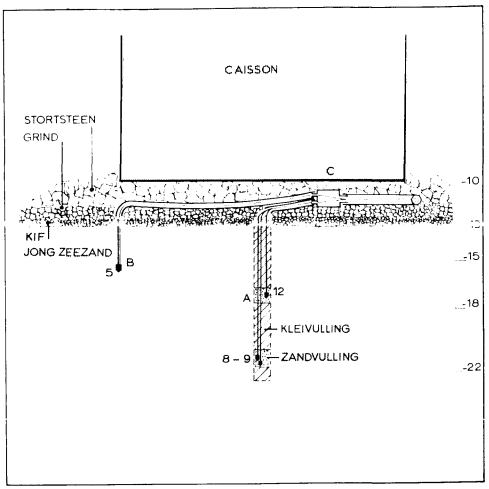


Fig. 5 (boven). De in werking gebleven instrumentatie onder het noordelijk draagvlak van caisson K1 in de Kous.

A – in een boorgat geplaatste waterspanningsmeter

B – via een sondering geplaatste waterspanningsmeter

C – laskist

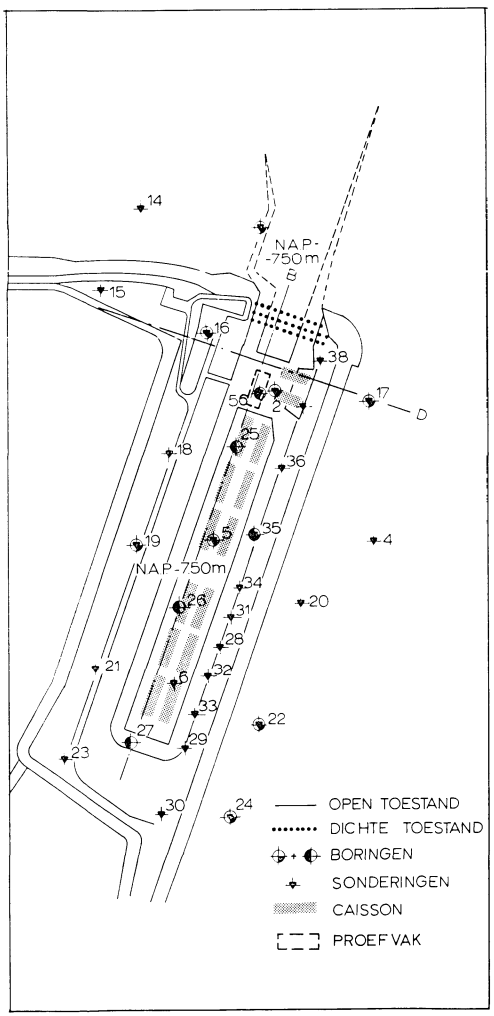


Fig. 6. Geologische profielen en grondslagen

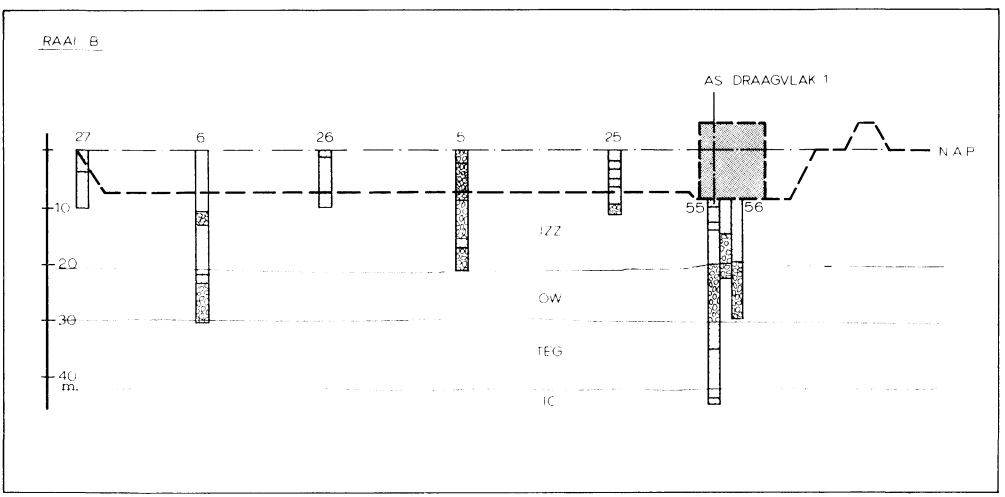
links: situatie bouwdok Zonnemaire;

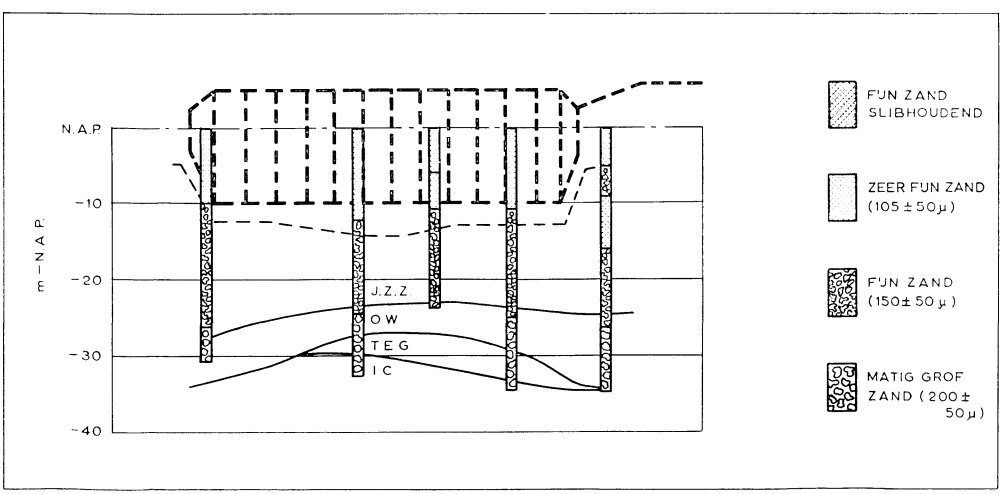
rechtsboven: langsprofiel Zonnemaire;

rechtsbeneden: langsprofiel sluitgat Kous

overleven. Daarbij kwam dat dit weergevoelige bedrijf zou moeten worden uitgevoerd in de wintermaanden, dus onder de slechtst denkbare omstandigheden. Bovendien zag men tegen zo'n onderneming op, omdat zij nogal kostbaar is. Men hield haar aanvankelijk liever nog wat in beraad. Later, na enkele minder geslaagde pogingen, is toch besloten tot het aanbrengen van instrumentatie in de 'Kous', zij het in beperkte mate.
Ondertussen kon wel een proef van een wat rustiger aard worden uitgevoerd in het bouwdok van de doorlaatcaissons te Zonnemaire. De 'parkeerplaats' in het bouwdok kon ideaal geschikt gemaakt worden als proefvak voor het afzinken van caissons. Men zou de proef enkele malen kunnen herhalen door de caisson na het afzinken weer te laten opdrijven. Ook kon men een deel van de bodem in het proefvak voorzien van een filtercon-

structie zoals de drempel er in werkelijkheid ook een bevat, en een ander deel niet, zodat het reëel effect van zo'n filter nauwkeurig kon worden vastgesteld.
De bodemgesteldheid in het bouwdok kwam bovendien goed overeen met die in de 'Kous'. Dit is van belang, wil men de resultaten van de metingen in het bouwdok goed kunnen extrapoleren naar het sluitgat 'Kous'. In feite zou het een modelproef zijn, al was de schaal dan ook op ware grootte ingebouwd.
Toch waren er ook bij de proef in het bouwdok enige praktische moeilijkheden te overwinnen. De waterdiepte en derhalve ook de zinkweg van de caisson was er bijvoorbeeld minder dan in de werkelijkheid. Bovendien, van de twaalf aanwezige afsluiters mocht men de acht bodemafsluiters eigenlijk niet gebruiken om niet de kans te lopen dat ze dicht zouden zanden. Daardoor werd het moeilijk in het bouwdok een even grote belastingssnelheid op te wekken als in het sluitgat. Men moest, om dat te bereiken, in feite alle afsluiters zo snel opdraaien, dat ze alle geheel geopend waren op het moment dat de caisson de bodem raakte, twee minuten na het begin van het afzinken. Een compromis werd gevonden door de aanleg van een stortsteenbed onder de vier bodemafsluiters in het midden van de caisson. Met de vier kopafsluiters erbij mochten er dan in totaal acht afsluiters open.
Omdat de proef in het bouwdok een unieke gelegenheid bood om de verschillende berekeningsmethoden te vergelijken die in ontwikkeling zijn ten aanzien van de consolidatie van grondmassa's, is gestreefd naar een instrumentatie die uitgebreid genoeg was om de verschillen tussen de methoden te





kunnen vastleggen. Dat op zichzelf gaf nogal wat moeilijkheden. Dit soort instrumenten en de voor de registratie benodigde hoeveelheid kabels zijn zelden in de hier benodigde hoeveelheden en op zo korte termijn leverbaar. Bovendien werd er een nieuw type elektrische kabel toegepast om de kans op lekkage en daardoor veroorzaakte kortsluiting tegen te gaan. Ook werden enige reservemeters aangebracht voor het geval dat er toch nog kortsluiting zou optreden.
Eenmaal geplaatst, begonnen de waterspanningsmeters een voor een uit te vallen. Uit een uitgebreid onderzoek bleek dat de kabels toch waren gaan lekken omdat zij te vroeg in de afkoelingsfase van het fabricage-proces waren opgerold en daardoor na het uitrollen openscheurden. Het zag er echter naar uit dat er op de voorgenomen proefdatum, medio november 1970, nog genoeg meters in bedrijf zouden zijn.
Een tweede tegenslag deed zich voor toen bleek dat de drijfschotten der caissons teveel lekten om de caissons drijvend te kunnen maken. Nadat zulke drijfschotten gemaakt zijn dient het hout enigszins te zwellen om ze waterdicht te krijgen. Omdat dit zwellingsproces bij vorige caissonsluitingen nogal veel tijd vergde, had men een speciale voegvulling aangebracht. Evenals het nieuwe type kabel bleek het nieuwe type voegvulling, ondanks alle voorzorgen, niet direct te functioneren. De proef moest daardoor worden uitgesteld met het gevolg dat er steeds meer waterspanningsmeters uitvielen. Men bepaalde een uiterste datum waarop de proef nog kans van slagen kon hebben, en bestelde extra pompen om het leegpompen van de proefcaisson te

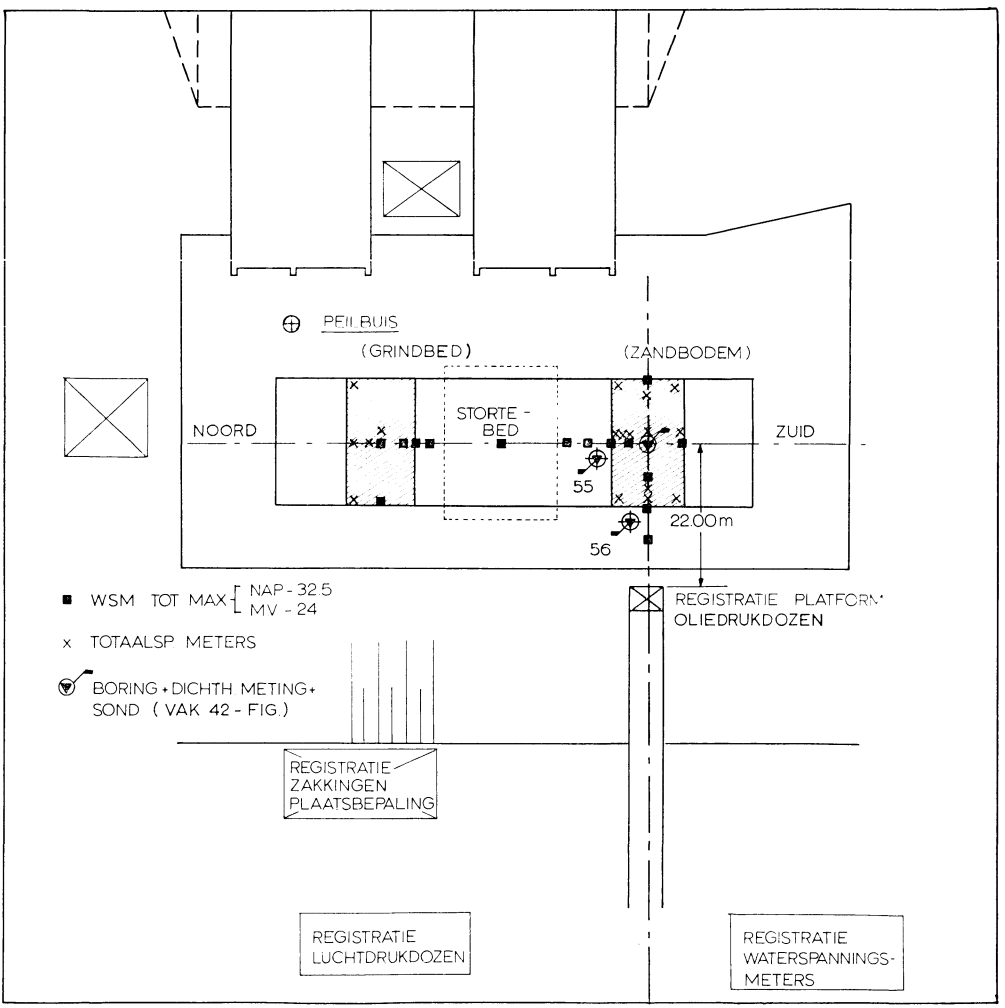


Fig. 7 (links). Overzicht van de instrumentatie en van de meetopstellingen in het bouwdok te Zonnemaire

De meetopstelling in het bouwdok te Zonnemaire in beeld



versnellen. Op de ochtend van de dag voor de proef lekten de drijfschotten echter nog zo erg, dat besloten werd het hele bouwdok leeg te pompen, en eerst die drijfschotten waterdicht te maken.

Omdat het bouwdok tóch leeggepompt werd, kon men de hele instrumentatie herzien. Begin januari 1971 waren ook de drijfschotten klaar en kon de put weer worden geïnundeerd. Op 27 en 28 januari werden vervolgens met succes vier proeven uitgevoerd.

Intussen was men ook in het sluitgat 'Kous' van het Brouwershavense Gat begonnen meetinstrumenten aan te brengen. De meetinstrumenten zouden verdeeld over 5 raaien onder 3 caissons worden geplaatst en via kabels met registratieapparatuur op de wal verbonden worden. Omdat de drempeldikte nogal varieerde kon door het instrumenteren van verscheidene raaien de invloed van de drempeldikte op de belastingsspreiding nagegaan worden. Om de kans op beschadiging der kabels zo klein mogelijk te houden werd aanvankelijk besloten de meters te plaatsen voordat met de drempelopbouw begonnen zou worden. Dit had het voordeel dat de eerste laag fijn grind die ten behoeve van de drempel aangebracht moest worden, tevens als bescherming der kabels zou kunnen dienen. Een nadeel was echter dat de kabels en de meters over een lange periode, minimaal een half jaar, zouden moeten blijven functioneren. Of dit mogelijk zou zijn viel, de ervaring in aanmerking genomen, nog te bezien.

De meetinstrumenten werden vanaf een boorbak geplaatst op een wijze zoals in figuur 3 staat uitgebeeld. Aanvankelijk werden ze met behulp van sondeerstangen hydraulisch in de bodem gedrukt.

De sondeerstangen vonden steun in een boorbuis die met een zwaar boorblok overeind gehouden werd, onafhankelijk van de bewegingen van het schip.

Na de plaatsing van elk instrument moest de elektrische kabel door een duiker onder het boorblok doorgehaald worden en het boorblok verplaatst worden. Aangezien dit alleen tijdens de kentering kon gebeuren en er dus veel tijd verloren ging, is men er later toe overgegaan waar mogelijk enige meters tegelijk te plaatsen door ze in één boorgat te hangen, en het boorgat daarna weer zorgvuldig op te vullen. Na het plaatsen werden de kabels overgebracht naar een zogenaamde verlengbak waar ze aan op haspels gerolde verlengkabels gelast werden. Nadat alle meters in een bepaalde raai waren geplaatst, werden de kabels met plastic betonbinders

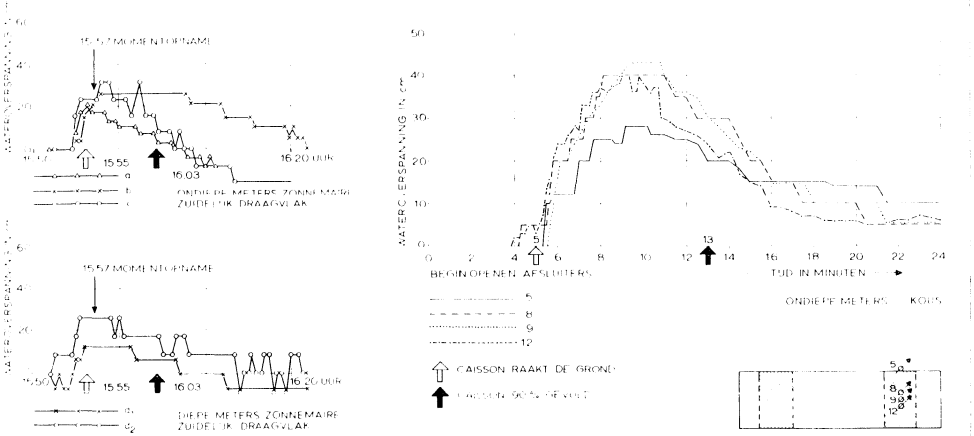
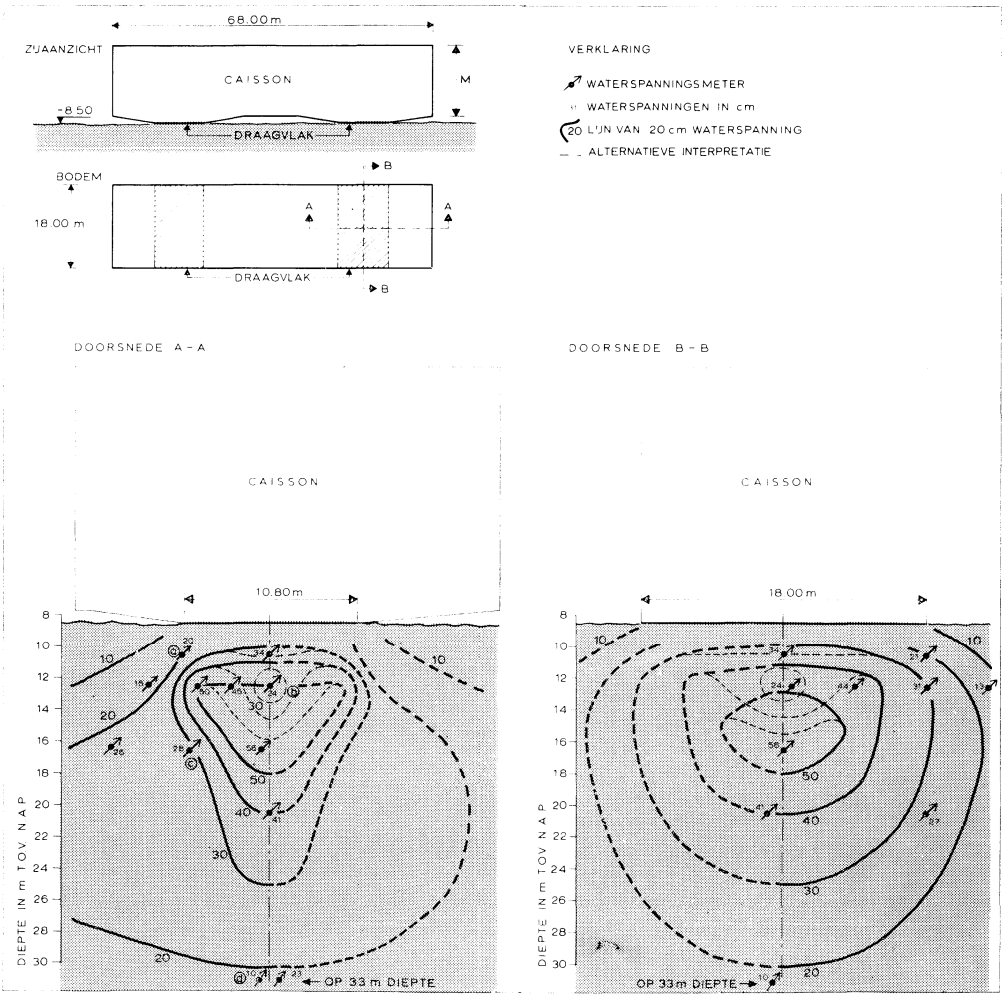


Fig. 8. Meetresultaten van wateroverspanningen: het verloop met de tijd van enkele parameters in de proef te Zonnemaire, op 28 januari en in de Kous op 15 april 1971

Fig. 9. Momentopnamen met contour-interpretaties van de wateroverspanningsmeting in het bouwdok te Zonnemaire, 28 januari 1971

aan een zware staalkabel bevestigd en al varend op de bodem gevlijd. De staalkabel zelf was met een scheepsanker aan de geulbodem verankerd. Helaas konden de kabels niet helemaal naar de wal gebracht worden omdat er vlakbij de wal nog gebaggerd moest worden. De haspels waarop de kabels gewikkeld waren zijn daarom tijdelijk opgeborgen in een ton en overboord gezet. Na het baggeren zou men ze weer kunnen ophalen en definitief naar de wal brengen. De eerste poging in oktober is geheel mislukt, omdat het weer in de kritieke fase van het leggen der kabels omsloeg. Er was bij deze poging teveel tijd verloren gegaan omdat de kabels met veel moeite onder de ankerdraden van een in het sluitgat geparkeerde zinkponton doorgehaald moesten worden. Bij deze poging gingen alle installaties geheel verloren. Een plotseling opkomende storm dwong het schip waarmee de kabels werden gelegd, uit de koers. De ton waarin de haspels opgeborgen waren kwam in de bezinkingsvelden buiten de drempel terecht. Toen daar enige dagen later de bezinking aangebracht werd, werden de kabels gespannen als snaren en braken. De ton zelf is nimmer teruggevonden. Bij de tweede poging verliep alles vlot, ook het weer terugvinden van de ton. Toch bleken de naakte kabels op de zeebodem zo kwetsbaar te zijn dat ze plaatselijk waren gaan lekken. Besloten is toen de volgende poging tot een latere fase van het bouwen van de drempel uit te stellen en de kabels zodanig te wapenen dat zelfs een steenbestorting er geen schade meer aan kon toebrengen.
Bovendien is besloten de kabels buiten het nog te baggeren gedeelte om naar de wal te brengen. Deze beslissingen maakten het mogelijk dat de meters aanzienlijk korter voor de meting geplaatst werden. De kans op uitval na het plaatsen werd daardoor kleiner. Tenslotte is besloten het aantal meetinstrumenten te beperken tot 12 en ze alle onder de eerste caisson te plaatsen. Daarmee werd afgezien van het meten van het effect van de drempeldikte op de belastingsspreiding en op de wateroverspanningen.
Zoals bij een proef in de stroomgoot bij de stuw in Lith was gebleken, vormde een bekleding der kabels met plastic slangen een afdoende bescherming tegen een zelfs zware steenbestorting. In januari 1971 konden tijdens een 10 dagen durende windstille periode twaalf meters in de drempel van de 'Kous' worden geplaatst. Drie maanden later, in april, kort voor het baggeren ten behoeve van de plaat-

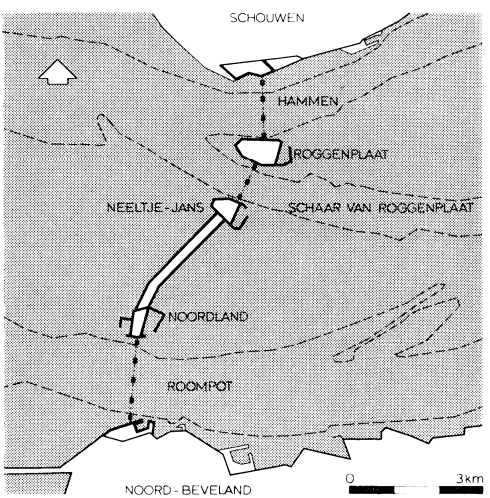
sing van de landhoofdcaissons, werkten er nog zes meters. Enkele dagen daarna, tijdens de eigenlijke meting bij de plaatsing van de eerste doorlaatcaisson, waren er nog vier in bedrijf. Ondanks de voorzorgen en de controle tijdens het baggeren waren er toch nog twee meters door onklaar geraakt. Twee dagen na de meting werkte er nog maar één meter. De kabels waren waarschijnlijk een voor een langzaam afgeknepen door het gewicht der caissons.
De meting tijdens het afzinken van de eerste doorlaatcaisson was een succes. De resultaten kwamen overeen met die van de proef in het bouwdok. De wateroverspanningen bleken zo laag dat men niet behoefde over te gaan tot het vertraagd afzinken der caissons.
De meting van wateroverspanningen onder invloed van golfklappen kon door het uitvallen der meters daarna niet meer verwezenlijkt worden. Trouwens het weer was eigenlijk te rustig. Voordat de eerste golfklap van belang de caissons had kunnen treffen, waren ze al ingebed in zand.



Ingevolge een in 1971 genomen besluit zullen de sluitgaten in de dam door de Oosterschelde worden afgedicht met behulp van kabelbanen. De afsluiting zal een gezamenlijke inspanning zijn van verschillende diensten van de Rijkswaterstaat, namelijk de Deltadienst, de directie Bruggen en de directie Sluizen en Stuwen. De Deltadienst heeft te zorgen voor de bouw van de afsluitdam en de bescherming van de bodem. De taak van de directie Sluizen en Stuwen bestaat in de bouw van twaalf kabeltorens en van de betonnen walinstallaties, en in de vervaardiging van betonblokken. De directie Bruggen realiseert de pyloonkoppen, de vaste rails, de kabels en het mechanische gedeelte en de gondels.

De torens van de kabelbanen over de drie sluitgaten in de Oosterschelde

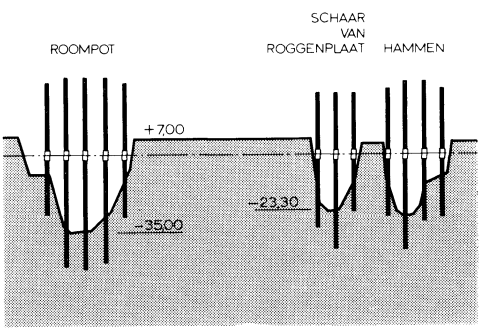
De drie sluitgaten waarover de kabelbanen zullen lopen, zijn: de Hammen, tussen het vasteland van Schouwen en het werkeiland Roggenplaat; de Schaar van Roggenplaat, gelegen tussen de werkeilanden Roggenplaat en Neeltje Jans; en de Roompot, die ligt tussen het werkeiland Noordland en het vaste land van Noord-Beveland. Zoals de lezer bekend zal zijn, werd reeds eerder, in 1972, een damgedeelte aangelegd tussen de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland, waarmee de stroomgeul Geul werd afgesloten.
Over elk der drie overgebleven sluitgaten zal een afzonderlijke, op zichzelf staande kabelbaan worden gebouwd.
De ontwerpen van de kabelbanen over de Hammen en de Schaar van Roggenplaat wijken in opzet weinig af van het ontwerp dat is uitgevoerd voor de kabelbanen over het Brouwershavense Gat. Wederom is uitgegaan van een evenwichtssysteem, waarbij de spanning in de kabels bij verschillende belasting steeds nagenoeg dezelfde blijft, en waarbij gebruikt wordt gemaakt van een vaste verankering aan de ene zijde en een beweegbaar contragewicht aan de andere zijde van elk der twee kabels die samen een kabelbaan vormen. De twee kabels van de kabelbaan over de Roompot bestaan daarentegen elk uit twee gedeelten. Deze twee kabelgedeelten komen bijeen bij toren 4, en hebben daar hun vaste verankering, terwijl de kabeleinden aan contragewichten zijn verbonden. Opnieuw zullen aan iedere zijde van elke kabelbaan vaste railgedeelten worden gemonteerd waarin draaischijven zijn opgenomen om de gondels van de ene op de andere kabel te brengen.
In het hiernavolgende zal verder worden ingegaan op het tot stand komen van het ontwerp voor de draagtorens in de Oosterschelde, die qua constructie aanmerkelijk zullen afwijken van de ontwerpen die eerder werden toegepast bij de afsluitingswerkzaamheden in het Deltagebied.
Aangezien het mogelijk is de torens op verschillende wijzen te bouwen, waarbij men zich de constructie zowel kan denken in beton als in staal of in een combinatie van beide, leek het uit een oogpunt van prijsbepaling niet verstandig, één ontwerp van de Rijkswaterstaat bij voorbaat aan de gegadigde aannemers voor te schrijven, zonder kennis te hebben genomen van andere mogelijkheden, die wellicht in de ogen van de aannemers de voorkeur verdienen. Bij deze uitzonderlijke constructies hangt het ontwerp mede sterk af van het bij de uitvoering te



gebruiken materieel, terwijl ook de voorgestelde werkwijze er een integrerend deel van uitmaakt.
Het is om deze reden dat aan een zestal aannemersbedrijven werd gevraagd om een ontwerp aan te bieden op basis van duidelijk gestelde randvoorwaarden en andere noodzakelijke gegevens.
Het is duidelijk dat bij deze wijze van aanbesteding niet alleen de kosten maatgevend mogen zijn voor de keuze van het ontwerp dat gerealiseerd zal worden, maar dat ook de kwaliteit van het ontwerp en de voorgestelde uitvoeringswijze bepalend zijn voor de keuzevorming.
De afsluiting van de Oosterschelde is het moeilijkste Deltawerk. De ver vooruitgeschoven ligging maakt dat de omstandigheden voor de uitvoering bijzonder zwaar zijn. Zoals gebruikelijk bij werken buitengaats zal getracht moeten worden de torenconstructies zeer snel te plaatsen, terwijl het mogelijk moet zijn om het werk bij eventuele onderbreking door storm veilig achter te laten, zonder grote kans op schade. Over het algemeen kan men zeggen dat in zulke gevallen een eenvoudige opzet van de constructie leidt tot de snelste en veiligste bouwmethode.
De uitvoering zal voorts gebaat zijn bij toepassing van zeer zwaar materieel, dat zo weinig mogelijk hinder ondervindt van deining en windgolven uit zee.

Randvoorwaarden

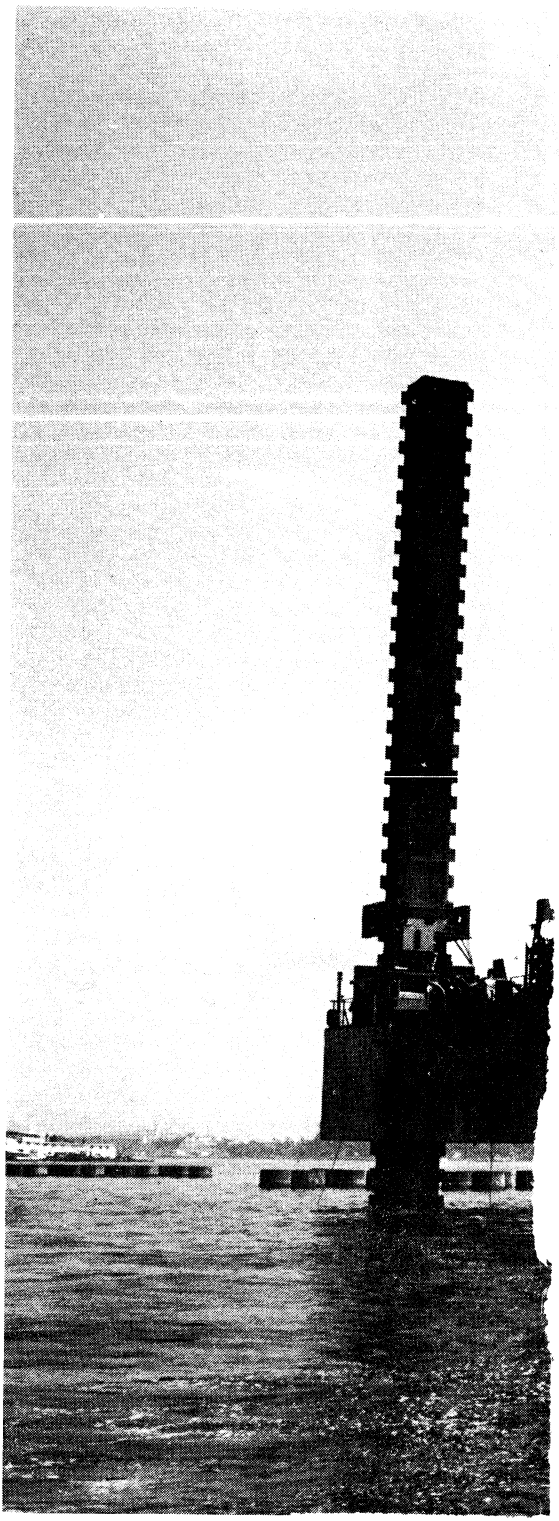
Uitvoerige studies in de jaren die vooraf gingen hebben geleid tot opstelling van de randvoorwaarden waaraan de constructies moeten voldoen. Vooral vanwege de grote diepte van de geulen en de zeewaartse ligging van het werkterrein moesten extreem hoge belastingomstandigheden worden berekend. Aan de uitgenodigde aannemingsbedrijven werden de noodzakelijke gegevens en randvoorwaarden verstrekt, zoals de plaats waar de torens moesten worden ongericht; de hoogteligging van de draagkabels ter plaatse van de torens; de maximaal toegestane afmetingen van de torens; de plaats van de funderingspalen ten opzichte van elkaar en de toelaatbare helling ervan. Ook werden grondgegevens verschaft, die waren verkregen uit grondboringen en dieptesonderingen; de waterstanden met bijbehorende frequenties en gegevens omtrent golfhoogten en stroomsnelheden; de bodemligging ter plaatse van de torens, en de aldaar te verwachten uitschuringen.
Dan werd gedefinieerd aan welke belastingen de torens onderhevig zullen zijn of zullen kunnen zijn: krachten die de kabels erop uitoefenen, windbelasting, de golfbelasting, de belasting die kan ontstaan ten gevolge van niet gelijkmatig storten van betonblokken aan weerszijden van een toren, het eigen gewicht van de op de torens te plaatsen pyloonkoppen, en de bij een eventuele aanvaring op te nemen energie ten gevolge van een scheepsstoot. Tenslotte werd meegedeeld welke bewegingen der torens toelaatbaar werden geacht ter plaatse van de kabelophangingen, welke spanningen er in de toe te passen materialen mochten optreden, en in welke materialen de torens moesten worden uitgevoerd: staal, beton of beton èn staal. Als resultaat van het aan zes aannemers gerichte verzoek om een aanbieding te doen, kwamen negen ontwerpen binnen, ieder vergezeld van een prijsopgave. Bij de beoor-



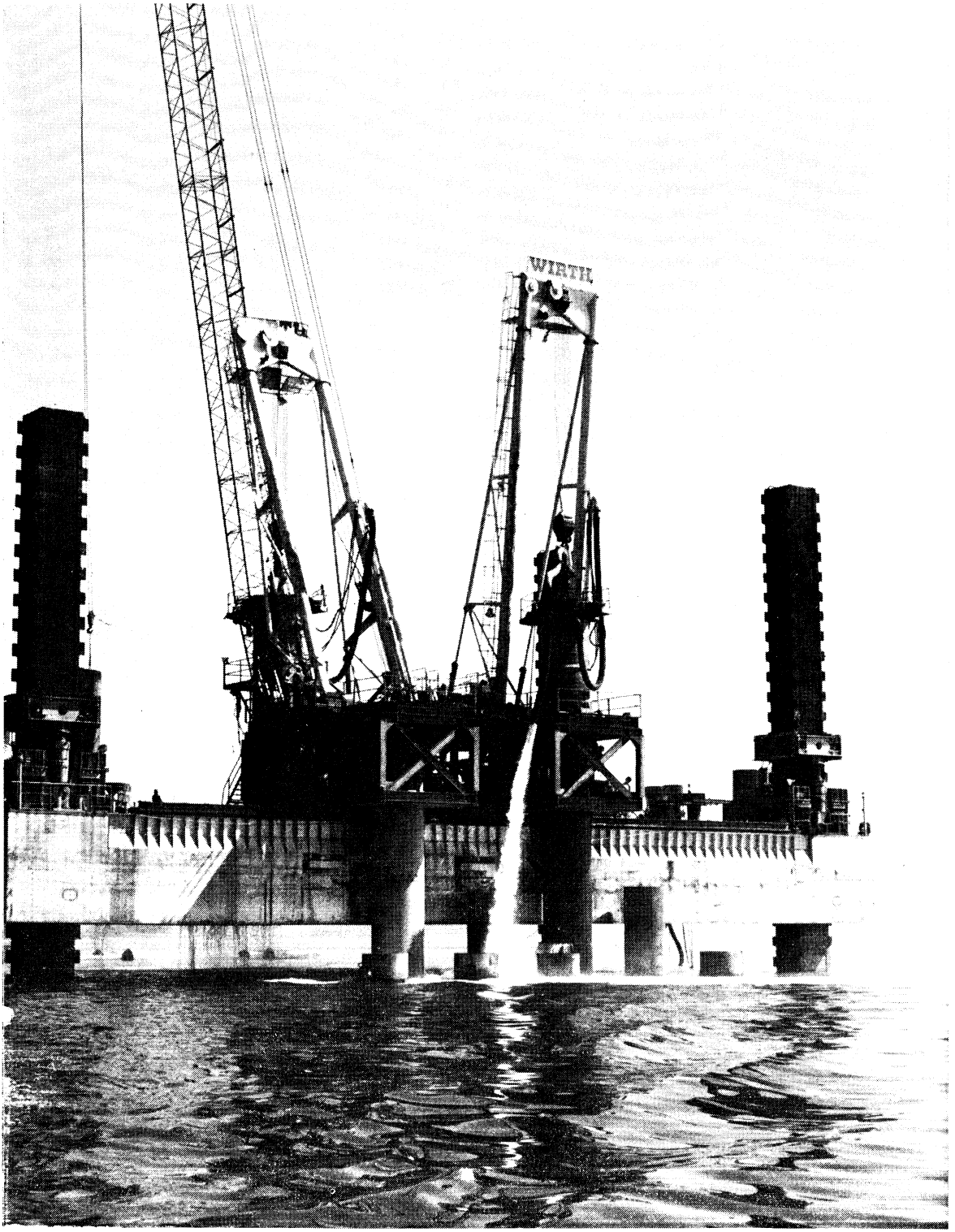
Boven: Geschematiseerd lengteprofiel van de Oosterschelde-afsluiting met de torens van de kabelbanen

Links: Situatie van de werkeilanden en sluitgaten in de Oosterschelde

Kraaneiland dat zal worden gebruikt bij de plaatsing van de draagtorens in de Oosterschelde



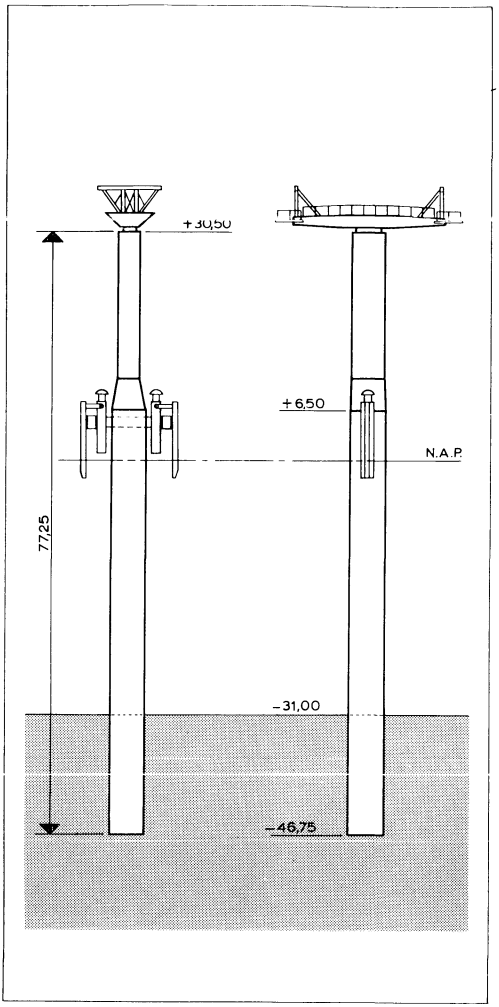
deling van deze ontwerpen speelden drie criteria de belangrijkste rol. Ten eerste diende te worden gecontroleerd of de ontwerpen voldeden aan de gestelde randvoorwaarden. Daarna dienden de voorgestelde constructies en hun wijze van uitvoering te worden bekeken; en vooral deze laatste bijzonderheid vormde bij de vaststelling van de keuze een belangrijke overweging. Tenslotte werden dan de kosten van de totale uitvoering der verschillende ontwerpen in ogenschouw genomen.
Op kleine details na voldeden alle ingediende ontwerpen aan de gestelde randvoorwaarden. Onder de negen ontwerpen was één betonontwerp, zes staalontwerpen en twee ontwerpen waarin staal en beton beide werden gebruikt. Vanwege de zware randvoorwaarden met betrekking tot de in de pyloonkoppen toelaatbare bewegingen zijn de staalconstructies in het algemeen zwaarder ontworpen dan in verband met de toelaatbare staalspanningen noodzakelijk zou zijn geweest. Hierdoor komt het dat de staalconstructies een grotere reserve aan opneembare belasting hebben dan de betonconstructies, waarvan de afmetingen niet zozeer worden bepaald door de toelaatbare bewegingen als wel door de toelaatbare spanningen.
Doordat de torens maar gedurende een betrekkelijk korte tijd in het zoute water behoeven te staan, speelt de corrosie van het staal slechts een onbelangrijke rol.
Zoals reeds werd uiteengezet, is het bij werk buitengaats zaak de handelingen op de bouwplaats tot een minimum te beperken. Uitgaande van dit ervaringsgegeven is de voorkeur gegeven aan een ontwerp waarbij de torens slechts uit één stalen paal bestaan.


WIRTH

Naast de constructieve beoordeling was tevens het voor de plaatsing te bezigen materieel van belang. Uitvoering met behulp van een kraaneiland, dat met palen op de zeebodem staat en zich boven de zeespiegel en de golven verheft, heeft dan ook grote voordelen boven een drijvende bok, omdat bij uitvoering van het werk met een kraaneiland weinig nadelige invloed wordt ondervonden van deining en windgolven.
Bij werken vanaf een kraaneiland kan bovendien de plaatsingsnauwkeurigheid groter zijn dan bij gebruik van een drijvende bok. De lange staalkabels die voor de verankering van een bok nodig zijn, kunnen bij plaatsing van een kraaneiland worden gemist, en aldus wordt aan het varend bedrijf in de Oosterschelde, dat werkzaamheden verricht ten behoeve van de dammenbouw door de Deltadienst, meer vrijheid van beweging gegeven, terwijl men niet de kans loopt met de ankers het zinkwerk te beschadigen. Om al deze redenen is gekozen voor een ontwerp in staal van Mannesmann Nederland BV, mede omdat de aangeboden prijs een van de laagste was.

Het gekozen ontwerp

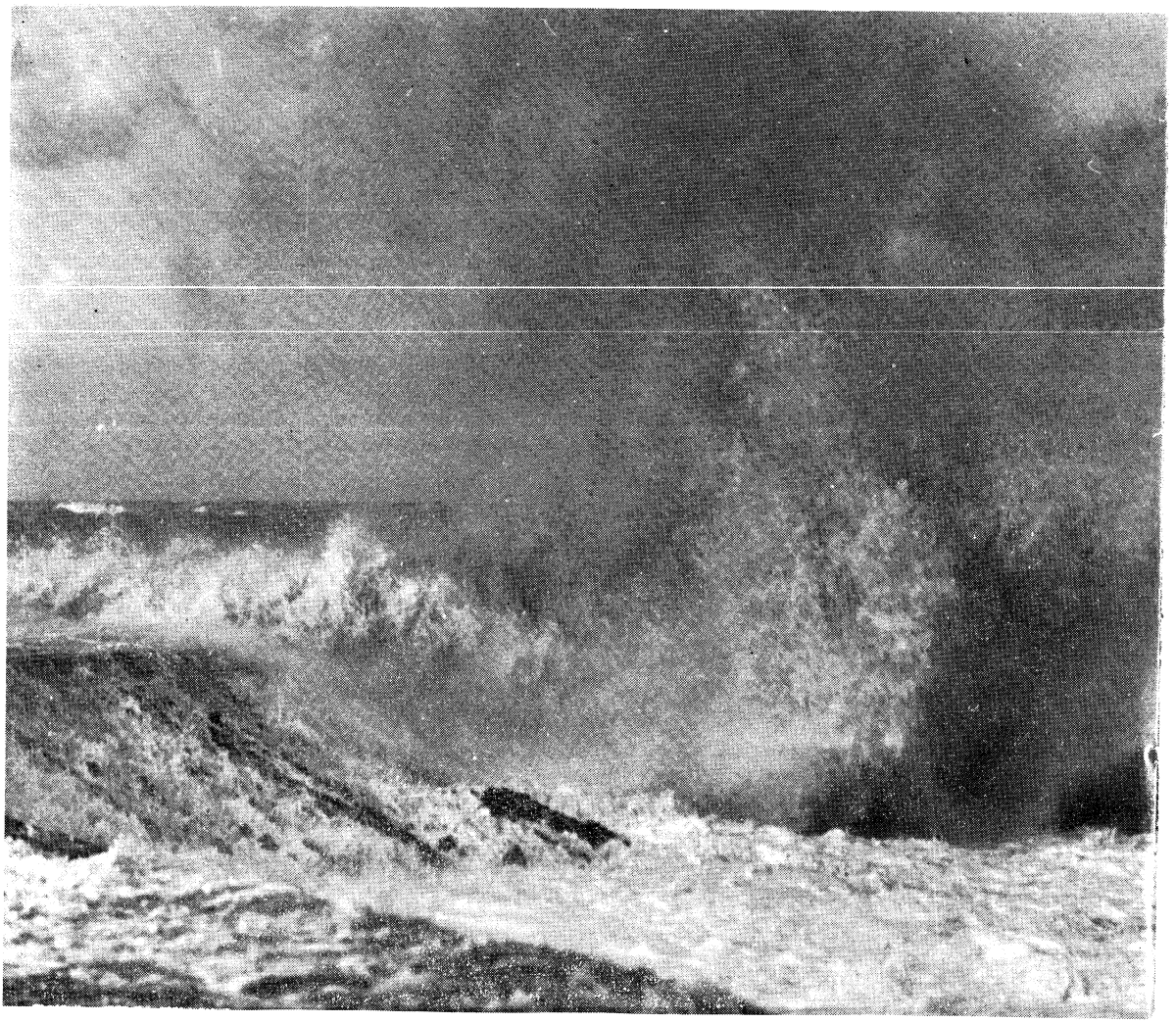
Bij het gekozen ontwerp worden de torens gevormd door één enkele paalconstructie; alleen toren 4 van de kabelbaan over de Roompot, die immers meteen moet dienen als vaste verankering van twee kabelbanen, bestaat uit twee palen, die aan de bovenzijde, onder de pyloonkop, star met elkaar worden verbonden.
Bij de enkelvoudige torens onderscheidt men drie elementen: funderingspaal, pyloon en verloopstuk. De funderingspaal is het gedeelte tussen de torenpunt en N.A.P. + 4,00 m; hij bestaat uit een ronde stalen buis met een over de gehele hoogte gelijkblijvende diameter en wanddikte. Diameter en wanddikte verschillen van paal tot paal en zijn daarin aangepast aan de op de betreffende toren werkende belastingen en de toelaatbaar gestelde bewegingen. De pyloon zelve loopt van N.A.P. + 10,50 m tot de onderzijde van de pyloonkop; hij bestaat uit een platte stalen buis waarvan de afmeting in de richting van de draagkabels gelijk is aan de diameter van de funderingspaal en die loodrecht op de richting van de kabels 2,50 m meet. Deze laatste afmeting kon niet groter worden gekozen in verband met de voor de passage der gondels benodigde ruimte. Het verloopstuk, dat de beide hiervoor omschreven delen met elkaar verbindt en de overgang van ronde naar platte buis vormt, wordt eveneens uitgevoerd in staal.



Zij- en vooraanzicht van een draagtoren volgens het ontwerp-Mannesmann

De torens worden geplaatst met behulp van het op de foto afgebeelde kraaneiland. Eerst wordt de funderingspaal door de kraan in verticale stand gebracht en in een aan het eiland bevestigd verstelbaar heiframe geplaatst. Met behulp van dit heiframe is het mogelijk de paal met grote nauwkeurigheid op de juiste plaats te houden. Men maakt bij de plaatsbepaling onder meer gebruik van laserstralen. Staat de paal in de juiste positie, dan wordt hij door heien op diepte gebracht. Wanneer het op een gegeven moment niet meer mogelijk zou blijken de paal verder te heien, bijvoorbeeld omdat zich een prop onder de paal had gevormd, of omdat de wrijving langs de paal de heikrachten te boven zou gaan, dan wordt er tijdelijk binnen de paal gecutterd, waarbij er zorg voor wordt gedragen dat de grondslag rondom de paal en bij de paalpunt niet wordt verstoord. Nadat de paal op diepte is gekomen, wordt hij aan de bovenzijde afgebrand op N.A.P. + 4,00 m. Het verloopstuk en de pyloon, die aan land als één geheel zijn geprefabriceerd, worden dan met behulp van het kraaneiland op de funderingspaal geplaatst en met tijdelijke bevestigingen vastgezet. Wanneer is gecontroleerd of de pyloon de juiste afstand heeft, wordt de naad tussen funderingspaal en verloopstuk afgelast. Om de top van de toren precies op de vereiste plaats te krijgen kan men, bij wijze van laatste correctie, de pyloon met verloopstuk een kleine hellingshoek geven ten opzichte van de funderingspaal. Na de definitieve bevestiging van de pyloon wordt tenslotte de pyloonkop met de kraan bovenop de toren geplaatst en in de juiste stand gesteld en vervolgens met voorspanstaven op de pyloon gespannen. Ook deze verbindingsconstructie is zo ontworpen dat kleine plaatsafwijkingen nog kunnen worden gecorrigeerd.

De torens worden aan twee zijden voorzien van verende constructies om een eventuele scheepsstoot loodrecht op de kabelrichting af te zwakken en daardoor te garanderen dat de beweging van de pyloonkop het toegestane maximum ook bij een aanvaring niet overschrijdt. Daarbij is er van uitgegaan, dat zo'n scheepsstoot aangrijpt tussen N.A.P. – 2,00 m en N.A.P. + 2,00 m. De verende constructie bestaat uit een Azobéhouten schot dat reikt van N.A.P. – 2,00 m tot N.A.P. + 7,50 m en dat aan de bovenkant scharnierend en op N.A.P. + 5,00 m verend is verbonden met een verticale stalen buis, die op zijn beurt middels een horizontale buis aan de toren is bevestigd. Tussen het houten schot en de verticale buis is voor de verende oplegging een rubberblok aangebracht. Om deze beschermende constructie te beschermen tegen vallende betonblokken is ook op de verticale buis een rubberen stootblok geplaatst. Het maximaal optredende moment bedraagt, uitgaande van de gestelde randvoorwaarden, ongeveer 13 000 t.m. bij de laagste torens. De totale kosten van het omschreven werk belopen 17,5 miljoen gulden.



Verloop van waterstanden en golven gedurende de storm van 12 en 13 november 1972



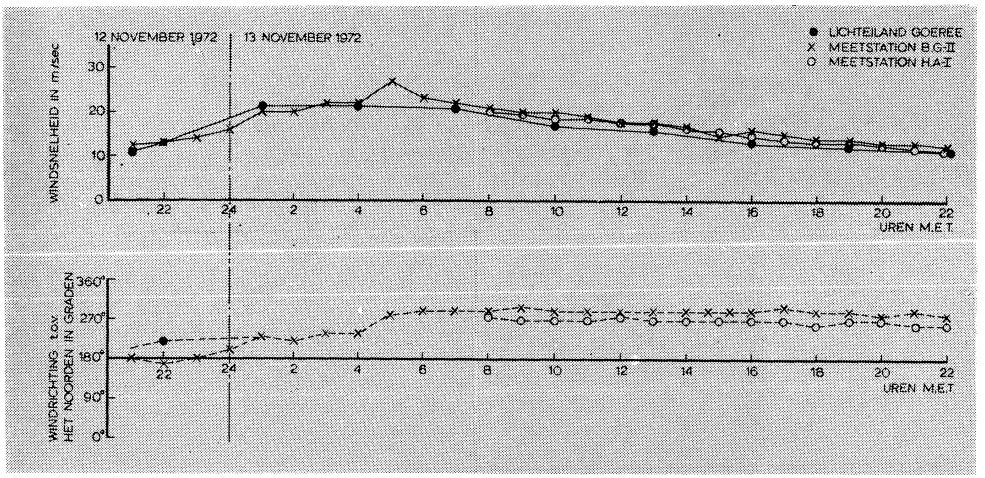
In de nacht van 12 op 13 november werd ons land geteisterd door een korte maar hevige storm. In de loop van de avond van 12 november stak hij vanuit het zuiden op, terwijl de wind ruimde naar het westen. De storm bereikte zijn hoogtepunt in de vroege ochtend van 13 november. Daarbij werden gemiddelde windsnelheden van ongeveer 25 m/sec gemeten, met windvlagen tot boven de 40 m/sec. Tegen de avond van 13 november was de wind weer afgezwakt tot snelheden van ongeveer 8 m/sec.

Deze storm werd veroorzaakt door een actieve depressie, waarvan de kern ten noorden van het Waddengebied in oostelijke richting trok. Hij ging gepaard met aanzienlijke waterstandsverhogingen en hevige golfbeweging. In de afgesloten waterbekkens in het Deltagebied veroorzaakte hij waterstandsverschillen van soms wel enkele decimeters.

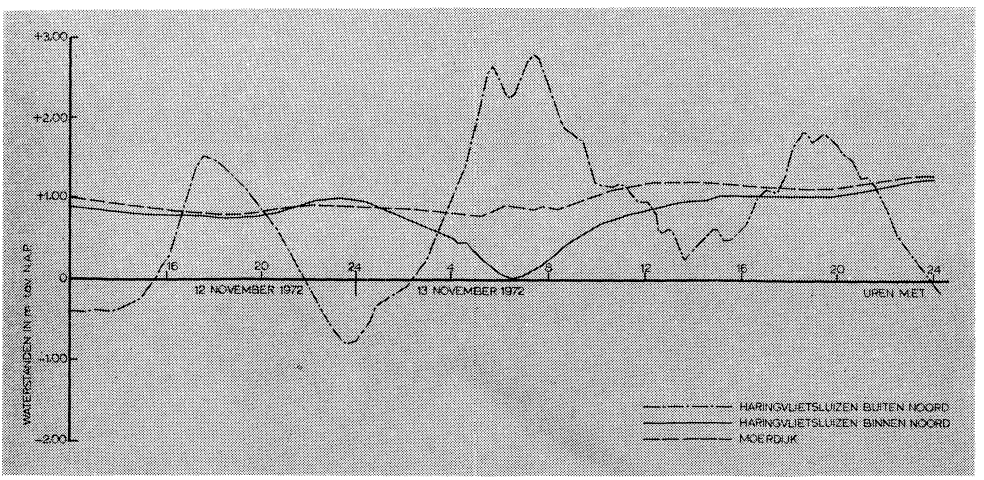
Op 13 november zou onder normale omstandigheden een getij zijn opgetreden, enigszins lager dan het gemiddelde getij. De storm heeft echter ondanks zijn vrij korte duur de waterstanden langs onze kust hoog opgejaagd. Bij IJmuiden steeg het water zelfs tot 30 cm boven het grenspeil, dat is het peil dat gemiddeld eenmaal per 2 jaar wordt overschreden. De hoogste gemeten waterstanden in Hoek van Holland bedroegen 2,3 m boven N.A.P. Zeewaarts van de Haringvlietsluizen werd een peil van 2,8 m boven N.A.P. bereikt, terwijl bij Burghsluis een waterstand van 2,4 m boven N.A.P. werd geconstateerd. De verhogingen ten opzichte van de voorspelde waterstanden bedroegen hier respectievelijk 1,6, 2,0 en 1,3 m. Zouden deze waterstandsverhogingen tijdens springtij opgetreden zijn, dan zou zowel bij Hoek van Holland als zeewaarts van de Haringvliet-

sluizen het grenspeil met enkele decimeters zijn overschreden. De vermelde waterstanden zijn, volgens de voor stormvloeden geldende classificatie, echter nog altijd betrekkelijk laag te noemen.
Uit de waterstandsgegevens van Hoek van Holland en van de Haringvlietsluizen valt af te leiden dat de opwaaiing in de mond van het Haringvliet een extra verhoging van 30 à 40 cm heeft veroorzaakt. Aan de rivierzijde vond een afwaaiing plaats van 75 cm, terwijl de waterstand bij Willemstad als gevolg van opwaaiing weer 15 cm hoger werd. Het maximale verval tussen beide plaatsen bedroeg dan ook 90 cm. Zo grote vervallen als gevolg van het windeffect werden nog niet eerder waargenomen.
In het Grevelingenmeer traden analoge effecten op: in het westen van het bekken, bij de Brouwersdam, een verlaging van de waterstand als gevolg van afwaaiing, en oostwaarts, bij de Grevelingendam, een verhoging als gevolg van opwaaiing. De verlaging en verhoging bedroegen 20 en 25 cm, hetgeen resulteerde in een verval van maximaal 45 cm. De grootste waargenomen stroomsnelheid bedroeg onder deze omstandigheden 0,3 m/sec.
In het gehele Oosterscheldebekken zijn de waterstanden verhoogd als gevolg van de wind. Terwijl de maximale verhoging van de waterstand in de mond van de Oosterschelde nog niet hoger was dan 1,3 m, liep zij in de omgeving van Zierikzee en Wemeldinge op tot 1,6 m en in het meest oostelijk deel van het Oosterscheldebekken bedroeg ze zelfs 1,8 m. Het traject Mastgat-Zijpe-Krammer-Volkerak toonde eenzelfde tendens; de

1



2



3

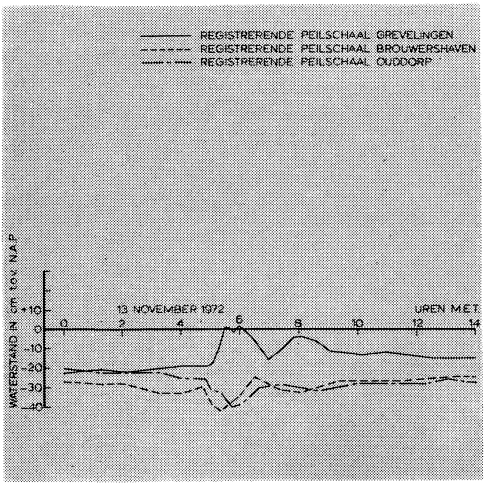


Fig. 1. Verloop van windsnelheid en windrichting in enkele meestations

Fig. 2. Verloop van de waterstanden in het Haringvlietbekken gedurende de storm

Fig. 3. Verloop van de waterstanden in het Grevelingenmeer gedurende de storm

het westen zijn de uiteindelijke golfhoogten enigszins beperkt door de bij deze richtingen behorende relatief kleine strijklengte van 140 km over het water. Zou de storm uit het noordwesten zijn opgestoken dan waren er nog hogere golven voorgekomen. Ondanks deze beperkende invloed van de strijklengte zijn in het Deltagebied door een aantal golfmeetstations vrij hoge golven waargenomen. Om een indruk te geven van het verloop van de golfbeweging tijdens de storm in het Deltagebied is een aantal geregistreerde golfwaarnemingen met behulp van enkele computerprogramma's verwerkt. Fig. 4 geeft een overzicht van de diverse meetstations die tijdens de storm informatie over de golfbeweging hebben verzameld. Van deze meetstations bevindt zich TR-I in circa 16 m diep water, BG-II staat op een diepte van 10 m,

4

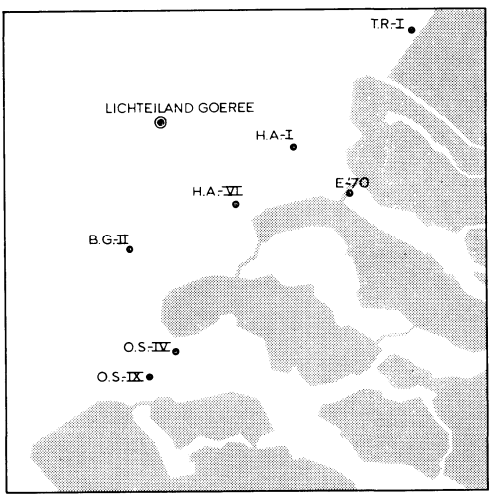


Fig. 4. Situatie van de in het artikel genoemde meetstations

grootste verhoging bij de Volkerakdam bedroeg eveneens 1,8 m.
In het afgesloten bekken van het Veerse Meer werd, analoog aan het Grevelingenmeer, in het westen een verlaging geconstateerd en in het oosten een verhoging. Bij Veere werd een verlaging van 10 cm waargenomen terwijl de verhoging bij Katseveer zelfs 30 cm bedroeg, hetgeen een maximaal verval betekent van 40 cm.
Het is opmerkelijk dat ondanks de relatief korte duur van de storm toch zulke grote vervallen zijn opgetreden. Hierdoor kunnen vrij belangrijke watersnelheden in de bekkens optreden.
Het is duidelijk dat de storm ook de golfbeweging voor de kust van Nederland aanzienlijk heeft beïnvloed. Doordat hij vanuit het zuiden opstak en vervolgens ruimde naar

Ha-I en Ha-II op een diepte van 5 m, terwijl de overige meetstations eveneens op een diepte van 5 m, maar meer landinwaarts staan.
De meetstations OS-IX, OS-IV, BG-II en TR-I hebben gedurende zowel de 12de als 13de november registraties verzameld; de meetstations Ha-I, Ha-VI en E-'70 hebben door omstandigheden pas de 13de november vanaf 8 uur waarnemingen kunnen doen.
Uit al deze registraties zijn diverse golfparameters berekend. In fig. 5 is het verloop weergegeven van de gemiddelde golfperiode en van de significante golfhoogte. Duidelijk valt de invloed op van de variërende windsnelheid en van de variërende waterstand als gevolg van het getij. Door het meetstation TR-I is zowel de hoogste significante golfhoogte als de grootste gemiddelde golf-

5

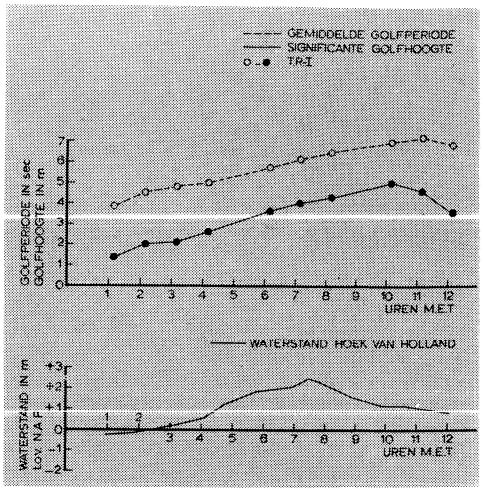
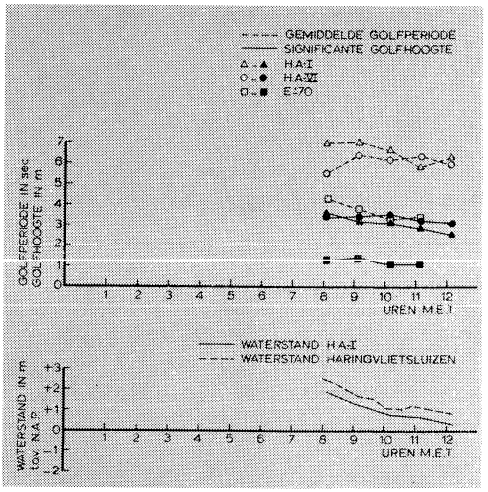


Fig. 5. Verloop van waterstand, gemiddelde golfperiode en significante golfhoogte in enkele meetstations



periode waargenomen: 5.0 m en 7,2 sec. Daar werden zelfs enkele golfhoogten van 7,5 m geconstateerd. Deze waarden traden 1 à 2 uur na H. W. op, toen de windsnelheid al enige tijd aan het afnemen was. Evenals voor de waterstanden gold, zijn de hoogste waarden voor significante golfhoogten en gemiddelde golfperioden geconstateerd voor de kust van IJmuiden. Op 13 november om ongeveer 10 uur 's morgens is 12 km ten noordwesten van IJmuiden een golfbeeld waargenomen met een significante golfhoogte van 6,2 m – bij een maximale golfhoogte van bijna 10 m – en een gemiddelde golfperiode van 8,5 sec.
Aan de zeewaartse rand van de mond van het Haringvliet bedroegen de significante golfhoogte en de gemiddelde golfperiode 3,6 m en 7,0 sec terwijl meer landwaarts als

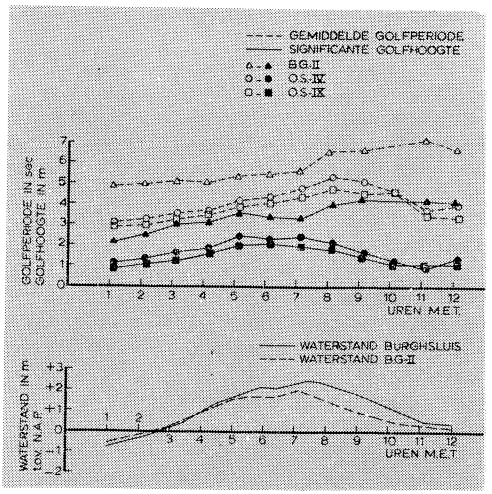
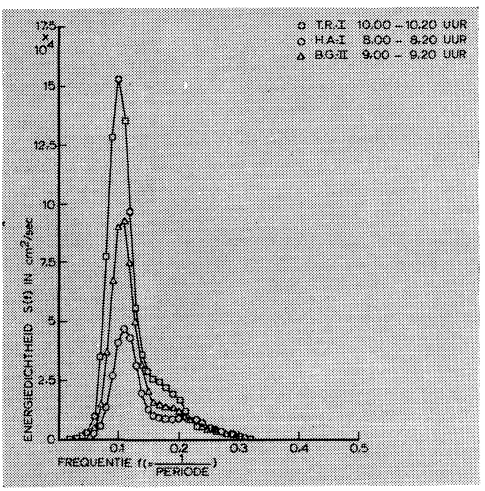


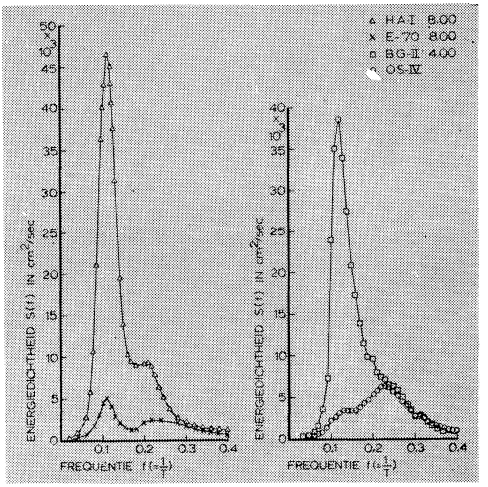
Fig. 6. Golfspectra met de meeste energie van de drie meest zeewaartse stations

Fig. 7. Afbraak van de energie in een golfbeeld door de onderwaterdelta in de monden van het Haringvliet (links) en de Oosterschelde

6



7



gevolg van energieverliezen duidelijk lagere waarden optraden, tot 1,4 m en 4,3 sec. Daar is de invloed van de waterstandsvariaties duidelijk waarneembaar op het verloop in de tijd van de gemiddelde golfperiode en de significante golfhoogte.
Overeenkomstige verschijnselen traden op in de mond van de Oosterschelde: langs de zeewaartse rand bij BG-II significante golfhoogten en gemiddelde golfperioden van 4,4 en 7,1 sec, meer binnenwaarts (bij OS-IV) hoogten van 2,5 m en perioden van 5,3 sec, en nog verder landwaarts, bij OS-IX hoogten van 2,1 m en perioden van 4,7 sec. Ook hier valt een duidelijke samenhang met de waterstandsvariaties te constateren.
Uit het verloop van de significante golfhoogte en de gemiddelde golfperiode in de tijd valt tevens af te leiden dat de golfbeweging langs de kust van zuidwest-Nederland op waterdiepten groter dan N.A.P. – 5 m danig kan variëren. Deze verschillen zijn ook duidelijk waarneembaar als men de golfenergiedichtheidsspectra van de meetstations TR-I, Ha-I en BG-II onderling vergelijkt. Een golfenergiedichtheidsspectrum is een veel toegepaste golfparameter. Denkt men de onregelmatige golfbeweging opgebouwd als de sommatie van een zeer groot aantal sinusoidale golfcomponenten met een eigen periode en amplitude, dan geeft een energiedichtheidsspectrum de verdeling van de energiedichtheid aan over de perioden van deze componenten.
Beschouwt men de grootste waargenomen spectra van deze drie meetstations dan valt op dat de periode waarbij de maximale energiedichtheid voorkomt, bij alle drie in de buurt van 9 of 10 sec ligt. De absolute waarde van de energiedichtheid bij deze periode ligt voor TR-I duidelijk hoger dan die voor Ha-I en BG-II. Als oorzaken van deze verschillen kunnen zowel het verschil in waterdiepte ter plaatse, als het verschil in strijklengte en het verschil in de ligging van de zeewaartse bodem worden genoemd.
Fig. 7 toont tenslotte een tweetal voorbeelden die een indruk kunnen geven omtrent de vervorming van zo'n energiedichtheidsspectrum van de buitenrand van de onderwaterdelta naar binnen toe.
Uit de bestaande overschrijdingsfrequentielijnen van significante golfhoogten van OS-IV, Ha-I, Ha-VI en E-'70 blijkt dat de tijdens de storm opgetreden grootste significante golfhoogten gemiddeld eenmaal per 5 à 10 jaar worden overschreden.

De afsluiting van het Haringvliet op 2 november 1970 betekende een forse ingreep in het natuurlijke milieu van deze benedenrivier, zowel aan de rivier- als aan de zeezijde van de afsluitdam. De getijstroom trok voorheen tweemaal daags ver landinwaarts om na de kentering naar zee terug te keren. Nu het waterbergend gebied beperkt is tot de betrekkelijk ondiepe mond van het Haringvliet, is de stroombeweging daar vooral tijdens vloed aanmerkelijk verzwakt. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de mate waarin zand en slib onder invloed van de waterbeweging worden verplaatst. Zelfs de golfbeweging heeft er enige invloed van ondergaan.

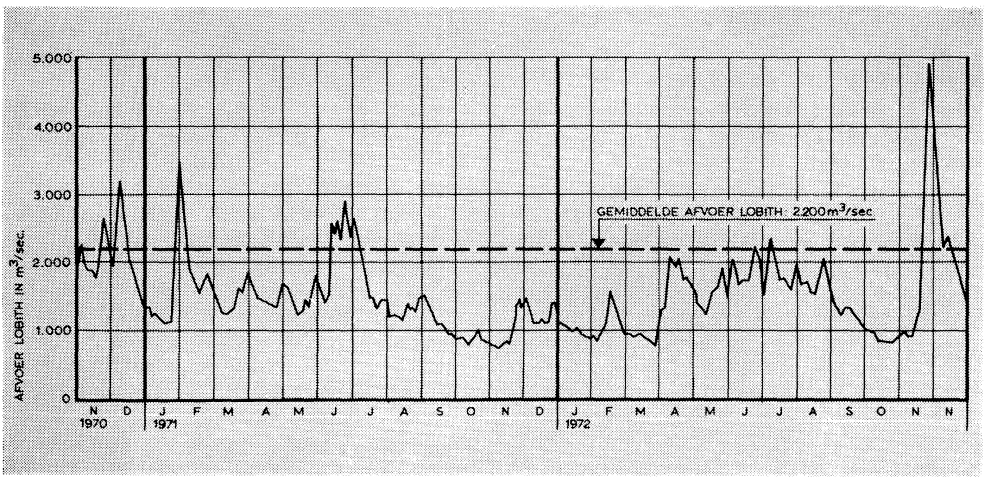
Veranderingen in de mond van het Haringvliet sedert de afsluiting

Het gewijzigd samenspel tussen stroom- en golfbeweging opende een nieuwe fase in de bodemontwikkeling in de mond van het Haringvliet. Kennis van de optredende bodemveranderingen en hun oorzaken is met name vereist met het oog op het al dan niet kunstmatig instandhouden van de lange uitwateringsgeul van de spuisluis, de toegangsgeul tot de schutsluis met daarachter gelegen vissershaven en de recreatief belangrijke stranden van Goeree en Voorne met aansluitende hoogwaterkerende duinregel.
Voor dit doel zijn in de jaren 1971 en 1972 een groot aantal lodingen en metingen uitgevoerd. Op grond van de verkregen resultaten kan reeds een eerste indruk worden gegeven van de opgetreden veranderingen in de mond van het Haringvliet.
Na de afsluiting van het Haringvliet is de Rijnafvoer uitzonderlijk laag geweest. In november en december 1970 werd de gemiddelde afvoer van 2200 m^3/sec nog gedurende 17 dagen overschreden; de maximale afvoer bedroeg 3180 m^3/sec (6 december 1970). In 1971 en 1972 is het beeld totaal anders geweest. De Rijnafvoer kwam in deze jaren slechts gedurende 36 respectievelijk 24 dagen boven het gemiddelde; de maximale afvoeren bedroegen 3670 m^3/sec (29 januari 1971) en 4950 m^3/sec (21 november 1972).
Bij deze lage Rijnafvoeren werd er veelal slechts gespuid door een van de 17 sluisopeningen, waarin de schuif dan nog maar tot enkele decimeters boven de drempel was geheven. Lange tijd achtereen werd alleen gespuid door de zoutriolen. Ook zijn de sluizen gedurende lange perioden volledig gesloten gehouden; in 1971 gedurende twee perioden van in totaal 70 dagen, in 1972 gedurende 87 dagen, verdeeld over vijf perioden.
Het spuien begint als regel omstreeks $2\frac{1}{2}$ uur na het H.W. te Hoek van Holland en duurt dan ongeveer $8\frac{1}{2}$ uur. Afhankelijk van de waterstanden binnen en buiten kan het aanvangstijdstip van het spuien een uur vroeger of later vallen en kan de spuiduur variëren van 7 tot $10\frac{1}{2}$ uur.
Nauwelijks was het Haringvliet afgesloten of er trad een stormvloed op. Sinds de stormvloed op 3/4 november 1970 zijn er nog twee stormvloeden voorgekomen en wel op 21/22 november 1971 en op 13 november 1972. Overeenkomstig de voor stormvloeden geldende classificatie waren dit lage stormvloeden. Tijdens H.W. liepen de waterstanden nabij de uitwateringssluizen bij die gelegenheden op tot respectievelijk N.A.P. + 2.05 m, + 2.75 m en + 2.69 m. De opgetreden waterstanden bleven overigens onder de bovenkant van de lage schuiven aan de zeezijde van de spuisluis. Door afslag brachten de stormvloeden schade toe aan de duinen op de koppen van Voorne en Goeree.

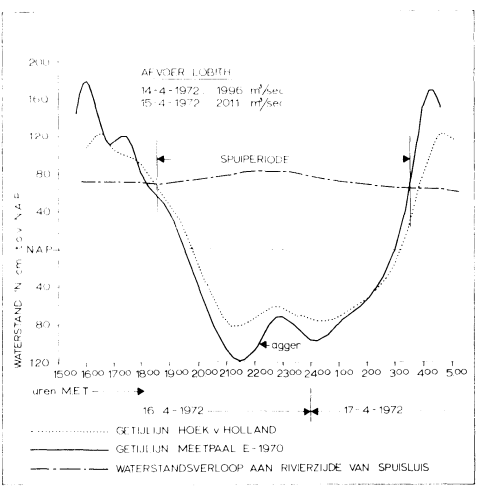
Getijbeweging

In de mond van het Haringvliet bedraagt het gemiddeld getijverschil 1.85 m. De bijbehorende waterstanden tijdens H.W. en L.W. zijn N.A.P. + 1.06 m en N.A.P. — 0.79 m.
Tijdens vloed komt het water snel op tussen 2 uur voor H.W. en H.W. In deze periode stijgt het water met 90 tot 110 cm/uur. De getijdaling verloopt veel langzamer en bedraagt 5 tot 6 uur achtereen slechts ongeveer 35 cm/uur. De L.W.-periode, waarin de waterstand veelal niet meer dan 20 cm verandert,

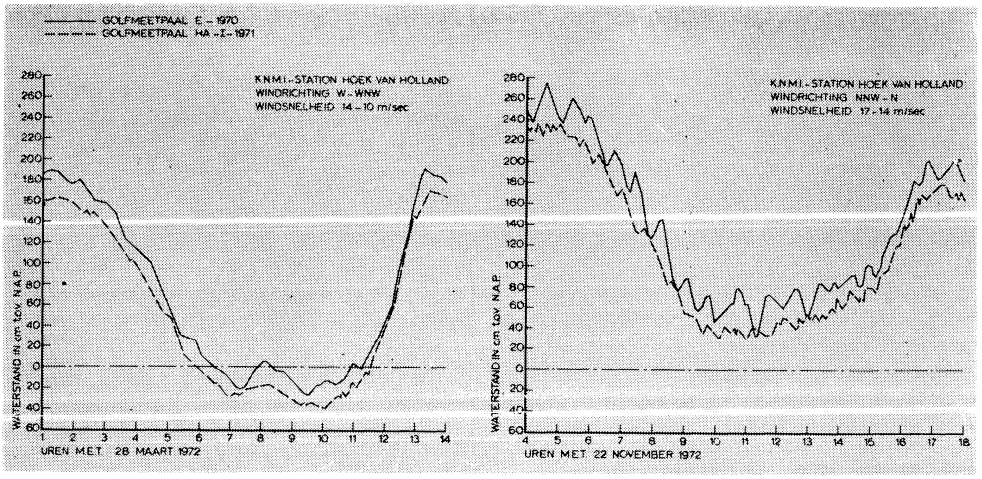
duurt ongeveer 4 uur. Veelvuldig komt in deze periode een agger voor, een kleine rijzing van de zeespiegel in de periode van daling van de waterstand.
De buitenrand van de Haringvlietmond ligt ruim 10 km zeewaarts van de uitwateringssluizen. Al naar de windrichting is, kan er over deze afstand behoorlijke op- of afwaaiing optreden. Bij windstil weer staat het water bij de sluizen tijdens H.W. hoger dan ter plaatse van de buitenrand, terwijl het omgekeerde het geval is bij L.W. Het maximum verval, dat gemiddeld ongeveer 25 cm bedraagt, treedt ongeveer 1 uur voor H.W. op. Afwaaiing vindt plaats bij harde oostenwind (10 m/sec). Gedurende het gehele getij is de waterstand bij de spuisluis dan steeds lager dan op de buitenrand; alleen omstreeks H.W. worden beide waterstanden nagenoeg gelijk. Bij harde westenwind wordt het water landinwaarts opgestuwd, zodat de waterstand bij de sluizen steeds hoger is dan op de buitenrand. Het zeewaarts gerichte verval kan tijdens H.W. oplopen tot 30 cm.
Naast opstuwing en golfbeweging veroorzaakt de harde westenwind ook nog seiches – door terugkaatsingseffecten versterkte waterbewegingen – in de Haringvlietmond. Seiches zijn als veranderingen van het waterniveau vergelijkbaar met onregelmatige golven, zij het dan met een veel langere periode. Het water in de Haringvlietmond raakt dan in een eigen slingerbeweging. Bij lagere windsnelheden treedt dit verschijnsel voornamelijk op nabij de spuisluis en alleen tijdens de L.W.-periode als de waterstand langere tijd nagenoeg gelijk blijft. Bij tot storm aanwakkerende wind breidt het verschijnsel zich uit over de



Afvoer Bovenrijn te Lobith



Waterstandsverloop aan weerszijden van de spuisluis in het Haringvliet voor, tijdens en na het spuien



gehele Haringvlietmond en treedt het gedurende het volledige getij op.

Golfbeweging

Op de buitenrand van de Haringvlietmond ligt de bodem over een breedte van meer dan een km op ongeveer N.A.P. – 4 m. Bij de Hinderplaat, zeewaarts van het Bokkegat en het Gat van de Hawk, treft men zelfs een bodemdiepte aan van minder dan N.A.P. – 2 m.

De golven vanuit zee moeten deze brede en ondiepe drempel passeren om de Haringvlietmond te kunnen binnendringen. Aan de zeezijde van de Hinderplaat tussen de zeewaartse uitloop van het Bokkegat en de Zuiderdam op de Maasvlakte staat dan ook een branding waar enigszins hoge golven aan energie en daarmede aan hoogte en periode verliezen. Meer naar binnen treedt lokaal nog branding op bij de Garnalenplaat.

Voor de bestudering van de golfbeweging in de mond van het Haringvliet wordt gebruik gemaakt van enkele meetpalen, die met continu registrerende golf- en getijmeetapparatuur zijn uitgerust. In dit artikel wordt de golfbeweging beschreven aan de hand van gegevens die zijn verkregen met de meetapparatuur aan meetpaal Ha-I op de buitenrand van de Haringvlietmond, meetpaal Ha-VIII nabij het Voornse strand ter hoogte van Rijksstrandpaal 12 en meetpaal E-1970 die in het verlengde van de noordelijke vleugelmuur van de spuisluis op 1250 m uit de as van de spuisluis staat. Ter plaatse van deze drie meetpalen ligt de bodem op N.A.P. – 5 m. Meetpaal Ha-I werd tijdens de stormvloed op 3/4 november 1970 zo ernstig beschadigd, dat vervanging noodzakelijk was, waardoor de registratie van golfhoogten eerst eind april 1971 kon worden hervat. Meetpaal Ha-VIII kwam pas in het vroege voorjaar van 1972 in bedrijf.

Voor wat betreft de buitenrand ter plaatse van meetpaal Ha-I toont een vergelijking tussen registratieperioden van twee zomers en een winter – voor en na de afsluiting – dat na de afsluiting minder hoge golven zijn opgetreden, alhoewel het verschil gering is te noemen.

Bij beschouwing van de significante golfhoogten H1/3 – dat is het gemiddelde van de 33 hoogste golven uit een reeks van 100 – blijkt, dat de tijd waarin golfhoogten H1/3 van 150 cm voorkomen, sedert de afsluiting slechts met 5% is verminderd. Bij grotere golfhoogten is het verschil nog kleiner.

Wegens de relatief korte registratieperiode na de afsluiting kan nog geen definitieve uitspraak worden gedaan over de invloed van de afsluiting op de golfbeweging op de buitenrand van de Haringvlietmond. Immers de spreiding van gelijke golfhoogten H1/3 kon in de jaren voorafgaande aan de afsluiting even groot zijn; zo waren de golfhoogten in 1968/1969 lager dan die in 1969/1970.

De golfhoogtefrequenties op de buitenrand en in de mond van het Haringvliet gemeten aan de meetpalen Ha-I, Ha-VIII en E-1970 kunnen met elkaar worden vergeleken. Beschouwt men de aan de landinwaartse meetpalen geregistreerde significante golfhoogten gedurende hetzelfde percentage van de tijd als waarin een golfhoogte H1/3 van 50 cm of groter op de buitenrand werd overschreden, dan blijken de golfhoogten met 65, respectievelijk 55% te zijn gereduceerd. Golfhoogten H1/3 van 100 cm of groter zijn nabij de spuisluis nog iets meer gereduceerd

dan ter plaatse van meetpaal Ha-VIII. Duidelijk blijkt uit deze vergelijking, dat de uit zee komende golven door het branden op de drempel aan de buitenrand aanzienlijk aan energie en daarmee aan hoogte en periode verliezen. In de Haringvlietmond kan de wind de golfbeweging wel min of meer in stand houden, doch niet weer doen toenemen.
De golfhoogten plegen, gelijk bekend, in de zeegaten na de stroomkentering toe te nemen wanneer de richtingen van stroom- en windbeweging daardoor aan elkaar tegengesteld worden. De aanmerkelijk verzwakte stroombeweging in de mond van het Haringvliet zou dus zijn uitwerking kunnen hebben op de golfbeweging. Er zijn wel enige gegevens, die die indruk bevestigen. In de huidige positie van meetpaal E-1970 stond namelijk in de jaren 1957–1961 de meetpaal C. In die

Situatie van golfmeetpalen en brandingszones in de Haringvlietmond

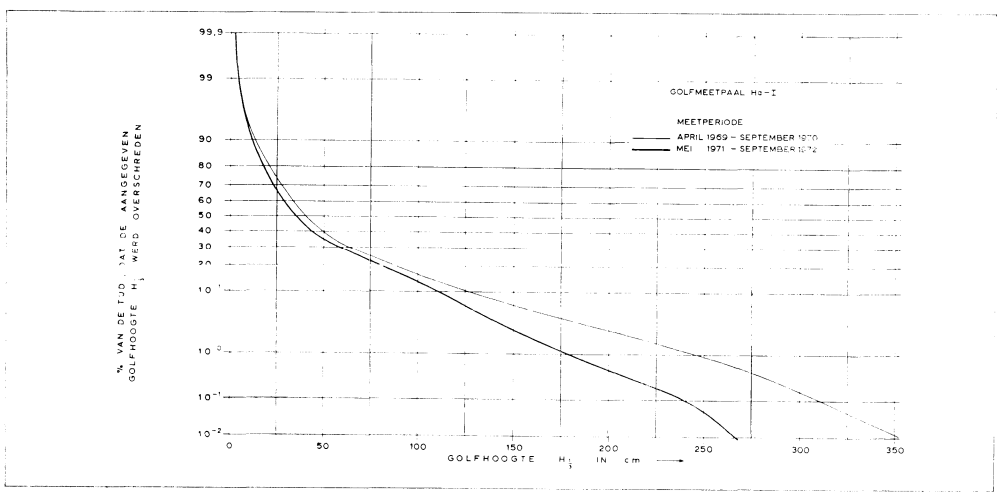


vier jaar vielen de onderscheiden golfhoogte-frequentiekrommen per jaar nagenoeg samen. Onderlinge vergelijking van de golfhoogte-frequenties van C en E-1970 leert dat de reductie na de afsluiting 25% bedraagt voor golfhoogten H1/3 die voorheen minder dan 1% van de tijd voorkwamen. Deze reductie is veel kleiner bij geringere golfhoogten. Blijkbaar – de westelijke winden leveren de grootste bijdrage aan de golfbeweging – heeft de afsluiting een reducerende invloed uitgeoefend op de golfbeweging aan de zeezijde in de onmiddellijke omgeving van de spuisluis.

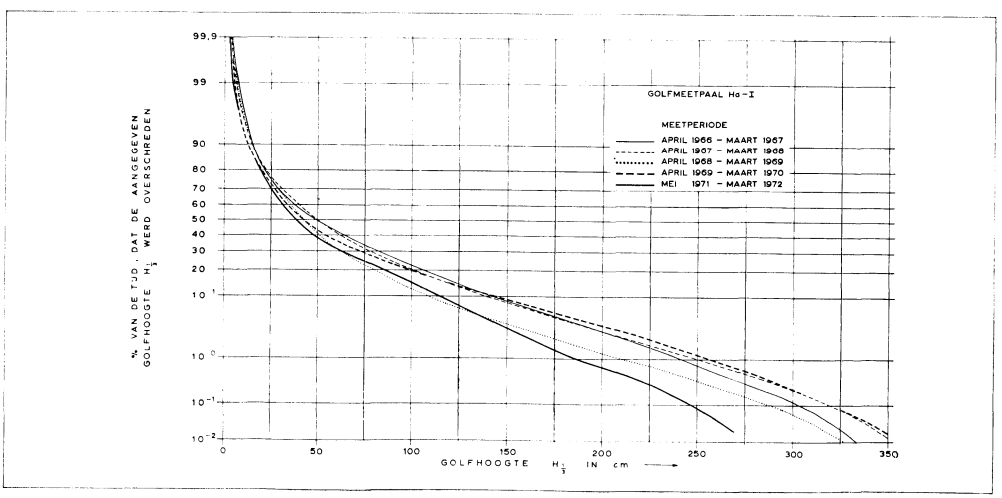
Stroombeweging

Aan de buitenzijde van de Haringvlietdam liggen de geulen Rak van Scheelhoek en Noord-Pampus, welke laatste in het Slijkgat overgaat. Bewesten de kop van Voorne, waar de mond van het Haringvliet meer dan tweemaal zo breed is als bij de afsluitdam, splitst het Rak van Scheelhoek zich in twee geulen: het Bokkegat en het Gat van de Hawk. Halverwege dit splitsingspunt en de afsluitdam ontstond in de laatste jaren voor de afsluiting nog een nieuwe geul, de Middengeul, die zich bezuiden de Garnalenplaat aftakt van het Rak van Scheelhoek. De geulen Slijkgat, Bokkegat en Gat van de Hawk zijn door een brede en ondiepe drempel gescheiden van de open zee.
Naar ligging en afmetingen waren de geulen op natuurlijke wijze aangepast aan het getijregime en de rivierafvoer. Na de afsluiting van het Haringvliet veranderde dit op slag. Onder normale omstandigheden wordt bij Rijnafvoeren lager dan 1500 m^3/sec geen

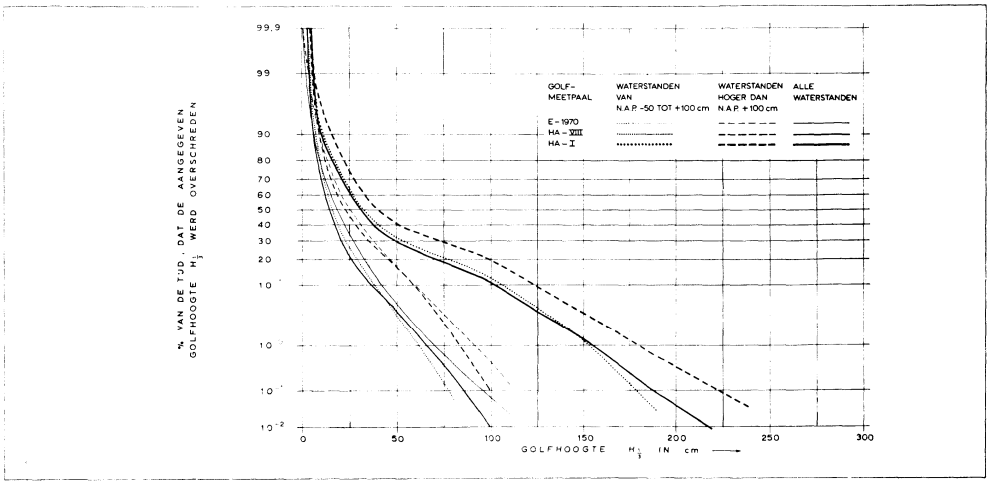
1



2



3



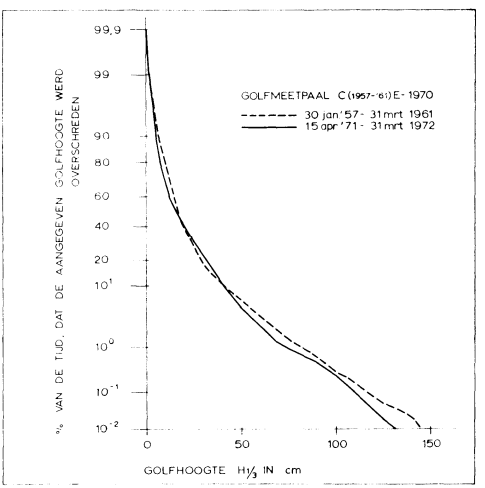
1. Frequentiekrommen van golfhoogten vóór en na de afsluiting van het Haringvliet

2. Jaarlijkse frequentiekrommen van golfhoogten in de Haringvlietmond

3. Reductie van golfhoogten tussen de buitenrand van de Haringvlietmond en de Spuisluis

4. Reductie van golfhoogten door afnemende stroombeweging in de Haringvlietmond nabij de Spuisluis

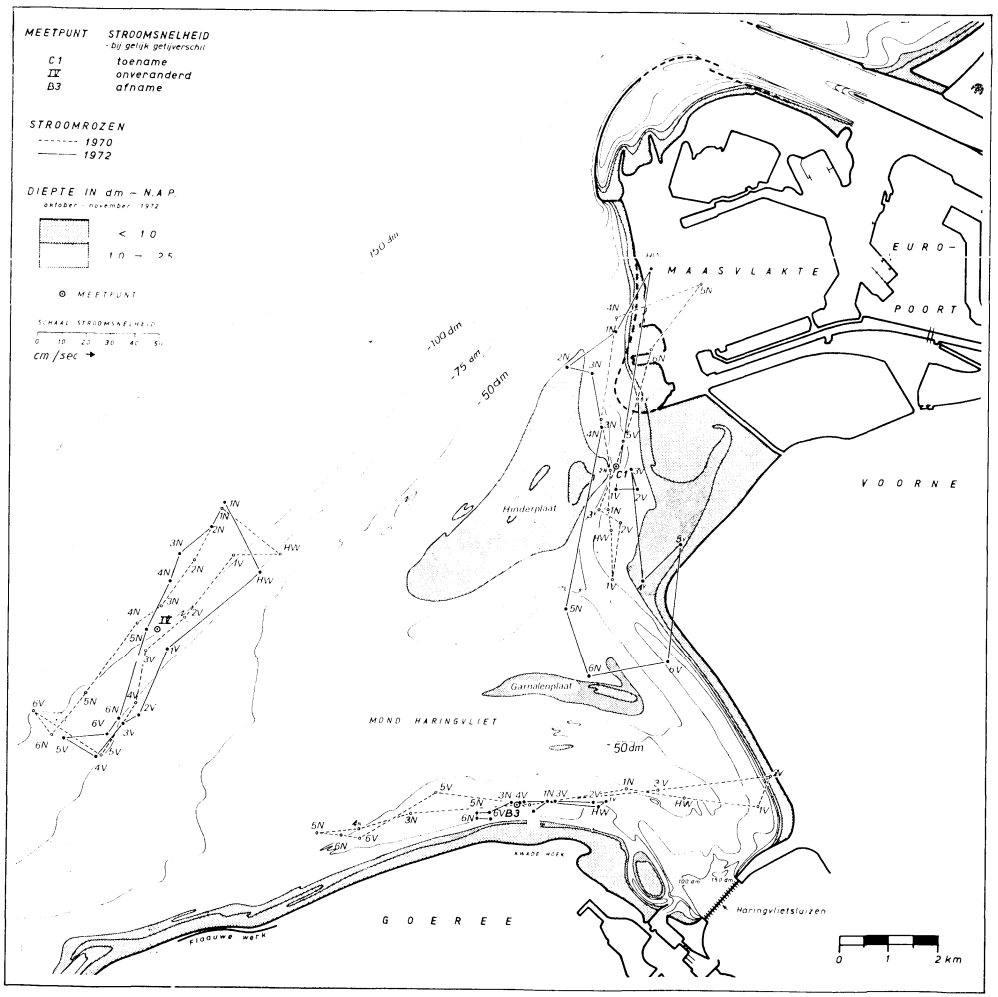
4



rivierwater door de spuisluis geloosd.
De stroombeweging in de mond van het Haringvliet is hierdoor aanmerkelijk verzwakt, hetgeen duidelijk blijkt uit de vergelijking van de resultaten van stroommetingen die daar voor en na de afsluiting onder ongeveer gelijke getijomstandigheden zijn verricht. Het gevolg van de nieuw ingetreden situatie is dat de geulen in de Haringvlietmond eigenlijk te ruim zijn voor de huidige waterbeweging onder invloed van getij en eventuele spuistroom.
Ter verkenning van de nieuwe stroomsituatie zijn in verscheidene punten gelijktijdig metingen verricht met verankerde, continu registrerende stroommeters. Deze metingen werden aangevuld met stroommetingen vanaf voor anker liggende schepen. Ten overvloede zij opgemerkt, dat de metingen vrijwel uitsluitend zijn verricht bij Rijnafvoeren lager dan 2200 m^3/sec, waarbij met de spuisluis niet of hooguit door enkele sluisopeningen werd geloosd.
De uitkomsten van deze metingen leveren in vergelijking met vroeger het volgende beeld op. Voorheen trad de maximum vloedstroom in het Slijkgat, het Bokkegat en het Gat van de Hawk op omstreeks 1 uur voor het H.W. te Hoek van Holland, terwijl de ebstroom haar maximum waarde omstreeks 4 uur na het H.W. te Hoek van Holland bereikte. Na de afsluiting gelden deze tijdstippen van maximale stroom nog wel voor het Slijkgat en het Bokkegat, zij het minder eenduidig. In het Gat van de Hawk daarentegen is de stroomsituatie wezenlijk van karakter veranderd. Vroeger was het Gat van de Hawk één van de afvoergeulen van het Haringvliet. In de

stroomsituatie kwam dit tot uitdrukking door het feit, dat de maximale ebsnelheid een hogere waarde bereikte dan de maximale vloedsnelheid. Sedert de afsluiting hebben de getijstromen in het Gat van de Hawk een complexer karakter gekregen. Enerzijds loopt er een vulling- en ledigingsstroom vanuit het Haringvlietgebied. Anderzijds treedt er bij vloed doorstroming op vanuit het Bokkegat. Het is de bedoeling om het snelheidsverloop in de buitenmond van het Haringvliet meer in detail te bepalen door metingen.
Bij het begin van de zeespiegelrijzing, wanneer langs de kust nog een zuidgaand getij trekt, doet het Gat van de Hawk dienst als wateraanvullende geul. In dat geval dient deze ebstroom ter vulling van het Haringvliet. Vóór de afsluiting geschiedde dit door de vloedstroom.

Bij het doorkomen van de vloed doet het Gat van de Hawk slechts dienst als doorgangsgeul, waarin het water van zuid naar noord stroomt, zoals de ebstroom vóór de afsluiting. Omstreeks het H.W. te Hoek van Holland, op hetzelfde tijdstip als in het kustgebied, treedt de maximale stroomsnelheid op. Deze is overigens ongeveer gelijk aan de snelheid die vroeger tijdens de maximale ebstroom optrad.
De stroombeweging nabij de spuisluis ondergaat de invloed van hetgeen zich in de geulen afspeelt. Bij opkomende vloed wordt het uitstromende water geblokkeerd door de spuisluis. Langs de spuisluis kan een noordoostelijk gerichte stroming voorkomen, dus min of meer evenwijdig aan de sluisas. Deze stroming, die intreedt op het einde van de spuiperiode, kan nog worden versterkt door



het geloosde water. Naarmate er door meer sluisopeningen wordt gespuid, ontstaat dan ook plaatselijk nabij de spuisluis, met name benoorden de noordelijke vleugelmuur, gedurende korte tijd een relatief grote stroomsnelheid. Bij het intreden van de eb draait de stroom in westwaartse richting. Zodra de zeespiegelrijzing begint en het Gat van de Hawk als wateraanvoerende geul gaat functioneren, ontstaat weer een stroming evenwijdig aan de spuisluis, maar nu zuidoostwaarts gericht. Bij lozing door de spuisluis wordt deze stroming nog versterkt door het gespuide water.

Over het algemeen nemen de stroomsnelheden in de mond van het Haringvliet vanaf de buitenrand tot de spuisluis af. Dit geldt zowel voor de vloed als de eb. De maximale stroomsnelheden bedragen bij gemiddeld getij gemiddeld over de verticaal in de Middengeul hooguit 40 cm/sec, in het Rak van Scheelhoek 50 cm/sec, in het Bokkegat 60–70 cm/sec en in het Slijkgat 60–80 cm/sec. Ter hoogte van de Kwade Hoek zijn bij grote getijverschillen stroomsnelheden tot 120 cm gemeten. Deze laatste stroomsnelheid kwam voor tijdens eb, bij een Rijnafvoer van 3670 m^3/sec.
Ook in het Gat van de Hawk kunnen zowel tijdens de in- als de uitstroming aanzienlijke stroomsnelheden optreden. De grootste gemeten stroomsnelheden waren daar 100–120 cm/sec. Meestentijds echter zijn de gedurende het getij optredende maximale stroomsnelheden belangrijk lager.
Opvallend is het, dat in de onderscheiden geulen een grote spreiding in de maximale stroomsnelheden bij overigens gelijk getijverschil optreedt.

Stroomrozen voor en na de afsluiting van het Haringvliet

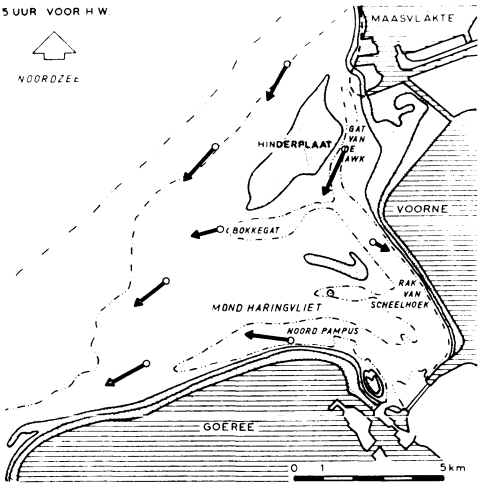
Aangroei aan de driehoekstelling van golfmeetpaal Ma-V-1970

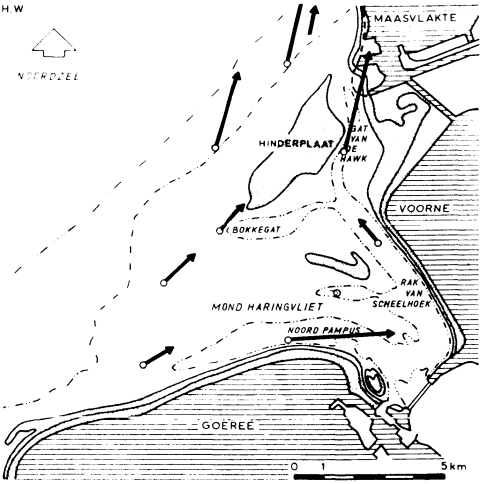
Sedimentbeweging

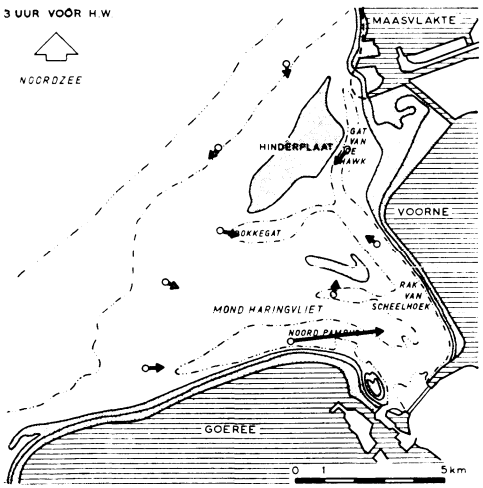
Het water in de mond van het Haringvliet is onmiddellijk na de afsluiting aanmerkelijk helderder en zouter geworden. Wat sinds de afsluiting in- en uittrok was vrijwel onvermengd zeewater, aangezien bij lage Rijnafvoeren maar betrekkelijk weinig rivierwater op de Haringvlietmond wordt geloosd. Vanwege de vermindering der stroomsnelheden komt er ook minder zand dan voorheen in transport. De golfbeweging zal in hoofdzaak slechts zand in beweging brengen in de brandingszones op de randen van de Haringvlietmond: de drempel op de buitenrand en de stranden van Voorne en Goeree. Behalve ter plaatse van de Garnalenplaat is de bodemligging te diep, dan dat de betrekkelijk geringe golfhoogte daar veel invloed op zou kunnen uitoefenen. Het water dat wordt geloosd uit het afgesloten Haringvlietbekken heeft daarin voordien tenminste 3 tot 6 uur stil gestaan. In deze periode kan veel zwevend sediment bezinken. Het tijdens de lozing meegevoerde sediment zal dientengevolge in hoofdzaak bestaan uit slib.

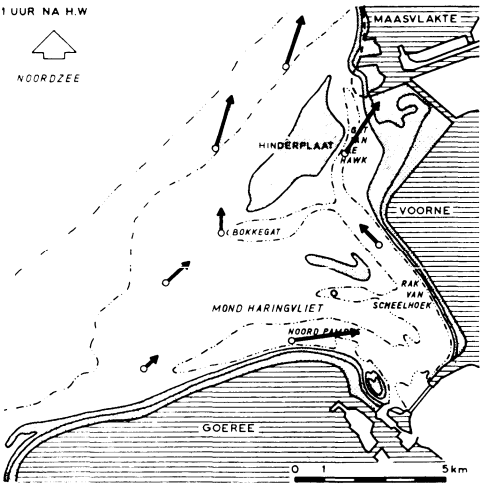
Uit metingen in de afgelopen twee jaar blijkt dat het sediment in het water van de Haringvlietmond voor slechts hooguit 15 tot 30% bestaat uit zand. Het overgrote deel is dus slib (< 50 mu). Het slibgehalte varieert in de regel tussen 30 en 70 mg/l, maar afhankelijk van de golfbeweging kan het nabij de stranden oplopen tot 90 à 100 mg/l. Vermeld zij, dat dezelfde slibgehalten worden aangetroffen in het kustwater buiten de Haringvlietmond.

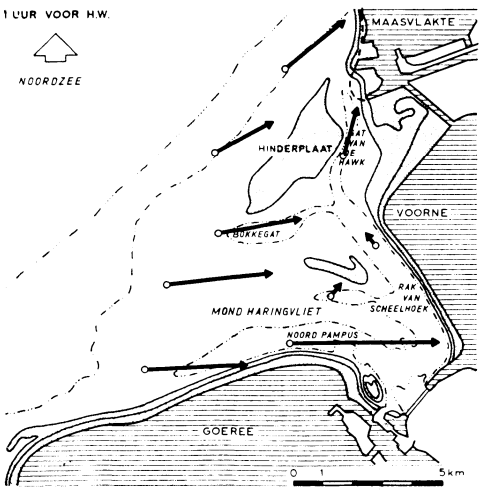


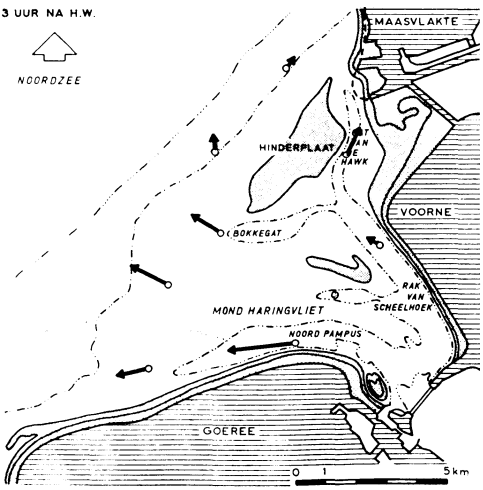

5 UUR VOOR H.W.
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km

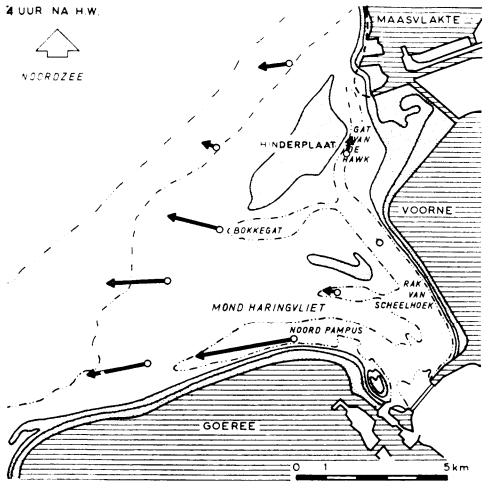

H.W
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km

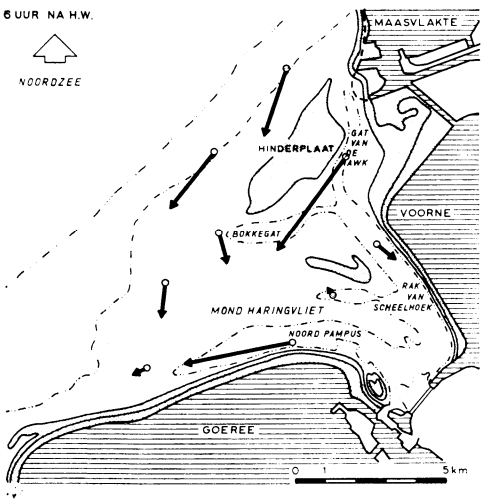

3 UUR VOOR H.W
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km

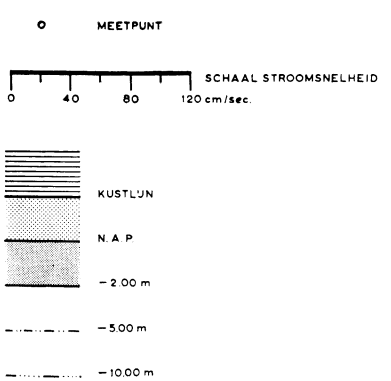

1 UUR NA H.W
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km


1 UUR VOOR H.W.
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km


3 UUR NA H.W.
NOORDZEE
MAASVLAKTE
HINDERPLAAT
GAT VAN DE HAWK
VOORNE
BOKKEGAT
RAK VAN SCHEELHOEK
MOND HARINGVLIET
NOORD PAMPUS
GOEREE
0 1 5km







Gemiddelde stroomsnelheid en -richting in de Haringvlietmond, voor en na H.W. te Hoek van Holland

Tijdens een meting van het sedimentgehalte aan weerszijden van de spuisluis, toen alleen met de zoutriolen werd geloosd, bleek het sedimentgehalte van het zeewater tweemaal zo hoog te zijn als dat van het rivierwater. Het zandaandeel in het sediment uit beide watersoorten was weer 15 tot 30%.
Opmerkelijk is het, dat dit beeld geen verandering onderging gedurende de uitzonderlijk grote lozing op 24 november 1972 die geschiedde met 17 openingen, waarbij de schuiven tot 2.08 m boven de drempel waren geheven.
De aanvankelijke vrees, dat het strand van Voorne onder het slib zou raken, is gelukkig nog niet bewaarheid. Het gehele strand werd in de voorbije jaren enkele malen, laatstelijk nog op 29 augustus 1972, om de 200 m bemonsterd op de H.W.- en L.W.-lijn. Behalve in een enkel monster van de kop van Voorne werd in geen zandmonster meer dan $1\frac{1}{2}$% slib aangetroffen.
De verminderde stroomsnelheden zijn er wel de oorzaak van, dat in de diepe geulen slib tot afzetting is gekomen. Tijdens de afsluiting van het Rak van Scheelhoek deed zich dit verschijnsel zich reeds in deze geul voor.
Het in de geulen en aan de zeezijde van de spuisluis afgezette sediment is nogal homogeen van samenstelling. Driekwart van de genomen monsters bestaat voor 32–36% uit kalk en organische stof en voor 60–64% uit slib. Het resterende gedeelte is zand, waarbij variaties kunnen optreden als gevolg van grotere stroomsnelheden in de geulen. Hogerop langs de geulranden wordt het slibgehalte van de bodem veelal niet meer dan 5%.
De toegenomen helderheid van het water in de Haringvlietmond heeft vissen en vissers

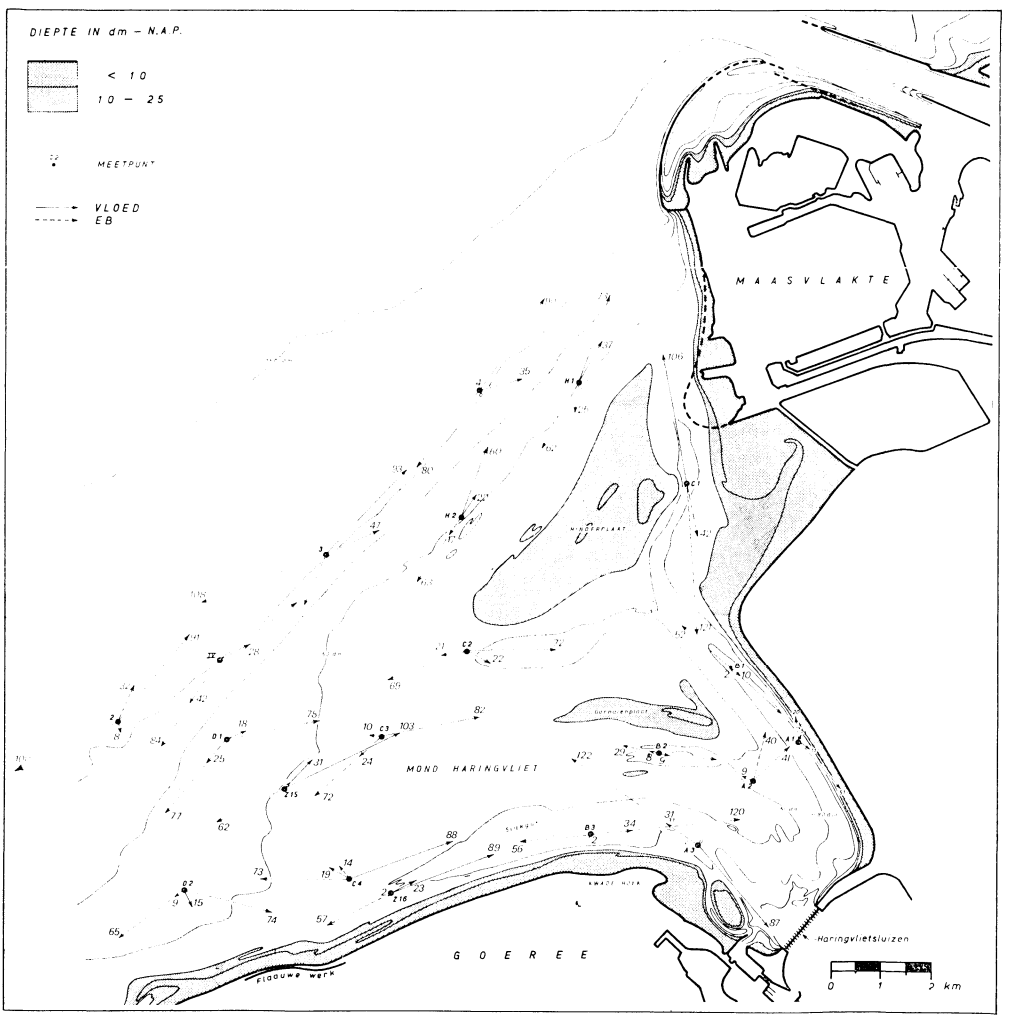
aangelokt. Een nevengevolg is ook, dat de meetpalen veel sneller dan voorheen begroeid raken met mossels en zeepokken.

Bodemveranderingen

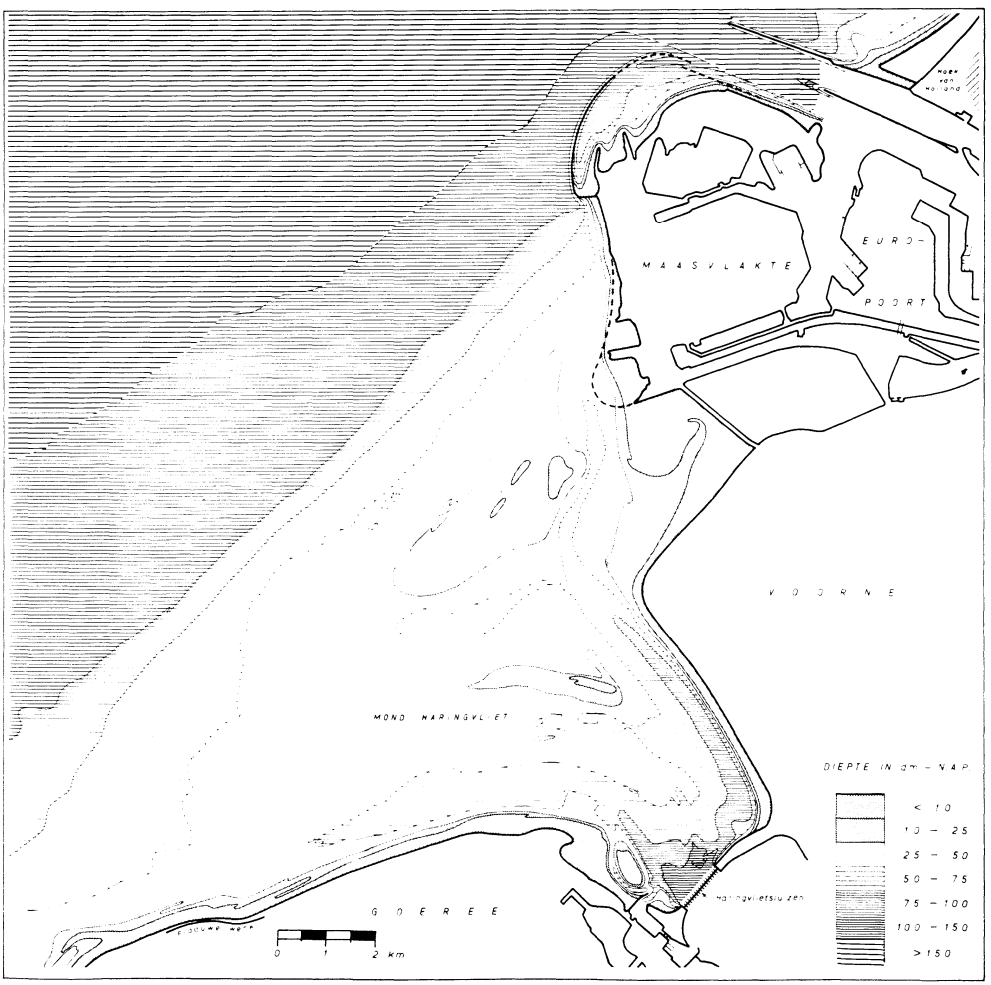
De veranderingen die na de afsluiting zijn opgetreden in de bodemligging van de Haringvlietmond zijn vrijwel uitsluitend het gevolg geweest van de inwerking van natuurlijke factoren zoals stroom-, golf- en sedimentbeweging. Kunstmatige beïnvloeding door baggerwerkzaamheden, het winnen of opspuiten van zand en het lozen van rivierwater door de uitwateringssluizen is slechts van geringe betekenis geweest.
Om de voor de vissersschepen hinderlijke verondieping in de mond van de buitenhaven van Stellendam teniet te doen zijn daar baggerwerkzaamheden verricht. De uitkomen-

Spreiding in de maximale gemiddelde stroomsnelheden in de geulen van de Haringvlietmond

Bodemligging in de Haringvlietmond, oktober/november 1972



de specie – een geringe hoeveelheid overigens – is ongeveer een km noordelijker nabij de spuisluis gestort.
Van augustus tot november 1972 vond op ongeveer 2 km uit de spuisluis een proefzuiging plaats in een te maken scheepvaartgeul in de Haringvlietmond ten behoeve van de toekomstige zeezandwinning. Hierdoor ontstond een 15 m diepe zuigput met een oppervlakte van ongeveer 9 ha. Deze put heeft echter geen aanwijsbare invloed uitgeoefend op de bodemligging in de naaste omgeving.
Sedert juni 1970 wordt op de Maasvlakte zand opgespoten ter afronding van de daar reeds gemaakte haventerreinen. Mogelijk oefent deze opspuiting enige invloed uit op de ontwikkeling van het Gat van de Hawk, doch duidelijk aantoonbaar is dit niet.
De aanhoudend lage Rijnafvoer sedert de afsluiting van het Haringvliet was oorzaak, dat de uitwateringssluizen meer dan 20% van de tijd gesloten zijn geweest, terwijl de werking in de overige tijd in hoofdzaak beperkt bleef tot het spuien door één of slechts enkele sluisopeningen. Het spuibedrijf gaf daardoor nauwelijks aanleiding tot bodemontwikkeling.
Ter bepaling van de bodemligging in de mond van het Haringvliet wordt dit gebied van geulen, platen en oevers periodiek gelood en gewaterpast. Uit vergelijking van de uitkomsten van de eerste en de laatste opneming na de afsluiting van het Haringvliet zijn de bodemveranderingen bepaald, die zich voordeden in de periode november 1970–november 1972.
De hiernavolgende beschouwing over de bodemveranderingen heeft betrekking op de



bodemligging beneden N.A.P. – 5 m in een geul en boven N.A.P. – 2 m voor een plaat. De geulen Noord-Pampus en Slijkgat maken deel uit van de vaarweg van de schutsluis naar zee. Daarnaast vervullen zij een belangrijke rol tijdens het spuien.

Het Noord-Pampus is sedert de afsluiting van het Haringvliet nauwelijks van ligging veranderd. Door verondieping is de geulinhoud echter met 610 000 m^3 afgenomen, dat is 13% van de oorspronkelijke inhoud. De grootste verondieping bedraagt 20 dm. Het Slijkgat is stabieler gebleken. Van deze geul is noch de ligging noch de inhoud veranderd. De betrekkelijk grote stroomsnelheden die nog in deze geul kunnen optreden, zullen hieraan niet vreemd zijn.

Anders is het gesteld met de Middengeul bezuiden de Garnalenplaat, die na de afsluiting sterk in betekenis afneemt. Door verondieping met 110 000 m^3 nam de oorspronkelijke geulinhoud met niet minder dan 30% af.

In het Rak van Scheelhoek is het beeld wat genuanceerder. Reeds spoedig na de afsluiting van het Haringvliet trad een aanzienlijke verondieping op in het westelijk deel. De grootste verondieping deed zich voor bij de westpunt van Voorne: 19 dm. In het oostelijke deel van de geul ontstond een verdieping. Vermoedelijk is die een gevolg van de consolidatie van het slib dat daar in een dikke laag werd afgezet tijdens de afsluiting van het Rak van Scheelhoek. Niettemin verminderde de inhoud van de gehele geul met 500 000 m^3, hetgeen neerkomt op 6% van de oorspronkelijke inhoud.

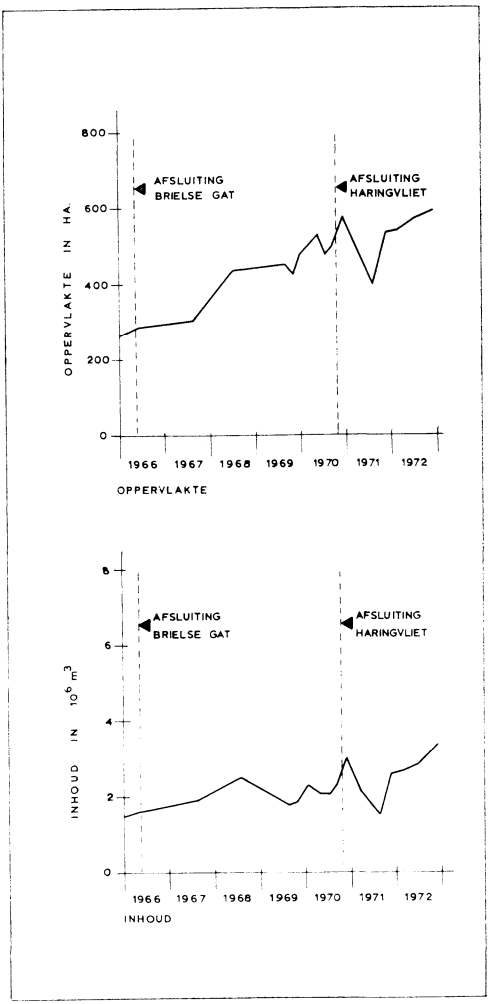
Ook het Bokkegat vertoont een duidelijke

1



achteruitgang. De geulinhoud nam af met 160 000 m³, welke verondieping overeenkomt met 20% van de oorspronkelijke inhoud.
Het Gat van de Hawk is de enige geul, die door de stroom werd uitgeschuurd. Uit deze geul verdween 60 000 m³ grond, waardoor een inhoudsvermeerdering van 10% ontstond. Overigens is de ligging onveranderd gebleven. Wel toont de geul een neiging om zich noordwaarts uit te breiden.
In de mond van het Brielse Gat tussen de afsluitdam en het Gat van de Hawk veranderde de bodemligging nauwelijks. Slechts een geringe verondieping deed zich voor.
De Hinderplaat vertoont een merkwaardige ontwikkeling. Na de afsluiting van het Brielse Gat in 1966 nam de inhoud van deze plaat boven de laagwaterlijn geleidelijk toe. In de zomer van 1968 stagneerde dit proces om na

2

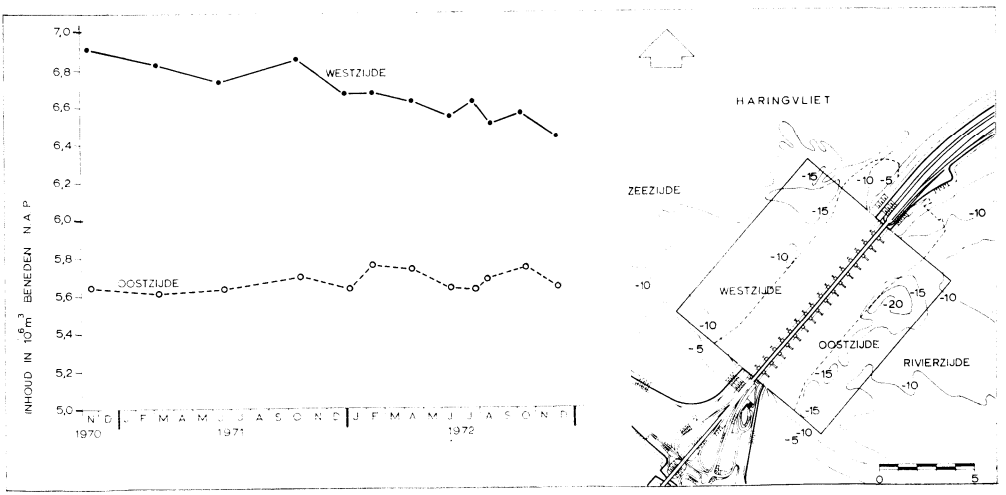


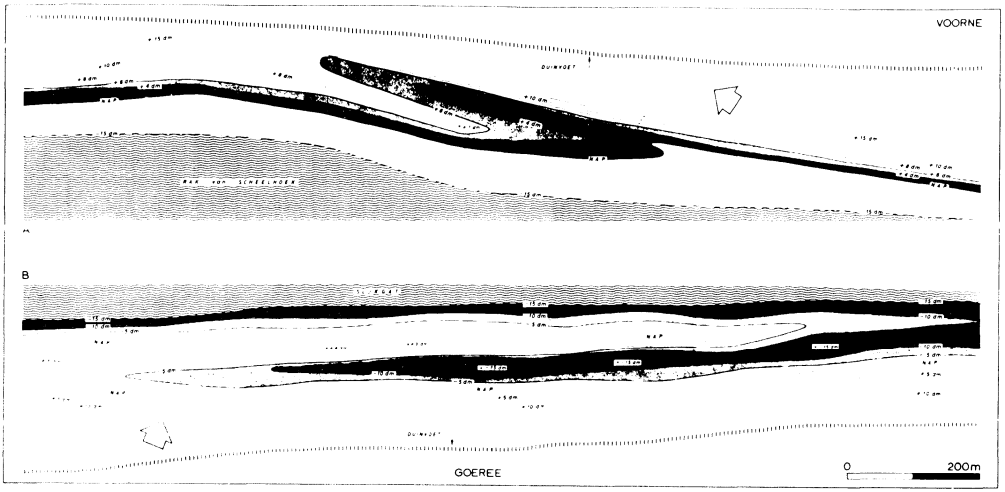
1. Diepteveranderingen in de Haringvlietmond van november 1970 tot november 1972

2. Veranderingen in oppervlakte en inhoud van de Hinderplaat boven N.A.P. + 2,00 m

3. Bodemverandering aan weerszijden van de Spuisluis in het Haringvliet

3





Vlijen op de stranden van Voorne en Goeree

een jaar van inhoudsvermindering toch weer aarzelend op gang te komen. Vooral de tweede helft van 1970 geeft een aanmerkelijke groei van de inhoud te zien. Na de afsluiting van het Haringvliet kwam daaraan abrupt een einde. In de volgende negen maanden verminderde de inhoud maar liefst met 50%! Een duidelijke oorzaak is hiervoor niet aan te wijzen. Sedert augustus 1971 is de inhoud van de Hinderplaat evenwel weer zodanig toegenomen, dat hij thans 100 000 m^3 meer bedraagt dan direct na de afsluiting van het Haringvliet. Dit komt neer op een inhoudstoename van 3%. Inmiddels is de strekking van de Hinderplaat in geringe mate – van 46° naar 35° – gewijzigd. Voorts lijkt het er op, dat de plaat zich enigszins in zuidwestelijke richting zal gaan uitbreiden.

De Garnalenplaat, tussen het Rak van Scheelhoek en de Middengeul, is daarentegen duidelijk lager geworden, hetgeen gepaard ging met een inhoudsverlies van 80 000 m^3 ofwel 12% van de oorspronkelijke inhoud.

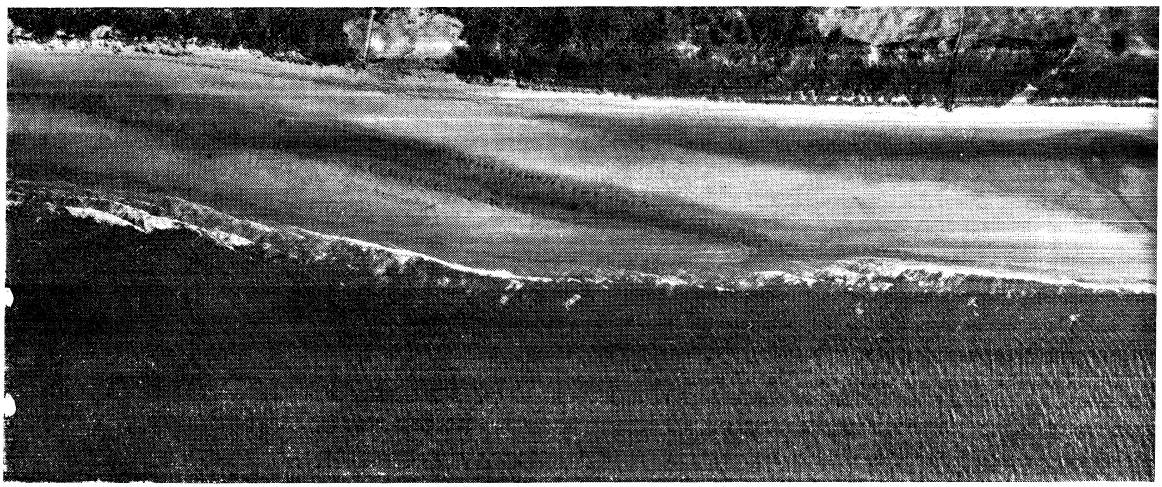
Op de buitenrand van de Haringvlietmond voltrokken zich verdiepingen. De grootste daarvan, die men vindt ten westen van de Hinderplaat, meten plaatselijk 17 dm. Zeewaarts van de inloop van het Bokkegat, en aansluitend aan de zuidkant van de Hinderplaat ontstond een strookvormige verondieping. Ten zuiden hiervan, tot het Flaauwe Werk op Goeree, werd de bodem aan weerszijden van de dieptelijn van N.A.P. – 5 m maximaal 7 dm lager. Blijkens de laatste opnemingen lijkt deze bodemverlaging zich over een grotere oppervlakte te gaan uitbreiden.

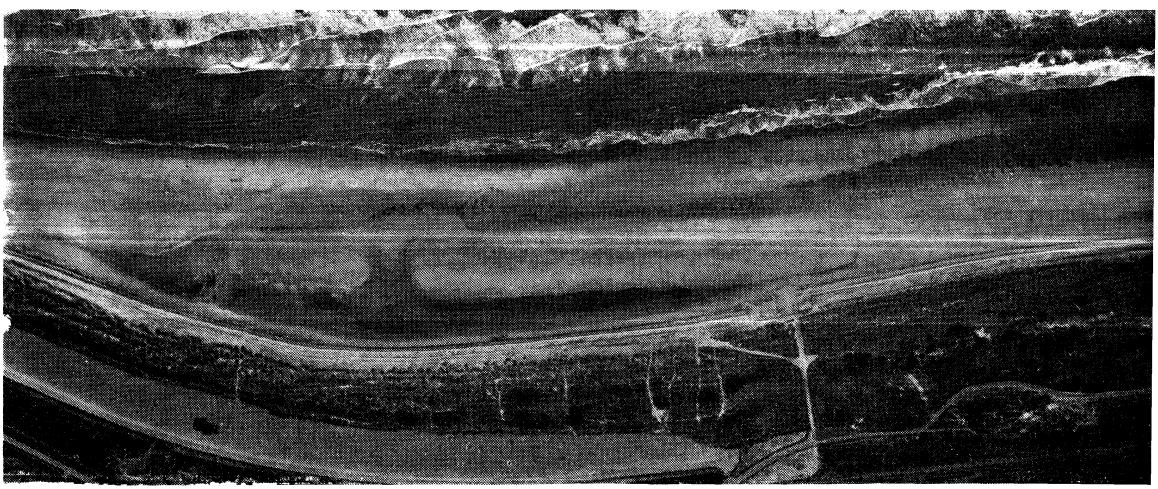
Ook de oevers van de Haringvlietmond langs de kusten van Voorne en Goeree bleven na de afsluiting van het Haringvliet niet gespaard voor veranderingen in hun bodemligging. Voor de twee kusten toont deze ontwikkeling echter niet in alle opzichten hetzelfde beeld, hetgeen ongetwijfeld samenhangt met hun oriëntatie.

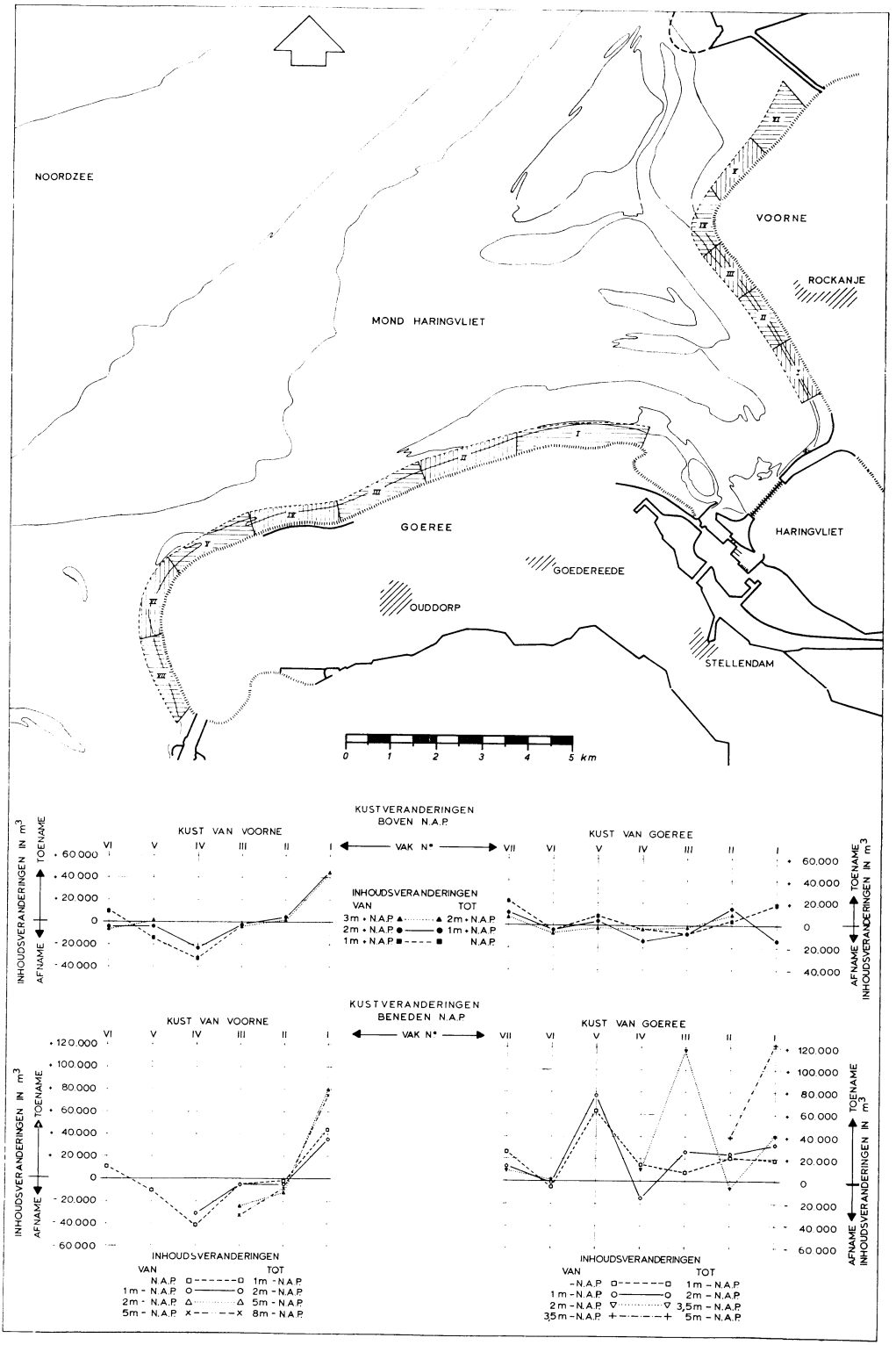
Weliswaar liggen beide kusten open naar het westen, doch de Voornse kust ligt meer op het zuidwesten en de kust van Goeree op het noordwesten. Onder de Voornse kust ligt bovendien de steile oever van het relatief diepe Rak van Scheelhoek.

De opgetreden stormvloeden hebben vooral uitwerking gehad op de koppen van de eilanden. Op Voorne ging de duinvoet in 1970 en 1972 met 1 tot 2 m achteruit en in 1971 zelfs met 2 tot 7 m. Op Goeree veroorzaakte de stormvloed in 1970 weliswaar geen schade van betekenis, doch de situatie gaf niettemin

aanleiding om het strand langs de duinvoet in de periode mei-september 1971 met 600 000 m^3 zand te suppleren.
Tijdens de stormvloeden in 1971 en 1972 ging de duinvoet door afslag 3 tot 7 m achteruit. Buitendien veroorzaakte de stormvloed in 1971 direct beoosten het Flaauwe Werk een achteruitgang van de duinvoet met 3 m over een lengte van een km.
De achteruitgang van de duinvoet is nog wel op eenvoudige wijze vast te stellen, maar het wordt minder eenvoudig om de veranderingen in de bodemligging van het strand te bepalen. De moeilijkheid die zich daarbij voordoet, is de aanwezigheid op het strand van vlijen, dat wil zeggen langgerekte strandverlagingen. Langs de zuidwestkust van Voorne maken de vlijen een hoek van ongeveer 15 tot 20° met de duinvoet. Ter plaatse van de vlijen verlaagt het strand zich van 8 dm tot 2 à 3 dm boven N.A.P. De vlijen zijn dus ongeveer 5 dm diep. Langs de noordwestkust van Goeree liggen de vlijen ongeveer evenwijdig aan de kust. Ze zijn hier ongeveer 1.75 m diep.
Om ondanks de aanwezigheid van de vlijen met hun wisselvallige ligging toch een duidelijk beeld te verkrijgen van de opgetreden veranderingen in de bodemligging van het strand met de aansluitende onderzeese oever is van de volgende werkwijze gebruik gemaakt. De kusten voor Voorne en Goeree werden verdeeld in vakken met een lengte van ongeveer 2 km. Tussen de opeenvolgende hoogte- en dieptelijnen ten opzichte van N.A.P. werden in ieder vak de inhoudsveranderingen bepaald van strand en onderzeese oever tot ongeveer 500 m uit de duin-






NOORDZEE
MOND HARINGVLIET
VOORNE
ROCKANJE
GOEREE
GOEDEREEDE
OUDDORP
HARINGVLIET
STELLENDAM
0 1 2 3 4 5 km
KUSTVERANDERINGEN BOVEN N.A.P.
KUST VAN VOORNE
VAK N°
KUST VAN GOEREE
INHOUDSVERANDERINGEN IN m³
TOENAME
AFNAME
INHOUDSVERANDERINGEN VAN TOT
3m • N.A.P. ▲ ▲ 2m • N.A.P.
2m • N.A.P. ● ● 1m • N.A.P.
1m • N.A.P. ■ ■ N.A.P.
KUSTVERANDERINGEN BENEDEN N.A.P.
KUST VAN VOORNE
KUST VAN GOEREE
INHOUDSVERANDERINGEN VAN TOT
N.A.P. 1m - N.A.P.
1m - N.A.P. 2m - N.A.P.
2m - N.A.P. 5m - N.A.P.
5m - N.A.P. 8m - N.A.P.
INHOUDSVERANDERINGEN VAN TOT
- N.A.P. 1m - N.A.P.
1m - N.A.P. 2m - N.A.P.
2m - N.A.P. 3,5m - N.A.P.
3,5m - N.A.P. 5m - N.A.P.

Vakindeling op het strand van Voorne en Goeree met de gemeten kustveranderingen

voet. Blijkens de verkregen uitkomsten over de beschouwde periode van april 1971 tot augustus/september 1972 is het strand boven N.A.P. over het algemeen verlaagd; beneden N.A.P. echter vond een duidelijke aanwas plaats. Aan de kust van Voorne trad in de periode december 1970 tot oktober/november 1972 vanaf de Groene Punt tot 2 km ten noordoosten èn ten zuidwesten daarvan achteruitgang op van het strand boven N.A.P. – 1 m.

Aan de zeezijde van de uitwateringssluizen is de inhoud tussen de beëindiging van de bodembescherming en een lijn op 550 m uit de as van de spuisluis door verondieping regelmatig met ongeveer 4% per jaar afgenomen. Alleen tijdens de grote Rijnafvoer in de tweede helft van november 1972 ontstond nabij de noordelijke vleugelmuur een smalle, doch 5 m diepe geul evenwijdig aan de afsluitdam. Behalve in de turbulente waterbeweging in de omgeving van de sluizen is de oorzaak daarvan gelegen in de door het spuien versterkte snelheid van de stroom, die op het einde van de spuiperiode tijdens de zeespiegelrijzing in noordoostelijke richting loopt.
Op de bodembescherming is weinig gebeurd, aangezien het daarop aanwezige sediment reeds werd opgeruimd in de periode dat het Rak van Scheelhoek werd afgesloten en de spuisluis openstond.
Aan de rivierzijde trad tot op 450 m uit de as van de spuisluis geen inhoudsverandering van enige betekenis op. Op grond van het wel zeer geringe sedimentgehalte van het daar aanwezige water kon ook nauwelijks anders worden verwacht.

Conclusies

Na de afsluiting van het Haringvliet zijn de stroomsnelheden in de geulen belangrijk verminderd. Een uitzondering daarop vormen het Gat van de Hawk en het Slijkgat. Beide geulen vervullen een belangrijke rol tijdens de vulling en lediging van de Haringvlietmond. Bovendien wordt tijdens het spuien het grootste gedeelte van het rivierwater door het Slijkgat afgevoerd.
De afsluiting heeft een einde gemaakt aan het sedimenttransport vanuit het Haringvliet; ook tijdens het spuien vindt nauwelijks aanvoer van sediment door de uitwateringssluizen plaats.
De uit zee komende hoge golven branden op de ondiepe buitenrand van de Haringvlietmond. Hierdoor wordt zand opgewerveld, dat ten dele door de vloedstroom naar binnen wordt gevoerd om te worden afgezet in de geulen, die voor de huidige stroombeweging veel te ruim zijn. Dit leidt tot verlaging van de ondiepe en brede drempel op de buitenrand. Ook de wederopbouw van de Hinderplaat is ten koste van deze drempel tot stand gekomen.
Door hun open ligging naar het westen blijven de oevers van Voorne en Goeree kwetsbaar voor de golfaanval. Op natuurlijke aanvoer van zand ter compensatie van het geleden verlies valt niet te rekenen door het geringe sedimentgehalte van het water. In deze situatie moet door kunstmatige zandsuppletie worden voorzien.
Een nieuwe evenwichtssituatie in de bodemligging van de Haringvlietmond is aan het ontstaan. Het ziet er overigens nog niet naar uit, dat die binnen afzienbare tijd zal worden bereikt.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

De toe- en afvoerleidingskanalen naar en van de nieuwe inlaatsluis van de Zuiderdiepboezem kwamen gereed.
Langs de westzijde van de werkhaven te Hellevoetsluis werden de restanten van de vroegere steendepots opgeruimd; de afkomende materialen werden in één depot bijeengebracht. Het westelijke haventerrein werd geëgaliseerd en met een laag teelaarde afgedekt.

Volkerak

Derde sluis met overbrugging en inlaat- en jachtensluis

Voor het verlengen van de overbrugging zijn thans 370 betonpalen geheid; er is een begin gemaakt met de opbouw van de pijler en het landhoofd. De eerste twee vloermoten van de 3e sluis zijn gestort. De grondverbetering onder de peilers van de overbrugging van de inlaatsluis en de pijlers van de inlaatsluis zijn aangebracht. De bouw van de pijlers is vertraagd omdat ter plaatse van twee pijlers het zand moest worden verdicht: naar bleek uit de te lage sondeerwaarde was de ondergrond er te los. Inmiddels is een gedeelte van de damwand geheid en is de vloer van een vleugelwand gestort.
Op het Hellegatsplein wordt naast de autosnelweg een terrein in gereedheid gebracht voor de produktie en opslag van voorgespannen liggers. Er moeten 260 liggers worden gemaakt, het grootste deel ter lengte van 38 m en met een gewicht van 80 ton. Op 1 maart zal met de produktie worden begonnen.

Brouwershavense Gat

Wat aan de afwerking van de dam door het Brouwershavense Gat nog resteert te doen, betreft alleen beplantingen en verkeersvoorzieningen.

Op verscheidene plaatsen op de binnenberm zijn in december struiken geplant, totaal 150 000 stuks. Ook werd een begin gemaakt met het aanbrengen van vangrailconstructies langs de weggedeelten nabij de onder de hoofdrijbanen en parallelwegen doorlopende verkeers- en voetgangerstunnels.

Oosterschelde

De werkzaamheden aan de damaanzet tegen Noord-Beveland verliepen vlot. Grotendeels zijn ze gereedgekomen. Enkele terreingedeelten moeten nog worden voorzien van een zand- en cementstabilisatie, enkele andere gedeelten moeten nog worden afgedekt met klei.
Een begin is gemaakt met de werkzaamheden voor de aanleg van een werkweg tussen de damaanzet en de provinciale weg.
De werken aan het damvak tussen de werkeilanden Neeltje

Jans en Noordland zijn zeer voorspoedig verlopen; ze zijn thans nagenoeg voltooid. In de komende periode moeten nog enkele kleine werkzaamheden worden verricht, zoals het met fijn grind afstrooien van de asfaltbetonbekleding en het inzaaien van de klei-afdekkingen.
Ter bestrijding van een diepe ontgronding langs de noordwestelijke zijde van het werkeiland Roggenplaat werd het onderwaterbeloop aan de kant van het werkeiland bestort met 30 000 ton fosforslakken.
Daar ook in de hoofdstroomgeulen verdiepingen waren geconstateerd, werden op die plekken waar de pijlers van de kabelbanen moeten worden geplaatst 50 cm dikke bestortingen van grof grind aangebracht over 2500 m^2 oppervlakte per pijler.

Na een daartoe gehouden 'aanbesteding met voorafgaande selectie' werden de werkzaamheden ter verdere voltooiing van de afsluiting van de Oosterschelde – enkele met name genoemde onderdelen zoals kabelbanen, kunstwerken en leveringen uitgezonderd – opgedragen aan de Aannemerscombinatie 'Dijksbouw Oosterschelde'. Met deze combinatie is terzake een zogenaamde raamovereenkomst gesloten, op basis waarvan de eronder vallende afsluitingswerken bij afzonderlijke deelovereenkomsten zullen worden uitgevoerd.
De gecontracteerde aannemerscombinatie is samengesteld uit onderstaande bedrijven: N.V. Aannemersbedrijf voorheen Firma T. den Breejen van den Bout te Aerdenhout; Van Hattum en Blankevoort B.V. te Beverwijk; Hollandsche Aanneming Maatschappij N.V. te Rijswijk (Z.H.); Aannemings- en Wegenbouwbedrijf P. H. Offeringa B.V. te 't Harde; Aannemingsmaatschappij Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht; Adriaan Volker baggermaatschappij N.V. te Rotterdam; Aannemerscombinatie Zinkwerken N.V. te Gorinchem. Mannesmann Nederland B.V. te Dintelmond werd opdracht verleend voor het maken van de onderbouw van de kabelbanen met behulp waarvan de drie grote stroomgeulen in de Oosterschelde te zijner tijd zullen worden afgesloten. Het gaat hier om het leveren en aanbrengen van de funderingen en pylonen van de draagtorens en het aanbrengen van de pyloonkoppen. De torens, 12 in totaal, 5 voor de Roompot, 3 voor de Schaar van Roggenplaat en 4 voor de Hammen, zullen in geheel in staal worden uitgevoerd.

B. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de Helderse zeewering

Aansluitend op de aanleg van een onderzeese kade van mijnsteen met bijbehorende zink- en stortwerken in de jaren 1970 en 1971, werd op 10 december 1971 de eigenlijke verhoging van de Helderse zeewering tussen fort Oostbatterij en fort Erfprins aanbesteed.
Dankzij de langdurige lage waterstanden kon reeds spoedig worden begonnen met het afvlakken van de kruin van de mijnsteenkade en het opnemen van de steenbekleding op de stranddammetjes en de glooiing beneden N.A.P. + 1 m.
Vervolgens werd in de binnenkruinlijn van de mijnsteendam een teenvoorziening aangebracht, bestaande uit een rij perkoenpalen met teenschot.
Deze werkzaamheden, die zich uitstrekten over een lengte van ongeveer 1 km, duurden tot half mei 1972.
Half februari van dat jaar werd begonnen met de verwerking van mijnsteen. Daarmee werden te diepe gedeelten achter de mijnsteendam opgevuld; later werd nog een laag mijnsteen over het zand onder de te maken basaltglooiing aangebracht.
Een halve maand daarna werd daar waar de teenvoorziening reeds was aangebracht, aangevangen met het zandpersen.
Hiertoe was tevoren een afwateringsconstructie onder de binnenteenlijn aangebracht, die het landwaarts afvloeiende perswater zoveel mogelijk moest opvangen. Het opgevangen perswater werd vanuit om de 50 m geplaatste putten door middel van klokpompen in een bovengronds gelegen stalen leiding gepompt en over de dijk uitgeslagen.
Toen op 2 augustus 1972 met persen werd gestopt, was 750 000 m^3 zand verwerkt. Het benodigde zand was afkomstig uit het mondingsgebied van de Marinehaven; het werd door hopperzuigers van 500 m^3 inhoud naar een voor het dijkvak liggende perszuiger gevaren. Deze zuiger perste het vervolgens rechtstreeks in het werk.
Op 1 april, de daartoe vastgestelde datum, werd, vooruitlopend op de steeds hoger wordende zandstorten, begonnen met het slopen van de buitenglooiing boven N.A.P. + 1 m en van de betonnen keermuur; dit muurtje werd gesloopt met behulp van springladingen. De vrijkomende materialen werden gedeeltelijk rechtstreeks vanaf de wal met een drijvende kraan en gedeeltelijk met steenstorters op de onderzeese oever gestort, teneinde een grotere uitvlakking van het onderwatertalud te verkrijgen.
De noodzakelijke sloop van een zwembad, een K.N.M.I.-station en enkele opstallen duurde tot 22 mei 1972; er kwam ongeveer 100 000 ton puin vrij.

Op 13 maart 1972 kon met het zetten van de basaltglooiing tot N.A.P. + 2,50 m worden begonnen. Toen dit op 5 juni 1972 werd beëindigd was door een ploeg van zeven man ± 9000 m^2 kop- en zetwerk afgewerkt.
Deze voortgang van het zetwerk maakte het mogelijk dat op 29 mei 1972 werd begonnen met het op de buitenglooiing tot N.A.P. + 7 m aanbrengen van 36 000 ton grof dicht asfaltbeton. Dit asfalt en ook het gietasfalt voor de laagwaterberm werd betrokken van een in Den Helder geplaatste molen. Op 8 september was de asfaltbekleding, die in één laag werd

aangebracht, dicht. Nog tijdens de asfaltverwerking werd tot eind september 65 000 m^3 klei over de volle breedte van de dijk aangebracht, zodat voor 15 oktober de vereiste waterkerende hoogte tot N.A.P. + 9 m was bereikt.
Aansluitend heeft men de laatste werkzaamheden voltooid, zoals de aanleg van een binnenbermweg, een riolering en een ontwateringsconstructie voor de de afvoer van regen- en grondwater, het maken van drie overgangen voor voetgangers, hekwerken en aanpassingswerken.
Begunstigd door de weersomstandigheden kon de aannemer het werk in één jaar voltooien.

De totale kosten van de verhoging van dit dijkvak belopen, inclusief grondaankoop en aanpassingswerken, f 20,9 miljoen.

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De werkzaamheden aan de werkhaven naderen hun voltooiing. Oever- en taludbekledingen zijn aangebracht. De asfaltbetonverhardingen en de bestrating zijn grotendeels voltooid. Terreinen en taluds zijn met teelaarde afgewerkt en ingezaaid.
Het zeewaterbassin is voltooid, behoudens enig aansluitend werk, dat verband houdt met de te maken inlaatsluis en uitlaatconstructie.

Inlaatsluis en een uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

De uitlaatconstructie is vrijwel voltooid; ze is zelfs al in bedrijf. Ook de inlaatsluis is, behoudens de bovenbouw, voltooid. De bouwputten van stalen danwand zijn getrokken. Met het monteren van de mechanische bewegingswerken is een aanvang gemaakt. De sluis is echter reeds in bedrijf gesteld. De bijkomende werken zoals grondwerken en asfaltbekledingswerken naderen hun voltooiing.

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten ondershandse overeenkomsten

BR-5486 16 maart 1971

Vervaardigen en leveren af fabriek van drie mobiele diesel-elektrische aggregaten c.a. ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 137 110,–
Aannemer: Dijnaf n.v. Fabriek v. Elektrische aggregaten en apparaten te Alkmaar

BR-5524 19 mei 1971

Het schilderen van 2 dubbele basculebruggen en 1 ophaalbrug over en nabij de Schutsluis in het Haringvliet nabij Stellendam
Aannemingssom: f 27 850,–
Aannemer: n.v. Schildersbedrijf J. Th. Mansveld en Zonen te Utrecht

BR-5575 1 september 1971

Bedrijfsvaardig opstellen brandstofafleveringsinstallatie c.a. Levering turbine Fuel 155 ten behoeve van automoteurs
Aannemingssom: f 16 300,– en eenheidsprijs
Aannemers: Esso Nederland n.v. te 's-Gravenhage

BR-5662 18 augustus1971

Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 5 stuks stromingsmeetinrichtingen en 5 stuks elektrische beweegbare lieren ten behoeve van de zoutriolen van de Spuisluis Haringvliet.
Aannemingssom: f 38 200,–
Aannemer: Constructiewerkplaatsen en Machinefabriek Braat n.v. te Rotterdam.

BR-5718 24 september 1971

Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een terreinverlichting voor het bouwdok ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat

BR-5719 24 september 1971

Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrische installatie voor de kabelbaan c.a. ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 203 887,–
Aannemer: idem

BR-5720 24 september 1971

Vervaardigen, leveren en be-
Aannemingssom: f 43 720,–
Aannemer: Van Rietschoten en Houwens' Elektrotechnische Maatschappij n.v. te Rotterdam drijfsvaardig opstellen van voedingsinstallaties op de opslagterreinen Schouwen en Middelplaat ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 146 967,–
Aannemer: idem

BR-5793 21 juni 1971

Vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van het werkeiland Noordland (Oosterschelde)
Aannemingssom: f 38 650,–
Aannemer: Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis

BR-5812 12 oktober 1971

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee koeltoren-installaties ten behoeve van de stroomvoorziening voor de Spuisluizen in het Haringvliet
Aannemingssom: f 20 439,–
Aannemer: S. F. Lucht- en warmte techniek n.v. te Amersfoort.

BR-5829 13 juni 1971

Verrichten van herstelwerkzaamheden aan de lieren van de caissons voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 20 166,55
Aannemer: n.v. Hollestelle te Goes

BR-5870 30 november 1971

Demonteren van een kabelbaan over het Brouwershavensche Gat met bijkomende werken
Aannemingssom: f 1 803 985,–
Aannemer: De Groot Zwijndrecht n.v. te Zwijndrecht

BR-5878 30 november 1971

Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig aanbrengen van 6 stuks luchtleidingen voor de luchtbellenschermen van de sluizen in het Volkerak
Aannemingssom: f 152 815,–
Aannemer: De Feijter n.v. te Terneuzen

BR-5923 1 oktober 1971

Vervaardigen en leveren van tandwielkasten c.a. ten behoeve van de elektrotechnische schuifbewegingsinrichtingen c.a. voor de inlaatsluis 'Dirksland' te Dirksland
Aannemingssom: f 20 820,–
Aannemer: Machinefabriek Aug. Bierens en Zonen n.v. te Tilburg

SS-676 23 december 1971

Leveren en monteren van de installaties voor een standaard onderkomen voor 36 personen

nabij het centraal bedieningsgebouw Haringvliet
Aannemingssom: f 151 722,23
Aannemer: S. F. Lucht- en Warmtetechniek n.v. te Amersfoort

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Delta werken gesloten overeenkomsten

Provincie Zeeland (wp. De brede wetering van Zd-Beveland) nummer 1916

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee schroefcentrifugaalpompen, haakse tandwieltransmissies, krooshekken etc. ten behoeve van het te bouwen gemaal Heer Janspolder
Aannemingssom: f 507 850 excl. BTW
Aannemers: n.v. Machinefabriek v/h Pannevis en Zn te Utrecht

Provincie Zeeland (wp. De brede wetering van Zd-Beveland) nummer 1916

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee dieselmotoren ten behoeve van het te bouwen gemaal Heer Janspolder
Aannemingssom: f 306 465,– excl. BTW
Aannemer: n.v. Appingedammer Bronsmotorenfabriek te Appingedam

Provincie Zeeland (wp. De Prins Hendrikpolder) nummer 1 dienstjaar 1971

Teenvoorziening zeedijk Prins Hendrikpolder van dp 0 tot dp 26
Aannemingssom: f 290 000 excl. BTW
Aannemer: Gebr. Romers n.v. te Rozenburg

Provincie Zeeland (gemeente Terneuzen) 5 mei 1971

Het voltooien van een overstortriool met bijbehorende werken in het exploitatieplan Noore in de gemeente Terneuzen
Aannemingssom: f 286 732,–
Aannemer: n.v. Aannemersbedrijf Gebr. Geldof te Serooskerke (W)

Opgave van de door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar bestede en gegunde werken

DED-1357 1971

Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Hellevoetsluis, in de binnen- en buitenhaven voor de schutsluis en de toegangsgeulen tot binnen- en buitenhaven te Stellendam in het Haringvliet, in het jaar 1971
Aannemingssom: f 380 937,–
Aannemer: n.v. baggermij van Noordenne te Sliedrecht

SS-646 1971–1972

Bouwen van 5 houten lossteigers, c.a. in de buitenhaven van de schutsluis Haringvliet in de gemeente Goedereede
Aannemingssom: f 284 250,–
Aannemer: K. Plieger te Lexmond

Zeeland (Zeeuwsch Vlaanderen)

Z-1413 1971–1972

Het maken van een waterkering, een kadewand, verhardingen en bijkomende werken te Breskens in de gemeente Oostburg
Aannemingssom: f 2 150 000,–
Aannemer: Aann. bedrijf n.v. Steginck te Vlissingen

DED-1364 1971–1972

Het maken van het werkeiland Noordland met bijkomende werken in de Oosterschelde onder de gemeente Veere
Aannemingssom: f 9 971 000,–
Aannemers: Combinatie – n.v. Baggermij Bos en Kalis – Aann. bedrijf Oosterwijk n.v. – Dirk Verstoep Nederland n.v. te Papendrecht

DED-1388 1971–1972

Het maken van twee voetgangerstunnels en het voltooien van een lichtopening van een verkeerstunnel in en nabij de Brouwersdam onder de gemeenten Goedereede en Middenschouwen
Aannemingssom: f 663 000,–
Aannemer: n.v. Aann. Mij W. C. van Dijk te Hardinxveld-Giessendam

DED-1391 1971–1972

Het leveren van betonartikelen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat in twee percelen en in massa
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Pit-Beton te Middelburg

DED-1395 1971–1972

Het maken van oeververdedigingen langs de oevers van het Veerse Meer, met bijbehorende werken, in de gemeenten Wissenkerke, Goes. Arnemuiden en Veere
Aannemingssom: f 955 000,–
Aannemer: n.v. Aann. Comb. Zinkwerken te Gorinchem

Verantwoording van de foto's

H. J. Verdonk 114
Staatsbosbeheer 116
J. H. Smittenberg 117 118 122 123
J. Looth 119
IHC Holland 137
Cees v. d. Meulen 141

Driemaandelijks Bericht
nummer 64, mei 1973

Inhoud

In memoriam Dr. J. J. Dronkers 171

A. De werken van het Deltaplan

Fotografische technieken als hulpmiddel bij het milieuonderzoek 172

Bodembeschermingen. Ervaringen en ontwikkelingen 180

De lozingsmiddelen in de Oosterscheldedam en de Brouwersdam 186

Een bouwput in het werkeiland Noordland 193

De kabelbanen over de Oosterschelde 197

Waterloopkundige veranderingen na de afsluiting van het Brouwershavense Gat in het mondingsgebied en het aangrenzende kustgebied 203

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuws-Vlaanderen en Schouwen

Versterking van de waterkering rond de handelshaven te Breskens 212

Vorderingen 216



In memoriam
Dr. J. J. Dronkers

Op 20 februari 1973 overleed onverwacht de heer dr. J. J. Dronkers, hoofd van de waterloopkundige afdeling van de Deltadienst. Voor de Rijkswaterstaat betekent zijn heengaan een zeer gevoelig verlies. De heer Dronkers immers heeft een bijzonder grote persoonlijke inbreng gehad in de vele en moeilijke berekeningen op het gebied van de waterbeweging, die in belangrijke mate ten grondslag hebben gelegen aan de uitwerking van de plannen voor de afdamming der grote zeegaten in het Zuidwesten van ons land. Ook heeft hij een belangrijk aandeel gehad in de wetenschappelijke voorbereiding van het rapport van de Deltacommissie.
De heer Dronkers, in 1910 geboren in Poortvliet, was sinds zijn afstuderen in 1934 als wiskundige in dienst van de Rijkswaterstaat en vanaf 1959 bij de Deltadienst werkzaam. Hij verwierf zich internationale bekendheid met zijn artikelen over getijberekeningen, zout- en zoetwaterbeweging en met zijn boek 'Tidal computations in rivers and coastal waters'.

Als getij-deskundige was de heer Dronkers nauw betrokken bij de grote waterbouwkundige werken die sinds de oorlog in Nederland zijn uitgevoerd, zoals de droogmaking van Walcheren, de herstelwerkzaamheden na de overstromingen van 1953, de havenuitbreidingen van IJmuiden, Scheveningen en Europoort en uiteraard de werken in het kader van het Deltaplan. Daarnaast gaf hij vele adviezen ten behoeve van werken in het buitenland, vooral in Azië, waarbij recent nog adviezen voor de bescherming tegen overstromingen van Venetië. Hierbij leidden vooral zijn praktische benadering van problemen en zijn belangstelling voor de civiele techniek tot een vruchtbare samenwerking met zijn waterbouwkundige collega's.

Degenen die met hem hebben mogen samenwerken, verliezen in hem niet alleen de bekwame adviseur, maar ook de man die door zijn openheid en oprechtheid, zijn menselijke benadering en zijn ruime belangstelling een onvervangbare plaats in hun leven innam.

Fotografische technieken als hulpmiddel bij het milieu-onderzoek

De luchtfoto-interpretatie, oorspronkelijk ontwikkeld voor militaire doeleinden, is tegenwoordig ook een belangrijk hulpmiddel bij de wetenschappelijke bestudering van landschapskenmerken. De grote vooruitgang in de kwaliteit van het fotografisch materiaal, alsook in de opnametechniek en de interpretatie, waarvan wij de laatste jaren getuige zijn geweest, heeft veroorzaakt dat er steeds meer toepassingsmogelijkheden voor luchtopnamen worden gevonden. Ook voor het milieu-onderzoek in zuidwest-Nederland biedt de luchtfotografie veelbelovende perspectieven.

Luchtfoto's verschaffen namelijk informatie die door analytisch en synthetisch onderzoek kan resulteren in kwalitatieve en kwantitatieve gegevens over topografie, reliëf, bodem, vochtigheid en vegetalie van een te bestuderen gebied.
Met behulp van luchtfotografie kan men een objectief driedimensionaal overzicht verkrijgen van een te onderzoeken gebied; ook is het met deze techniek mogelijk van een uitgestrekt terrein een momentopname te maken; en men kan er meer informatie mee verzamelen dan zich aanbiedt aan het menselijk oog, aangezien er fotografische emulsies bestaan die gevoelig zijn voor veel meer dan het zichtbare deel van het spectrum.
Behalve directe informatiewaarde hebben foto's ook een documentatiewaarde. Men kan beelden van voorbije situaties in het archief

1

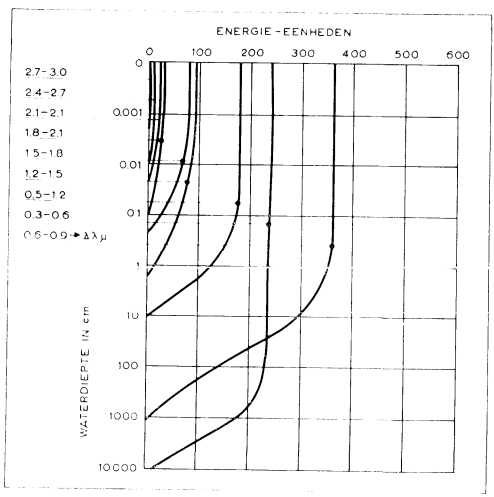


Fig. 1. Verdeling van het zonne-energiespectrum na binnendringen van de straling in het water op verschillende diepten

2

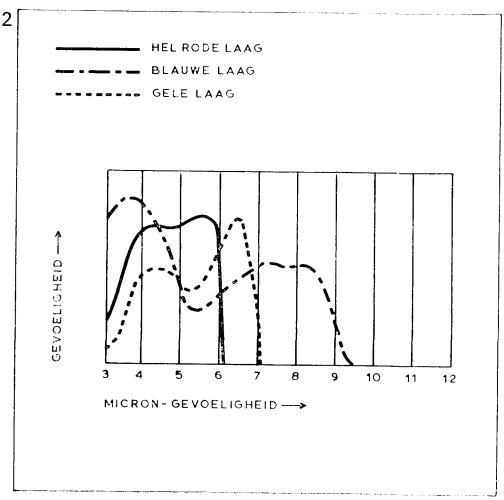


Fig. 2. Gevoeligheid van een false color film

bewaren en in een later stadium weer betrekken in een vergelijking met een veranderde toestand; zo helpen die opnamen mee de nieuwe toestand te evalueren. Men kan hierbij denken aan het onderzoek van groeipatronen, of aan de onderkenning van een naderende ontregeling van het milieu.

De toepassingsmogelijkheden zijn zeer groot. Zo worden de uit de luchtfoto-interpretatie verkregen gegevens onder meer aangewend ten behoeve van landschaps-oecologisch onderzoek waarvan de resultaten gebruikt worden bij het opstellen van adviezen inzake de inrichting en het beheer van droogvallende platen, slikken en schorren.
Ook volgt men er veranderingen mee in de geomorfologie of in de vegetatie van het onderzoeksgebied.

Fig. 4. Geormorfologische interpretatie van het in fig. 3 afgebeelde gebied ▶

Fig. 5. Vegetatie-interpretatie van het in fig. 3 afgebeelde gebied. De onderscheiden vegetatie-eenheden zijn genoemd naar de er in voorkomende dominante soorten. ▶ ▶

Fig. 3. Detail van de schorren in het zuidelijke deel van de Slikken van Flakkee



SLIK

priel met stroomdraad

rills-gully's

(Spartina) - duintjes

relatief droog slik

relatief vochtig slik

SCHOR

kreek met stroomdraad

Relatief jong, laag schor

helling schor-slik

schorrand, hoog, zeer reliëfrijk

schorrand overgang naar kom(men)

kom

oeverwal

Relatief oud, hoog schor

helling hoog schor laag schor

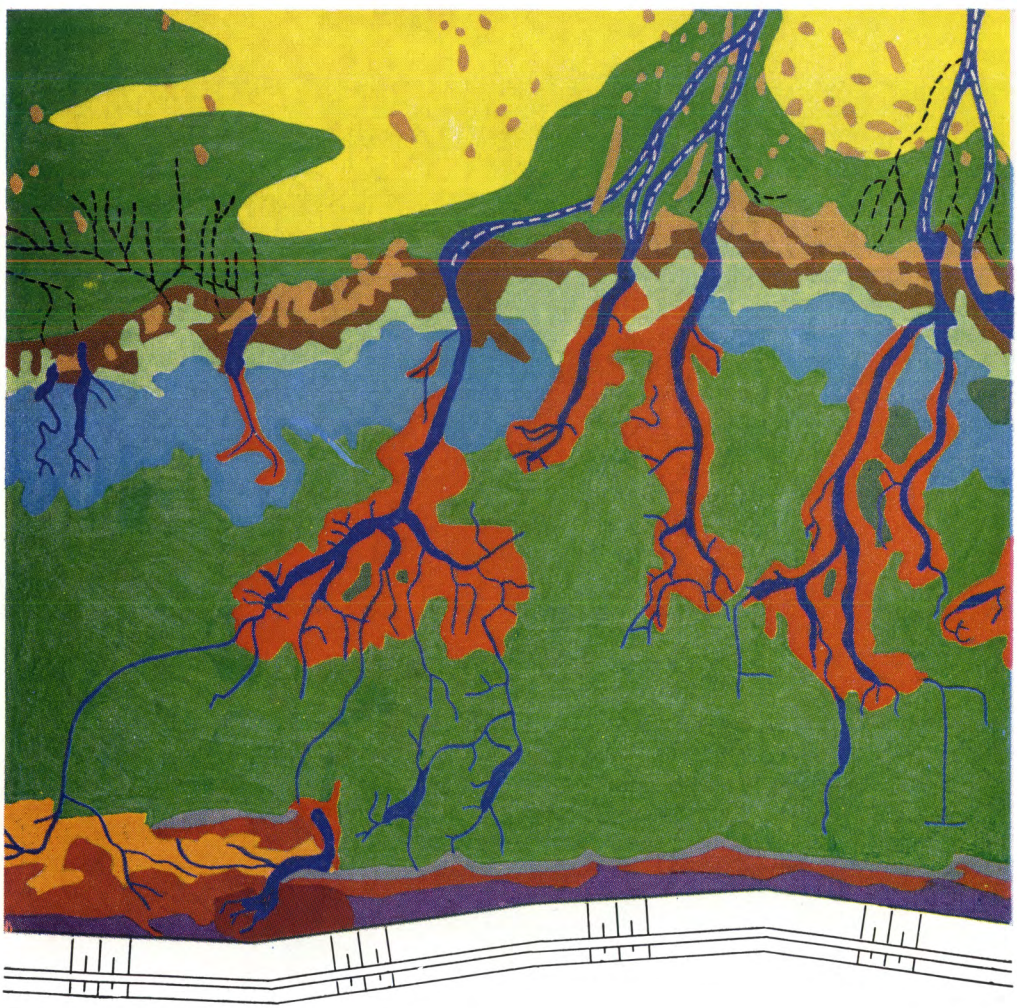
gebied met dicht patroon van ondiepe doodlopende geultjes

relatief hoog

relatief laag

kleiput

dijklichaam



Salicornia europaea

Puccinellia maritima met plaatselijk Halimione portulacoïdes, Suaeda maritima of Aster tripolium

Atriplex hastata met Spartina townsendii of Elytrigia pungens

Suaeda maritima met plaatselijk Spartina townsendii of Halimione portulacoides

Halimione portulacoïdes, plaatselijk met Puccinellia maritima, Spergularia media of Aster tripolium

Ingezaaid met o.a. Lolium perenne

Spartina townsendii, met plaatselijk Suaeda maritima en Aster tripolium

Festuca rubra met Halimione portulacoïdes en plaatselijk Elytrigia pungens of Artemisia maritima

Spergularia media met Puccinellia maritima, Halimione portulacoïdes, Suaeda maritima of Aster tripolium

Aster tripolium met ondergroei van Suaeda maritima en Spartina townsendii

Elytrigia pungens



De foto's kunnen daarnaast informatie bevatten over bepaalde symptomen van ontregeling door vergiftiging, eutrofiëring of anderszins, en op die manier een bijdrage leveren aan de kwaliteitsbewaking van het land en het water. Voor de uiteenlopende toepassingsmogelijkheden zijn verschillen in opnametechniek nodig. In dit verband kunnen de keuze van de sensor, de absorptie, penetratie en reflectie van het water genoemd worden. Naast het toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek kan het zuiver wetenschappelijk onderzoek gebruik maken van de foto's.

Uit de experimenten die met de ter beschikking staande apparatuur zijn uitgevoerd, blijkt dat zowel voor het terrestrisch als voor het aquatisch milieu-onderzoek kleurenfotografie vooralsnog de meeste informatie biedt bij direct visueel gebruik.

Waarschijnlijk zullen in de toekomst multispectro-sensing technieken tot betere resultaten leiden, mits – en dit geldt vooral voor de toepassingen in het water – de waar te nemen totale energie voldoende groot is voor de gevoeligheid van de detectoren. Recente experimenten in de Alblasserwaard rechtvaardigen de veronderstelling dat het genoemde systeem ook bij direct visueel gebruik betere resultaten kan geven.
Voor de tracering van gesuspendeerde stoffen aan of nabij het wateroppervlak, zoals algen, ligt toepassing van een fotografische techniek in het golfgebied van 0,6–0,9 micron het meest voor de hand, omdat de golflengten in deze sector een geringer penetratievermogen hebben in water – ze komen ongeveer één meter diep – en er dus meer energie van terugkomt (zie fig. 1). De slibbeweging kan beter getraceerd worden met een fotografische techniek die gebruik maakt van het energiegebied tussen 0,3 en 0,6 micron, omdat slibdeeltjes over de gehele diepte voorkomen en dit gedeelte uit het spectrum tot 10 meter diep in het water doordringt (fig. 1). Voor het terrestrisch onderzoek valt de keuze op filmmateriaal met emulsies gevoelig in het energiegebied tussen 0,3 en 0,9 micron. Hier stelt vooral de vegetatie-interpretatie hoge eisen aan het fotografisch materiaal. Uit experimenteel onderzoek is gebleken, dat in bepaalde vegetaties, zoals bij de schorren, dichtheidsverschillen van de plantensoorten in de vegetatie beter te onderzoeken zijn met false color film, dan op normale kleurenfilms (0,3–0,7 micron).

De toevoeging van een emulsie die gevoelig is in het nabije infrarood, kan voor de bodemkunde belangrijke informatie verschaffen, bijvoorbeeld over de verschillen in de vochtigheidstoestand van de bodem. Bovendien zijn bepaalde ontregelingen die het gevolg zijn van vergiftigingen, beter waarneembaar. De keuze in zowel het aquatische als terrestrische milieu-onderzoek is dan ook gevallen op false color of „miskleur" foto's (fig. 2). Deze techniek ontleent zijn naam aan het feit dat de kleuren op de foto niet de natuurlijke kleuren van het landschap weergeven, maar volgens een bij de film behorende code moeten worden geïnterpreteerd.

De vele toepassingsmogelijkheden zullen aan de hand van een drietal voorbeelden worden toegelicht.
Figuur 3 is een zwart/wit afdruk van een false color foto welke een overzicht geeft van een deel van de schorren en slikken op de 'Slikken van Flakkee'. De schaal van de foto is 1 : 5000. Opnamedatum is 6 augustus 1972. Op de foto zijn duidelijk begrensde patronen waar te nemen. Zo'n foto geeft een geïntegreerd landschapsbeeld. Door interpretatie van de vastgelegde informatie kunnen de afzonderlijke landschapscomponenten, zoals de geomorfologie en de vegetatie worden geanalyseerd. Bij de interpretatie wordt gebruik gemaakt van kenmerken als kleur- en toonverschillen, vormen, patronen, structuren en reliëf.

Voor de vegetatiekundige en de geomorfologische interpretatie kan gebruik worden gemaakt van de direct visueel waarneembare informatie van het fotobeeld. Voor bodemkundige, hydrologische en eventueel geologische studies moet de informatie worden afgeleid uit de gereflecteerde en geëmitteerde energie die in het beeld is vastgelegd.
Figuur 6 is een false color foto van een stuk van het noordelijk gebied van het nog onbegroeide deel van de 'Slikken van Flakkee', (opnamedatum 20 augustus 1972).
Hierop ziet men een deel van de oorspronkelijke schorren en slikken. Op de slikken valt een merkwaardig patroon van parallel verlopende donkere en lichte banden op. In eerste instantie zou men geneigd zijn dit toonverschil toe te schrijven aan in het terrein aanwezige golfribbels. Bij waarnemingen in het terrein blijkt hiervan echter geen sprake te zijn. Het terrein is volkomen vlak en ook van kleurverschillen is niets waar te nemen. De verklaring moet waarschijnlijk worden gezocht in het feit dat in dit gebied

voor de afsluiting inderdaad een golfribbelpatroon aanwezig is geweest, hetgeen uit geomorfologische studie van oude foto's blijkt. Na de afsluiting zijn door erosieve processen de golfribbels genivelleerd. Hierdoor ontstaan banden evenwijdig aan het vroegere golfribbelpatroon, waarin waarschijnlijk door verschillende pakking van het materiaal een andere vochthuishouding heerst, hetgeen de toonverschillen op de foto veroorzaakt. Uitvoeriger onderzoek naar dit soort fenomenen zal in de toekomst noodzakelijk zijn.

Als derde voorbeeld in figuur 8 een false color foto van het westelijk deel van het Brielse Meer, nabij de noordelijke oever, opnamedatum 19 augustus 1971, schaal 1 : 5000. Binnen het eilandje is een aanzienlijke opeenhoping van algen aanwezig, waarvan het patroon enigermate lijkt op dat van een neer. Op de afbeelding zijn de details van het patroon duidelijk zichtbaar. Bij de noordelijke oever bevindt zich een hoge concentratie aan organisch materiaal. Simultaan werden watermonsters genomen, welke aanvullende informatie geven (tabel).

Geconcludeerd kan worden, dat luchtfoto's voor velerlei doeleinden bruikbaar zijn. De luchtfotografie kan als hulpmiddel bij het milieuonderzoek bijdragen tot een gericht beleid en een doeltreffend beheer.

Overzicht van de grondgegevens.

Parameter	Meetwaarde
Bemonsteringspunt 1	
doorzicht	8 dm
chlorofyl A	–
zwevende stof	7 mg/l
gloeirest van de zwevende stof	57%
temperatuur	22° C
totaal fosfaat	0,5 mg PO_4/l
Bemonsteringspunt 2	
doorzicht	8 dm
chlorofyl A	–
temperatuur	22° C
zwevende stof	10 mg/l
gloeirest van de zwevende stof	60%
totaal fosfaat	0,55 mg PO_4/l



Fig. 6. Het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee in false color

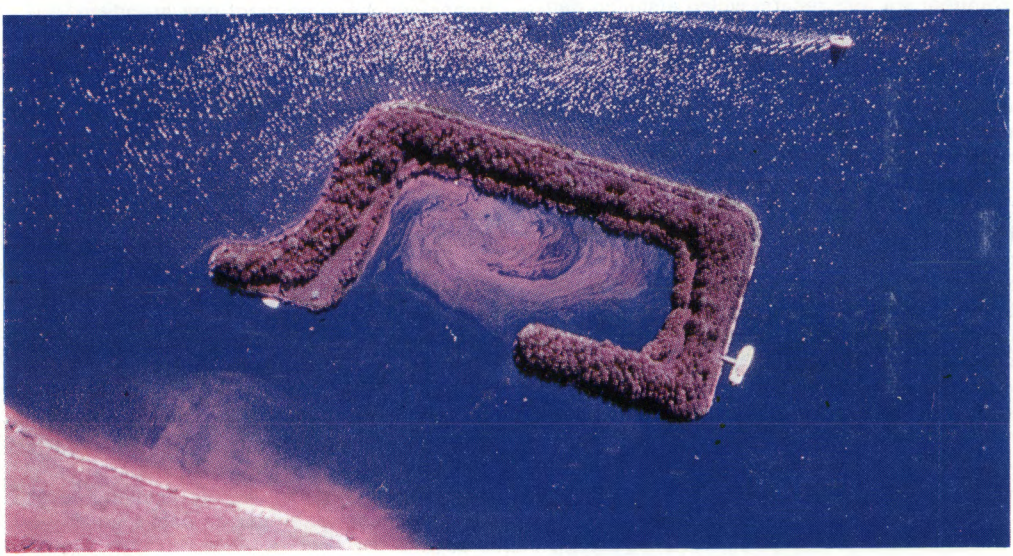


Fig. 7. Deel van het Brielse Meer met algengroei in de vorm van een neer

De maatregelen ter bescherming van de bodem die moeten voorafgaan aan de feitelijke afsluiting van de Oosterschelde, zijn wellicht de uitgebreidste die in ons land op dit gebied ooit getroffen zijn. Deze bescherming zal daarbij in de betrekkelijk korte tijd van drie jaar moeten worden aangebracht, op grote diepte en bij veelal ongunstige nautische werkomstandigheden. Ook zal zij worden blootgesteld aan zware hydraulische en grondmechanische omstandigheden. Een en ander heeft geleid tot de ontwikkeling van nieuwe typen bodembeschermingen waarvan de toepassing in het nabije verschiet ligt.

Bodembeschermingen
Ervaringen en ontwikkelingen

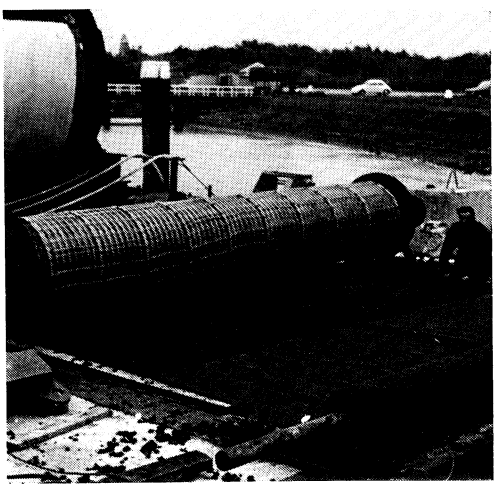
Wanneer we een zeearm willen afsluiten dan worden, ongeacht de methode die voor de definitieve blokkering wordt toegepast, als regel eerst die gedeelten van de afsluitdam opgebouwd, die de stroomsnelheid zo min mogelijk doen toenemen. Dit leidt ertoe dat aanvankelijk een onderbroken dam ontstaat met openingen ter plaatse van de wat diepere stroomgeulen: de sluitgaten. In zo'n sluitgat heerst een sterke waterbeweging, die gepaard gaat met omvangrijk transport van bodemzand. Deze bodembeweging moet worden tegengegaan, omdat ze de primaire afsluitingsconstructie in meer dan één opzicht bedreigt. Niet alleen zou het zand onder de constructie onder invloed van verhangen en stroomsnelheden worden weggespoeld, maar ook en juist aan weerszijden ervan zou het wegstromen. De kuilen die daardoor vlak naast de constructie kunnen ontstaan, zouden de stabiliteit ervan ernstig bedreigen.
Door de uitgestrektheid van het gebied waar uitschuringen kunnen optreden en de begrenzing waarbinnen een bodembescherming uit praktische overwegingen wel moet blijven, krijgt men toch altijd te maken met ontgrondingen, die zich zullen voordoen aan de randen van het verdedigde gebied. Het is slechts zaak ze op veilige afstand van de dam zelf te houden.
Behalve het gebied onder de dam met zijn grote horizontale en verticale verhangen en de rand van het beschermde gebied is er achter de dam nog een gebied waar de bodem in het bijzonder door de stroom wordt aangevallen. Het is de streek vlak achter de zogenaamde bodemneer, waar de hoofdstroom met zijn hoge snelheden het beschermde gebied raakt. Het ontwerp van de bodembescherming dient ook met deze aanval rekening te houden. Doordat de ontwikkeling van ontgrondingskuilen grotendeels bepaald wordt door de grondeigenschappen aan de rand van de bescherming, is de wijze waarop deze rand moet worden geconstrueerd een van de moeilijkste problemen van een bodembeschermingsontwerp. De kuil kan een zeer steile helling krijgen, zo steil zelfs dat zich daar, afhankelijk van de bodemgesteldheid, evenwichtsverstoringen voordoen. Een evenwichtsverstoring zal zich bij een bodem met een redelijk dichte pakking voordoen in de vorm van afschuiving, maar bij grond van losse pakking – in Zeeland niet zeldzaam – neemt ze de gedaante aan van een zettingsvloeiing. De grond vloeit dan onder de bescherming weg, en vult de ontgrondingskuil. De grondeigenschappen en de vullingsruimte van de kuil bepalen hoever dit verschijnsel zich naar de dam toe zal bewegen.
Het is dus zaak, een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de grondmechanische gesteldheid van de bodem in het tracé van een afsluiting.

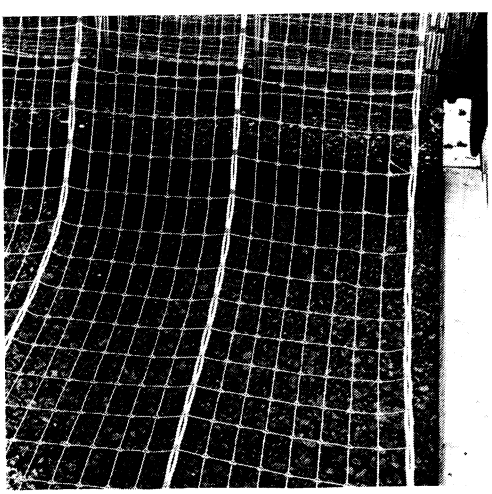
In de loop der tijden zijn er al heel wat bodembeschermingsconstructies ontwikkeld. Van de traditionele typen kunnen hier genoemd worden: het klassieke rijshouten zinkstuk, het semi-klassieke zinkstuk met een zool van kunstvezel, het steenfilter en de asfaltmastiekmat. Ze zijn uitvoerig behandeld in Bericht 40 (mei 1967). Het is zeker niet zo dat de hier 'traditioneel' genoemde typen geen toekomst meer hebben. Het klassieke zinkstuk voldoet nog altijd voor een groot aantal toepassingsgebieden. Het is echter een

arbeidsintentief en houtverslindend produkt. Bovendien blijkt de filterwerking ervan nogal beperkt te zijn, ook als men het heel zwaar bestort.
Het semi-klassieke stuk werkt als filter veel beter, vereist minder rijshout en heeft alleen nog bestorting nodig om te voorkomen dat het stuk gaat bewegen. De kunststoflaag die erin verwerkt wordt is of een gaasachtig weefsel, waarvan de dichtheid de filtereigenschappen bepaalt, of een kokosmatachtige constructie, die het voordeel heeft van grote sterkte en een wat grotere zanddichtheid dan de vorige.
Zowel het klassieke stuk als het stuk met kunststofvezel bestaan nog voor een belangrijk deel uit hout. Ze kunnen dus in zout water door de paalworm worden aangetast. De ontwikkeling van de paalworm is juist in de Oosterschelde explosief geweest. Wanneer een zinkstuk flink door de paalworm is aangetast, heeft het geen enkele samenhang meer. Aangezien de bodembeschermingen in de Oosterschelde lang moeten dienst doen – pas in 1978 is de sluiting voorzien – is niet te verwachten dat deze rijshouten constructies lang genoeg stand houden om dan nog steen op een helling vast te houden.
Ook steenfilters worden nog steeds gebruikt zij het, aangezien ze geen inwendige sterkte bezitten, steeds begrensd door een ander type bodembescherming. Bij grote stroomsneiheden kan een filter van dat type niet worden aangelegd: de onderste lagen, die uit fijnkorrelig materiaal bestaan, worden dan onmiddellijk door de stroom meegevoerd.
De eigenschappen van een gesloten asfaltmastiekmat als bodembescherming zijn nog eens afzonderlijk uitvoerig besproken in Bericht 43 (februari 1968). Het meest specatulaire aan deze bodembescherming is wel de wijze waarop ze wordt aangebracht: met een drijvende asfaltfabriek boven water en een lange stortpijp met brede uitvloeimond onder water. Als onder de geheel gesloten mat te grote overdrukken gaan optreden, kan de mat daardoor worden opgelicht. Dat is te verhelpen als men de mat maar zwaar, en dus dik genoeg maakt; en daar blijken toch wel economische grenzen aan te zijn.
Vanwege de genoemde technische en economische beperkingen die zich voordoen bij de tot nu toe genoemde 'traditionele' bodembeschermingsconstructies is er in samenwerking van het bedrijfsleven – gebundeld in de Vereniging voor Kust- en Oeverwerken – en de Rijkswaterstaat gezocht naar nieuwe typen bodembescherming. Daarbij is men uitgegaan van de eisen die men aan zulke

1. Het oprollen van een steenasfaltmat

2. De onderste laag steenasfalt met daarop het wapeningsgaas


1


2

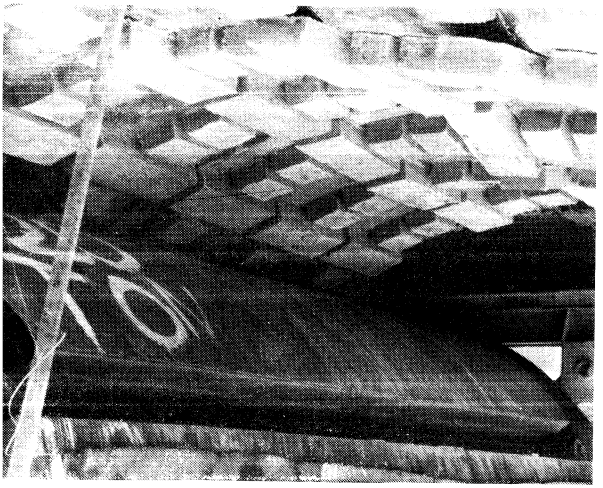


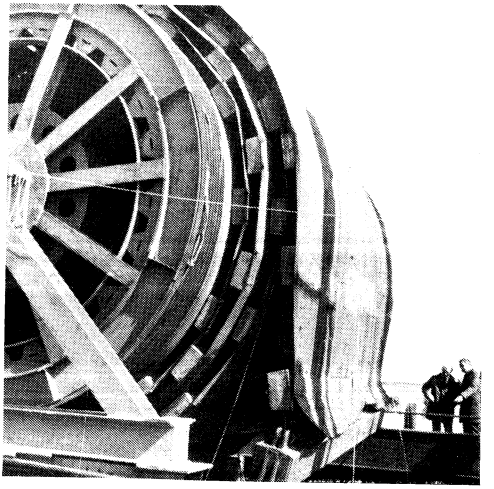


nieuwe constructies zou willen stellen. De constructie moet waterdoorlatend en zanddicht zijn, niet worden aangetast door biologische of chemische invloeden, weerstand kunnen bieden aan sterke stroming en zo zijn opgebouwd dat ballast onder geen enkele hoek van de constructie afvalt.

De ontwikkeling van deze nieuwe typen is eigenlijk al begonnen bij de sluiting van het Veerse Gat. Een constructie die daar beproefd is, bestond uit een dubbelgeweven nylondoek, waartussen men op bepaalde afstanden zand spoot, zodanig dat 'zandworsten' ontstonden. Dit gaf een zekere ballast. Door zijn constructie was dit stuk wel geschikt om onder een drempel gelegd te worden waarop dan een zware verdediging werd aangebracht, maar minder geschikt om

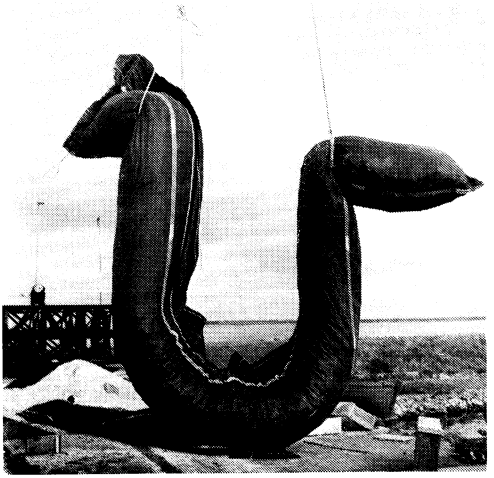
Vervaardiging van een blokkenmat. Achtereenvolgens: Het storten van de blokken; de blokken ontkist; de mat voor driekwart en geheel opgerold





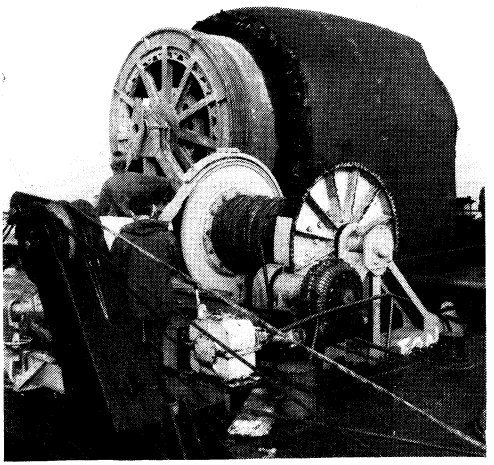
zijn taak onder hoge stroomsnelheden te verrichten.
Bij het aanbrengen van de bezinking in het Zuiderdiep – een onderdeel van de Haringvlietafsluiting – maakte men gebruik van een min of meer geprefabriceerd zinkstuk bestaande uit een zool van kunststofweefsel verstijfd met azobélatten en aan de randen nog eens verstijfd met wiepen. De benedenrand werd verzwaard door zandworsten. Deze stukken werden nabestort met steen en grind. Het geheel werd met de stroom mee afgevierd van een grote rol die op een bak geplaatst was.
De constructie was geschikt voor niet te zware omstandigheden, dus niet voor omstandigheden zoals zich bij de afsluiting van de Oosterschelde zullen voordoen.





Fabricage van een grindworstenmat. Overzicht van de mat, een grindworst en de volledig opgerolde mat

Van de nieuwe constructies zijn er op dit moment drie voldoende ontwikkeld om als afzonderlijke typen bodembescherming te kunnen worden aangemerkt: de steenasfaltmat, de grindworstenmat en de blokkenmat. De steenasfaltmat en de blokkenmat zullen worden toegepast bij de afsluiting van de Oosterschelde.
De zool van de steenasfaltmat bestaat uit een filtermat van kunststof. Hierop wordt steenasfalt aangebracht. In het steenasfalt wordt een wapeningsnet verwerkt dat de krachten moet opnemen welke optreden bij het uitleggen. Het steenasfalt bestaat uit een mengsel van steenslag 2/4 cm, en asfaltmastiek. Asfaltmastiek is een mengsel van zand, bitumen en vulstof.
Het doek fungeert als filter en is niet zanddoorlatend, het steenasfalt is de ballast.



Het geheel is vrij soepel en wordt van een grote rol afgewikkeld, waarbij het afhankelijk van de waterdiepte 30 à 40 m verticaal naar beneden hangt. De grote krachten ten gevolge van het eigen gewicht worden dan opgenomen door de staalwapening.
Met deze mat zijn in het Waterloopkundig Laboratorium vele proeven uitgevoerd. Aan de hand daarvan bleek dat een zware randbalk aangebracht moest worden, om te voorkomen dat de stukken bij tegengestelde stroom om zouden klappen. Men koos hiervoor een betonbalk. Verder zijn verscheidene detailproeven uitgevoerd om de sterkte van de onderdelen te meten en de beste manier van vervaardiging te bepalen. Tenslotte is ook nog modelonderzoek verricht naar de meest geschikte methode van uitleggen, waarbij stroom en golven een belangrijke rol

1

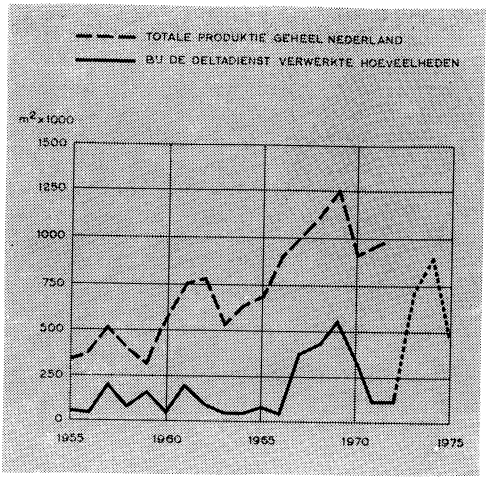


Fig. 1. Hoeveelheden verwerkte bodembescherming in de afgelopen twintig jaar

2

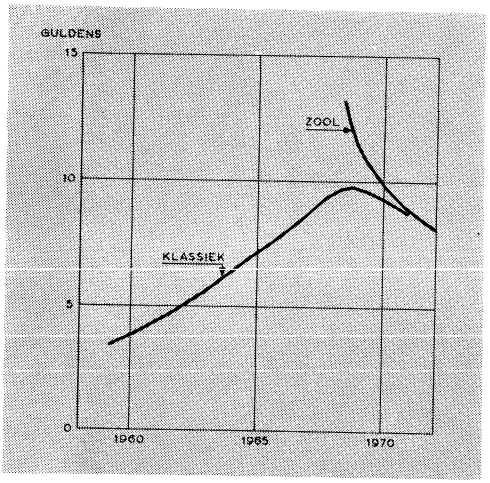
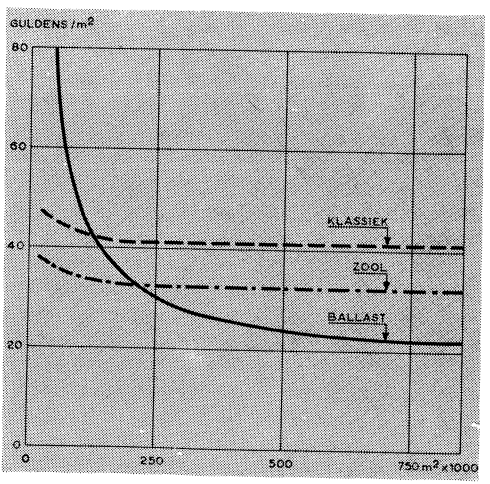


Fig. 2. Verloop van de materiaalkosten per m^2 van klassieke zinkstukken en zoolstukken

Fig. 3. De samenhang tussen de kwantiteit en de prijs per m^2 van zinkstukken

spelen. De uitkomsten van deze proeven werden gecontroleerd in een proefopstelling op ware grootte die bestond uit vier gekoppelde pontons met in het midden een beun. Over de beun stond een rol met een diameter van $4\frac{1}{2}$ à 5 m waarop de mat gerold was. De mat kon door de beun worden afgevierd naar de bodem. Alle krachten werden gemeten, zowel in de mat als bij de rolaandrijving en de verankering van de kop van het stuk. Ook is de soepelheid van de mat onderzocht. Het bleek dat die meer dan voldoende was. Dit houdt dus in dat deze mat de bewegingen van de bodem en met name die bij de ontgrondingskuil kan volgen.
Ook de grindworstenmat heeft een kunststoffen filterdoek als grondslag met daarop genaaid rondgeweven worsten van doek met een grindvulling. Dit is een heel soepel stuk

3



doordat de grindworsten elke beweging kunnen volgen. Er zijn dezelfde proeven mee gedaan als met de asfaltmat.
Bij de blokkenmat worden betonblokken vastgegoten aan – alweer! – een kunststofvezelmat. Ter bevestiging van de blokken aan de mat wordt een wapeningsstaaf ingeweven van staal, maar kunststof is ook mogelijk, waaromheen haken worden geslagen en daarop wordt het beton voor de blokken gestort.
Op het filterdoek ligt ter bescherming eerst nog een rietmat omdat deze stukken worden nabestort met staal- of loodslakken. Ook met deze matten zijn uitgebreide proeven gedaan. Het aardige van dit soort zinkstukken is dat men ze naar believen herhaaldelijk kan af- en oprollen, en dus met één mat een groot aantal proeven kan doen. Tal van proeven zijn uitgevoerd in de tot stroomgoot omgebouwde vistrap van de stuw te Lith. Hier kan het gedrag van de verschillende constructies bij hoge stroomsnelheden worden onderzocht. Wat de zanddichtheid betreft, bleek bij snelheden van 4 à 4½ m/sec zonder bestorting nog geen zand door de blokkenmat heen te komen. De extra bestorting heeft voornamelijk tot doel om klapperen van het filterdoek tussen de blokken tegen te gaan. Dit klapperen is hoofdzakelijk verantwoordelijk voor het doorlaten van zand.

Kostenaspecten

Bij de zeer uitgestrekte bodembeschermingen die in de Oosterschelde gelegd moeten worden is het kostenaspect een belangrijke factor.
In fig. 1 staat de hoeveelheid zinkwerk afgebeeld die in de afgelopen jaren in Nederland is geleverd. De gebroken lijn geldt voor geheel Nederland, de getrokken lijn voor de bij de Deltadienst verwerkte stukken, met als extra-polatie hetgeen nog in de Oosterschelde gelegd moet worden. We zien een duidelijke stijging van de activiteiten op dit gebied.
Het kostenaspect van de stukken met kunststofzool ten opzichte van de traditionele constructie staan in fig. 2 afgebeeld.
Men lette op de prijsontwikkeling sedert het moment waarop de zoolstukken in gebruik kwamen. Overigens is de voortdurende vermindering van de kosten van deze zoolstukken voornamelijk te danken aan het goedkoper worden van de kunststofzool, die ondanks de inflatie meer dan gehalveerd is in prijs. Een verdere besparing op de kosten wordt verkregen door op de uit het buitenland komende breuksteen te besparen. Dit is bij de nieuwe constructie mogelijk.
Bij het verbeterde klassieke stuk heeft men weinig aanloopkosten; de nieuwe constructies daarentegen vergen grote aanloopkosten, ook omdat speciaal afzinkmateriaal moet worden gebouwd. De prijs zakt echter onder die van de oude stukken bij hoeveelheden in de orde van 250 000 m^2, zoals in fig. 3 is aangegeven.
Bij de tot nu toe uitgevoerde kleinere sluitingen waren er hoeveelheden van 200 à 300 000 m^2 in het geding, in het Haringvliet was 1 000 000 m^2 zink werk te verrichten, in het Brouwershavense Gat 800 000 m^2, waarin ook de hoeveelheid asfaltmastiek opgenomen is. In de Oosterschelde is een kleine 3 000 000 m^2 zinkwerk nodig, zodat we het, ook wat de kosten betreft, zeker in de nieuwe stukken moeten zoeken.
Nadere ervaringen die men opdoet met betrekking tot de produkten, de wijze van aanbrengen en het gedrag van nieuwe bodembeschermingen zullen in volgende Berichten aan de orde worden gesteld.

De lozingsmiddelen in de Oosterscheldedam en de Brouwersdam

Tot de onderdelen van het Deltaplan zoals dat in hoofdlijnen door de Deltacommissie werd aanbevolen, behoort ook een aantal doorlaat- of spuimiddelen in verscheidene in dat plan opgenomen dammen.
In het noordelijk Deltabekken zijn de Haringvlietsluizen, waarmede de waterafvoer in dat bekken kan worden geregeld, voltooid, terwijl met de bouw van de spuisluizen in het Volkerak, waardoor de toevoer van zoet rivierwater naar het zuidelijk bekken zal worden verzorgd, een aanvang is gemaakt.
In het zuidelijk bekken moeten deze doorlaatmiddelen nog worden gemaakt, in de vorm van sluizen in de Brouwersdam en de Oosterscheldedam. Hierover zullen in dat artikel enkele nadere mededelingen worden gedaan.

In het eindrapport van de Deltacommissie worden de benodigde doorlaat- en spuimiddelen summier aangeduid in de lijst waarin de noodzakelijke werken worden opgesomd. (Eindverslag Deltacommissie, pagina 47).

Wij lezen daar:
'b. Afdamming van het Haringvliet met bouw van uitwateringssluizen (voor de afvoer van opperwater en ijs) en een schutsluis.
c. Afdamming van het Brouwershavensche Gat en aanleg van een spui-inrichting.
d. Afdamming van de Oosterschelde en aanleg van een spui-inrichting.
e. Afdamming van het Veersche Gat en aanleg van een spui-inrichting in de omgeving.
f. Afdamming van de Grevelingen aan de bovenmond en bouw van een schut- en eventueel van een stroomsluis.
g. Afdamming van de Zandkreek en bouw van een (eventueel gecombineerde) schut- en een stroomsluis.
h. Afdamming van het Volkerak en bouw van schut- en stroomsluizen.'

Op het kaartje met het schema der afsluitingen dat bij het vijfde interim-advies van de Deltacommissie is gevoegd (Eindverslag pagina 148), waarop de traces van de afdammingen schematisch zijn aangegeven, zijn deze doorlaatmiddelen – zelfs ook de Haringvlietsluizen – niet aangeduid, omdat de nadere situering nog door verdere studies moest worden vastgesteld. Misschien komt het hierdoor dat men zich thans niet algemeen realiseert dat reeds van de aanvang af ook in de Brouwersdam en de Oosterscheldedam aan doorlaatmiddelen werd gedacht.
De Deltacommissie heeft de noodzaak van deze werken evenwel duidelijk betoogd. Door de spuimiddelen in de Brouwersdam en de Oosterscheldedam zou volgens de commissie een goede waterverdeling over de zuidelijke Deltawateren en een doeltreffende bestrijding van de verzilting moeten worden verzekerd.
Reeds volgens de eerste opzet van het Deltaplan werden de zuidelijke Deltawateren onderverdeeld in een drietal bekkens of compartimenten: het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en het Zeeuwse Meer. Deze driedeling werd door de Deltacommissie aanbevolen uit technisch-waterbouwkundige overwegingen. De Zandkreekdam en de Grevelingendam, die de afscheiding vormen tussen de meren, werden noodzakelijk geacht om de sluiting van het Veerse Gat en het Brouwershavense Gat mogelijk te maken

terwijl de Oosterscheldemond nog open zou zijn; anders zouden immers tijdens de uitvoering dezer afsluitingen gevaarlijke kortsluitstromen kunnen optreden tussen de onderscheiden bekkens.
Deze hulpdammen waren in de conceptie van de Deltacommissie dus niet impliciet bedoeld als waterscheiding tussen de onderscheidene bekkens. Anders was dit ten aanzien van de dam door het Volkerak, die niet alleen nodig was ten behoeve van de uitvoering, teneinde bovengenoemde kortsluitstromingen te verhinderen, doch van de aanvang af bepaald ook als noodzakelijke, permanente waterscheiding tussen de noordelijke en de zuidelijke Deltawateren. (Eindverslag p. 43).

Wat de bestemming van de zuidelijke Deltawateren betreft dacht de Deltacommissie primair aan hun functie in de zoetwatervoorziening; gesteld werd dat die het beste zou zijn gediend door een zo groot mogelijk oppervlak van het Zeeuwse Meer en de andere meren. Daarom heerste bij de Deltacommissie de gedachte dat de bekkens achter de secundaire dammen ook bij de zoetwatervoorziening zouden dienen te worden ingeschakeld en dus ook met zoet water zouden worden gevuld. Men zag het complex van de afgesloten zuidelijke Deltawateren als één aaneengesloten zoetwatersysteem. Uit deze visie volgt dan ook het voorstel om alle bekkens van zodanige inlaat- en spuimiddelen te voorzien dat een aanvaardbaar laag zoutgehalte op de Deltawateren zou kunnen worden verzekerd; dit werd gesteld op ten hoogste 300 mg Cl/l. Aan de secundaire dammen door de Zandkreek en de Grevelingen werd dus in het voltooide Deltaplan geen permanente scheidende functie toegedacht. Wel zouden ze voor de waterhuishouding in de daarachtergelegen bekkens betekenis kunnen hebben 'voorzover een afzonderlijk peilregiem voor deze bekkens voordeel zou kunnen bieden' (bijdrage IV, 4 hoofdstuk 20.3, p. 291).
Alhoewel de Deltacommissie voor wat de functie van het Zeeuwse Meer en de andere meren betreft, dus in de eerste plaats de waterhuishouding en meer met name de zoetwatervoorziening voor ogen stond, heeft zij in haar beschouwingen toch ook de mogelijkheden vermeld om de door de secundaire dammen geschapen bekkens voor andere doeleinden te benutten dan voor de zoetwatervoorziening. Wij citeren (Eindverslag p. 46):
'Het is de commissie bekend, dat de mogelijkheid om de oestercultuur over te brengen naar het watergebied tussen de dammen in het Brouwerhavensche Gat en in de Grevelingen, dat dan in zijn geheel of slechts voor een deel zout zou blijven, in studie is. Mocht dit technisch en economisch mogelijk blijken, dan moet tevens worden nagegaan of de hiermee gepaard gaande verkleining van de oppervlakte van het Zeeuwse merengebied met het oog op de waterberging ten behoeve van de zoetwaterhuishouding en de veiligheid toelaatbaar is. Na grondige studie van de waterhuishouding zal hierover een gefundeerd oordeel kunnen worden uitgesproken. Bovendien zullen de belangen van de recreatie met betrekking tot het Grevelingenbekken mede in het geding moeten worden gebracht. Op verzoek van de commissie is onderzocht of het economische verantwoord zou zijn om delen van het binnen de afdammingen vallende watergebied in te richten als getijcentrale, teneinde op deze wijze niet alleen een bijdrage te leveren in de energievoorziening van ons land, doch tevens een eventuele overplaatsing van de schelpdiercultures naar de zoute bekkens van dergelijke centrales een betere economische basis te geven. Uit het verrichte onderzoek is gebleken, dat bij de kleine getijverschillen langs onze kust geen mogelijkheden aanwezig zijn voor een economisch verantwoorde exploitatie van de waterkracht van de getijbeweging en dat derhalve langs deze weg geen steun kan worden geboden aan een eventuele verplaatsing van de schelpdiercultures naar een bekken achter één van de toekomstige hoofdafsluitingen.'
De gedachte om het Zeeuwse Meer onder te verdelen in compartimenten met verschillende zoutgehalten, die recentelijk van verschillende zijden wordt geopperd, is dus niet geheel nieuw, alhoewel de milieu-aspecten die er thans aan worden verbonden, bij de Deltacommissie nog geen duidelijke rol speelden. Wij komen de gedachte aan bekkenscheiding in het Zeeuwse Meer later weer tegen in de nota over 'De Waterhuishouding in Nederland', verschenen in 1968. Daarin wordt als nieuw argument voor compartimentering de wens tot functiescheiding aangevoerd, waarbij die wateren die in hoofdzaak, of althans in zeer belangrijke mate, een scheepvaartfunctie moeten vervullen, gescheiden zouden kunnen worden van die wateren die voornamelijk een andere taak hebben, met name die welke in de eerste plaats dienen voor de zoetwatervoorziening.
Ook wordt hier weer de vraag gesteld naar de wenselijkheid van een zout compartiment, waar een getijbeweging zou kunnen worden

toegelaten ten behoeve van een getijcentrale. Daarbij wordt echter in het algemeen opgemerkt:
'dat het voor een goede waterhuishouding een vereiste is dat de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden in de toekomst tenminste aan één zijde zullen grenzen aan een geschikte aanvoerweg van zoet water. Wanneer men er dan bovendien nog naar streeft om bij de wateraanvoer de wateren met de grootste zoutbelasting te vermijden, betekent dit dat in ieder geval het aanvoerstelsel Volkerak–Krammer naar enerzijds het Grevelingenbekken, en anderzijds naar het Zijpe–Mastgat–Keeten–middengedeelte van de Oosterschelde–Veerse Meer voor de zoetwateraanvoer beschikbaar zal dienen te blijven. Daarnaast zal uiteraard ook de lengte van de oevers die met zout water worden bespoeld, zo beperkt mogelijk dienen te worden gehouden met het oog op de zoute kwel naar de aanliggende polders. Het in het voorafgaande gestelde leidt tot de gedachte, dat nader onderzocht zou kunnen worden welke de waterhuishoudkundige consequenties zijn van een afscheiding van het Zeeuwse Meer van bepaalde delen van de Oosterschelde, zoals die gelegen ten oosten van de lijn Stavenisse–Wilhelminadorp of ten westen van de Zeelandbrug.'

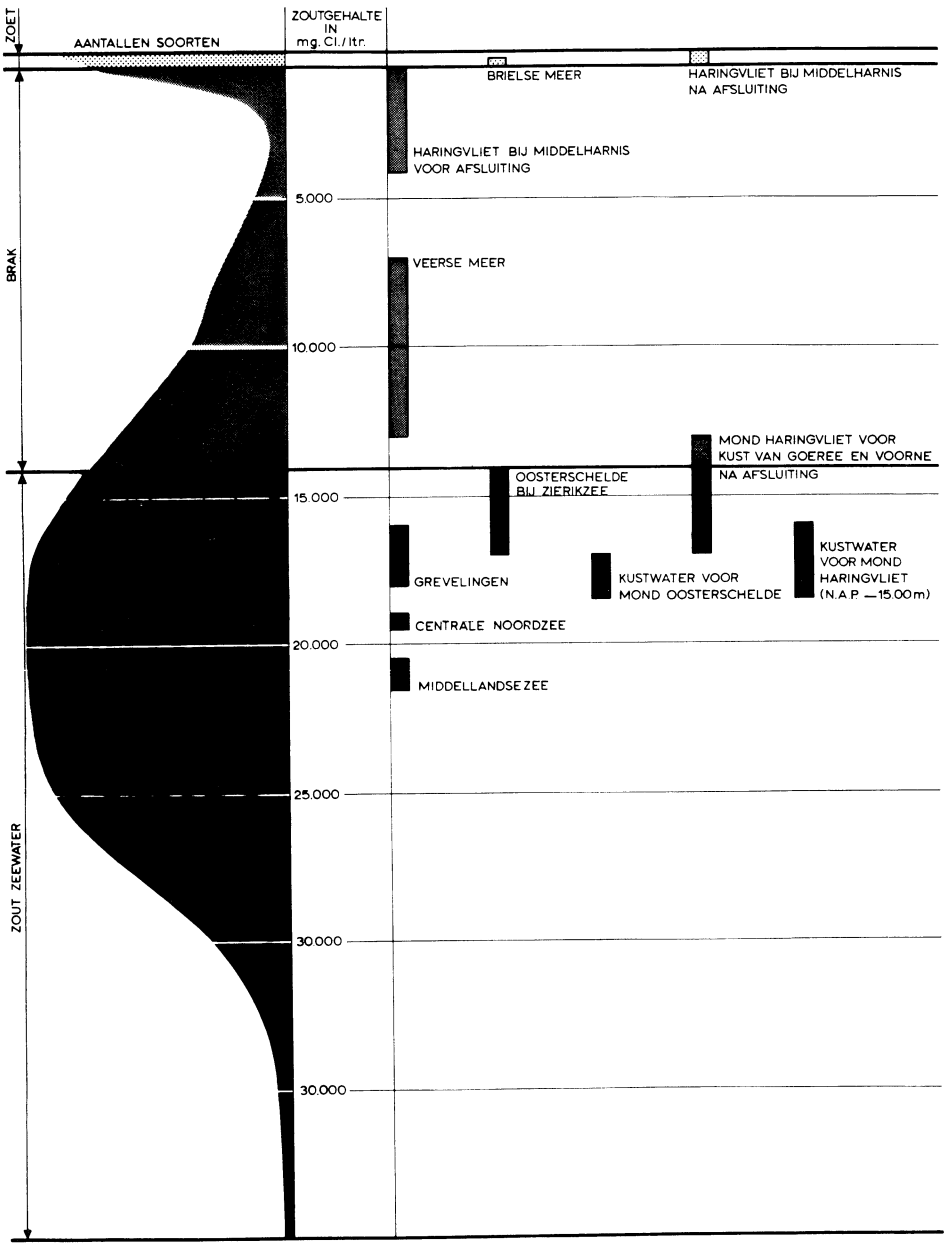
Ook werd in deze nota melding gemaakt van de plannen voor eventuele havenontwikkeling in het oostelijk deel van het Oosterschelde-bekken, het zogenaamde 'Reimerswaalplan', waarvan de uitvoering zou kunnen resulteren in de afscheiding van een deel van het Zeeuwse Meer als havengebied.
In de nota wordt hierover gezegd:
'Wat betreft de afscheiding van bepaalde delen van de oostelijke helft van de Oosterschelde kan worden gedacht aan het meergenoemde Reimerswaalplan.
Aangenomen is dat met dit plan zou kunnen worden voldaan aan een mogelijke grotere behoefte aan zeehaventerreinen in en nabij het zuidelijke Deltabekken. In verband hiermee zal in het navolgende worden verondersteld, dat het westelijke deel van de Oosterschelde zal fungeren als zoetwaterbekken.'

Bij de hierboven genoemde overwegingen die tot een eventuele onderverdeling van het Zeeuwse Meer in verdere compartimenten met verschillende bestemmingen en water van verschillende samenstelling zouden kunnen leiden, telden slechts nuttigheidsaspecten; men dacht alleen aan de functies die het water kan hebben voor de scheepvaart, als drinkwater of voor landbouwdoeleinden, ten behoeve van getijcentrales, dan wel als koelwater.

Fig. 1. De brakwaterkromme van Remane, die het verband aangeeft tussen het zoutgehalte van een natuurlijk milieu en de variëteit der soorten

In de laatste jaren is men echter meer en meer tot het besef gekomen dat het water als element op zichzelf ook een grote waarde heeft en een belangrijke milieufactor is; dat het voor een goed waterbeheer niet alleen gaat om de vraag naar zoet water, maar ook om anderszins zuiver water.
In Bericht 55 (februari 1971) werd reeds gewezen op deze andere aspecten van de waterkwaliteit, waarbij onder meer de noodzaak werd genoemd het water te behoeden voor eutrofiëring, dat is een overmaat aan voedselrijkdom.

Bij het nader onderzoek inzake de waterkwaliteit, dat in overleg met de Deltadienst vooral wordt verricht door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, is het eutrofiëringsvraagstuk echter slechts één aspect waaraan aandacht wordt besteed. Hier wordt de gehele scala van eigenschappen van het water in beschouwing genomen, waarbij vooral ook wordt afgewogen welke verschillen in biologische mogelijkheden er bestaan tussen aquatische milieus met verschillende zoutgehalten. De soortenrijkdom der in het water voorkomende levensgemeenschappen blijkt sterk afhankelijk te zijn van het zoutgehalte, zoals bijvoorbeeld de Duitse geleerde Remane heeft aangetoond. Men kan uit zijn grafiek aflezen dat de biologische soortenrijkdom zowel in vrijwel zoet water als in zout water groot is, doch in de tussenliggende zone van brak water in vergelijking laag tot zeer laag.


ZOET
AANTALLEN SOORTEN
ZOUTGEHALTE IN mg. Cl./ltr.
BRIELSE MEER
HARINGVLIET BIJ MIDDELHARNIS NA AFSLUITING
HARINGVLIET BIJ MIDDELHARNIS VOOR AFSLUITING
5.000
VEERSE MEER
10.000
MOND HARINGVLIET VOOR KUST VAN GOEREE EN VOORNE NA AFSLUITING
OOSTERSCHELDE BIJ ZIERIKZEE
15.000
GREVELINGEN
KUSTWATER VOOR MOND OOSTERSCHELDE
KUSTWATER VOOR MOND HARINGVLIET (N.A.P. —15.00m)
CENTRALE NOORDZEE
20.000
MIDDELLANDSEZEE
25.000
30.000
30.000
BRAK
ZOUT ZEEWATER

Nemen we nu deze soortenrijkdom als maatstaf – het is overigens zeker niet de enige – dan genieten waterbekkens met hetzij zeer zoet, hetzij zout water een sterke voorkeur; een brakke zone tussen beide ware daarbij zoveel mogelijk te vermijden. Voor dit aspect moge ook worden verwezen naar een studie die de Studiegroep Milieubeheer van de Oecologische Kring en het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke het licht lieten zien en waarin een suggestie wordt gedaan voor een tamelijk vergaande compartimentering van het Zeeuwse Meer met een aantal zoete en een aantal zoute bassins.
De studies op dit punt, die goede voortgang maken, zijn nog niet ver genoeg gevorderd om thans reeds een gerechtvaardigde uitspraak en keuze te kunnen doen. Vooral dient men te bedenken, dat compartimentering capaciteitsverlies kan betekenen voor de zoetwatervoorzieningen en dat men een eventueel zout compartiment ten behoeve van de scheepvaartbeweging door middel van sluizen met de andere bekkens zal moeten verbinden, zodat extra zoutpenetraties naar het zoete milieu geïntroduceerd worden, ter bestrijding waarvan dan ook weer zoet water benodigd is. De belangen die met één of meer zoute compartimenten zijn gediend, zijn dus in zekere mate strijdig met de eisen die ten behoeve van de zoetwatervoorziening moeten worden gesteld.
Bij deze problematiek is ook nog de vraag aan de orde gekomen welke beïnvloeding het kustwater vóór de dammen zal ondergaan van zoete spuistromen door de uitlaatwerken. Deze invloed blijkt bij onderzoek echter onbetekenend te zijn in vergelijking met andere invloeden die op dit kustgebied inwerken.
De nota 'Het Deltaplan in het licht van de laatste ontwikkelingen' zegt hierover:
'In beginsel zal het kustwater voor het Deltagebied na de voltooiing van de afsluitingswerken worden beïnvloed door water afkomstig uit de Westerschelde, het Haringvliet en de Rotterdamsche Waterweg; de invloed van in de afsluitdammen aan te brengen secundaire spuimiddelen is daartegen te verwaarlozen.'

Onafhankelijk echter van de uitkomst van de genoemde onderzoekingen en van het antwoord op de vraag of één of meer zoute compartimenten binnen het Zeeuwse Meer zullen worden gerealiseerd, zullen de dammen door het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde van doorlaatmiddelen voor water moeten worden voorzien.

Fig. 2. Verloop van het gemiddelde zoutgehalte in verschillende delen van de zuidelijke Deltabekkens (ontleend aan 'De waterhuishouding van Nederland')

In het geval dat wordt besloten tot een geheel zoet Zeeuws Meer, dus volgens de conceptie van de Deltacommissie, die ook in de nota 'De Waterhuishouding van Nederland' wordt aangehangen, zullen dit spuisluizen moeten zijn; die werden dan ook in het rapport van de Deltacommissie genoemd. Bij het ontwerp van de doorlaatwerken wordt thans echter de weg zoveel mogelijk vrijgehouden voor eventuele andere beslissingen. Met het oog daarop zijn de sluizen symmetrisch ten opzichte van hun lange as ontworpen; ze kunnen dus zowel lozen naar zee – wat nodig is bij geheel zoete Deltameren – alsook water inlaten van zee – wat past bij de aanleg van een aantal zoute compartimenten.
In 'De Waterhuishouding van Nederland' wordt voor wat betreft de Grevelingen de mogelijkheid geopperd van een tweede wateruitlaat en wel via een zogenaamd Halskanaal, dat het Grevelingenmeer met het Haringvliet zou verbinden. Ook dan zal het Grevelingenmeer echter, zoals in laatstgenoemde nota werd gesteld 'voor de waterlozing in eerste instantie zijn aangewezen op de Brouwersdam'.
Het Halskanaal zou onder meer het antwoord moeten zijn op een mogelijke latere kustontwikkeling vóór de Brouwersdam, waarbij de verbinding van het doorlaatwerk met diep water zou verzanden. De vrees dat de te verwachten kustontwikkeling al vrij spoedig tot een toestand zal leiden waarbij alleen kostbaar baggerwerk de verbinding met diep water zou kunnen garanderen, lijkt echter in het licht van latere studies en mede op grond van ervaringen die inmiddels na de afsluiting van het Brouwershavense Gat zijn opgedaan, niet gerechtvaardigd.

Verklaring

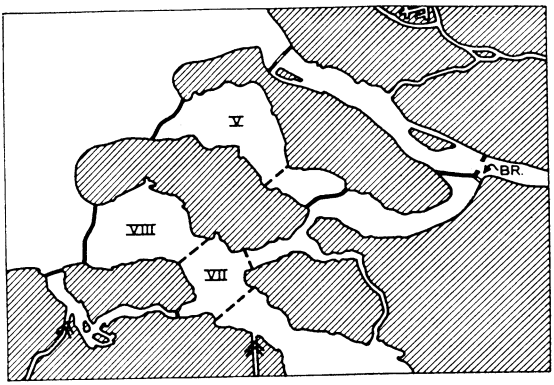
BR. ——— Bovenrijn [inlaat Volkerak]

VII - - - - Vak VII [Oosterschelde midden]

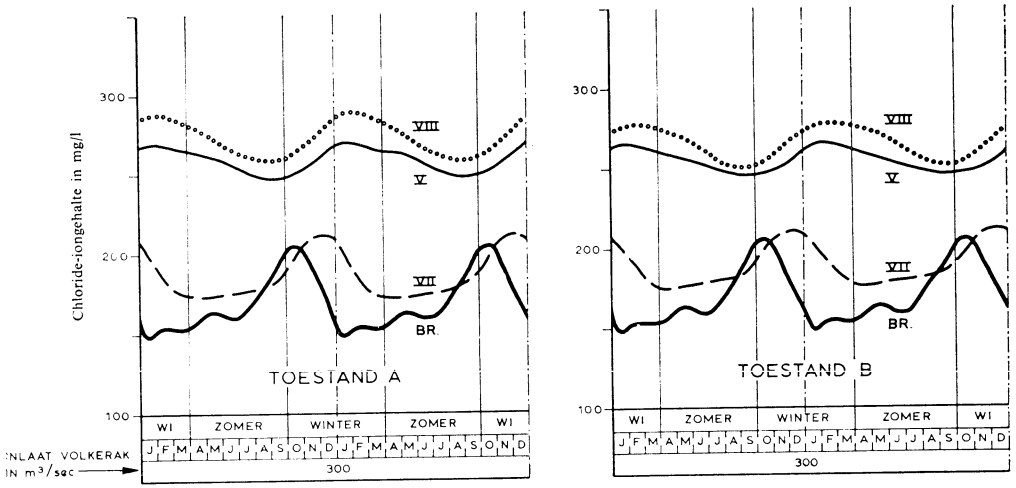
V ——— Vak V [Grevelingen west]

VIII ····· Vak VIII [Oosterschelde west]

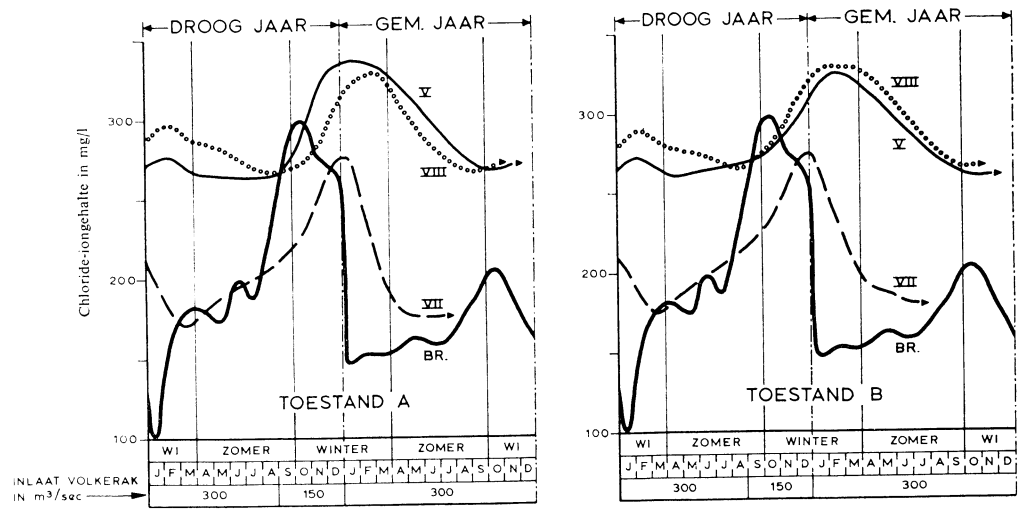
▶ Tijdstip waarna het chloride-iongehalte weer het normale gemiddelde verloop vertoont



Twee achtereenvolgende gemiddelde jaren



Droog jaar [1959] gevolgd door een gemiddeld jaar

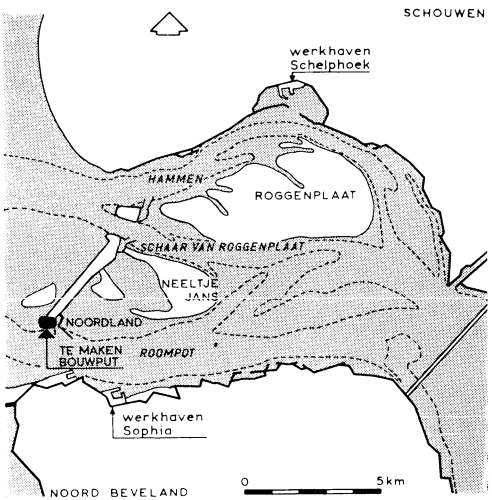


Voor de bepaling van de vereiste capaciteit van de doorlaatwerken in de Oosterscheldedam en de Brouwersdam is maatgevend de veronderstelde situatie waarbij de bekkens in hun geheel zijn ingeschakeld bij de zoetwatervoorziening en de doorspoeling van het betrokken voorzieningsgebied. Uit de meergenoemde nota over 'De Waterhuishouding van Nederland' blijkt dat voor dit geval de minimaal vereiste inlaatcapaciteit van de Volkerak-inlaatsluis 300 m^3/sec gemiddeld over het getij bedraagt. Hierbij is uitgegaan van een zodanige verdeling van het doorspoelingswater over het zuidelijk Deltabekken, dat het verloop van de chloridegehalten bij de doorlaatwerken langs de west- en zuidrand van dit bekken gedurende het hele jaar nagenoeg gelijk is. Grafisch wordt dit in de nota over 'De Waterhuishouding van Nederland' nader toegelicht aan de hand van het chloridegehalte-verloop voor twee opeenvolgende gemiddelde jaren, en voor een droog jaar (1959) gevolgd door een gemiddeld jaar. (Zie fig. 2.)
Bij het definitieve ontwerp van de inmiddels in uitvoering zijnde inlaatsluis in de Volkerakdam (Bericht 59, februari 1972) is men ervan uitgegaan dat gemiddeld een debiet van 300 m^3/sec gespuid moet worden, maar dat de spuicapaciteit in perioden met grotere Rijnafvoeren tot 600 m^3/sec moet kunnen worden opgevoerd. Dit betekent, uitgaande van de toestand na 1978, dat de inlaatsluis een nuttige doorsnede moet krijgen van ongeveer 500 m^2. Deze incidenteel toe te passen 'geforceerde doorspoeling' houdt verband met de eis dat de chloridegehalten ter plaatse van de lozingsmiddelen naar de Noordzee en de Westerschelde – ondanks de in de daartussen liggende winter voorkomende hoge gehalten – in een normaal jaar, volgend op een zeer droog jaar, vanaf het voorjaar weer het normale verloop moeten vertonen.
De voor de verdeling van de 'geforceerde doorspoeling' benodigde doorlaatcapaciteiten zijn, voor het geval dat het gehele zuidelijk Deltabekken is ingeschakeld bij de zoetwatervoorziening, rond 100 m^3/sec voor de spuisluizen in de Brouwersdam, en ongeveer 324 m^3/sec voor de Oosterscheldedam.
Uitgangspunt bij de bepaling van deze doorlaatcapaciteiten is steeds geweest het zoveel mogelijk openhouden van ontwikkelingsmogelijkheden op het gebied van de kwantitatieve en kwalitatieve waterbeheersing en daardoor ook op het terrein van de waterstaatkundige inrichting van beide Deltabekkens. Zo is het mogelijk het in de laatste jaren door het waterkwaliteitsonderzoek weer naar voren gekomen streven naar een zo selectief mogelijk inlaatbeleid op het zuidelijk Deltabekken zonder meer met behulp van de thans reeds in aanbouw zijnde Volkerak-inlaatsluis te realiseren.
Voor zoute compartimenten achter de dammen in het Brouwershavense Gat en/of de Oosterschelde, met een hoog chloridegehalte en een lange verblijftijd, zijn – gezien de dan benodigde relatief zeer kleine verversingsstromen vanuit de Noordzee – de genoemde ontwerp-capaciteiten meer dan voldoende. Dergelijke tamelijk geïsoleerde zoute stagnante bekkens dragen echter een sterk experimenteel karakter. Het is dan ook niet ondenkbaar dat met het verloop van de tijd zal blijken, dat in het belang van het aquatisch leven bijvoorbeeld kortere verblijftijden van het water in de bekkens noodzakelijk zijn. In dergelijke gevallen biedt de geïnstalleerde capaciteit alle mogelijkheden tot versnelde lozing.

In het voorgaande artikel is uiteengezet dat in de afsluitdam van de Oosterschelde een doorlaatwerk moet worden opgenomen. De capaciteit van deze sluis, die zo zal worden ingericht dat hij niet alleen als lozingsmiddel maar ook als inlaatwerk kan worden gebruikt, moet 325 m^3/sec bedragen. In dit artikel wordt ingegaan op de voorbereidingen tot de bouw van het kunstwerk.

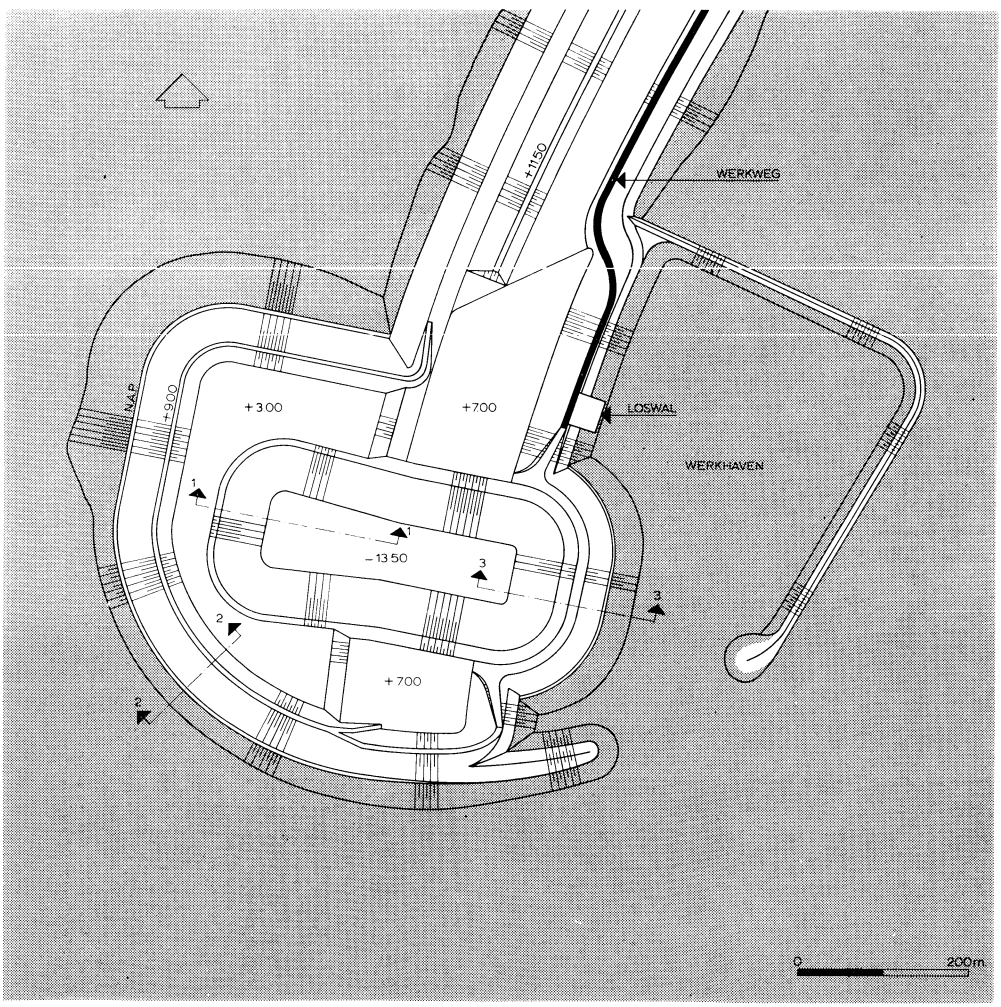
Een bouwput in het werkeiland Noordland

Situatie van het werkeiland Noordland en de bouwput



Het is gewenst deze sluis bedrijfsgereed te hebben op het tijdstip van afsluiting van de Oosterschelde, zodat hij vanaf het begin een rol kan spelen bij de waterkwaliteitsbeheersing in het afgesloten bekken. Om optimaal aan zijn bestemming te voldoen zou de sluis eigenlijk gesitueerd moeten zijn middenin de diepste stroomgeul, de Roompot. Zolang deze geul nog niet is afgedicht is zo'n onderneming technisch echter buitengewoon moeilijk, organisatorisch zeer ingewikkeld en door dat alles te kostbaar om reëel in overweging te worden genomen. Wel kan men de sluis bouwen in de nabijheid van de Roompot. Situering van de sluis aan de Noordbevelandse kust is echter ook niet uitvoerbaar, omdat daar in de toekomst nog dijkverzwaringen moeten worden uitgevoerd en wegen aangelegd. Ook is daar ter plaatse onvoldoende ruimte beschikbaar voor de aanleg van een bouwput waarin de sluis zou kunnen worden gebouwd. De meest aantrekkelijke plaats voor de sluis is daarom het in 1972 gereedgekomen werkeiland Noordland. Daartoe zal dit eiland gedeeltelijk vergraven moeten worden en zullen er diepe toeleidingsgeulen moeten worden gegraven van de Roompot naar de sluis. Bovendien zal de kabelbaan die wordt gebruikt voor de afdichting van de Roompot, wat langer moeten worden dan anders nodig geweest zou zijn. De sluis zelf zal bestaan uit zes kokers met een totale lengte van ongeveer 220 m. In het volgende Bericht zal een afzonderlijk artikel worden gewijd aan de vormgeving van de sluis.
De bouwput voor de sluis moet in 1973 worden gegraven, wil men voor de bouw van de sluis zelf voldoende tijd hebben om er in het sluitingsjaar 1978 mee klaar te kunnen zijn.
Het ontwerp van de bouwput is gebaseerd op de volgende ontwerpeisen.
De sluis, en dus ook de bouwput, moet zo dicht mogelijk bij de Roompot zijn gelegen, zodat de geulen van en naar de sluis zo kort mogelijk kunnen zijn; tevens bereikt men hierdoor dat de wegens de bouw van de sluis vereiste extra-lengte van de kabelbaan zo beperkt mogelijk kan worden gehouden.
De bouwput moet vanzelfsprekend aangepast zijn aan de diepteligging en de afmetingen van de sluis en enige aansluitende constructies, waaronder een deel van de stortebedden die eveneens in den droge moeten worden gemaakt. Voorts moet de bouwput voldoende ruimte bieden voor de uitvoering van het kunstwerk. In de nabijheid van het te maken

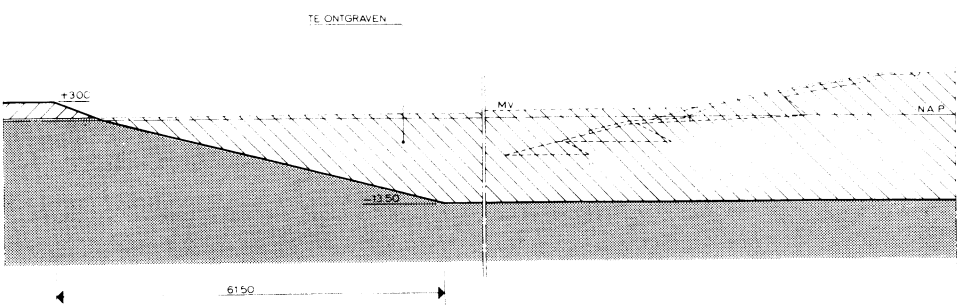
Overzicht van het te maken
werk met doorsneden 1, 2 en 3



1

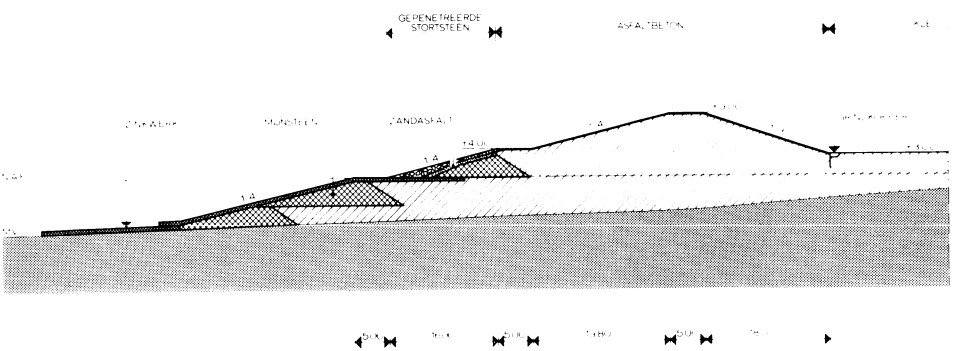
2

DOORSNEDE 1-1



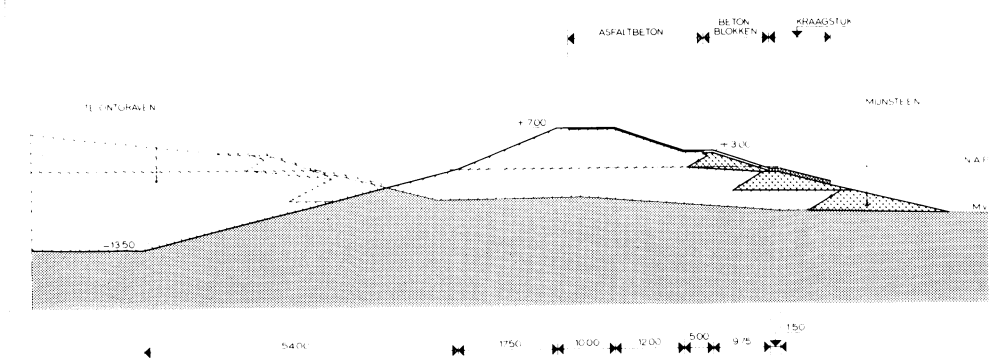
3

DOORSNEDE 2-2



4

DOORSNEDE 3-3



kunstwerk zijn gemakkelijk bereikbare werkterreinen nodig met een los- en laadgelegenheid voor het overslaan van materieel en materialen. De bouwput en de werkterreinen moeten voldoende tegen stormschade beveiligd zijn. Nadat de Oosterschelde is afgesloten moet de waterdoorvoer door de sluis zo snel mogelijk kunnen worden gerealiseerd. De te maken ringdijken moeten daartoe gemakkelijk en vlug kunnen worden verwijderd. De op grond van waterloopkundige overwegingen bepaalde vorm van het werkeiland Noordland moet zeker aan de zijde van de stroomgeul Roompot onaangetast blijven, terwijl ook het tracé van de ringdijk aan de westzijde van de bouwput aangepast moet blijven aan de aldaar aanwezige hydraulische omstandigheden.
Het scheepvaartverkeer, dat ten behoeve van de afsluitingswerken gebruik maakt van de werkhaven Noordland, mag tijdens de aanleg van de bouwput en de bouw van de sluis niet worden belemmerd. En tenslotte: bij het maken van de bouwput moeten de uit het werkeiland Noordland vrijkomende materialen zoveel mogelijk worden benut.

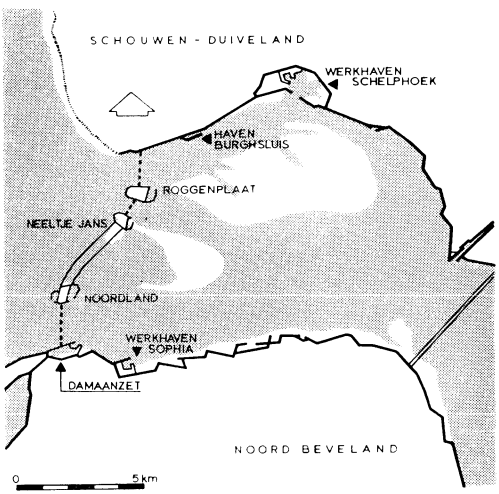
De bouwput (fig. 1 en 2) wordt gecutterd tot een bodemdiepte van N.A.P. – 13,50 m. De taluds worden in eerste instantie aangelegd onder hellingen van 1 : 4 en 1 . 2,5. Nadat de put met een bronbemaling is drooggezet wordt de bodem verder tot N.A.P. – 14,50 m verlaagd en worden de taluds onder hellingen van 1 : 2,5 gebracht.

De oppervlakte van de bodem van de put wordt 110 x 325 m. Aan de westzijde wordt een ringdijk gelegd met een kruinhoogte op N.A.P. + 9 m en een kruinbreedte van 5 m (fig. 3).
Tussen deze dijk en de bouwput wordt een werkterrein opgespoten tot een hoogte van N.A.P. + 3 m en met een oppervlakte van 3,5 ha. Het terrein wordt afgedekt met 5 cm klei.
De ringdijk aan de oostzijde verkrijgt een kruinhoogte van N.A.P. + 7 m, een kruinbreedte van 10 m en een opbouw volgens fig. 4. Deze dijk wordt aangelegd nadat de cutterzuiger de door hemzelf gegraven bouwput heeft verlaten.
Voorzover dit voor het maken van de nieuwe werken nodig is moeten onderdelen van het werkeiland worden opgeruimd. Dit betreft onder meer de stroomgeleidingsdam van stortsteen aan de westzijde van het eiland, de glooiingsconstructie van gepenetreerde stortsteen en de bermbekleding van asfaltbeton aan de buitenzijde van het eiland, de mijnsteenkaden en de glooiing van betonblokken aan de havenzijde. In de haven moet voorts een loswal worden verplaatst die bestaat uit caissons.
Door het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening te 's-Gravenhage is het waterbezwaar in de bouwput aan de hand van uitgevoerde pompproeven berekend op 5000 m^3/uur. Het aantal bronnen van de bronbemaling voor het drooghouden van de bouwput zal ongeveer 100 bedragen.

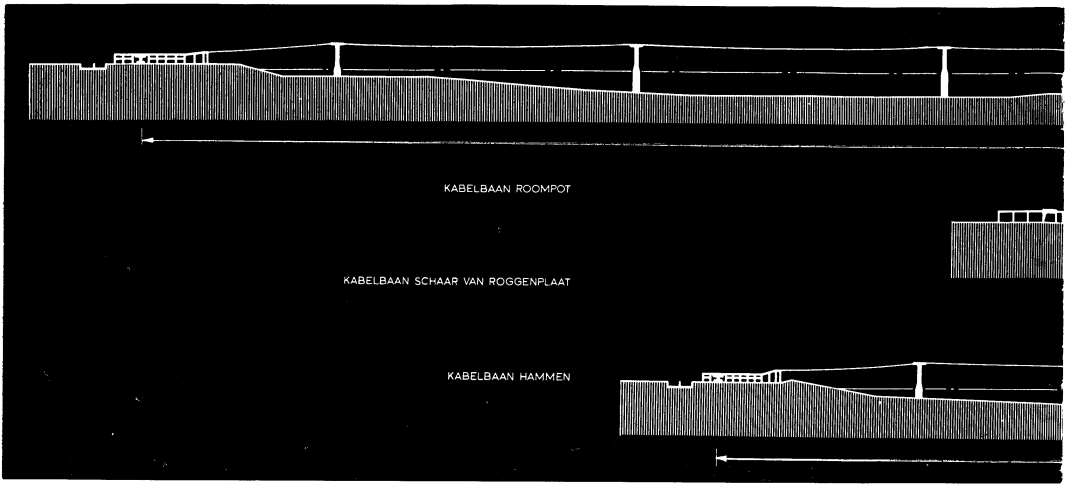
De drie sluitgaten van de Oosterschelde zullen worden gedicht met betonblokken, die deels per schip, deels vanaf kabelbanen in het werk worden gebracht.
In het vorige Bericht werd vooral de constructie van de draagtorens besproken, waarin de kabelbanen zullen worden opgehangen.
Het nu volgende artikel is gewijd aan een meer gedetailleerde bespreking van de kabels, de pyloonkoppen, de vaste railgedeelten en de gondels, het aandeel dus dat de directie Bruggen van de Rijkswaterstaat levert in het kabelbaanproject.

De kabelbanen over de Oosterschelde

Gaande van noord naar zuid treffen we volgens het ontwerp achtereenvolgens een kabelbaan aan van 1700 m lengte – over de Hammen – dan een van 1300 m – over de Schaar-van-Roggen – en ten slotte een baan van 2500 m lengte, die die Roompot overspant. Bij de sluiting in 1978 moeten deze drie kabelbanen tegelijkertijd in bedrijf zijn. Het is wel in te zien dat elke niet-simultane sluitingsprocedure tot onaanvaardbare stromingen zal leiden in het overgebleven gat. De drie banen komen in beginsel overeen met die welke eerder dienst deden bij de afsluiting van de Grevelingen, het Haringvliet en het Brouwershavense Gat. Elke baan bestaat uit twee kabels die op afstanden van ongeveer 400 m door torens worden ondersteund, en waarlangs de gondels zich op eigen motorkracht voortbewegen. Aan de uiteinden gaan de banen over in vaste railbanen. Behalve bij de baan over de Roompot eindigen de kabels bij het ene station in een vaste verankering en zijn ze bij het andere station verbonden aan een balans met contragewichten.
Op de torens rusten de kabels in een goot waarin ze heen en weer kunnen glijden. Behoudens de wrijving die daarbij optreedt, blijft de kabelkracht bij dit systeem tijdens het bedrijf met de gondels constant.
De kabelkracht bedraagt bij de balans van de Hammenbaan ongeveer 350 ton. De gegarandeerde werkelijke breekkracht van de hier toegepaste kabels is 1070 ton. Als we de kabels voor de Roompotbaan op dezelfde wijze zouden bevestigen, dan zou de kabelkracht in het baanvak bij de vaste verankering door het grotere aantal torens waarover de kabel moet verschuiven, bij een ongunstige belastingsituatie door sommatie van de wrijvingskrachten zo groot kunnen worden, dat een veiligheidscoëfficiënt van 2,5 niet meer werd gehaald.



Verlaging van de aanvangskracht in de kabel, waarmee dit bezwaar zou kunnen worden ondervangen, heeft het nadeel dat in een ongunstig geval waarbij de wrijving tegengesteld werkt, een gondel die rijdt in de richting van de balans in het voorlaatste baanvak de helling niet haalt. Daarom is gekozen voor een andere oplossing: op een geschikte plaats in het sluitgat en wel bij toren 4, is de kabelbaan in tweeën gedeeld. De beide vaste verankeringen zijn geplaatst in toren 4 en van daaruit lopen de kabels over de andere torens aan weerszijden elk naar een balans. De constructie van toren 4 is, zoals het vorige Bericht reeds meldde, aan



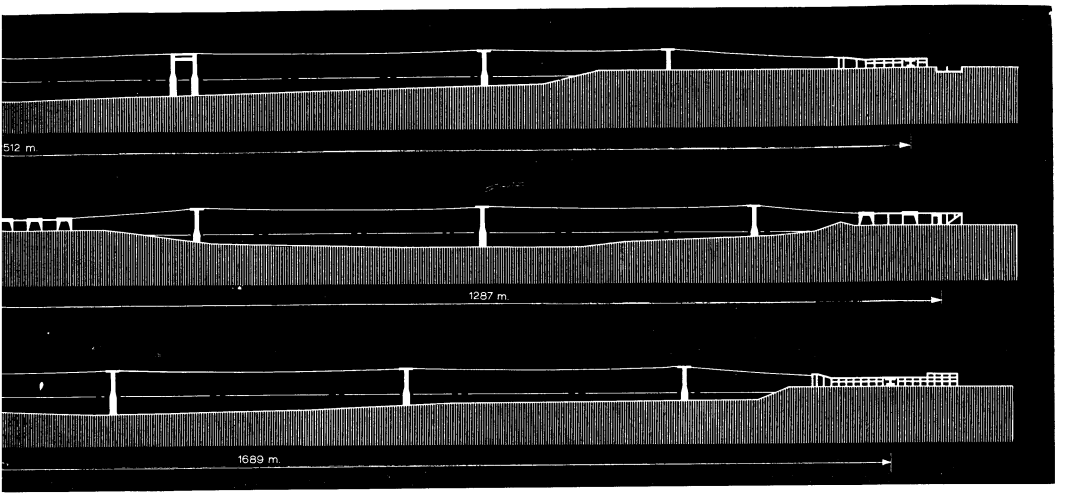
Geschematiseerd zij-aanzicht van de drie overspanningen

deze speciale functie aangepast. Hij bestaat uit twee gekoppelde pylonen, waarop een verlengde torenkop is aangebracht. Deze constructie is voldoende stijf om het verschil in wrijvingskrachten in de kabels aan weerszijden van de toren op te nemen. De toren is bovendien berekend op het theoretische geval dat één van de vier kabels ontbreekt, hetgeen op zijn ongunstigt resulteert in een krachtsverschil van 500 ton. De optredende spanningen blijven dan nog net onder de vloeigrens.

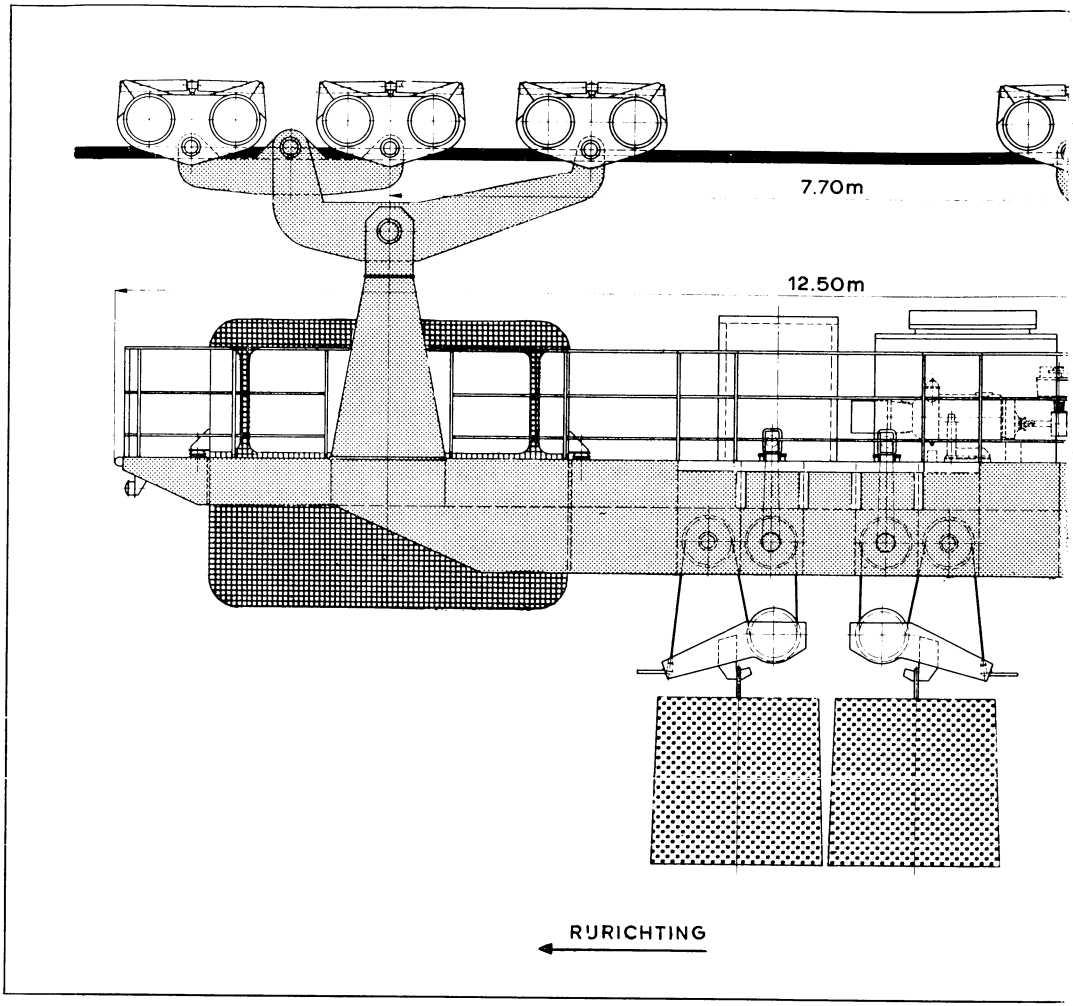
Voor de Roompot- en Hammenbanen worden kabels gebruikt van 106 mm diameter. Voor de Schaar-van-Roggenbaan is een kabeldiameter van 92 mm gekozen. De gegarandeerde werkelijke breeksterkte van de kabel van 106 mm (gewicht 62 kg/m') is 1070 ton en van de kabel van 92 mm (48 kg/m') 900 ton. Een lagere kabelsterkte voor de Schaar-van-Roggenbaan is toelaatbaar, omdat de kabel hier gespannen wordt met een kracht van slechts 300 ton. Op deze baan zal namelijk niet meer dan één gondel per baanvak worden toegelaten. De opbouw van de beide soorten kabels is in principe dezelfde. Rondom een enkele streng met een kern van een aantal ronde draden zijn drie lagen z-draad geslagen, waardoor een gesloten oppervlak wordt verkregen. De elasticiteitsmodulus is $1{,}5.10^4$ kg/mm^2.

Aan de einden van de baan bevinden zich de stations. Ze zijn alle opgebouwd uit een aantal secties. De eerste sectie is, ter wille van een goede geleiding van de binnenkomende kabel, uitgevoerd als een gebogen baangedeelte; dan volgt een overgangsgedeelte, waarin de kabels met behulp van de nodige dwangstukken worden afgeleid naar de vaste verankering, dan wel het contragewicht.
Daarachter staat dan de vaste railbaan opgesteld, met zijn wacht- en laadplaatsen waar tevens brandstof ingenomen kan worden, en een draaischijf waardoor circuitbedrijf mogelijk is. Bij één van beide stations vindt men een garagespoor voor het verrichten van kleine reparaties en voor het opbergen van de gondels.

Er zijn twee typen torenkoppen ontworpen: het gewone type waar de kabels overheen glijden en het verlengde type waarmee toren 4 van de Roompotbaan wordt uitgerust, waarop kabels verankerd moeten worden. De opbouw van de twee typen is in feite dezelfde.

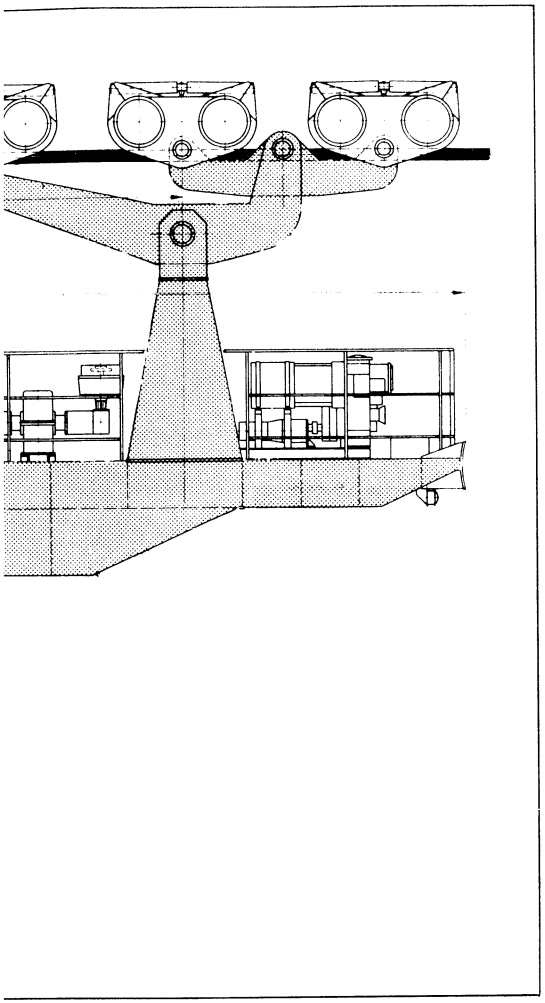


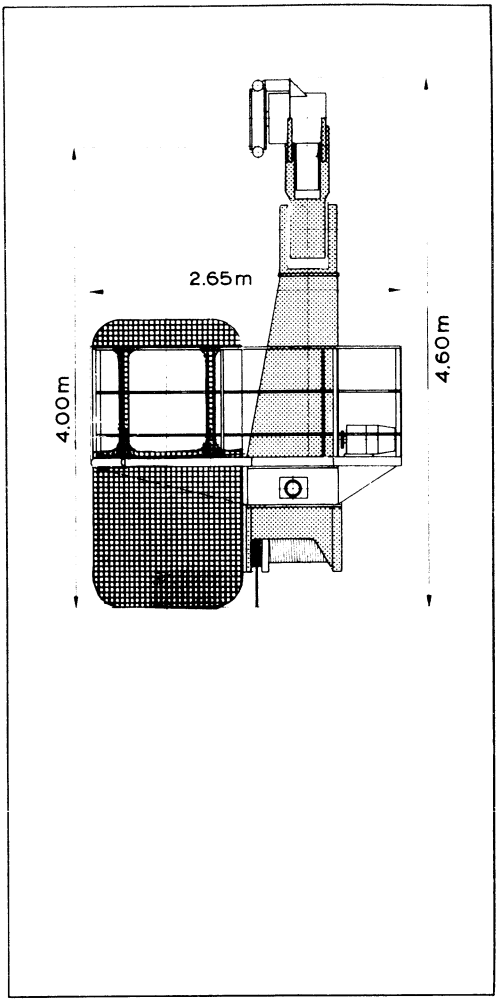
Ze bestaan uit twee hoofdliggers, gekoppeld door dwarsliggers en aan de buitenzijde consoles waarover een staalplaat is aangebracht. In lengterichting is de constructie naar weerszijden in een straal van 30 m naar omlaag gebogen; dit voor een goede geleiding van de kabels. De doorbuiging aan de einden is zover doorgezet dat zelfs bij de ongunstige belasting de kabel niet op één kant draagt.
Verder zijn de nodige trappen, luiken en bordessen aangebracht om zowel vanuit de toren als vanuit een gondel op de torenkop te kunnen komen. Dit is nodig voor inspectie en het smeren van de kabels.
Bij de gewone koppen zijn aan de randen kabelgoten aangebracht. Ze bestaan uit bronzen glijstukken die voorzien zijn van smeergroeven en leidingen. Deze koppen rusten met vier stoelen op de toren en zijn er met voorspanstaven aan bevestigd.
Bij eenzijdige belasting kan daardoor ook de negatieve reactie worden opgenomen.
De verlengde kop wordt met voorspanstaven vastgetrokken op vier rubberopleggingen, twee op elke toren. Ze dienen voor de opname van de verticale positieve en negatieve reacties.
Op één pyloon bevindt zich tussen de rubberopleggingen een scharnierconstructie voor het opnemen van horizontale krachten. Op de andere pyloon zit tussen de rubberopleggingen nog een oplegging, die glijden in langsrichting toestaat maar in dwarsrichting belasting kan opnemen. Lengteveranderingen ten gevolge van belasting en temperatuurverschillen worden hierdoor opgevangen.
De kabels komen bij deze kop op normale wijze binnen, worden dan echter met dwangstukken afgebogen en daarna verankerd.
De gondels lopen daarbij via overgangsstukken van de kabel naar een vast railstuk.
Een normale kop meet ongeveer 6,5 × 16 m en weegt 45 ton. De verlengde kop meet 6,5 × 36 m en weegt 100 ton.
De bouw van acht gewone torenkoppen is reeds opgedragen aan het Constructiebedrijf Vlaardingen-Oost. Hiervan zijn er vijf nodig voor de Roompotbaan en drie voor de Schaar-van-Roggenbaan. Voor deze baan was het goedkoper nieuwe koppen te maken dan de bestaande koppen aan te passen aan de nieuwe torens.
Zeven van deze koppen worden dit jaar toegeleverd aan de firma Mannesmann, alsmede vier gereviseerde koppen afkomstig van de Brouwerhavense-Gatbaan. De verlengde kop komt wat later.
Op elke pyloonkop zijn hijsstukken aangebracht. Dit houdt verband met de montage van de kabels, die in het kort als volgt verloopt. Eerst wordt met een boot een hulpkabel over het sluitgat gebracht. Die wordt opgehesen in de torens en daar op rolstellingen gelegd. De hulpkabel wordt aan één kant verbonden aan de grote draagkabel, die dan op een afwikkeltrommel met hydraulische reminstallatie zit. Aan het andere eind wordt de hulpkabel opgewikkeld door een lier, en daarmee trekt men de draagkabel over de torens naar de overkant. Hierbij wordt de draagkabel met een kracht van 50 ton afgeremd, waardoor hij vrijblijft van het water; tevens verkrijgt men hierdoor een rustiger gang tijdens het overtrekken.
Oorspronkelijk was het de bedoeling voor de Schaar van Roggebaan zoveel mogelijk



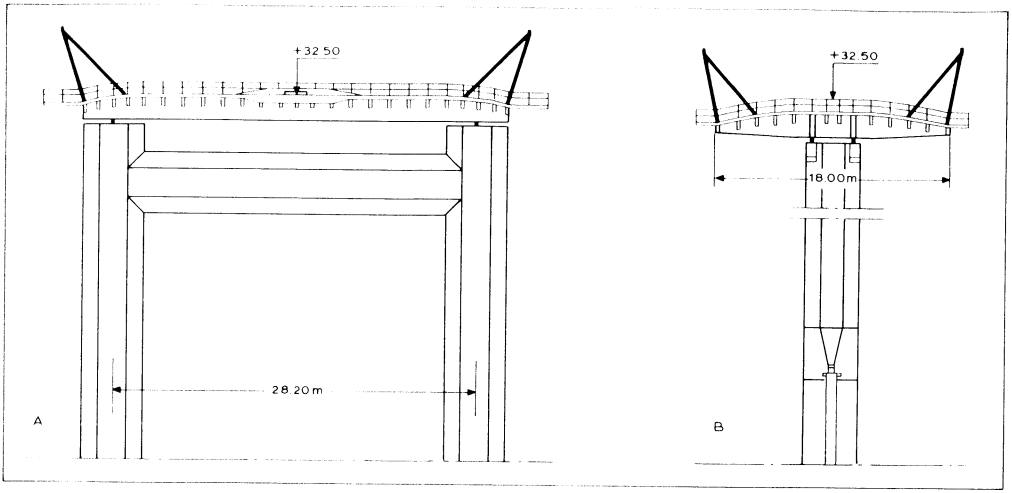
Zij- en vooraanzicht van het nieuwe type motorgondel

wederom het bestaande materiaal toe te passen van de baan die gebruikt is voor het Haringvliet en de Grevelingen. De gondels van deze banen, gebouwd volgens een ontwerp van de Franse firma Neyrpic, hebben goed voldaan. Een bezwaar was echter het grote eigen gewicht van 20 ton. Uitgaande van een maximaal toelaatbaar gewicht van een beladen gondel van 30 ton blijft dan nog 10 ton voor de last over. Als krachtbron werd een 300 pk dieselmotor gebruikt met een eigen gewicht van 1350 kg. Alle 16 wielen werden door cardanassen aangedreven.
Bij een nader onderzoek van deze gondels door T.N.O. zijn haarscheuren ontdekt in de ophangconstructie. Thans is het besluit gevallen, deze elf oude gondels te vervangen door zeven nieuwe.





Voor de baan over de Hammen zullen de vijftien gondels van het Brouwershavense Gat worden gebruikt.
Als krachtbron is toen gebruikt een eenassige gasturbine met een vermogen van 250 pk en een ingebouwde tandwieloverbrenging waardoor het gebruikstoerental van 42 000 omwentelingen per minuut wordt teruggebracht tot 6000 per minuut. Dit geheel weegt ongeveer 100 kg. De uitgaande as van de turbine is via een cardanas verbonden met een tandwielkast die het toerental verder verlaagt tot 1500 omwentelingen per minuut; met die snelheid worden drie verstelbare pompen aangedreven. De eenassige gasturbine kan ook een vermogen van 250 pk opnemen, wanneer de gondel bijvoorbeeld een helling afgaat of een last gevierd wordt of beide tegelijk. Dit is evenals het lage gewicht een voordeel ten opzichte van een dieselmotor van hetzelfde vermogen.
De gehele regeling en aandrijving van dit type gondel geschiedt verder hydraulisch. Voor het rijwerk dienen twee van de drie door 0-stand heen verstelbare pompen. Men kan er dus mee voor- en achteruit rijden. Deze pompen leveren olie aan zes gedeeltelijk verstelbare hydromotoren die via een tandwieloverbrenging twaalf loopwielen aandrijven. De derde verstelbare pomp drijft een hydromotor aan voor een lier, die op zijn beurt de hijsbalk met de blokken viert en hijst. Er is een elektronische beveiliging ingebouwd om te zorgen dat het maximaal toelaatbare turbinevermogen niet wordt overschreden. Deze wijze van aandrijving heeft tijdens het stortbedrijf in het Brouwershavense Gat goed voldaan en blijft dus



Zij-aanzicht van een gewone pijlerkop (rechts) en van de dubbele pijlerkop in de Roompot

gehandhaafd. De gondels moeten voorzien worden van nieuwe hydraulische apparatuur en gasturbines, en de hijsinstallatie zal moeten worden aangepast aan de zwaardere blokken. Bestond de last bij het Brouwershavense Gat uit zes blokken van 2,5 ton, thans wil men grotere blokken gaan afwerpen, misschien drie blokken van 5 ton elk, maar mogelijk zelfs twee blokken met een stukgewicht van 7,5 ton.

Voor de Roompotbaan zullen in totaal 24 gondels nodig zijn. Al deze gondels worden gebouwd volgens een nieuw ontwerp. De constructie is aangepast aan het afwerpen van weinige, maar zeer zware blokken. De totale lengte van de nieuwe gondels is dezelfde als van de vroegere, maar de wielstellen liggen verder uit elkaar, waardoor een betere gewichtsverdeling wordt bereikt zodat een wat rustiger gedrag kan worden verwacht bij het afwerpen. Ook de bestuurderscabine is naar een in dit opzicht gunstiger punt verplaatst. Er wordt nog onderzoek verricht naar mogelijkheden om de geluidshinder van gasturbines te beperken. Dit probleem lijkt wel oplosbaar. De aandrijving zal waarschijnlijk weer geschieden met een gasturbine, die via een tandwielkast vier verstelbare pompen zal aandrijven. Deze zullen op hun beurt 12 grootkoppelhydromotoren aandrijven, dus één per loopwiel. De besturing zal elektrisch-hydraulisch zijn.
De hijsbalk zal worden vervangen door evenveel lieren als er per gondel blokken zijn. Aan elke lier is een grootkoppelhydromotor gekoppeld. De lierkabel is tweemaal ingeschoren, waarbij het vaste einde is verbonden aan een speciale haak waaraan het betonblok hangt. Men kantelt de haak en lost het blok door de tweede schijf met een aparte rem vast te zetten en dan de lierkabel te vieren.
De versnelling die optreedt bij het lossen van blokken met een stukgewicht van 7,5 ton ligt, uitgaande van een kabel in rust, in de buurt van 0,4 g (g = versnelling van de zwaartekracht).
Er zal evenwel nog studie moeten worden verricht naar andere effecten alvorens de beslissing kan vallen, ook inderdaad met zulke grote blokken in zee te gaan.

In dit artikel beschouwen wij de invloed van de afsluiting van de Brouwershavense Gat op de hydraulische toestand in een gebied dat zich uitstrekt van de Kop van Goeree tot aan de kop van Schouwen en van de Brouwersdam tot ongeveer 17 km westelijk van de dam.

Waterloopkundige veranderingen na de afsluiting van het Brouwershavense Gat in het mondingsgebied en het aangrenzende kustgebied

In het mondingsgebied bevinden zich twee hoofdgeulen: in het zuiden, langs de kust van Schouwen, loopt het eigenlijke Brouwershavense Gat en in het noorden, langs de kust van Goeree, het Springersdiep. Tussen het Brouwershavense Gat en het Springersdiep liggen de boven laag water uitstekende zandplaten Kabbelaarsbank en Middelplaat. Het Brouwershavense Gat, dat geleid wordt door de Schouwense oever en verder zeewaarts door het bankengebied van de Banjaard en dat van de Ooster, is overal meer dan 10 meter diep, en speelt een overheersende rol in dit gebied. Het minder ontwikkelde Springersdiep, dat in zeewaartse richting steeds ondieper wordt, gaat via de 7 meter diepe Kous over in het uitgestrekte bankengebied van de Ooster. Tweemaal per dag werd vóór de afsluiting door deze geulen bij gemiddeld getij ruim 300 miljoen m^3 zeewater het Grevelingengebied ingevoerd, dat na de kentering weer naar zee terugkeerde.

Op grond van de stromingstoestand kan het betrokken gebied in vier zones worden verdeeld. Het eerste gebied, dat als *binnengebied* kan worden aangeduid, strekt zich uit van de Brouwersdam tot de koppen van de eilanden Goeree en Schouwen. In dit gebied hebben de stroomrozen – dat zijn tekeningen waarin het verloop van de stroomsnelheid en de stroomrichting gedurende één getij in één meetpunt wordt afgebeeld – de vorm van een lange platte ellips met de lange as in de lengterichting van de geul. Een tweede gebied, dat zich uitstrekt tot enkele kilometers uit de kustlijn, kan als het eigenlijke *kustgebied* worden beschouwd.

In de dicht bij de koppen van de eilanden gelegen geulen wordt de stroom geleid door de kust, waardoor de stroomrozen ook hier lange platte ellipsen vormen, waarvan de richting van de lange as afhankelijk is van de vorm van de kust. In het overige kustgebied, tussen de koppen van de eilanden, komen cirkelvormige stroomrozen voor.
Het derde gebied vormt een *overgangsgebied* tussen het kustgebied en het zeegebied; het bevindt zich nog binnen de dieptelijn van –10 m. In dit gebied komen behalve getijstromingen naar de zeegaten ook belangrijke stromen voor die het gevolg zijn van de getijbeweging op de Noordzee, zodat de vorm van de stroomrozen daar meer cirkelvormig is.
Buiten de dieptelijn van –10 m ligt het vierde gebied, het *zeegebied;* hier heerst het volle regiem van de Noordzee; de stroomrozen hebben er weer een langgerekte vorm, maar de lange as loopt nu evenwijdig aan de kust.
Teneinde de veranderingen in de hoogteligging en in het stroombeeld die optraden in het mondingsgebied bij het vorderen van de Deltawerken vast te kunnen leggen, werd vanaf 1959 een omvangrijk peil- en meetprogramma uitgevoerd. Zo werd het gehele mondingsgebied aanvankelijk eenmaal en na 1970 tweemaal per jaar gepeild. Naast deze zogenaamde overzichtspeilingen werden voor de Kop van Goeree en de Brouwersdam tweemaal per jaar detailpeilingen uitgevoerd. In sommige gebieden met een grote zandbeweging, zoals nabij de vuurtoren van Ouddorp, waar ter voorkoming van kustafslag zand op het strand werd aangebracht, werd nog frequenter gepeild.

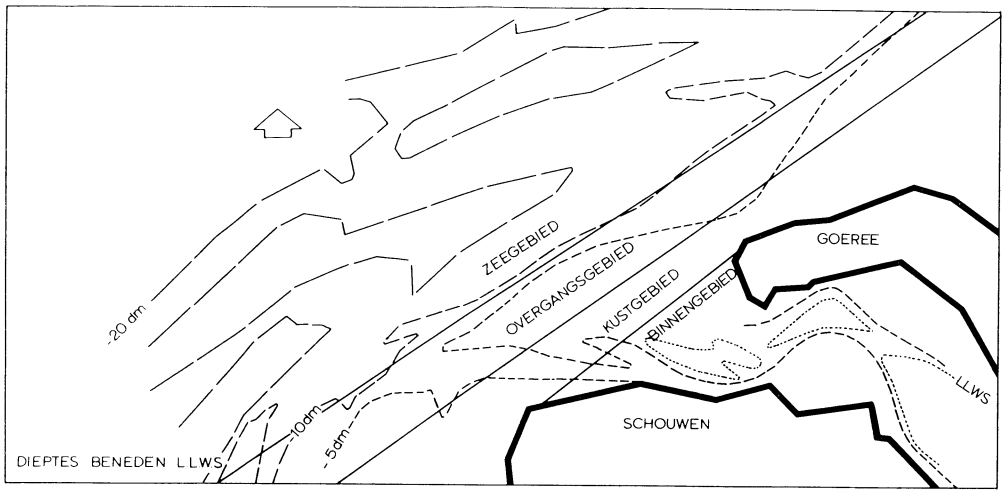


Fig. 1. Schematische indeling van het mondingsgebied

Voorts werden in de afgelopen 15 jaren een groot aantal stroommetingen uitgevoerd. Deze metingen werden als regel simultaan verricht vanaf een kleine vloot van voor anker liggende vaartuigen. Met het oog op de gemiddelde duur van het getij – 12 uur uur en 25 minuten – werd als regel 13 uren achtereen gemeten. Op zee kan het meten van diepte en stroom vanaf vaartuigen alleen worden verricht bij rustige zee of tenminste bij afwezigheid van zware golfslag, daar de waarnemingen anders te onzeker worden. Ook in de winter kan men bezwaarlijk systematische zeemetingen uitvoeren. Wel komen er dan nog rustige dagen voor, maar de duur van de dag is te kort om gedurende een volledige getijperiode nauwkeurige peilschaalwaarnemingen te kunnen verrichten. Waarnemingen 's nachts en zeer zeker bij storm zijn dus op deze manier uitgesloten.

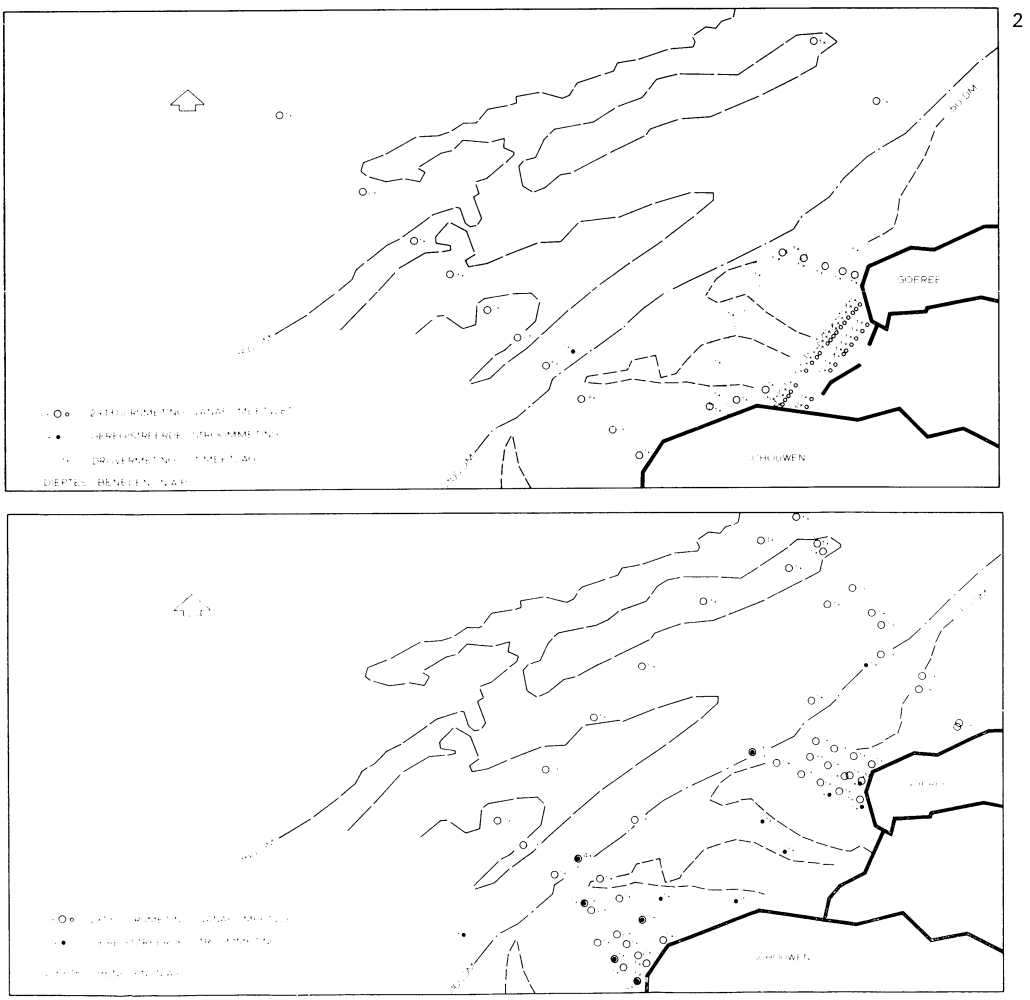
Een hele vooruitgang in de meetmogelijkheden betekende de ingebruikneming van verankerde meetapparatuur waarmee de stroomsnelheid en -richting op een vrij te bepalen meethoogte boven de bodem continu gedurende 28 dagen achtereen kon worden gemeten en geregistreerd. De stroommetingen werden aangevuld met drijvermetingen om inzicht te verkrijgen in de stroombanen in een bepaald gebied.
Met behulp van de genoemde metingen heeft men zich zowel vóór als na de afsluiting een zo goed mogelijk beeld gevormd van de stromingstoestand bij gemiddelde getijomstandigheden. De metingen vóór de afsluiting konden worden herleid tot het gemiddeld getij van 9 juni 1966; het was toen mooi, rustig weer, evenals de voorafgaande dagen, zodat een storing door wind uitgesloten was. Bovendien is er op die dag gemeten op een aantal belangrijke plaatsen in het mondingsgebied. Uit de metingen van andere dagen moest de toestand van gemiddededeld getij zo goed mogelijk worden afgeleid, wat met behulp van de hierna te bespreken methode zonder bezwaar kon geschieden. Het resultaat is verzameld in een 12-tal kaartjes, waarop van uur tot uur het stroombeeld is getekend zoals dat bij gemiddeld getij zou zijn geweest.
In figuur 3 zijn twee interessante fasen van het getij weergegeven, namelijk het stroombeeld om 1 uur vóór het tijdstip van hoogwater te Burghsluis en om 2½ uur na genoemd tijdstip. Vóór de afsluiting van het Brouwershavense Gat liep de stroom gedurende de periode van rijzend water naar

Fig. 2. Programma van metingen vóór de afsluiting van het Brouwershavense Gat (boven) en erna

binnen; tijdens vallend water trok het water er weer uit. De kenteringen vielen nagenoeg op de ogenblikken van hoog- en laagwater. De maximum vloedsnelheid trad op ongeveer 1 uur vóór H.W. te Burghsluis en reeds 2 uren na genoemd H.W. brak het tijdstip van maximale eb aan.

Een geheel ander beeld vertoont de getijbeweging in open zee. Hier vallen de stroomkenteringen $1\frac{1}{2}$ uur nadat het wateroppervlak de middenstand is gepaseerd. Van $1\frac{1}{2}$ uur vóór H.W. tot $4\frac{1}{2}$ uur daarna gaat de stroom in de voortplantingsrichting van de getijgolf; dit wordt wel vloedstroom genoemd. Gedurende de overige tijd loopt er ebstroom, die de tegengestelde richting heeft.

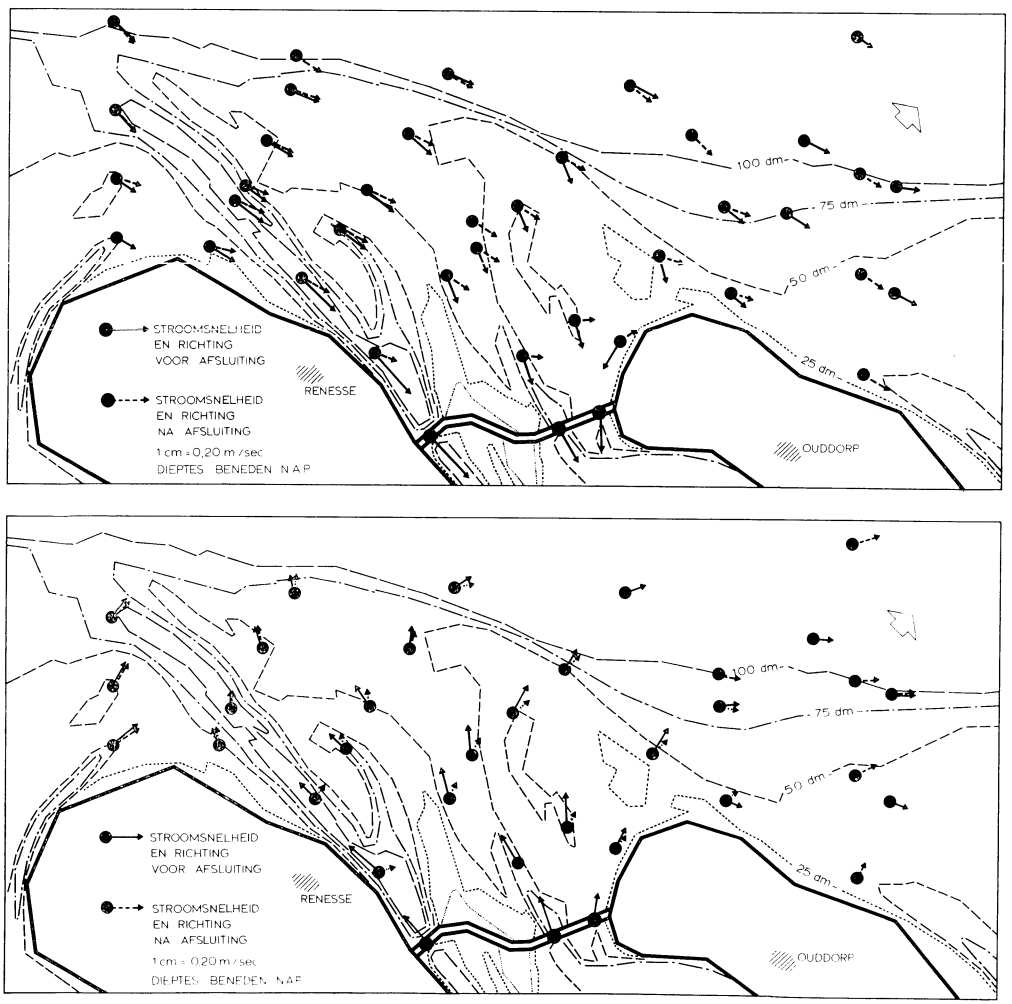
Op verscheidene plaatsen is het niet zeker welke stroom men als vloedstroom en welke men als ebstroom moet beschouwen. Uit



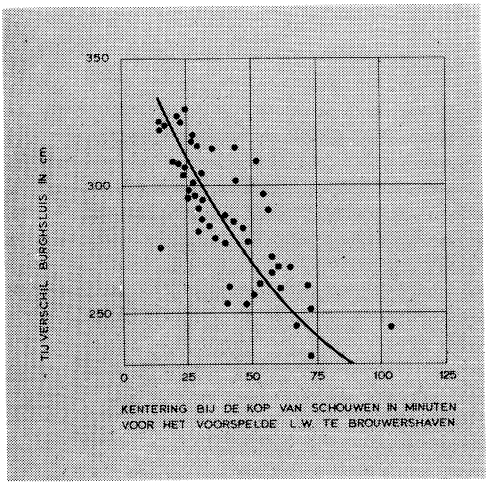
de aard der zaak is dit ook het geval overal waar draaiende stromen optreden zoals in het overgangsgebied. Hier veranderdt de stroomrichting van ogenblik tot ogenblik, terwijl de stroomsnelheid nooit de waarde nul bereikt; er treedt dus geen stroomkentering op.
Ook in het kustgebied treden geen duidelijke kenteringen op. Voor de koppen van de eilanden Schouwen en Goeree, waar de stroom geleid wordt door de kust, treden wel duidelijk kenteringen op, doch de tijdstippen hiervan kunnen tussen doodtij en springtij belangrijk variëren. Zo valt de kentering voor de kop van Schouwen onder normale meteorologische omstandigheden bij springtij ruim 60 minuten eerder dan bij doodtij. Mede door de belangrijke faseverschillen tussen de horizontale getijden van de Noord-

Fig. 3. Verandering in de stroomrichting en stroomsnelheid sedert de afsluiting van het BrouwershavenseGat; bij maximale vloed (boven) en maximale eb

3



4



zee en de zeegaten, blijkt het stroombeeld in het kust- en overgangsgebied nogal gecompliceerd te zijn.
Daar over het algemeen in een vast meetpunt een lineaire relatie bestaat tussen de maximale vloedsnelheden respectievelijk maximale ebsnelheden en de bijbehorende getijrijzingen en -dalingen, is deze relatie ook onderzocht voor het referentiemeetpunt bij de golfmeetpaal BG II, gelegen op de grens van het overgangsgebied en het zeegebied. De stroomsnelheden zijn daar van 12 december 1969 tot 10 januari 1970, van 2 juni 1971 tot 22 juni 1971 en van 14 juli 1971 tot 12 augustus 1971 continu gemeten op N.A.P.–5 m. Vóór de afsluiting werden dus continu gegevens verkregen gedurende 58 getijden; na de afsluiting werden een serie van 40 en een van 58 getijden

Fig. 4. Verschuiving van het kenteringstijdstip bij de kop van Schouwen

5

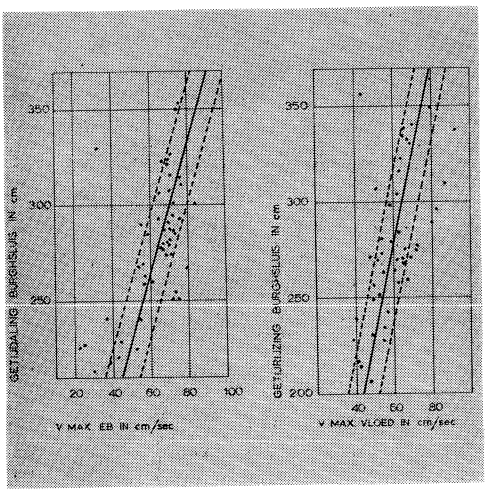
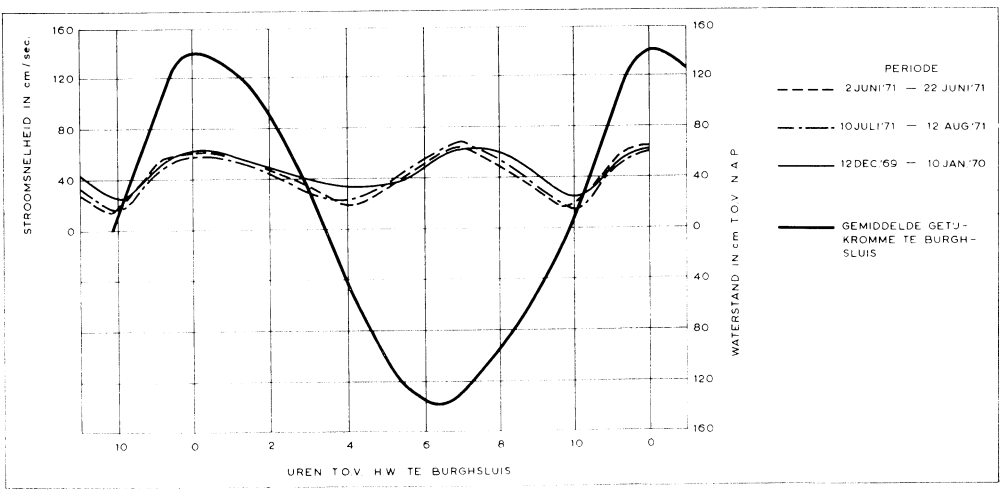


Fig. 5. Verband tussen horizontaal en verticaal getij in meetpunt BG-II

Fig. 6. Verloop van het horizontaal getij ter plaatse van meetpunt BG-II vóór en na de afsluiting

6



continu gemeten en geregistreerd. Voor het bepalen van de getijrijzing- en daling is gebruik gemaakt van de registrerende getijmeter te Burghsluis.
Op de grafiek van fig. 5 zijn de getijrijzingen te Burghsluis in verticale richting en de daarbij behorende maximale vloedsnelhelen in horizontale zin uitgezet. Aldus ontstaat een wolk van punten, waardoor een rechte lijn kan worden getrokken, die het gezochte verband zo goed mogelijk benadert. In dezelfde figuur zijn de getijdalingen en de bijbehorende maximale ebsnelheden tegen elkaar uitgezet. Met behulp van de benaderende rechte lijn kan men de tijdens springtij of doodtij gemeten snelheden reduceren tot een gemiddeld getij. Zo'n meetpunt, waarvan de betrekking tussen het horizintale en verticale getij bekend is, noemt men een referentiepunt.
Aangezien vele punten op de grafieken vrij ver buiten de rechte lijn vallen – hetgeen is veroorzaakt door wind en andere atmosferische invloeden – en met deze grafieken bovendien slechts de getijfasen van maximale stromen exact kunnen worden herleid, is naar een betere methode gezocht, waarbij de stroomsnelheden in alle fasen van het getij kunnen worden gereduceerd. Het gemiddelde van alle verticale-getijverschillen te Burghsluis was van de genoemde drie meetperioden respectievelijk 275, 281 en 283 cm. Daar deze waarden niet veel afwijken van het gemiddelde getijverschil te Burghsluis, namelijk 276 cm bepaald over de periode 1950–1960, zal ook het gemiddelde snelheidsverloop over een vloed- en ebperiode niet veel afwijken van de gemiddelde snelheidskrommen die werden bepaald voor de drie afzonderlijke perioden. Duidelijk is in figuur 6 te zien, dat de twee krommen die werden bepaald uit waarnemingen na de afsluiting van het Brouwershavense Gat, nagenoeg samenvallen. Voor het herleiden van de snelheden, gemeten na de afsluiting, is het dus gerechtvaardigd één gemiddelde snelheidskromme te hanteren. Heeft men nu in het mondingsgebied zowel vóór als nà de afsluiting op een aantal meetpunten en gelijktijdig op het referentiepunt (BG II) stroom gemeten, dan moeten de snelheden, gemeten op de meetpunten, met een factor n worden vermenigvuldigd om de bij gemiddeld getij voorkomende stroomsnelheden op die meetpunten te benaderen. Die factor werd bepaald door in 12 getijfasen het quotiënt te bepalen van de snelheid uit de gemiddelde

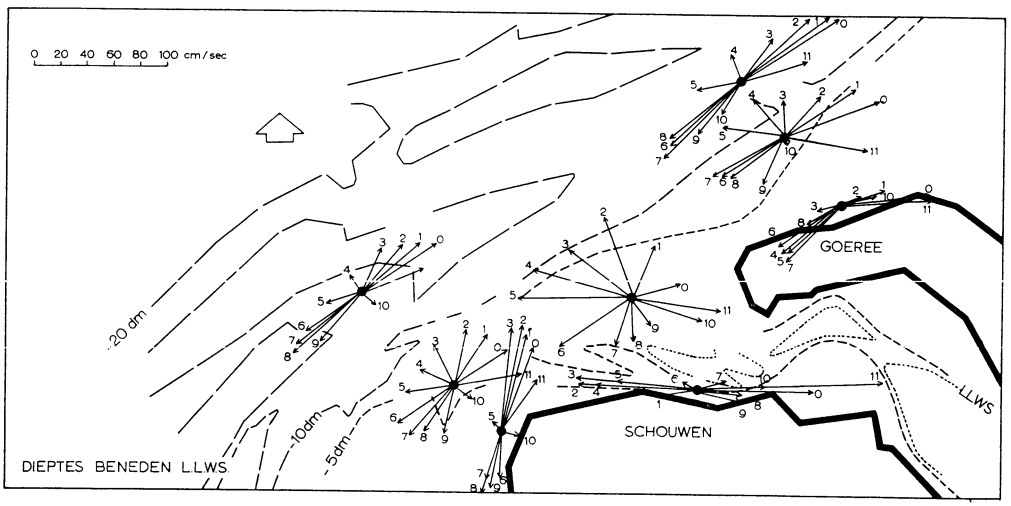
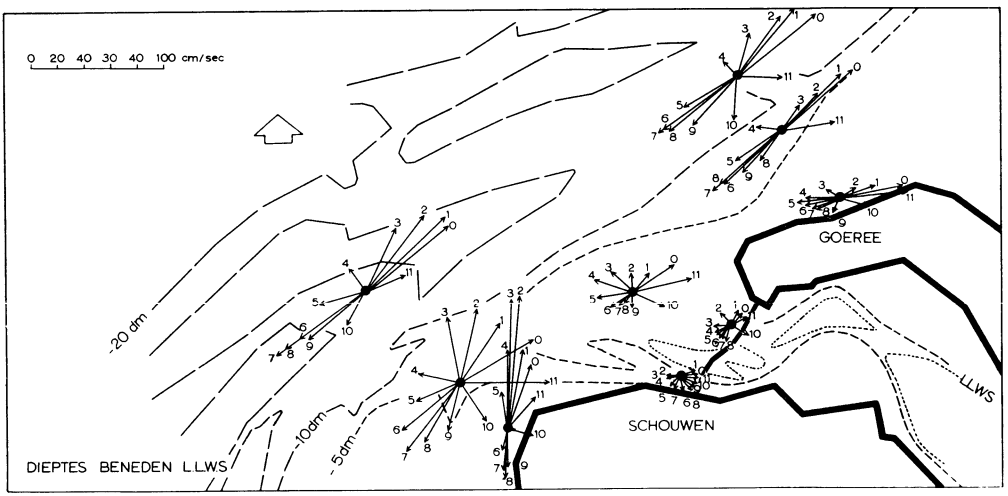


Fig. 7. Stroomrozen in het mondingsgebied vóór de afsluiting (links) en na de afsluiting

kromme en die uit de gemeten kromme.
De naar gemiddeld getij gereduceerde snelheden die werden gemeten op 21 oktober 1969 en op 24 juni 1971 zijn in de vorm van stroomrozen weergegeven in figuur 7: links vóór afsluiting, rechts nà afsluiting.
Wanneer men deze figuren vergelijkt, dan blijkt dat de stroomsnelheden in het binnengebied sterk zijn afgenomen, en dat ook de stroomrichting is veranderd. Hier doet immers de volle invloed van de afsluiting zich gelden. De stromen die thans het binnengebied in- en uittrekken, kunnen doordat de Brouwersdam hun de toegang tot het Grevelingenbekken ontzegt, alleen nog het mondingsgebied vullen en ledigen. Daarom zijn de stroomsnelheden hier over het algemeen niet hoger dan ongeveer 0,10 m/sec.
In het kustgebied nemen de stroomsnelheden eveneens af, behalve voor de Kop van Schouwen. Zowel de vloed- als de ebsnelheden komen hier niet hoger dan ongeveer 0,40 m/sec.
In het overgangsgebied zijn de snelheden in geringe mate afgenomen; voorts is de stroomrichting ter plaatse van het meetpunt in de meetraai voor Goeree belangrijk gewijzigd; dit in tegenstelling tot het meetpunt in de raai voor Schouwen, dat thans, evenals vóór de afsluiting, sterk onder invloed staat van de stroming van en naar de Oosterschelde.
In het zeegebied, dus zeewaarts van de dieptelijn van –10 m, worden de stroomsnelheden door de afsluiting van het Brouwershavense Gat slechts in geringe mate beinvloed. Op een afstand van ongeveer 15 km zeewaarts van de Brouwersdam blijft het oude karakter van de getijbeweging behouden.
Als gevolg van de snelheidsvermindering in het binnen- en kustgebied zal ook het door de stroomsnelheid veroorzaakte zandtransport zijn verminderd. De snelheid van aanzanding of uitschuring kan tot op heden slechts worden bepaald door regelmatig peilingen uit te voeren en die met elkaar te vergelijken. Aangezien de diepteveranderingen gemiddeld slechts 10 à 20 cm bedragen, hetgeen binnen de grenzen van de peilnauwkeurigheid ligt, zal hier niet nader worden ingegaan op de hoeveelheden verplaatst zand. Om toch een globaal inzicht te krijgen van de gedragingen van de zeebodem werd het betrokken gebied verdeeld in een groot aantal vierkanten van 200 × 200 m.
In elk vierkant werd de gemiddelde diepte



bepaald door interpolatie van de dieptecijfers.
De figuren 8 en 9 geven een voorbeeld van zo'n vierkantennet. De getallen die in elk vierkant van fig. 9 zijn geplaatst, geven het verschil aan tussen de gemiddelde diepten die werden waargenomen in 1970 en die in 1972. Wanneer men de grote verschilkaart beschouwt, dan vallen direct de diepteveranderingen in het oog ten westen van de twee in 1970 geformeerde sluitgaten. Die diepteveranderingen welke niet langs natuurlijke weg plaats vonden, zijn enerzijds het gevolg van de felle stromingen door beide sluitgaten en anderzijds van de zandverplaatsingen door een hopperzuiger, na de blokkering van het zuidelijke sluitgat.
Voorts blijkt, dat in de geul langs de Kop van Goeree plaatselijk een verdieping is ontstaan

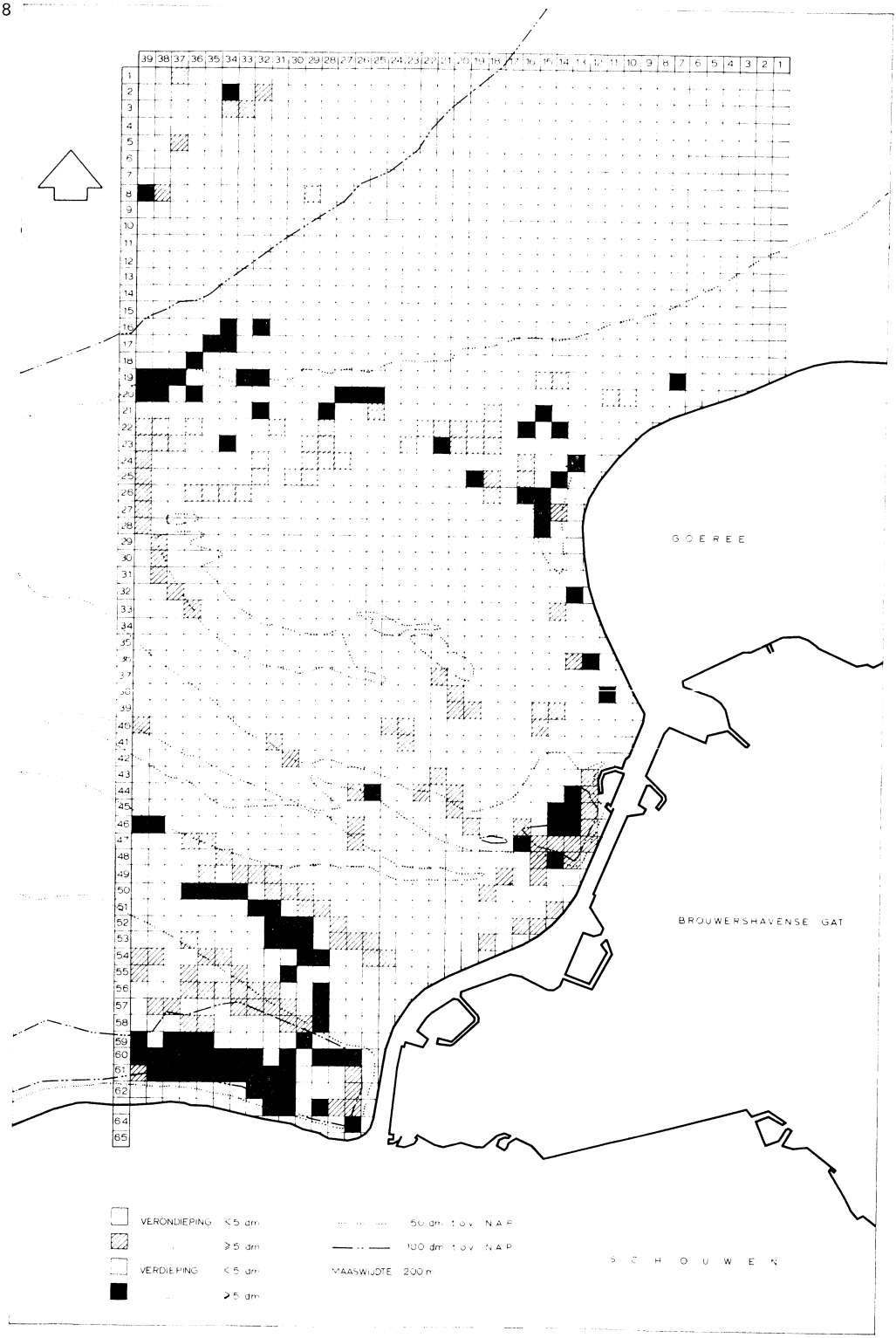
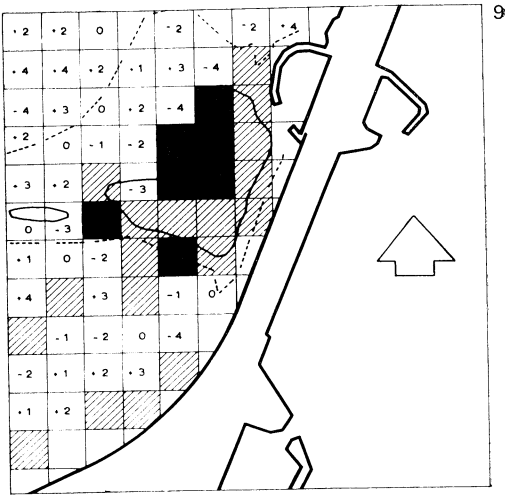

GOEREE
BROUWERSHAVENSE GAT
SCHOUWEN
VERONDIEPING < 5 dm
≥ 5 dm
VERDIEPING < 5 dm
≥ 5 dm
50 dm t.o.v. N.A.P.
100 dm t.o.v. N.A.P.
MAASWIJDTE 200 m

Fig. 8. Verandering in de bodemligging van het mondingsgebied per vierkant van 200 x 200 m, gemeten in de periode 1970–1972

Fig. 9. Detail van de bodemliggingveranderingskaart. Per vierkant is de verandering in decimeters aangegeven



van ongeveer 1 m. Reeds jaren vóór de afsluiting vertoonde dit kustgebied een geleidelijke achteruitgang, waarschijnlijk veroorzaakt door het uitschurende effect van de vloedstroom, die in de betrekkelijk nauwe doorgang, tussen de Kop van Goeree en de tegenover deze kop liggende zandplaat, snelheden kan bereiken van ruim 1 m/sec.

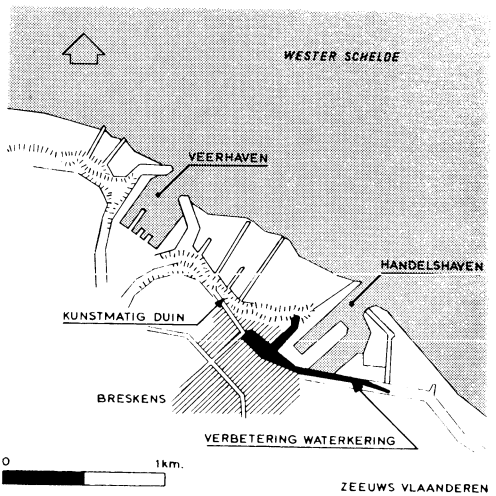
Behalve een duidelijke verdieping van het westelijke gedeelte van de Middelplaat zijn er thans nog geen structurele veranderingen in de morfologie van het mondingsgebied waargenomen zodat er nog weinig valt te zeggen over de toekomstige ontwikkelingen van het enorme platen- en bankengebied in de mond van het Brouwershavense Gat. Het is inmiddels wel duidelijk geworden dat deze ontwikkeling, evenals die in de mond van het Haringvliet, zeer langzaam zal verlopen.

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuws-Vlaanderen en Schouwen

De hoogwaterkering rond de handelshaven te Breskens in Zeeuws-Vlaanderen, lang ongeveer 1 km, werd na de stormramp van 1 februari 1953 aangewezen als 'zwakke plek'. Zulke zwakke plekken dienden voorrang te krijgen bij de uitvoering van dijkverzdaringen in het Deltagebied.

Versterking van de waterkering rond de handelshaven te Breskens

Dit dijkvak is in beheer en onderhoud bij een tweetal waterschappen. Omdat de verhoging ervan bijzondere problemen meebracht en de werken vrijwel geheel op rijkseigendom moesten worden aangelegd, zijn de voorbereiding en het toezicht op de uitvoering echter verzorgd door de Rijkswaterstaat, arrondissement Terneuzen.
In het tijdvak 1955–1960 werden verscheidene plannen gemaakt, waarvan er in 1960 één goedkeuring verwierf. Kort daarop echter verscheen het eindrapport van de Deltacommissie, en daarin werden hogere maatgevende waterstanden voor de bepaling van de aanleghoogte van waterkeringen genoemd dan die waarmee in het goedgekeurde ontwerp rekening was gehouden. Het plan moest dus worden gewijzigd. Deze herziening heeft veel tijd gevergd, omdat over verscheidene onderdelen, zoals de kruinhoogte van de dijk, de toegangswegen tot het haventerrein en de voorzieningen ten behoeve van de transporten tijdens de jaarlijkse bietencampagne, opnieuw uitvoerig overleg moest worden gepleegd, soms met vele belanghebbenden. Het definitieve ontwerp kon dan ook pas medio 1969 ter goedkeuring worden voorgelegd. Op 17 maart 1971 werd het werk openbaar aanbesteed. Het werd gegund voor een bedrag van f 2 150 000 (exclusief B.T.W.) aan de laagste inschrijver, het Aannemingsbedrijf Stegink te Vlissingen. Basalt klei, stalen damwand met bijbehorende onderdelen en hout voor de remmingwerken werden aan de aannemer ter beschikking gesteld. In april 1971 werd met het werk een aanvang gemaakt, nadat tevoren reeds enige uit de oorlog resterende bunkers op het Spuiplein ten behoeve van de dijkverzwaring waren



1

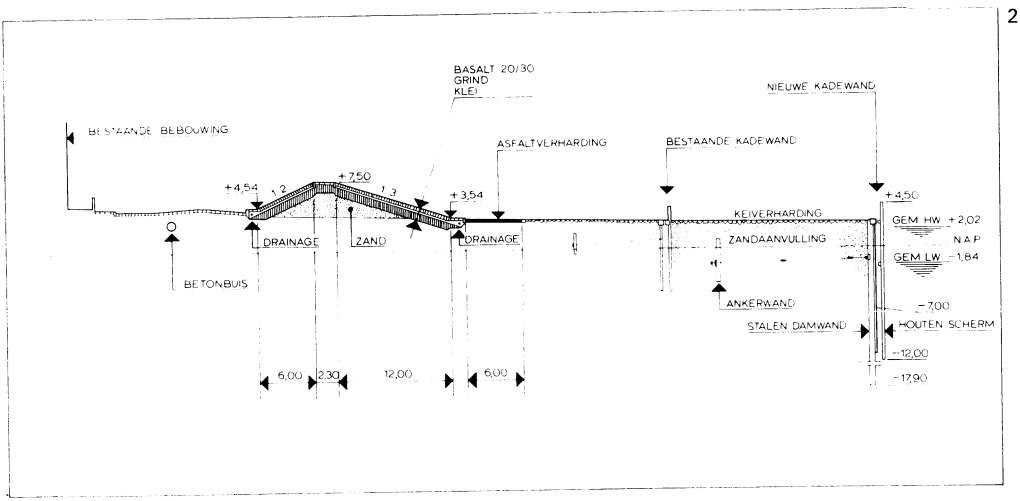
gesloopt. Het werk is op 7 december 1972 opgeleverd; de onderhoudstermijn loopt af op 7 juni van dit jaar.
De kruinhoogte van de nieuwe waterkering is gesteld op N.A.P. + 7,50 m, bij een ontwerppeil ter plaatse van N.A.P. + 5,60 m. De weg rond de haven, die voorheen als waterkering fungeerde, lag op een hoogte van N.A.P. + 4 m, met het trottoir op N.A.P. + 4,20 à 4,30 m. Met behulp van schotbalken was het mogelijk de kerende hoogte te brengen op N.A.P. + 5 m. Als onvermijdelijk gevolg van de dijkverhoging ging het ruime uitzicht vanuit de benedenverdiepingen van de woningen langs de Haven-westzijde, de Grote Kade en de Scheldekade verloren; vanuit de bovenverdiepingen is het uitzicht op de haven en de Westerschelde behouden gebleven.

Vanwege de bebouwing en de beperkte beschikbare aanlegbreedte van de dijkvoet, is een nogal steil profiel gekozen: het buitenbeloop heeft een helling van 1 : 3, en het binnentalud verloopt onder een helling van 1 : 2. In de nabijheid van de bedrijfsgebouwen van een in het tracé liggende jachtwerf met scheepshellingen en van de gemeentelijke bankplaats was nog minder ruimte beschikbaar, wilde men althans aankoop van deze terreinen en installaties vermijden. Ter vervanging van een gedeelte van het buitentalud is hier over 180 m evenwijdig aan de kruin een onverankerde stalen damwand geheid, waar bovenop een betonkop werd aangebracht. Terwille van de aanleg van een asfaltverharding op de Grote Kade is ook daar een onverankerde stalen damwand geheid, nu over 63 m en aan de binnenzijde van de dijk.

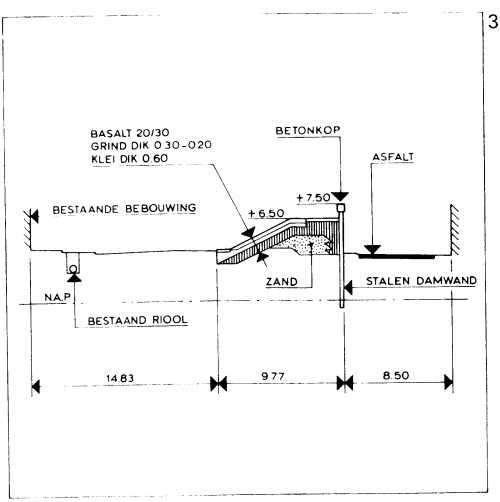
Bij een superstorm zal de nieuwe dijk fungeren als overslagdijk. Er is daarom zowel op het buiten- als op het binnentalud een steenbekleding van basaltzuilen aangebracht, gezet op een laag gebroken grind 20/40 mm; het hemel- en overslagwater wordt via een drainage- en rioleringsstelsel afgevoerd naar de leiding van de voormalige uitwateringssluis.

De dijk is verder afgewerkt met klei, 60 cm dik op het binnentalud en 80 cm op het buitentalud en de kruin. De teenconstructie van de waterkering bestaat uit betonblokken van 50 bij 50 bij 20 cm, opgesloten tussen betonbanden. Op de kruin van de dijk is een 2 m breed looppad aangelegd, eveneens van tussen betonbanden opgesloten betonblokken. Dit voetpad is langs de stalen damwand aan

2



3

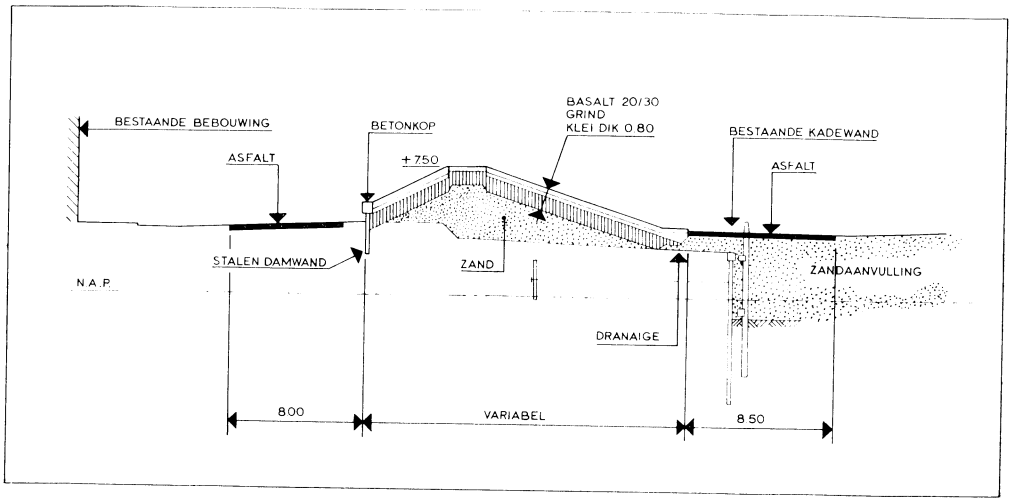


1. Situatie van de nieuwe waterkering

2. Dwardoorsnede van de nieuwe waterkering langs de handelshaven

3. Dwarsdoorsnede ter plaatse van de stalen damwandconstructie bij de gemeentelijke bankplaats

1

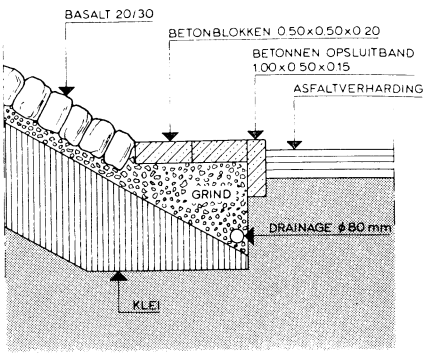


de Scheldekade verlaagd aangelegd, zodat het bovenste gedeelte van de damwand met de betonkop als borstwering fungeert.
Op acht plaatsen zijn in het talud overgangen opgenomen in de vorm van betonnen trappen, aan één zijde voorzien van een stalen leuning.

Het tracé van de waterkering loopt vrijwel evenwijdig aan de bebouwing rond en langs de havenbassins, vanaf het kunstmatig duin in het westen (Bericht 11. februari 1960) via Haven-west, Spuiplein, Grote Kade en Scheldekade tot het dijkvak Breskens-Nummer Eén, dat beschreven is in Bericht 35 (februari 1966).
Door de aanleg van de waterkering zijn grote oppervlakten opslagterrein aan de haven verloren gegaan. Ter compensatie van dit verlies is een gedeelte van het westelijk havenbassin gedempt. Daartoe werd tussen de bestaande kadenwanden 75 m nieuwe verankerde stalen damwand geheid. Het afgesloten havengedeelte, dat vooraf was schoongebaggerd, is met behulp van hopperzuigers met Scheldezand gedempt. Het aldus verkregen terrein werd van asfaltwegen voorzien, en voor het overige gedeelte met keien bestraat. De vervallen uitwateringssluis, die uitmondde in het gedempte havengedeelte, is zowel aan de zee- als aan de landzijde afgesloten. Om het haventerrein van de westzijde over de waterkering heen te kunnen bereiken, is tussen het Spuiplein en de Grote Kade een dijkovergang gemaakt op N.A.P. + 6,30 m, met opritten met flauwe hellingen, zodat ze bruikbaar zijn voor bietentransporten en dergelijke. Door deze voorziening is een coupure in de waterkering onnodig geworden. Aansluitend op een dijkovergang in het vak Breskens-Nummer Eén is aan de oostzijde van het hier beschreven dijkgedeelte buitendijks een asfaltverharding aangebracht die vandaar langs de havens loopt en aansluit op de oprit over het Spuiplein. De bestaande betonweg die liep van de Dorpsstraat over het Spuiplein naar de Grote Kade en de Scheldekade, kwam in het tracé van de waterkering te liggen en moest daarom geheel worden verwijderd en vervangen. In plaats van de betonweg is een klinkerbestrating aangebracht, die van de Dorpsstraat over het Spuiplein loopt, en aansluit op de klinkerbestrating van Haven-westzijde.
Op de Grote Kade is de klinkerverharding vervangen door asfaltbeton. Deze asfaltweg sluit aan op de betonverharding van de Scheldekade. Aan de kant van de huizen is een rijwielpad aangelegd, en aan de andere kant van de weg is een doorgaande parkeerstrook gemaakt. Ten oosten van de betonverharding op de Scheldekade geeft 380 m asfaltverharding aansluiting op de tertiaire weg 39, die gemaakt werd in het kader van de verbetering van het dijkvak Breskens-Nummer Eén.
Al deze werkzaamheden, met uitzondering van de asfaltbetondeklagen, waren vóór het toeristenseizoen 1972 gereed.
Door de vele wijzigingen en tracéveranderingen was het noodzakelijk de kabels en leidingen van alle nutsbedrijven over de volle breedte van het werk te verleggen. De N.V. Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij heeft tijdens de uitvoering van het werk gelijktijdig een geheel nieuw en aangepast verplichtingsplan voor de openbare verlichting uitgevoerd.
Ten behoeve van de afwatering is op het

haventerrein en langs de wegen een rioleringsstelsel met straat- of trottoirkolken gemaakt. De riolering aan de havenzijde, waarop tevens een drainage aansluit die onder de betonblokken van de teenconstructie van het dijklichaam loopt, loost via een kanaalklep door de nieuwe damwand in de haven.

2



1. Dwarsdoorsnede ter plaatse van de Grote Kade

2. Teenconstructie van de waterkering

3. Het werk is voltooid

3



Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Derde sluis met overbrugging, inlaatsluis en jachtensluis in de Volkerakdam

Naar verwachting zullen de vloeren van de derde sluis medio april zijn gestort. De wanden van de eerste moot van deze sluis zijn inmiddels gereed gekomen.
De bouw van de damwandschermen van de inlaatsluis is nagenoeg voltooid; thans zijn de vleugelwanden van deze sluis in uitvoering.
De voetplaten van de pijlers van de overbrugging van de derde sluis zijn inmiddels aangebracht. Tussen deze pijlervoeten worden vibropalen aangebracht ten behoeve van de erop aan te brengen stortebedvloeren van 1 m dik.
Met het aanbrengen van de eindblokken voor de voorgespannen liggers voor de overbrugging is begonnen.
In de bouwput voor de jachtensluis is een aanvang gemaakt met het uitvoeren van grondverbeteringen en het heien van de schermwanden voor de sluis.

Oosterschelde

In de werkhaven op het werkeiland Roggenplaat werd zink- en stortsteen uit België aangevoerd.
De werkzaamheden aan de damaanzet tegen Noord-Beveland en aan het damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje Jans kwamen geheel gereed en zullen binnenkort worden opgeleverd.
In de dan volgende onderhoudsperiode zullen de zandvlakten, die met klei zijn afgedekt, worden ingezaaid.
Met het oog op verdiepingen die zijn ontstaan aan de zuidwestzijde van het werkeiland Roggenplaat, is ter plaatse een bestorting van fosforlakken aangebracht.
De bodem ter plaatse van de toekomstige pylonen is ter voorkoming van uitschuring bestort met een laag grof grind.
Door Mannesmann Nederland B.V. is een aanvang gemaakt met het fabriceren van de secties voor de stalen pylonen. Zij worden vanuit Duitsland naar Dintelmond getransporteerd, waar zij tot pylonen worden samengesteld. Met het maken van pyloonkoppen is een aanvang gemaakt door het constructiebedrijf Vlaardingen Oost N.V.
Voor het plaatsen van de pylonen zal gebruik worden gemaakt van een hefeiland, dat momenteel in aanbouw is.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin in de gemeente Texel

De werkhaven is vrijwel voltooid. De resterende asfaltbetonverhardingen zullen in het vroege voorjaar worden aangebracht.
Het zeewaterbassin is eveneens vrijwel voltooid. Het werk aansluitend op de inlaatsluis en uitlaatconstructie is in uitvoering.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

De inlaatsluis en de uitlaatconstructie kwamen, met hun mechanische bewegingswerken, inmiddels gereed; al deze werken zijn thans volledig in bedrijf.
De drijvende vuilvanger is geplaatst. Het zink- en stortwerk werd vrijwel voltooid.

Overzicht van de werkzaamheden aan het sluizencomplex in het Volkerak



Eems

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

In het kader van de Deltawet werd voortgegaan met de vernieuwing van de uitwatering van het waterschap Fivelingo te Delfzijl. De werken bestaan in de bouw van een gemaal en de verzwaring van een dijk aan de monding van het Damsterdiep te Delfzijl. De bouwkosten van het gemaal worden, voorzover ze uitgaan boven die van de aanpassing van de bestaande lozingsmiddelen aan de Deltanormen, voor 50% gesubsidieerd in het kader van de verbetering van de waterhuishouding. De totale kosten van het project worden thans geraamd op f 14 454 300,–. Hiervan komt 61,37% of f 8 870 600,– ten laste van de dijkverzwaring. Het project is voor een vierde deel gereed.

Een aanvang werd gemaakt met het op Deltahoogte brengen van het dijkvak Heveskesvalge-Oterdum. Het werk wordt uitgevoerd in aanvullende werkgelegenheid.

De verhoging tot Deltahoogte van de provinciale zeedijk tussen Oterdum en Termunterzijl kwam nagenoeg gereed, met inbegrip van de aanleg van een onderhoudsweg op de binnenberm. De tijdens de uitvoering opgetreden afschuivingen zullen in het voorjaar van 1973 worden hersteld.
De bouw van een nieuwe keersluis en de aanleg van aansluitende dijkvakken te Termunterzijl werden voltooid.

Dollard

Zeedijk tussen Fiemel en Nieuwe Statenzijl

Voortgegaan werd met de bouw van een sluizencomplex op de landpunt van Reide; dit werk is voor 85% voltooid. De kosten van de buitendijkse Dollardwerken worden thans geraamd op f 57,4 miljoen; hiervan is 68% of f 39,04 miljoen benodigd voor de uitvoering van een Deltawerk, namelijk de aanleg van een nieuwe dijk langs de Dollard tussen Fiemel en Nieuwe Statenzijl.

Eems en Waddenzee

Begonnen werd met het op Deltahoogte brengen van de provinciale zeedijk tussen Delfzijl en Nansum met inbegrip van de aanleg van een onderhoudsweg op de binnenberm. Het werk wordt uitgevoerd in het kader van de werkverruiming.
De in 1970 ter hand genomen werkzaamheden voor de aanleg van de Eemshaven zijn met voortvarendheid voortgezet. Het werk is thans voor 85% gereed. De realisering van de eerste fase van het Eemshavenproject maakt de verzwaring tot Deltahoogte van 7,1 km zeedijk onnodig. In verband daarmee wordt aan dit project een Deltabijdrage verleend van f 10,65 miljoen.

Verantwoording van de foto's

H. J. Stuvel
171

Rijkswaterstaat
181 182 183

Slagboom en Peeters
215 217

Driemaandelijks Bericht
nummer 65, aug. 1973

Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

Zandsuppleties aan de kop van Goeree 223

De verspreiding van het door de Haringvliet-sluizen geloosde rivierwater in de mond van het Haringvliet 227

De waterkwaliteit in het Hollands Diep en het Haringvliet in het eerste halfjaar van 1972 237

Het verloop van de waterkwaliteit in het Hollands Diep/Haringvliet in de periode van hoge rivierafvoeren 245

Aanpassingswerken in het noordelijk deel van het Deltagebied 251

Natuurlijke en kunstmatige destratificatie in de diepe gedeelten van het Grevelingen-meer 255

Commissie Oosterschelde 264

Vorderingen 265

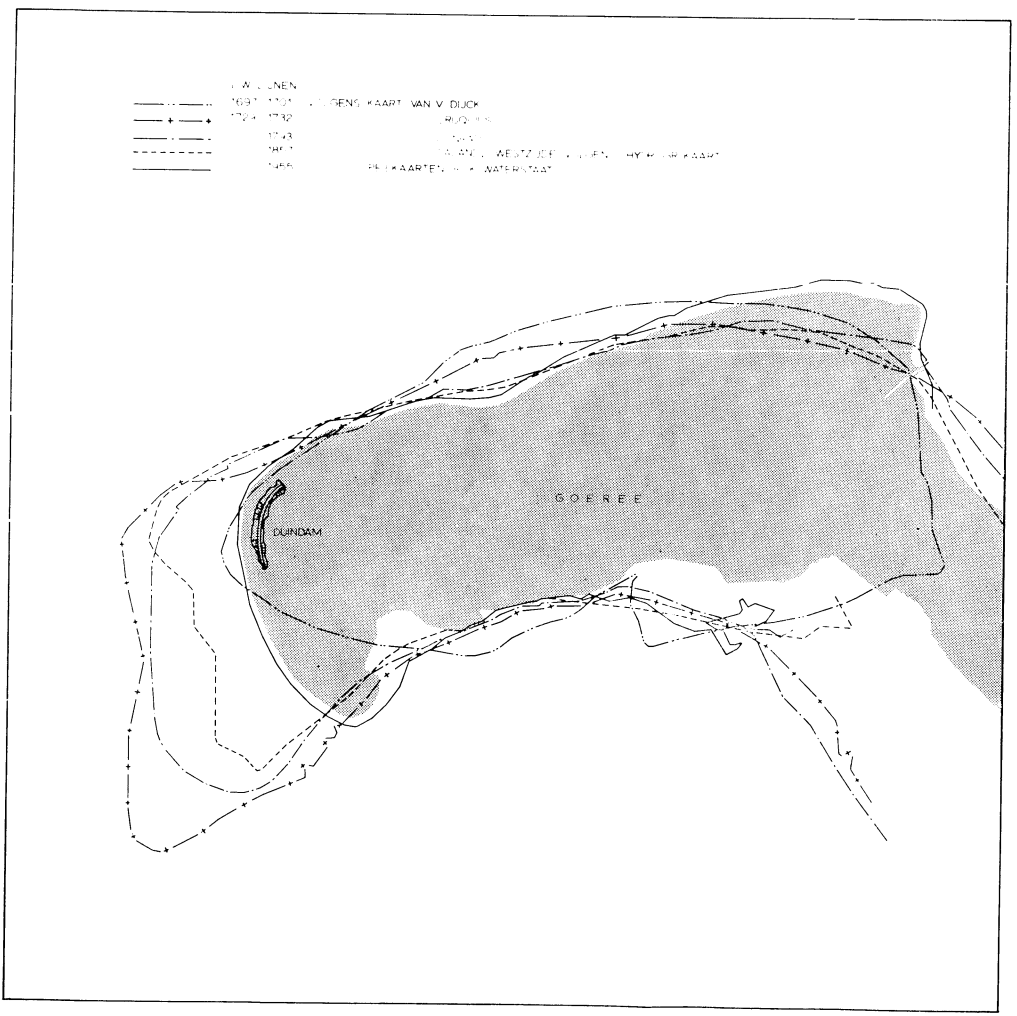
Zandsuppleties aan de kop van Goeree

Aan de kust van het Deltagebied, waar in de Romeinse tijd reeds bewoning werd aangetroffen, hebben zich in de afgelopen eeuwen vele veranderingen voltrokken. Vermoedelijk is de oorspronkelijk meer gesloten duinenrij geleidelijk doorsneden door steeds groter wordende zeegaten. Omstreeks 1300 waren de koppen van de thans bestaande eilanden al aanwezig, maar de vorm van de eilanden en van de ertussen gelegen geulen veranderde daarna nog voortdurend.
Vanaf het eind van de vorige eeuw zijn voldoende betrouwbare gegevens beschikbaar om de ontwikkeling van de kust meer in detail te kunnen nagaan; de moderne plaatsbepalingssystemen, die pas 15 jaar in gebruik zijn, hebben de nauwkeurigheid van de waarnemingen verder vergroot. Het blijkt dat de zandige kust beweeglijk is, afwisselend aanzandt en erodeert, maar toch in de loop van deze eeuw op sommige plaatsen geleidelijk vooruitgaat en op andere plaatsen een voortgaande erosie vertoont. Deze verandering van de kust vertoont in algemene zin een relatie met de ontwikkeling van de dicht bij de kust gelegen geulen en platen.
De meest zeewaarts gelegen koppen van de eilanden gaan zonder uitzondering al sinds tientallen jaren geleidelijk achteruit. De snelheid van deze achteruitgang is op Goeree het grootst, gemiddeld ongeveer 7 meter per jaar; op Schouwen bedraagt zij omstreeks 5 meter en op Walcheren één tot enkele meters per jaar.
Als gevolg van de achteruitgang van de kustlijn moesten op Walcheren al geruime tijd geleden verdedigingsmaatregelen worden getroffen, terwijl op Schouwen en Goeree, waar de duinen veel breder zijn, pas in de laatste jaren voorzieningen aan de koppen nodig zijn geworden. Langs andere kustgedeelten van deze eilanden waren overigens al eerder verdedigingswerken aangelegd.
Uit het voorgaande blijkt echter wel dat de koppen van de eilanden niet op natuurlijke wijze in stand bleven, en dat ook zonder het Deltaplan verdere maatregelen noodzakelijk zouden zijn geweest.
Voor de Kop van Goeree is getracht het verloop van de laagwaterlijn vanaf ongeveer 1700 te reconstrueren uit oude kaarten. Het resultaat, aangegeven in figuur 1, toont wel aan hoe beweeglijk de kust van Goeree is.
Omdat de veiligheid van de waterkering bij de Kop van Goeree in gevaar dreigde te komen, heeft de Rijkswaterstaat als kustbeheerder op Goeree in 1965 een voorlopige voorziening getroffen. Tussen de vuurtoren en de Springertduinen is een binnenwaarts gelegen zeewerende duinregel met beperkt profiel aangelegd. Deze kunstmatige zeereep, met een kruinhoogte van N.A.P. + 6 m, zou naar verwachting gedurende een tiental jaren voldoende veiligheid voor het achterland kunnen bieden. Na de afsluiting van het Haringvliet en het Brouwershavense Gat zouden dan definitieve voorzieningen kunnen worden getroffen op grond van de mede door de Deltacommissie uitgesproken verwachting dat de teruggang van de eilandkoppen sterker zou worden na de voltooiing van het Deltaplan. Aan de hand van het tegen die tijd uitgevoerde onderzoek zou dan de aard en de omvang van de nodige voorzieningen kunnen worden vastgesteld.
In de periode tussen 1965 en 1969, dus nog vóór de afsluiting van het Haringvliet, nam de achteruitgang nabij de vuurtoren echter al

toe tot ongeveer 20 m per jaar. De laagwaterlijn kwam als gevolg daarvan zo dicht bij de in 1965 aangelegde duinregel te liggen, dat op korte termijn maatregelen moesten worden getroffen.
Om de veiligheid van de waterkering voorlopig te verzekeren werden in de winter van 1969–1970 en nadien in 1971 zandsuppleties uitgevoerd van respectievelijk 400 000 m^3 en 600 000 m^3. In beide gevallen werd het zand gewonnen in het Grevelingenbekken en over een afstand van ongeveer 5 km naar het strand voor de Kop van Goeree geperst. Op het strand werd het zand langs met behulp van bulldozers gemaakte perskaden naar de gewenste plaatsen geleid.
Gedurende het werk in 1969 trad een verlies op van ongeveer 50%. Hierbij inbegrepen is echter de normale erosie, die vrij hoog moet

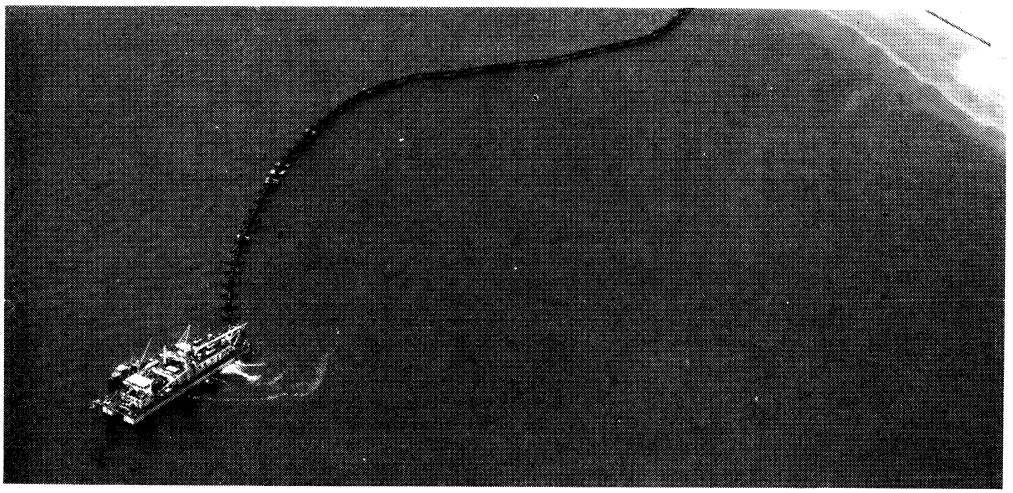
Aanleg van perskaden met behulp van een bulldozer

Fig. 1. Teruggang van de L.W.-lijn aan de kop van Goeree sinds het eind van de 17e eeuw





zijn geweest gezien het ongunstige winterseizoen en de vrij lange duur van de uitvoering, namelijk dertien weken.
Bij de tweede suppletie, in 1971, werd in 6 weken een hoeveelheid van 600 000 m^3 op het strand aangebracht. Het verlies was nu slechts ongeveer 25%. Hierbij moet bedacht worden dat het aan de Kop van het eiland Goeree verloren zand grotendeels ten goede komt aan de aangrenzende kustgedeelten.
Als gevolg van de kunstmatige zandtoevoer was de kustlijn in 1971 zo ver zeewaarts verschoven, dat de zeewering ter plaatse tot 1973 voldoende beveiligd was tegen stormvloeden. De suppleties compenseren dus wel de achteruitgang van enkele jaren, maar brengen geen wijziging in het erosieproces. De achteruitgang van de kust gaat na de uitvoering van de suppletie dan ook onver-



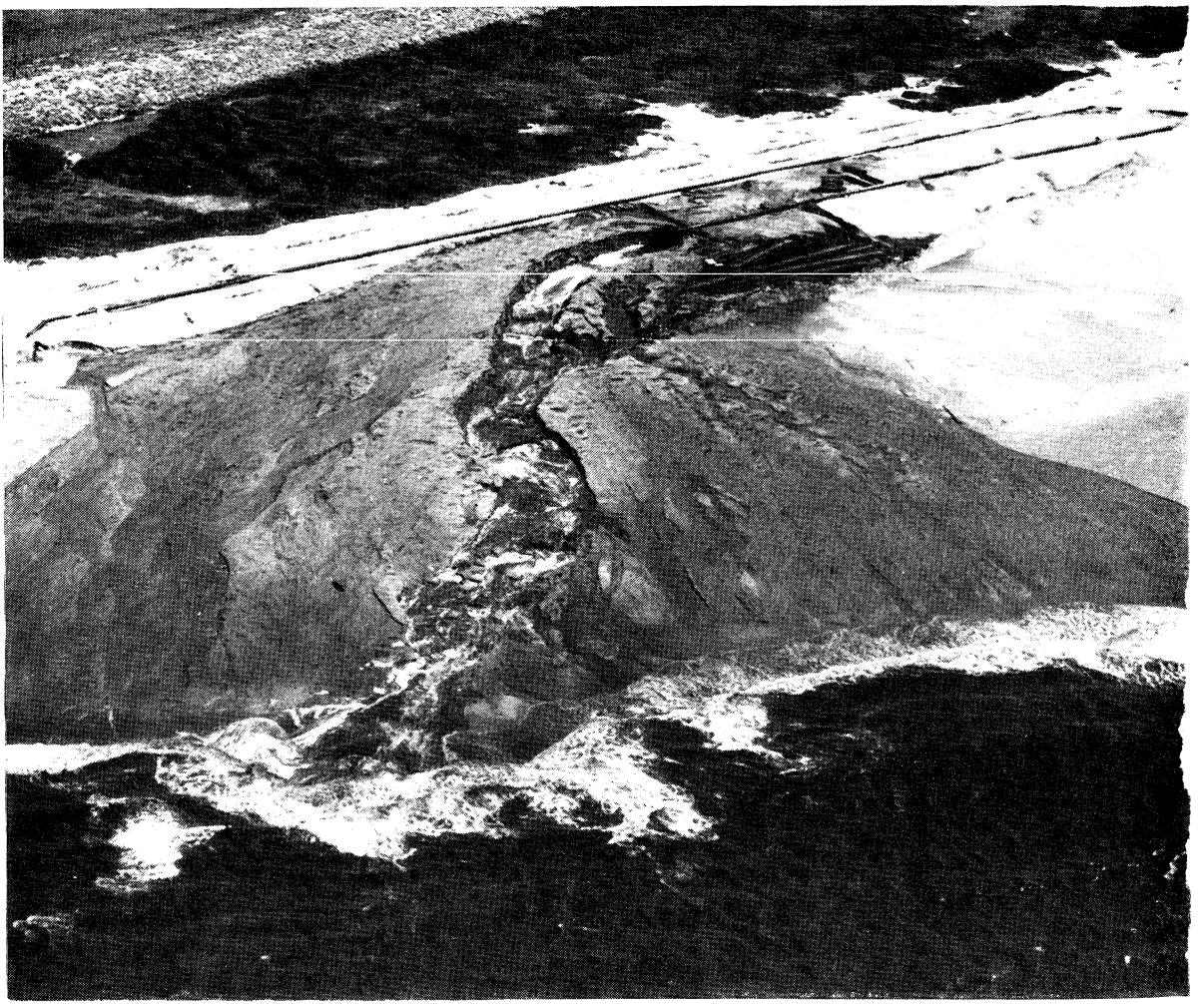
Zandzuiger met drijvende persleiding in het Grevelingenmeer in bedrijf voor de zandaanvulling

minderd door. Dit jaar zal daarom opnieuw een suppletie worden uitgevoerd.
Zoals reeds werd opgemerkt zal de erosie van de koppen van de eilanden waarschijnlijk toenemen als gevolg van de uitvoering van het Deltaplan. Bij de Kop van Goeree bestaat sinds de afsluiting van het Brouwershavense Gat in mei 1971 reeds vrijwel de stromingstoestand die men daar bij voltooid Deltaplan verwacht. Afsluiting van de Oosterschelde zal naar verwachting weinig invloed meer hebben op de getijbewegeing bij Goeree.
Teneinde een goed beeld te krijgen van de wijzigingen die zich voordoen in het geulen- en bankenstelsel voor de kust, wordt de laatste jaren het gehele kustgebied regelmatig nauwkeurig gelood, terwijl bovendien stroommetingen worden uitgevoerd. De veranderingen in de bodemfiguratie blijken, over-

Overzicht van de spuitwerkzaamheden op het strand bij de kop van Goeree. Op de achtergrond is de zanddijk van 1965 te zien

eenkomstig de verwachtingen van de Deltacommissie, in het algemeen zeer langzaam te verlopen. Een uitzondering hierop wordt gevormd door de geul voor de Kop van Goeree. Deze geul, plaatselijk het Schaar genoemd, verdiept zich vrij snel. Dank zij de uitgevoerde zandsuppleties vertoont het strand ter plaatse van het diepste punt van deze geul geen teruggang; wel ontstaat een steiler onderwatertalud tengevolge van de geulverdieping. Blijvende aandacht voor dit kustgedeelte is vereist.

Thans wordt onderzocht of afsluiting van de geul voor Goeree gewenst is of dat een andere oplossing, bijvoorbeeld bestaande in regelmatig uitgevoerde zandsuppleties, wellicht voordeliger en aantrekkelijker is.



De verspreiding van het door de Haringvlietsluizen geloosde rivierwater in de mond van het Haringvliet

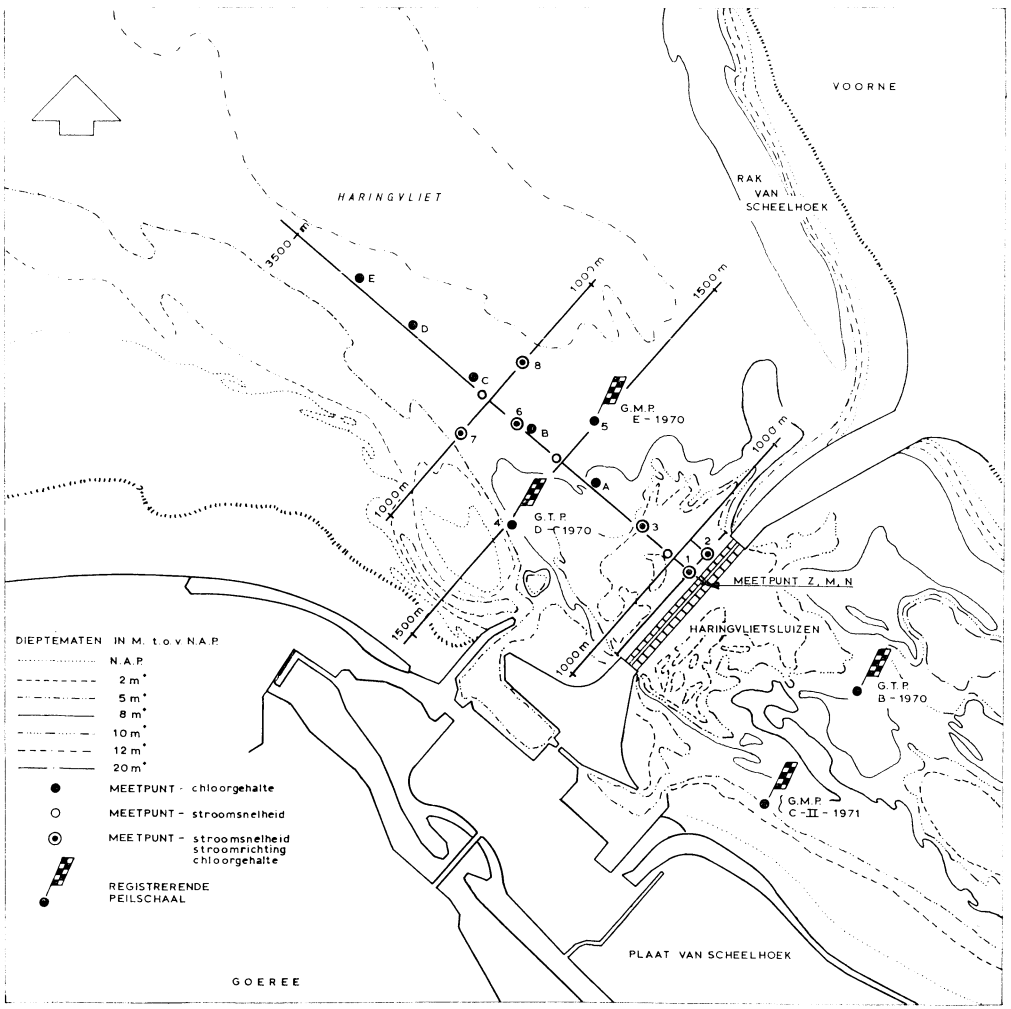
Via de Haringvlietsluizen wordt tijdens de laagwaterperioden regelmatig rivierwater geloosd op de mond van het Haringvliet. Daarbij ontstaat een ingewikkeld stroombeeld, beïnvloed door het verschil in dichtheid tussen het geloosde rivierwater en het zeewater, de grootte van de rivierafvoer, de geometrische situatie, de getijbeweging, deining en windgolven. Deze waterbeweging kan men zich opgebouwd denken uit twee componenten, namelijk turbulente menging van het rivierwater met het zeewater en een gelaagde stroming, waarbij het lichtere rivierwater zich over het zwaardere zeewater verspreidt.
De theorieën die dit soort gecompliceerde waterbewegingen trachten te beschrijven, zijn veelal maar beperkt toepasbaar, omdat weinig bekend is van het effect der factoren die erop van invloed zijn. Met name geldt dit voor het mengmechanisme dat zich afspeelt tussen het zoute water van de zee en het zoete water uit het bekken.
Na de afsluiting van de Oosterschelde zal bij volledige ontzilting van het zuidelijk Deltabekken ook via de in de afsluitdammen te bouwen spuimiddelen zoet water geloosd moeten worden. Een dergelijke verspreiding van zoet water in een zout milieu, maar dan zonder getij-invloed, zal ik elk geval plaats vinden in de beginfase van de ontzilting nabij de Volkerakinlaatsluis en in een later stadium op het traject Keeten-Oosterschelde.
De lozing van rivierwater via de Haringvlietsluizen biedt de mogelijkheid dit soort waterbeweging in de natuur te bestuderen, waardoor het inzicht in de mechanismen die er een rol bij spelen, vergroot kan worden. Om deze reden is aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen een eerste uitgebreide meting van dit verschijnsel uitgevoerd.
De mogelijkheden om de geschetste gecompliceerde driedimensionale waterbeweging te volgen zijn op verscheidene wijzen begrensd. De omvang van de beschikbare meetvloot vormt bijvoorbeeld zo'n beperkende factor. Met behulp van de beschikbare meetapparatuur kan men de richting en de grootte van de stroomsnelheid op elke gewenste waterdiepte meten, alsook de geleidendheid van het water – een maat voor het zoutgehalte –, en eventueel de temperatuur. Meet men op een aantal tijdstippen de verticaal door, dan verkrijgt men een beschrijving van de waterbeweging die kan dienen als basis voor een schematisering in het rekenproces. Veel hangt daarbij af van de plaatskeuze van de meetpunten en van hun aantal.
Daarom is van tevoren een schatting gemaakt van de verspreiding van het uitstromende rivierwater, waarvan werd aangenomen dat ze symmetrisch zou zijn. De keuze van de te openen schuiven viel op de sluisopeningen IV, V en VI, die midden voor de hoofdgeul, het Slijkgat, liggen, waardoor een zo symmetrisch mogelijke uitstroming zou worden verkregen. In de meetpunten 1, 2, 3, 7 en 8 (fig. 1) werden zowel het chloridegehalte, als de stroomrichting en de stroomsnelheid gemeten. Verder werd op de meetpalen in de mond van het Haringvliet (meetpunt 4 en 5), het chloridegehalte bepaald; aanvullende zoutgegevens konden verkregen worden in de meetpunten A t/m E met behulp van een meetboot.
Het aantal meetpunten was evenwel te gering om een volledig beeld te krijgen van de verspreiding en de daarmee gepaard gaande menging. Om het beeld meer te completeren

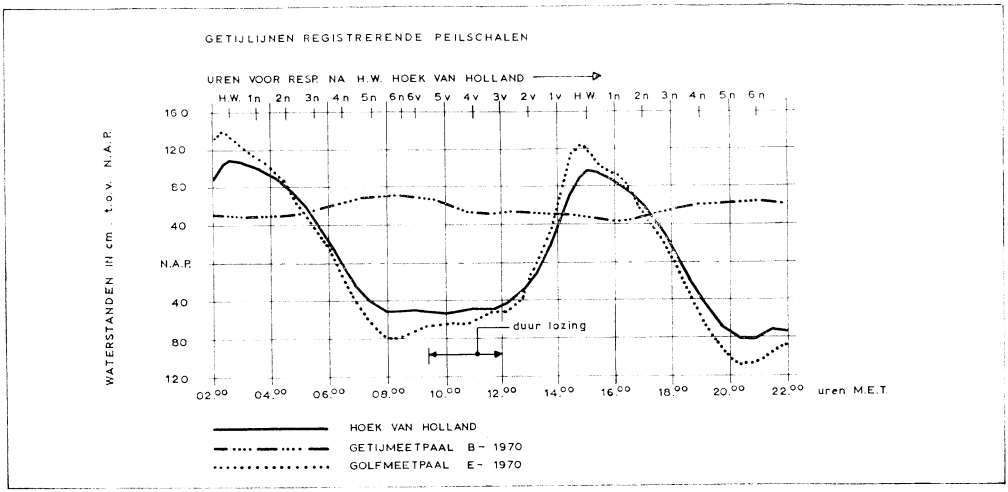
werd besloten zo mogelijk gebruik te maken van waarnemingen vanaf grote hoogte die een totaal overzicht kunnen geven. Vanuit een vliegtuig worden daarbij infra-rood opnamen van het gebied gemaakt. Op grond van verschillen in de warmte-uitstraling van het water – die de zwarting op de foto bepaalt – wordt een overzicht van de verspreiding en de menging verkregen. Naarmate het temperatuurverschil tussen het rivier- en zeewater groter is, is ook het contrast op de foto groter en wordt derhalve de mate van menging, althans aan het oppervlak, beter waarneembaar. Naast de zout- en snelheidsverticalen moest dus ook de temperatuur gemeten worden om als referentiewaarde voor de infra-roodopnamen te dienen.

Wilde men zoveel mogelijk profijt trekken van de infra-roodopnamen dan moest de afvoer

Fig. 2. Verloop van het verticale getij in een aantal meetpunten op 27 juni 1972

Fig. 1. Stelsel van meetpunten voor de vaststelling van de rivierwaterverspreiding over de mond van het Haringvliet





van rivierwater aanzienlijk zijn terwijl de totale hoeveelheid te lozen water toch erg beperkt was, omdat de afvoeren van de Rijn regelmatig laag waren. Er werd daarom gedacht aan een afvoer van $\pm$ 1500 m^3/sec gedurende een kortere tijd dan die van een normale spuiperiode. Deze afvoer werd verkregen door de drie genoemde naast elkaar gelegen schuiven 2 m te heffen.
Deze praktische eisen waren goed te combineren met het afzonderlijk opnemen in één meetprogramma van de invloed van het getij en de rivierafvoer op de waterbeweging. De getijkromme bij de Haringvlietsluizen vertoont namelijk in het laatste gedeelte van de laagwaterperiode (fig. 2) een nagenoeg gelijkblijvende constante waterstand. Een lozing gedurende deze periode zou een ongeveer constante afvoer opleveren en tevens de getij-invloed tijdens het lozen uitsluiten. Na de lozing zou dan de getijbeweging zijn invloed doen gelden op de verspreiding. Gekozen werd een lozingsduur van 2 uur.

Meetresultaten

De meting werd uitgevoerd op 27 juni 1972. Het begin van de lozing werd op het laatste moment nog uitgesteld van 9 uur tot 10 uur in de hoop dat de laaghangende bewolking voldoende zou optrekken om de fotovlucht doorgang te doen vinden; helaas gebeurde dat niet. De overige omstandigheden waren gunstig, hoewel er nogal wat deining stond. De wind draaide in de loop van de dag van oost over zuid naar noord, maar de windsnelheden waren laag, met een maximum van 4 m/sec. Tijdens de lozing was de windrichting zuidwest. De temperatuur van het water aan de zeezijde van de uitwateringssluizen was over de diepte constant en bedroeg 16,2° C, terwijl de temperatuur aan de rivierzijde varieerde van 18,1° C aan het oppervlak tot 16,3° C bij de bodem. De temperatuur van het afgevoerde water zal dus ongeveer 1° C hoger geweest zijn dan die van het zeewater, wat voldoende zou zijn geweest voor duidelijke infra-roodopnamen.
Het chloridegehalte van het rivierwater bedroeg ongeveer 200 mg Cl′/l, terwijl het water in de mond van het Haringvliet een chloridegehalte had dat over de diepte varieerde van 14 000 tot 18 000 mg Cl′/l.
De grafiek die het verloop van het chloridegehalte weergeeft langs de stromingsas tijdens de lozing, toont dat (zie fig. 3) de bovenste laag van 2 m vóór de lozing een lager chloridegehalte had dan 16 000 mg Cl′/l. Hier varieerde het chloridegehalte van 14 000 tot 16 000 mg Cl′/l. Dit is deels nog een gevolg van de vorige lozing en deels te danken aan het rivierwater dat van de Rotterdamse Waterweg afkomstig was en tijdens zuidgaand getij via het Gat van de Hawk de mond van het Haringvliet bereikte. Dat dit zoetere water niet door de gehele verticaal gemengd was, laat zich verklaren door het rustige weer. De lage windsnelheden veroorzaakten slechts kleine golven, waarvan de orbitaalbeweging vanwege de relatief grote diepte (8 m in het Slijkgat) nagenoeg wrijvingsloos was en dus weinig menging opleverde. Bij grote windsnelheden zullen hogere golven in de mond van het Haringvliet voorkomen, waarbij de wrijving niet meer te verwaarlozen is en intensievere menging plaatsvindt. Bovendien zal de menging aan de oppervlakte dan nog vergroot worden door het breken van de golven.

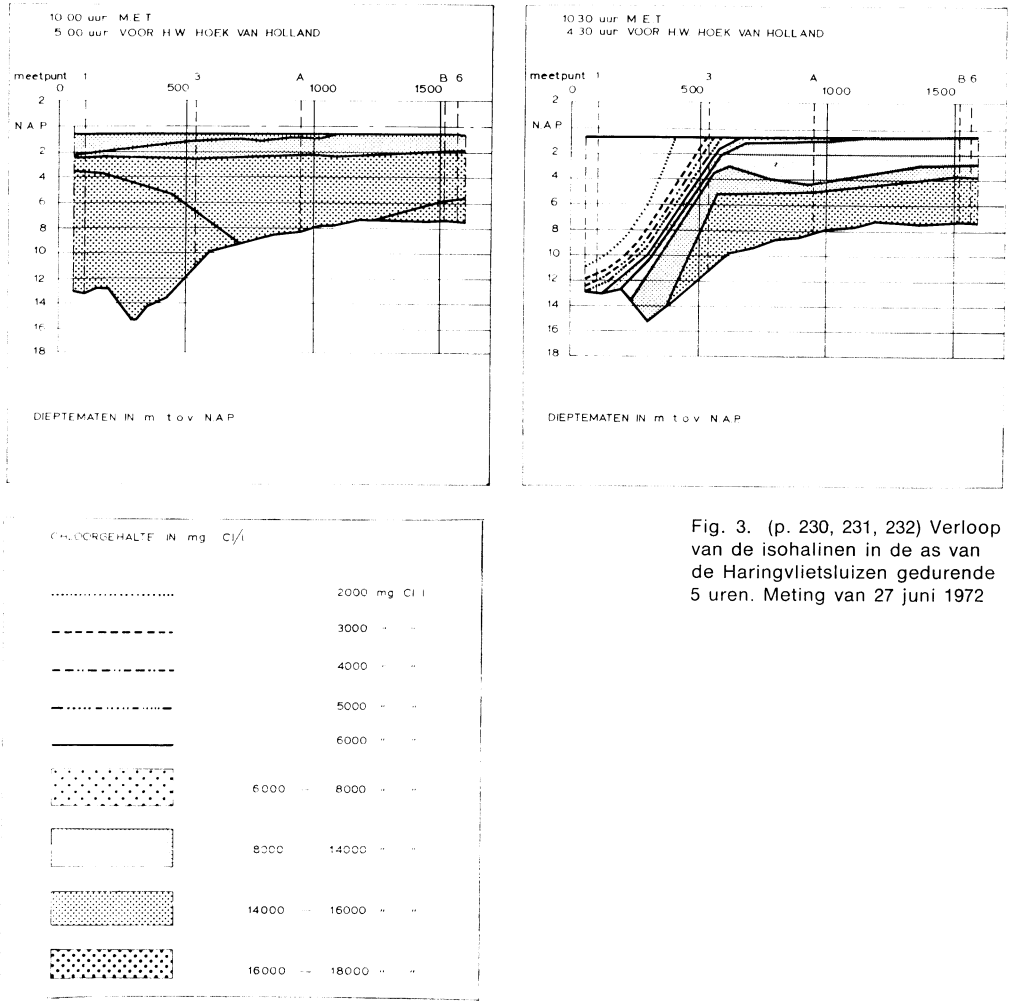
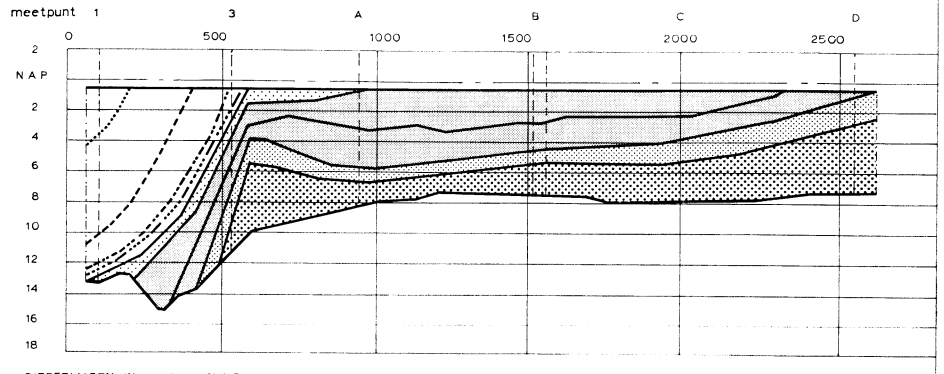


Fig. 3. (p. 230, 231, 232) Verloop van de isohalinen in de as van de Haringvlietsluizen gedurende 5 uren. Meting van 27 juni 1972

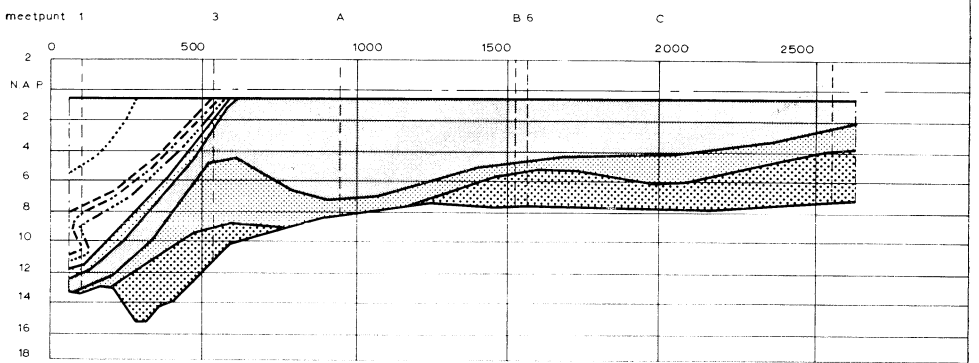
Om tien uur werden de drie schuiven geheven. Aangezien het verval over de sluis vrij groot was, werden de schuiven geheven in twee stappen van 1 m. Desalniettemin werd de oppervlaktegolf die met dit openen gepaard ging, duidelijk geregistreerd op de meetpalen. Gelijktijdig met de oppervlaktegolf ontwikkelde zich een interne golfbeweging, die zich veel langzamer voortplantte. Deze interne golfbeweging is in wezen identiek aan de voortplanting van het zoetwaterfront, die gekenmerkt wordt door de aanwezigheid van een stroomnaad op het water.
Het water in de mond van het Haringvliet was op het moment dat de lozing begon, nagenoeg in rust. De zoetwaterstroom, die onder de schuiven uitkwam had een hoge snelheid die echter vertraagd werd door het zeewater. Dit energieverlies van de zoetwaterstroom vindt enerzijds plaats door menging in de interne 'watersprong', – een in de hydraulica bekend verschijnsel, dat duidelijk zichtbaar is op de betreffende figuren – anderzijds door energie-overdracht op het zeewater, dat door de zoetwaterstroom in beweging wordt gebracht. Dit komt goed tot uiting in de grafieken der chloridegehalten over de stromingsas op de tijdstippen 10.30, 11, 11.30 en 12 uur. De menging bleek bij de watersprong erg sterk te zijn zoals men kan zien aan de afstroming van het brakke water. Doordat het zeewater bij de watersprong in verticale richting werd gemengd en via de bovenlagen tot afvoer kwam, werd er zeewater naar de watersprong toegezogen, waardoor een retourstroming ontstond. De figuren 9 en 10 tonen aan dat er een retourstroom van zeewater in de onderlaag is ontstaan en dat deze

11.00 uur M.E.T
4.00 uur VOOR H.W. HOEK VAN HOLLAND



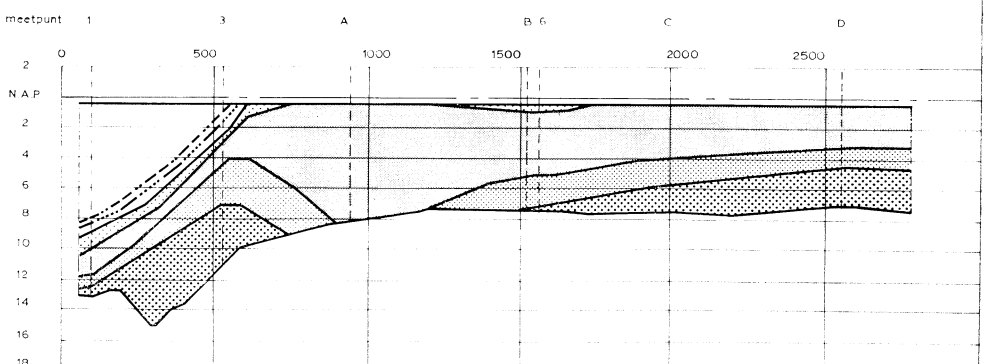
DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

11.30 uur M.E.T
3.30 uur VOOR H.W. HOEK VAN HOLLAND



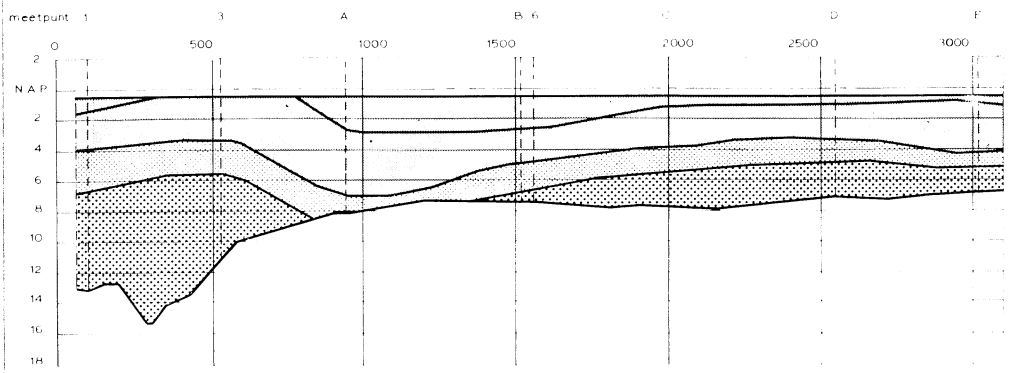
DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

12.00 uur M.E.T
3.00 uur VOOR H.W. HOEK VAN HOLLAND



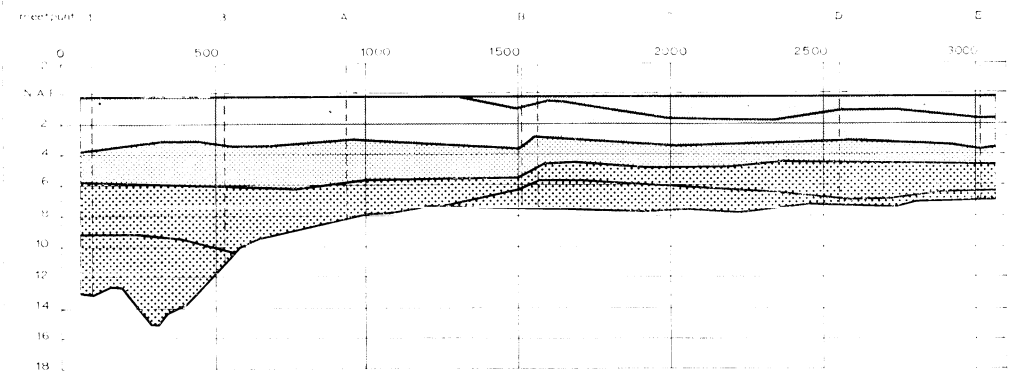
DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

12.30 uur M.E.T.
2.30 uur VOOR H.W. HOEK VAN HOLLAND



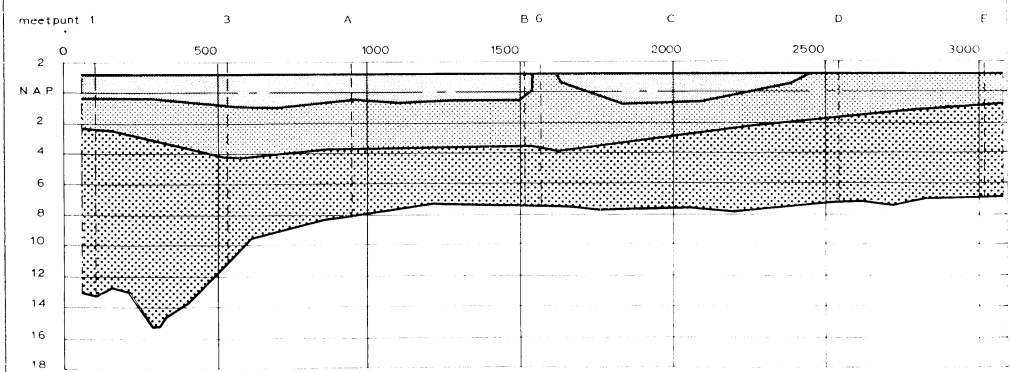
DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

13.00 uur M.E.T.
2.00 uur VOOR H.W. HOEK VAN HOLLAND



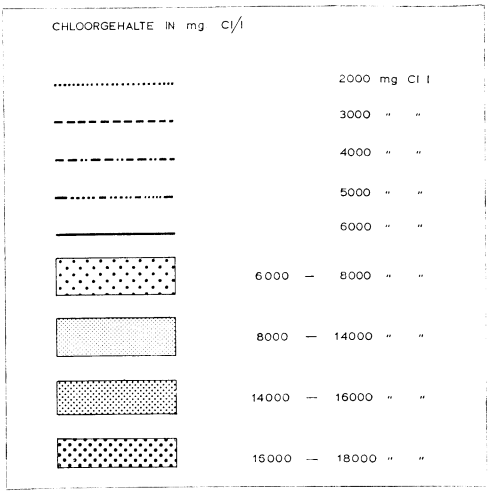
DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

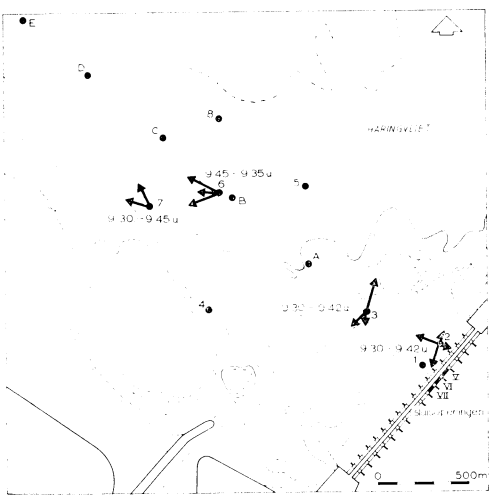
15.00 uur M.E.T.
H.W. HOEK VAN HOLLAND

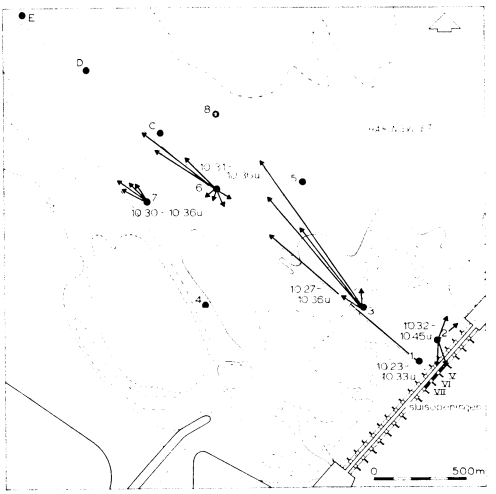


DIEPTEMATEN IN m t.o.v. N.A.P.

Fig. 4. Gemiddelde stroomsnelheid- en richting over de verticaal in een aantal meetpunten omstreeks half tien, half elf en elf uur op 27 juni 1972







toestroming van zeewater naar de sluis ook zijdelings plaats vond.
Na verloop van ongeveer 1½ uur bleek het zeewater nog alleen zijdelings naar de watersprong toegevoerd te worden en leek de de stromingstoestand stationair te worden. Dit valt ook te bespeuren uit het verloop van het zoutgehalte aan de bodem bij meetpunt 1 (fig. 5). Opvallend is het verschil in het verloop van het zoutgehalte van de meetpunten 4 en 5, die symmetrisch liggen ten opzichte van de stromingsas. Terwijl meetpunt 4, aan de zuidzijde, een nagenoeg volledig gemengde verticaal vertoonde tijdens de lozing, bleek bij meetpunt 5 een sterk verloop in chloridegehalte over de hoogte op te treden. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de zijdelingse toestroming van zeewater aan de noordzijde gemakkelijker verliep, omdat zich

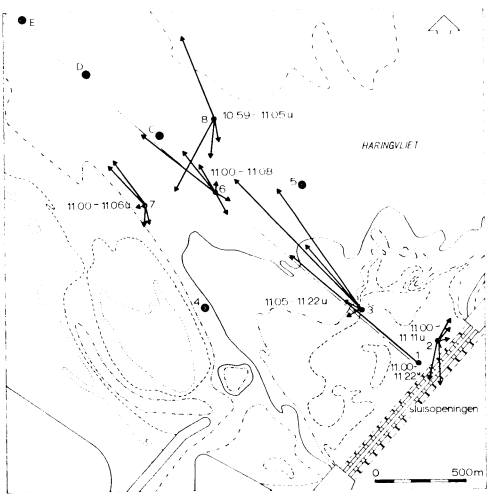
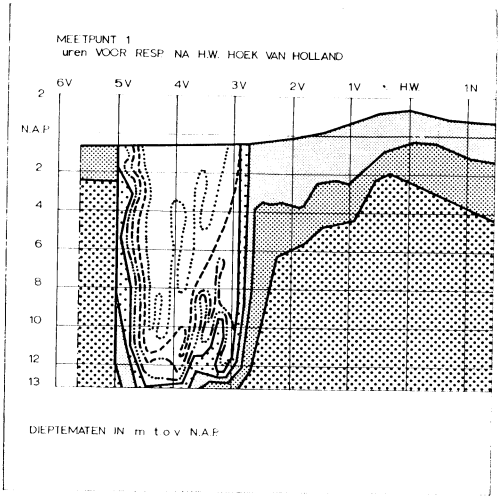
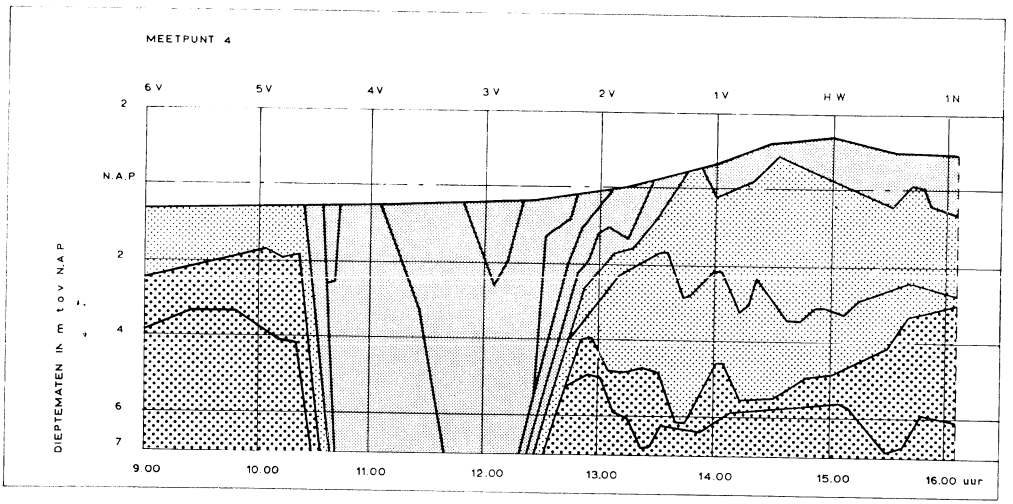


Fig. 5. Verloop van de chloorgehalten in een aantal meetpunten





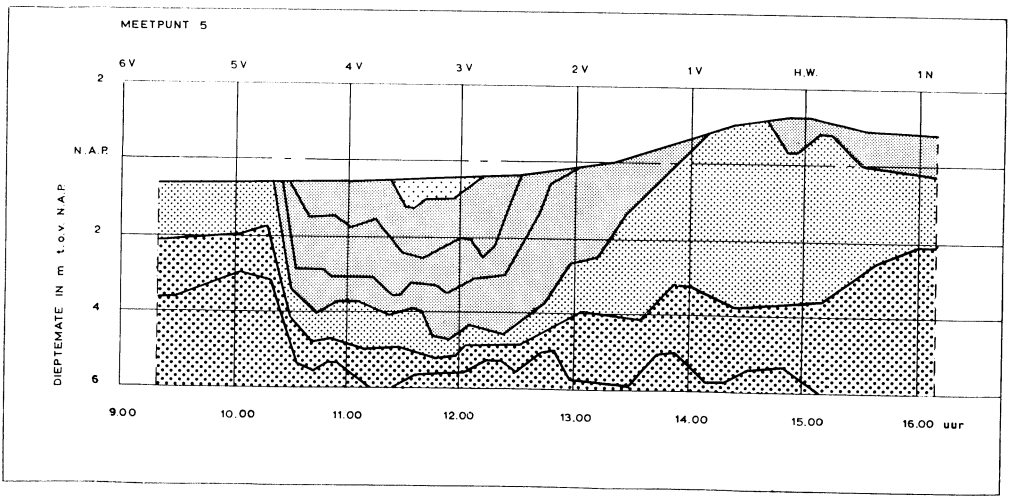
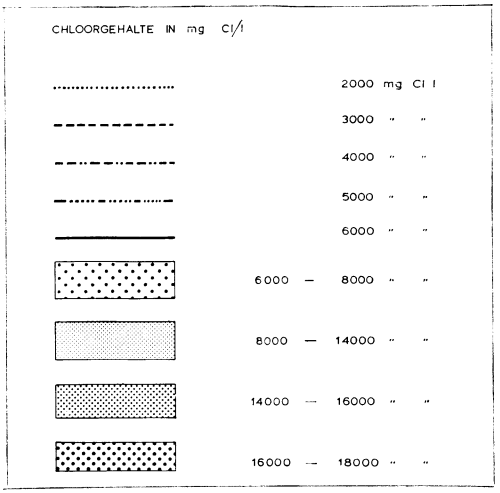
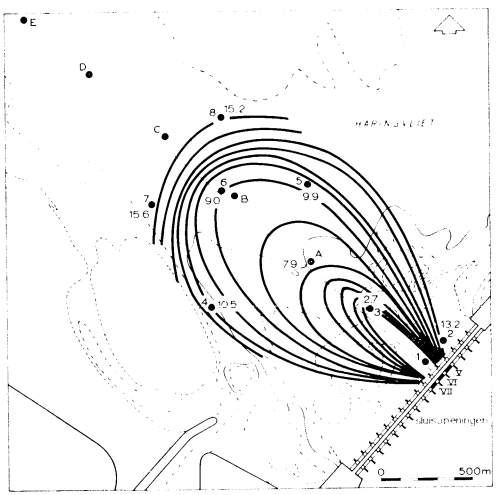
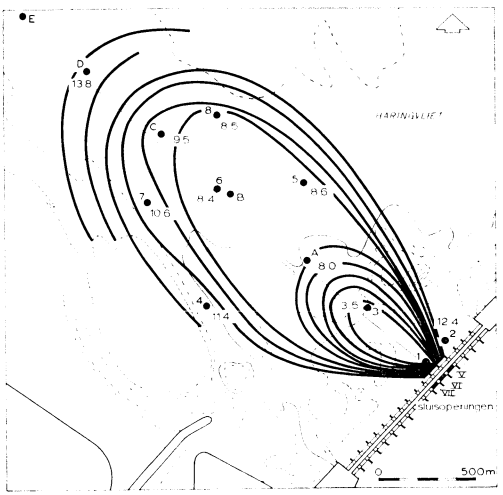
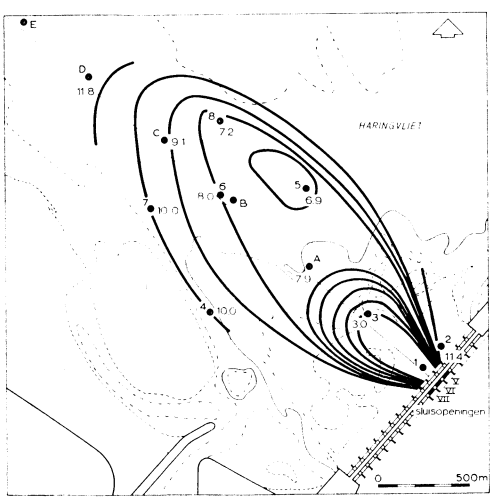


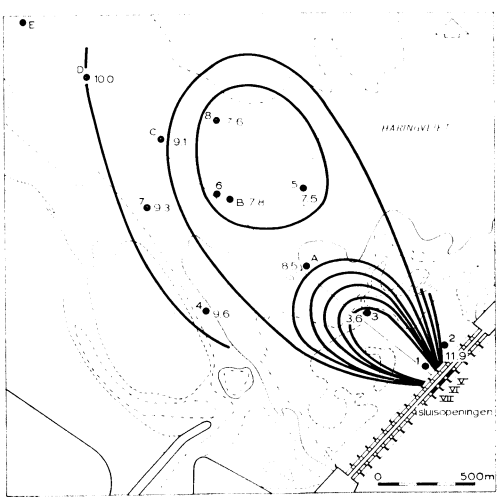
Fig. 6. Chloorgehaltes aan het wateroppervlak in 1000 mg Cl'/l om achtereenvolgens half elf, elf uur, half twaalf en twaalf uur









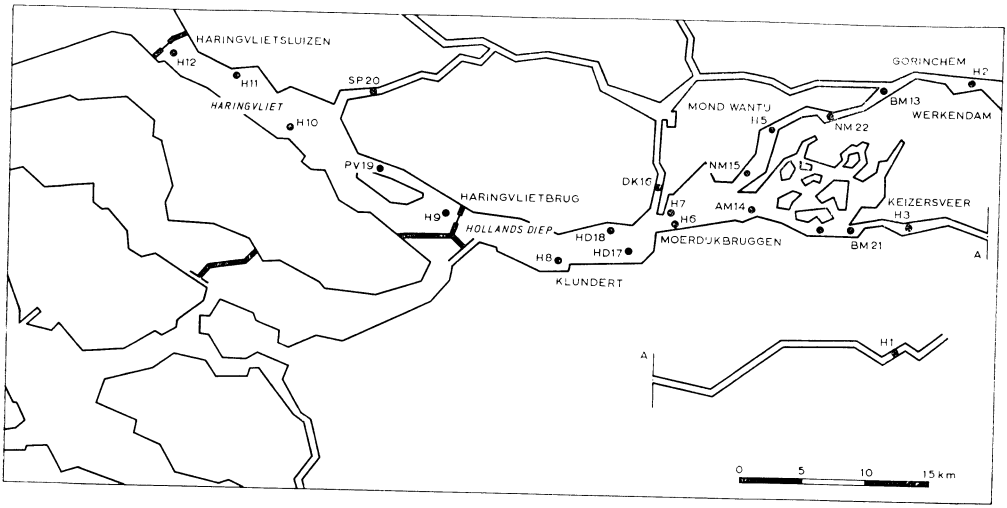


daar een dieper gedeelte bevindt dat in verbinding staat met het Rak van Scheelhoek, waardoor ook het zoetere water zich in die richting gemakkelijker kan verspreiden. Dit in tegenstelling tot de zuidzijde, waar zich een platengebied bevindt.
Aan de hand van de gemeten chloridegehalten kan men zich wel een globaal beeld vormen van de verspreiding van het gemengde water tijdens de lozing. Daarbij blijkt dat de hoofdrichting van de verspreiding samenviel met de hoofdas van het Slijkgat en dat in de breedterichting een grotere verspreiding in noordelijke dan in zuidelijke richting optrad. Uitgebreidere informatie hieromtrent is vanwege het niet doorgaan van de fotovlucht helaas niet ter beschikking gekomen.
Om 12 uur werden de sluisopeningen gesloten. De stroomsnelheid van de zoetere bovenlagen in zeewaartse richting nam daardoor af, terwijl de stroomsnelheid van het zeewater in de onderlagen daarentegen in de richting van de sluizen toenam. Dit verschijnsel werd nog versterkt door het opkomen van de vloed. Het verschil in dichtheid tussen het zeewater en de zoetere lagen leidde ertoe dat de dikte van de zoetere lagen afnam, terwijl het oppervlak dat door de zoetere lagen bestreken wordt, steeds groter werd.
Het verspreidingsoppervlak ging zich onder druk van de vloed in noordelijke richting verplaatsen. Ook werd de menging steeds intensiever.
Uit de meting is gebleken dat de lozing van rivierwater een interne watersprong veroorzaakt, die met zeer sterke menging gepaard gaat; het voor de menging in de watersprong benodigde water wordt daarbij vooral zijdelings aangevoerd. Daarnaast is komen vast te staan dat de verzoeting in de mond tijdens de lozing aanzienlijk is, maar dat de zoetere waterlagen na de lozing onder invloed van het getij sterk verspreid en gemengd worden, zodat van het geloosde rivierwater in de mond na enige uren weinig meer in geconcentreerde vorm valt te bemerken.
Het ligt in de bedoeling dit soort metingen regelmatig te herhalen, zoveel mogelijk in combinatie met fotovlucht-verkenningen.

De waterkwaliteit in het Hollands Diep en het Haringvliet in het eerste halfjaar van 1972

Door de afsluiting van het Haringvliet ontstond er op het riviertraject Nieuwe Merwede–Hollands Diep–Haringvliet een nieuwe hydraulische situatie. Het vroegere getijgebied veranderde in een vrijwel stilstaand meer. Deze verandering heeft ook belangrijke gevolgen voor de waterkwaliteit.

Dit artikel handelt over het omvangrijke onderzoeksprogramma dat wordt uitgevoerd om de gevolgen die het Deltaplan er heeft voor het milieu tot in de finesses te leren kennen. Soortgelijk op het milieu gericht onderzoek wordt ook in andere delen van het Deltagebied verricht. Het onderzoek dat in dit artikel beschreven wordt, is het resultaat van de activiteiten van een multidisciplinaire projectgroep, waarin behalve het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater en de Deltadienst, als onderdelen van de Rijkswaterstaat, ook het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, de Directie van de Visserijen, de Regionale Inspectie voor de Milieu-Hygiëne, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid vertegenwoordigd zijn. De algemene doelstelling van deze projectgroep is het coördineren en waar nodig op gang brengen of zelf ter hand nemen van het onderzoek naar de kwalitatieve aspecten van het water in het noordelijk Deltabekken sinds de afsluiting van het Haringvliet. Meer in concreto richt de projectgroep zich op de bestudering van de ontwikkeling van de waterkwaliteit in het bekken als functie van ruimte en tijd, en van de inter-relatie tussen water en bodem van het bekken. Zij verricht daarnaast correlatieberekeningen met hydrometeorologische factoren. Ze beoogt daarmee onder meer een bijdrage te leveren tot de verdieping van het inzicht in dergelijke problemen.
Ze brengt van haar bevindingen rapport uit, en op grond daarvan worden adviezen aangeboden.
Als basis van deze taak is in het noordelijk Deltabekken een waarnemingsnet voor het routine-onderzoek opgebouwd, dat jaarlijks circa 100 000 gegevens oplevert. Voor de bewerking daarvan wordt bij de Rijkswaterstaat een datasysteem ontwikkeld.
In dit artikel wordt de kwalitatieve toestand van het water in het Hollands Diep/Haringvliet bezien over de periode januari tot en met juni 1972. Reeds in Bericht 57 (augustus 1971) werd gewezen op het te verwachten spaarbekkeneffect van het Haringvlietbekken, een proces van chemische en biologische zelfreiniging onder invloed van de relatief lange verblijftijd van het water in het bekken. Dit effect zal duidelijker zijn naarmate er minder door de Haringvlietsluizen wordt geloosd. De mate waarin het spaarbekkeneffect optreedt is behalve van de verblijftijd van het water in het Haringvlietbekken, ook afhankelijk van plaatselijke verontreinigingen ten gevolge van de lozing van niet of onvolledig gezuiverd afvalwater, vervuild polderwater en sterk vervuilde watergangen.
De belangrijkste lokale belastingsbron is thans de afvalwaterpersleiding van Breda waardoor 220 000/inwoner-equivalenten worden geloosd. De bouw van de rioolwaterzuiveringsinstallatie van Breda bevindt zich echter reeds in een vergevorderd stadium, zodat deze belasting binnen afzienbare tijd sterk zal worden teruggebracht. De overige rechtstreekse afvalwaterlozingen in het af-



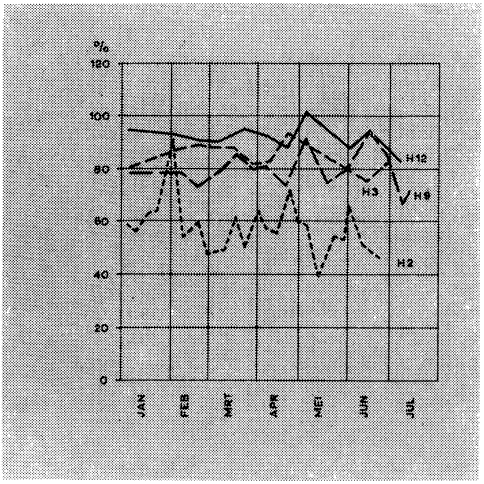
waterend gebied zijn in het algemeen van bescheiden omvang.
De meest vervuilde watergang in het onderzoeksgebied is ongetwijfeld de Donge. Deze watergang, die een vervuilingswaarde heeft van circa 250 000/inwoner-equivalenten, en vermoedelijk ook de Roode Vaart, zijn in de beschouwde periode een omvangrijke belastingsbron geweest. De omvangrijkste belastingen aan polderwater worden op het Hollands Diep uitgeslagen, via de gemalen nabij Strijensas en nabij Numansdorp en de gemalen 'Nieuwendijk', 'Niervaart' en 'Tonnenkreek'. Via het Kanaal door Voorne wordt voornamelijk schut- en lekwater, alsmede polderwater op het Haringvliet geloosd. Gezamenlijk waren deze lokale belastingbronnen in het eerste halfjaar van '72 echter slechts verantwoordelijk voor 3–5% van de totale belasting aan fosfor- stikstofverbindingen en zwevende stof, die in het Hollands Diep/Haringvlietbekken werd binnengebracht. Verreweg het grootste deel van de belasting komt van het rivierwater, aangevoerd door de Boven-Merwede en de Bergse Maas. Volledigheidshalve moet nog opgemerkt worden dat het aandeel van de lokale belasting relatief zal stijgen, naarmate de verblijftijd van het water in het Hollands Diep en het Haringvliet toeneemt.
Het onderzoeksprogramma van de projectgroep is eerder globaal ter sprake gekomen in Bericht 57. Het onderzoek is echter sindsdien geïntensiveerd. Met behulp van meetwagens waarin geautomatiseerde apparatuur is ondergebracht, wordt maandelijks onderzoek verricht bij ongeveer twintig belastende bronnen, vooral gemalen. Met hulp van verschillende waterschappen worden de totalen van de verontreinigingen bepaald. De meet- en bemonsteringspunten in het ontvangende water zijn zo gekozen, dat ze niet onder directe invloed staan van lokale lozingen. Voorts zijn vrijwel alle meetpunten in de hoofdgeul van het bekken gelegen; zij worden representatief geacht voor het gehele dwarsprofiel. Het fysisch-chemisch onderzoek dat twee-wekelijks plaatsvindt op 23 punten, wordt voor zover mogelijk gedeeltelijk ter plaatse met behulp van geautomatiseerde apparatuur uitgevoerd. De analyse van de monsters vindt plaats in de laboratoria van het R.I.Z.A. en de Deltadienst. Het bacteriologisch onderzoek wordt verricht op 17 plaatsen. De monsters worden in het laboratorium van het R.I.Z.A. onderzocht. Het hydrobiologisch onderzoek vindt in zeven punten plaats, waarbij de monsters in het laboratorium van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek onderzocht worden op netplankton, nannoplankton en chlorophylgehalten. Het onderzoek naar pesticiden en zware metalen wordt eveneens maandelijks in zeven punten uitgevoerd. Deze monsters worden in het laboratorium van het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid onderzocht. Het onderzoek naar het voorkomen en het gedrag van zware metalen in slib wordt uitgevoerd door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.).
Eerder is gesteld dat de kwaliteit van het water in het onderzoeksgebied wordt beïnvloed door de verblijftijd, die afhankelijk is van oppervlaktewaterafvoeren en het daaraan gekoppelde programma van lozingen met de Haringvlietsluizen. In de hier beschreven onderzoeksperiode bleven de Bovenrijnafvoeren beneden de middelbare afvoer. Het

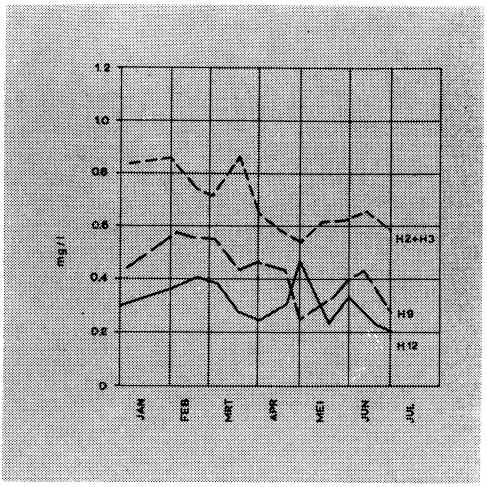
Fig. 1. Overzicht van de meetpunten voor de waterkwaliteit in het noordelijk bekken

beeld dat we op grond van metingen in deze periode geven van de waterkwaliteit, is dus noodzakelijk eenzijdig. Bovendien hangt de kwaliteit van het oppervlaktewater in sterke mate af van fysische, chemische, bacteriologische en biologische processen, alsmede van meteorologische omstandigheden, lozingen en dergelijke, zodat een wetenschappelijk verantwoorde interpretatie over een relatief korte periode slechts een beperkte strekking kan hebben.

Beschouwen we de waterkwaliteit in elk meetpunt als functie van de tijd, dan blijkt dat het Hollands Diep/Haringvliet die kwaliteit op twee manieren wezenlijk beïnvloedt: enerzijds worden tengevolge van menging van het rivierwater met het bekkenwater excessieve waarden afgevlakt; het verloop van vele parameters is in H9 (Haringvlietbrug) en H12 (Haringvlietsluizen) minder grillig dan in H2 (Gorinchem) en H3 (Keizersveer). Het verschil tussen de waarden van vele parameters in H2/H3 en H9/H12 wijst op de andere invloed, die van de fysische en biologische zelfreiniging. Het resultaat daarvan hangt, zoals reeds gesteld is, in sterke mate af van de verblijftijd in het bekken. In het eerste halfjaar van 1972 bedroeg de verblijftijd gemiddeld ongeveer vijf weken.

Ondanks de verdunnende en afvlakkende invloed op het rivierwater blijft een aantal parameters grillig verlopen. In belangrijke mate is dit het gevolg van biologische activiteit, onder meer veroorzaakt door de aanvoer van aanzienlijke hoeveelheden organische stoffen, en voedingsstoffen (o.a. fosfaten). Een dergelijk grillig verloop is kenmerkend voor een jong en weinig stabiel ecosysteem. De zuurstofhuishouding van het water kan worden vastgelegd met behulp van het zogenaamde zuurstofverzadigingspercentage. Dit kan worden berekend uit het actueel gemeten zuurstofgehalte en de hoogste waarde, die het zuurstofgehalte in het water kan hebben bij de temperatuur en het zoutgehalte, die er op dat moment ter plaatse zijn. In het zuurstofverzadigingspercentage van het water in het Hollands Diep/Haringvliet is de invloed van sneller verlopende bacteriologische processen bij hogere watertemperatuur niet merkbaar. Dit hoeft geen verwondering te wekken, omdat het instromende rivierwater in feite al 'aan de beterende hand' is. Ruimtelijk gezien treden evenwel in de zuurstofhuishouding in het bekken grote veranderingen op. Op het traject Gorinchem/Keizersveer–Moerdijkbruggen verandert het zuurstofverzadigingspercentage maar heel weinig. Dat komt omdat zuurstofproduktie door plantaardige organismen en toetreding vanuit de atmosfeer enerzijds en zuurstofconsumptie voornamelijk door bacteriën anderzijds elkaar in evenwicht houden. Tegenover een zuurstofverzadigingspercentage van 40–70% in de Nieuwe Merwede staat een percentage van 70–100% in de Amer. Ten westen van de Moerdijkbruggen neemt de verblijftijd toe en neemt de hoeveelheid afbreekbare organische stof af, terwijl de fotosynthetische aktiviteit toeneemt. Tezamen met de beluchting vanuit de atmosfeer, die tengevolge van de ontvankelijkheid voor de wind van dit bekken zeer aanzienlijk is, verbetert dit de zuurstofhuishouding tot een verzadigingspercentage van gemiddeld 95% nabij de Haringvlietsluizen. Het biochemisch zuurstofverbruik (BOD), een maat voor de hoeveelheid gemakkelijk afbreekbare organische stoffen, vertoont geen duidelijke seizoensinvloed. Dat de BOD-waarde op het traject Keizersveer/Gorinchem–Moerdijkbrug maar zo weinig afneemt wordt grotendeels veroorzaakt door sedimentatie van organisch materiaal dat geadsorbeerd is aan gesuspendeerde stoffen. Tengevolge van lozingen van sterk vervuilde riviertjes en afvalwater treden in dit gebied omvangrijke verstoringen van het resultaat van de zelfreinigingsprocessen op. Het BOD-patroon wordt in deze gebieden, waar het aanstromende voedselrijke rivierwater nagenoeg tot stilstand komt, merkbaar gestoord door de opbloei van plantaardige micro-organismen, met name in het voorjaar en de zomer. Gezien de korte duur van het onderzoek kan hierover echter geen uitsluitsel worden gegeven. Een dergelijke opbloei betekent niet zonder meer een verslechtering van de waterkwaliteit, omdat vele stoffen, met



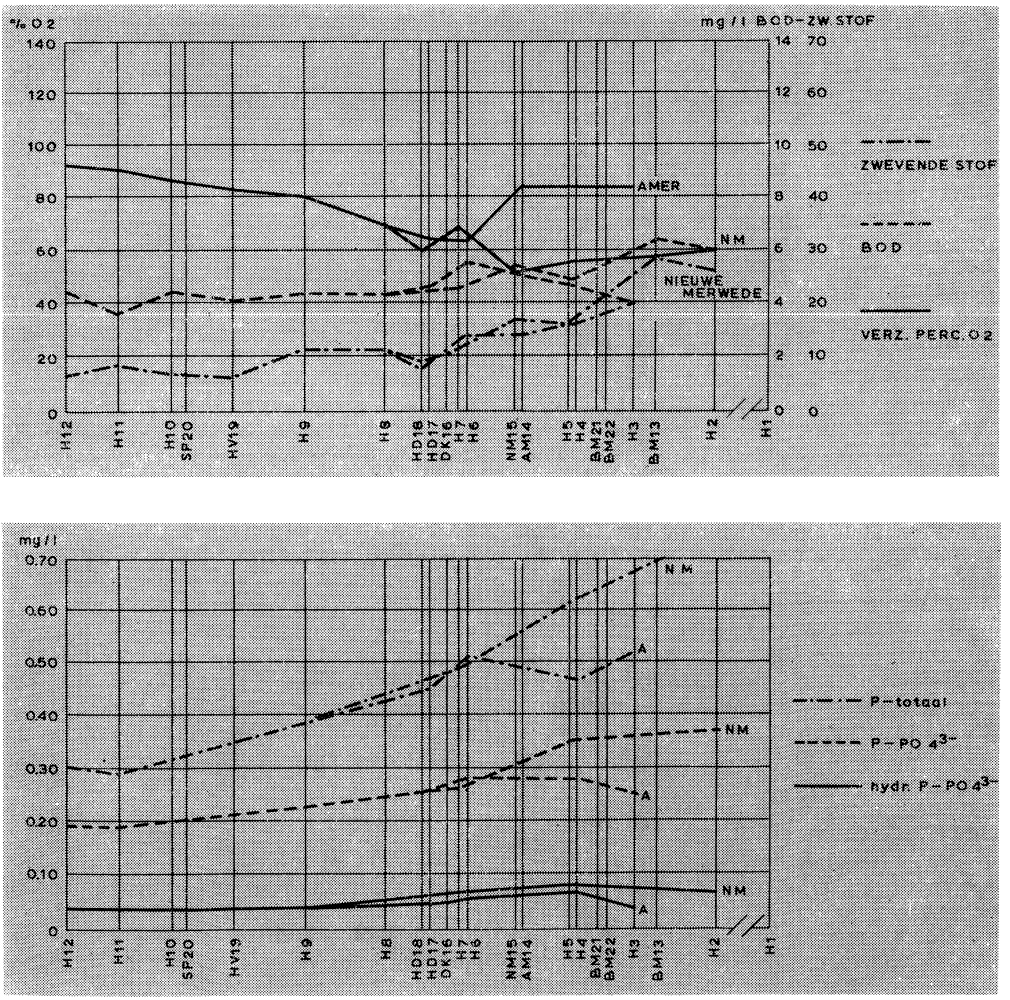


name anorganische voedingszouten, dan in organisch materiaal worden omgezet. Deze secundaire belasting op de zuurstofhuishouding kan, voorzover ze niet tot zuurstofuitputting leidt, zelfs een gunstig effect hebben op de waterkwaliteit.
De pH-waarde van het rivierwater is tengevolge van industriële lozingen, die een verzurende invloed op het water uitoefenen, zeer laag. Gemiddeld varieert de pH-waarde in de Nieuwe Merwede tussen 7,4 en 7,7 en in de Amer van 7,6 tot 7,8 terwijl het pH-evenwicht van het water ongeveer ligt op 7,9. Uit het verschil blijkt, dat het water enigszins agressief is. Opslag van rivierwater veroorzaakt een verlaging van de zuurgraad, die onder meer toegeschreven moet worden aan de toenemende fotosynthetische aktiviteit. De pH-waarde bedroeg in juni 8,5 en nam in de winter weer af tot waarden tussen 7,9 en 8,0.
In de loop van de beschouwde periode nemen de gehalten aan orthofosfaat (d.i. het oplosbare fosfaat, afkomstig van kunstmest, uitspoeling faecaliën) en totaal-fosfaat (d.i. de som van het oplosbare en onoplosbare fosfaat) in de stations H2 en H3 duidelijk af, hetgeen overeenkomt met de lagere fosfaatgehalten van het Rijn- en Maaswater in die periode. In H9 en H12 is deze seizoensinvloed veel minder significant. Vergrote biologische activiteit in het voorjaar, zoals bijvoorbeeld de opbloei van kiezelwieren, lijkt weinig invloed uit te oefenen op het gehalte aan orthofosfaat.
Ruimtelijk gezien ondergaat met name het totaalfosfaat omvangrijke veranderingen in het onderzoeksgebied. Significante vermindering van het totaalfosfaat treedt op in het traject Gorinchem–Moerdijkbrug, in belangrijke mate als gevolg van sedimentatie. Over het gehele traject neemt het totaalfosfaat met 60% af tot waarden die variëren van 0,4–0,2 mg P tot/l.
Het gehalte aan hydroliseerbaar fosfaat, waarin o.a. de polyfosfaten uit de wasmiddelen, is over het gehele traject vrij laag, aangezien het grootste gedeelte van deze fosfaten omgezet is in orthofosfaat. Het rivierwater bevat veel stikstofverbindingen, en in het bijzonder ammonium. Het gehalte is sterk afhankelijk van de temperatuur van het water: in winter en voorjaar is het hoog (4–6 mg N/l) en in de zomer en herfst relatief laag (1–3 mg N/l). Dit komt omdat de nitrificatie en de omzetting van ammonium in organisch celmateriaal in het voorjaar en de zomer onder invloed van de hogere watertemperaturen toeneemt. Naast ammonium bevat het rivierwater grote hoeveelheden nitraat (ca. 3 mg N/l). Het nitraatgehalte blijft over het traject Gorinchem/Keizersveer–Moerdijkbrug vrij constant.
Het gehalte aan organisch stikstof neemt af, naarmate de beschouwde periode voortschrijdt, en bereikt in juni minimum-waarden. Over het gehele traject Gorinchem/Keizersveer–Haringvlietsluizen blijkt het gehalte aan organisch stikstof niet noemenswaardig te veranderen. De hoeveelheid detergenten daarentegen neemt evenals het gehalte aan fenolen, over het gehele traject beschouwd af.
Karakteristiek voor het traject Gorinchem/Keizersveer–Moerdijkbruggen is het omvangrijke sedimentatieproces. Dit leidt tot aanzienlijke vermindering van het gehalte aan zwevende stof en veroorzaakt daardoor toenemende helderheid. Op het traject Moerdijkbrug–Haringvlietsluizen is de afname van

Fig. 2. Verloop van een tweetal parameters in de meetpunten H_2/H_3, H_9 en H_{12}, gedurende het eerste halfjaar 1972

zwevende stof gering. Deze afname is sterk afhankelijk van de opbloei van plantaardige organismen.
Het onderzoek naar zware metalen, zowel in gecentrifugeerde als ongecentrifugeerde watermonsters is pas in mei 1972 aangevangen. Uit de eerste waarnemingen blijkt duidelijk dat de hoeveelheid spoorelementen in ongecentrifugeerd water op het traject Werkendam/Klundert afneemt, vermoedelijk in nauwe samenhang met de sedimentatie van slib. Een uitzondering vormen de metalen arseen en nikkel.
In het gecentrifugeerde water, waaruit de zwevende bestanddelen zijn verwijderd, vindt eveneens afname plaats op het traject BM13–H8 met name van chroom en zink en in mindere mate van lood en kwik. Zo'n vermindering kan bewerkstelligd worden door zeer

Fig. 3. Gemiddeld verloop van een aantal parameters in de periode januari-juni 1972



verschillende fysische, chemische en biologische processen.
Het onderzoek naar het voorkomen en gedrag van zware metalen in het bodemslib in 1972 heeft aangetoond dat er nog geen veranderingen in het mobilisatiepatroon van de metalen zink, koper, chroom, lood en cadmium zijn ingetreden. De veranderingen in de gehalten aan zware metalen in het door de bovenrivier afgevoerde en in de Nieuwe Merwede gesedimenteerde slib blijven zich voltrekken volgens hetzelfde patroon als dat van de periode 1958–1970. Voor de metalen zink en lood werd in de genoemde periode een duidelijke daling van de gehalten in het gesedimenteerde slib waargenomen, welke daling zich ook in 1971 verder voortzette. Bij het element zink was het niveau in maart 1972 ongeveer vergelijkbaar met dat van 1971, terwijl de loodgehalten zich in 1972 nog steeds in een dalende lijn bevonden. Bij koper, chroom en cadmium was er van 1958 tot 1970 sprake van een stijging van het niveau. In 1971 en in maart 1972 blijken deze verhogingen zich verder voort te zetten, met dien verstande dat de toename van chroom in 1972 tot stilstand schijnt te zijn gekomen. Bijzondere aandacht verdienen de gedurende de laatste jaren sterk toenemende cadmiumgehalten in het Rijnslib. De gehalten uit 1958, die reeds als hoog moesten worden gekwalificeerd, zijn sindsdien nog verdrievoudigd. Ook in de Maas-sedimenten worden hoge cadmiumgehalten aangetroffen. Alhoewel het Maasslib over het algemeen minder sterk met zware metalen is verontreinigd dan het Rijnmateriaal, bevinden de cadmiumgehalten in het Maasslib zich, met uitzondering van een tijdelijke verlaging rond 1970, reeds sinds 1958 op het hoge niveau van 1972.
Bij een vergelijking van de zware-metaalgehalten in het bodemslib uit het meest westelijke gedeelte van het sedimentatiegebied met die in het originele rivierslib blijkt dat in maart 1972 bij alle vijf de onderzochte metalen op het traject Biesbosch/Haringvliet nog steeds een duidelijke daling van de gehalten optreedt. Bij geen der onderzochte metalen is in maart 1972 sprake van een verandering in het mobilisatiepatroon, hetgeen wil zeggen dat nog steeds een belangrijk deel van deze metalen van het slib wordt losgekoppeld en in het omringend water in oplossing gaat.
De gechloreerde koolwaterstoffen vertonen een zeer grote spreiding, die afneemt in de richting van de Haringvlietsluizen. In verband hiermede is enige voorzichtigheid met betrekking tot conclusies over de concentratieveranderingen geboden.
De vermindering kan het gevolg zijn zowel van sedimentatie, verdamping als omzetting en waarschijnlijk in belangrijke mate van accumulatie in levende organismen.
Met betrekking tot de hydrobiologische toestand valt op te merken dat de verblijftijden in het bekken in het algemeen groot genoeg zijn om de ontwikkeling van fyto- en zooplankton mogelijk te maken en enige generaties op elkaar te laten volgen. De generatieduur van kiezelwieren (diatomeeën) varieert afhankelijk van lucht- en watertemperatuur van 1–3 dagen, en die van raderdieren van 3–20 dagen.
In januari, februari en maart waren de aantallen van planktonorganismen in het water aanvankelijk laag. De organismen bestonden voornamelijk uit dierlijk-(zoö)plankton en wel uit raderdieren. In april komen nog andere radersoorten tot ontwikkeling naast plantaardig-(fyto-)plankton o.a. kleine groenalgen en kiezelwieren. Van een paar soorten kiezelwieren komen grote aantallen in mei tot ontwikkeling, zodat een kleuring van het water plaatsvindt en van een waterbloei gesproken kan worden. In juni verschijnen de grotere zooplanktonsoorten met enkele watervlooachtigen.
In het algemeen kan gezegd worden, dat in vergelijking met het eerste halfjaar van 1971 iets meer telbare soorten voorkomen bij overigens vergelijkbare omstandigheden van afvoer, watertemperatuur en lichtdoordringing. Ook verschijnen de soorten ongeveer een maand vroeger. Dit heeft te maken met het nieuwe biologisch evenwicht na de afsluiting en de verouderingsprocessen van het bekken.
Uit massabalansstudies in het onderzoeksgebied blijkt dat in de beschouwde periode via de grote rivieren circa 8000 ton P-totaal, 3800 ton $P\text{-}PO_4$, 66 000 ton $N\text{-}NH_4$, 53 000 ton $N\text{-}NO_3$, 600 000 ton zwevende stof en 2860 kg verschillende soorten gechloreerde koolwaterstof werd aangevoerd. Deze belasting draagt gemiddeld voor 95–97% bij aan de totale belasting. Een groot deel van deze stoffen wordt via de Beneden Merwede direct aan het onderzoeksgebied onttrokken. Het netto transport van stoffen naar het bodemslib is dan ook kleiner dan men op grond van de afnamen van verschillende stoffen zou veronderstellen. De accumulatie van totaalfosfaat over het gehele bekken bedraagt 33%; ze wordt voor een belangrijk deel verklaard door sedimentatie. De omzetting van orthofosfaat in andere vormen bedraagt 22%; ze kan gezien de geringe biomassa grotendeels worden toegeschreven aan een combinatie van fysisch-chemische processen, zoals coagulatie, floc-

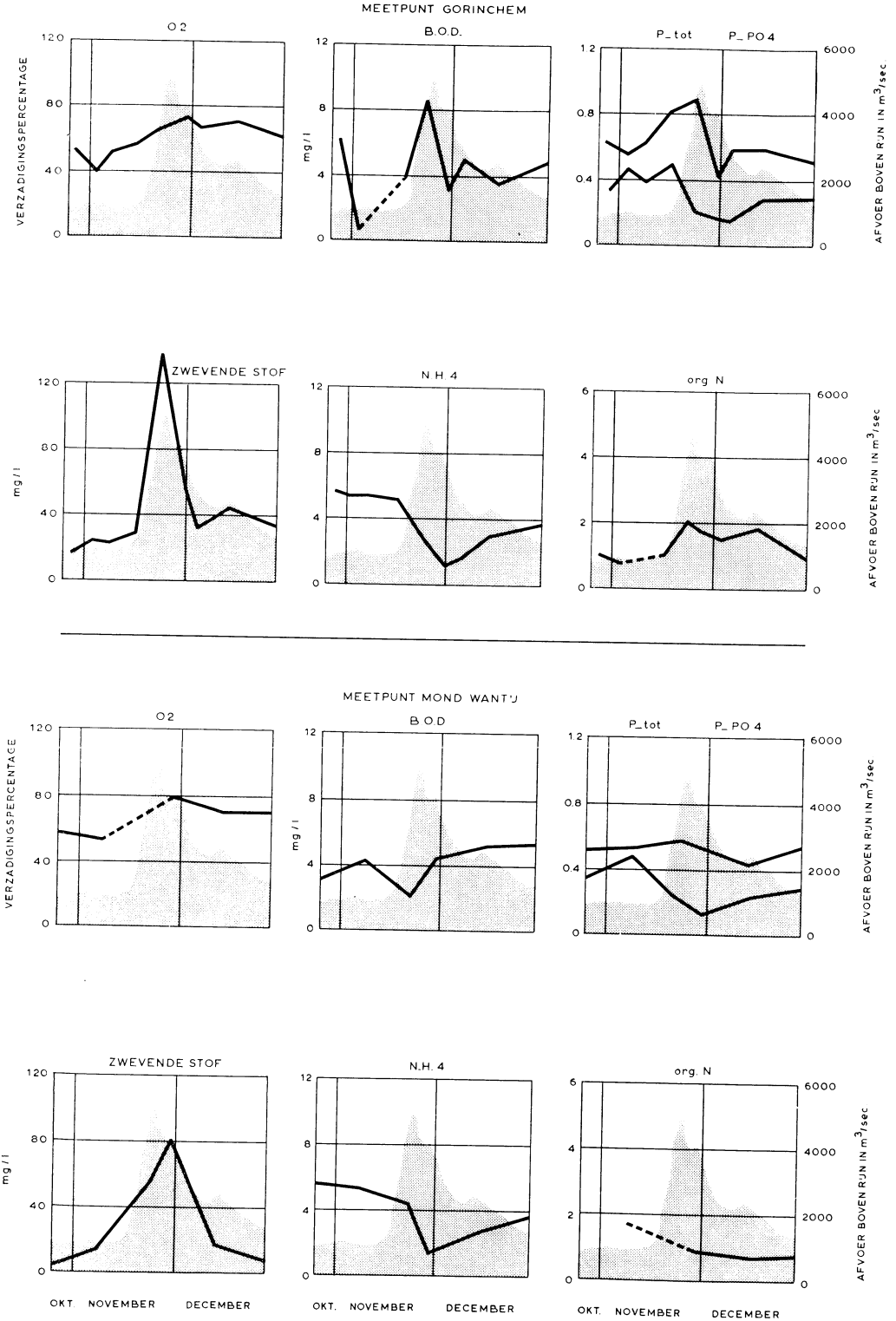
culatie en absorptie, eventueel gevolgd door sedimentatie. Eenzelfde verschijnsel werd reeds voor aanvang van de defosfaterings-proeven waargenomen in het Voedingskanaal naar het Brielse Meer.

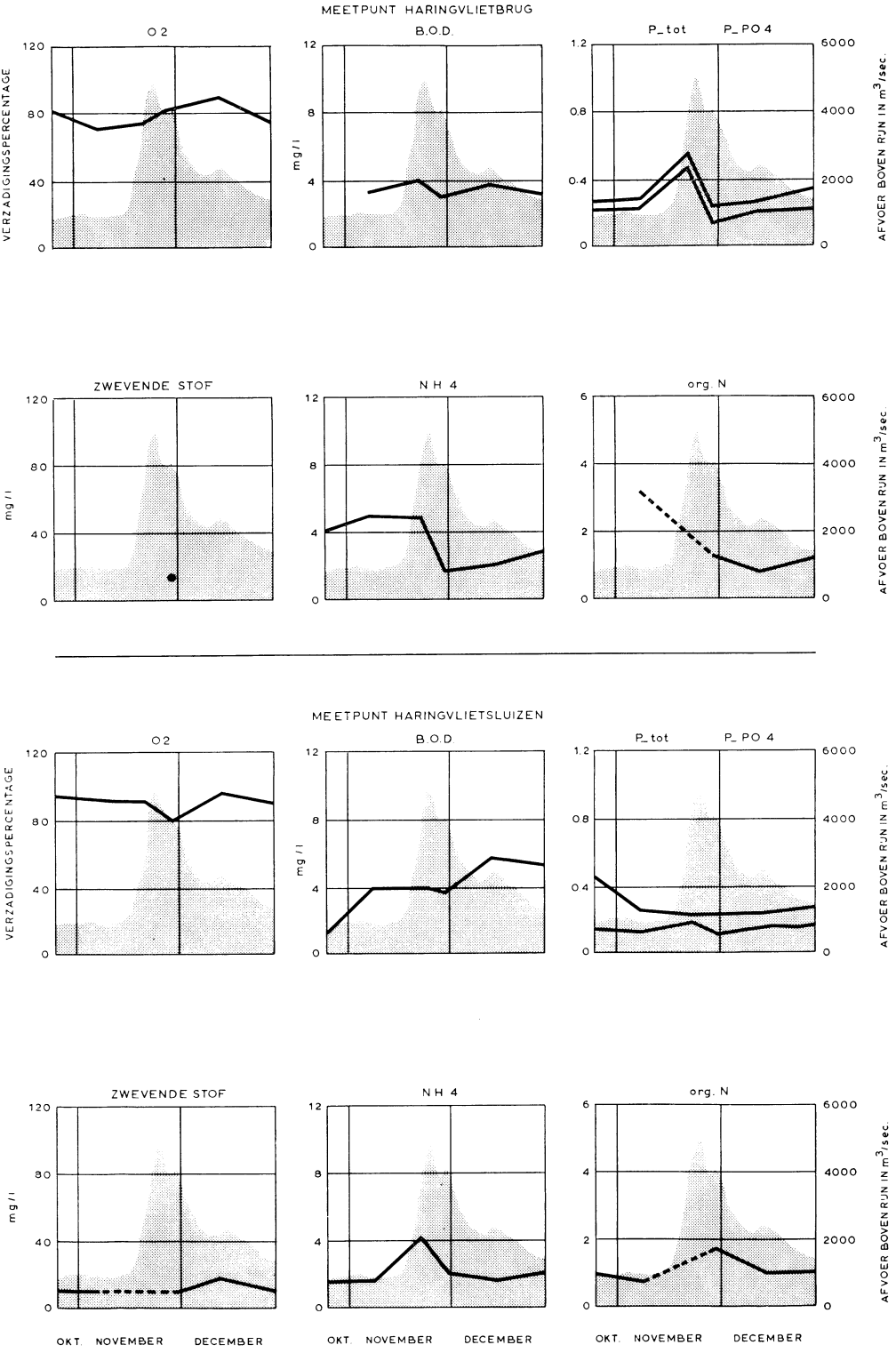
Naarmate men meer westwaarts komt zullen naast de fysisch-chemische processen ook biologische processen een rol spelen bij de accumulatie van totaal-fosfaat en de omzetting van orthofosfaat. Op het traject H6/H7-H12 bedraagt de voor het fytoplankton beschikbare hoeveelheid totaal-fosfaat 6000 ton P-totaal en 3345 ton P-PO^4. De bruto belasting per eenheid van wateroppervlak is 35,6 g P tot/$m^2/1/2$ jaar en 19 g P-$PO_4/m^2/1/2$ jaar. In dit traject bedraagt de accumulatie- en conversiefactor 18 respectievelijk 16%.
Uit de stikstofbalans blijkt dat de brutobelasting aan totaal stikstof in dat zelfde traject per eenheid van wateroppervlak 51,5 g N-N tot/$m^2/\frac{1}{2}$ jaar en aan anorganisch stikstof – ammonium, nitriet en nitraat – 42,1 g N-(NO_3 + NO_2 + NH_4)/$m^2/1/2$ jaar bedraagt.
Indien wordt uitgegaan van de veronderstelling dat het verschil tussen totaal-fosfaat, orthofosfaat en organisch stikstof volledig in fytoplankton voorkomt – een niet geheel juist uitgangspunt, aangezien er onder andere ook opgeloste organische fosfaten en polyfosfaten zullen voorkomen – dan blijken in de punten H9 en H12 gemiddeld verhoudingen N :P van respectievelijk 9 en 7 voor te komen. Uit onderzoek in verschillende Amerikaanse wateren blijkt de N : P verhouding voor 15 veel voorkomende algen te variëren van 7 tot 15. De voor het Haringvliet gevonden verhouding kan erop wijzen dat, ondanks de overmaat aan fosfaat in het water, geen luxueuze consumptie van fosfaat door het fytoplankton plaatsvindt. De belasting met N en P doet volgens Amerikaanse onderzoekingen de trofiegraad van het water niet meer toenemen, wanneer die twee stoffen voorkomen in een verhouding van 15 : 1, of een grotere verhouding. De waterdiepte speelt daarbij geen rol.
De verhouding tussen de N- en P-belasting in H6/H7 bedraagt 21, aanzienlijk groter dan bovenvermelde 15. Deze verhouding neemt vervolgens in westwaartse richting toe. Hieruit moge blijken dat eerder fosfor dan stikstof beperkend genoemd kan worden, terwijl het doorzicht – groter dan 50 cm – vermoedelijk niet beperkend genoemd kan worden voor de algenontwikkeling.
De belangrijkste veranderingen in het gehalte aan gechloreerde koolwaterstoffen vinden plaats op het traject BM13/BM21-H8, waar ca. 1050 kg pesticiden uit het water verdwijnt.
In het gehele onderzoekgebied is over de periode 8 februari tot en met juni ongeveer 1315 kg aan pesticiden verdwenen uit het water. Gezien de complexiteit van de processen en de zeer omvangrijke kwaliteitsveranderingen die in het Hollands Diep/Haringvliet-bekken plaatsvinden, zullen deze aspecten nog frequenter en intensiever onderzocht worden en zullen de onderzoekingen op lange termijn aangevuld worden met zeer gericht onderzoek, onder andere een diepgaande studie naar de verschijnselen die zich voordoen op het grensvlak van bodem en water.

Het verloop van de waterkwaliteit in het Hollands Diep/ Haringvliet in de periode van hoge rivierafvoeren

Sinds de afsluiting van het Haringvliet in het najaar van 1970 wordt de invloed van deze waterstaatkundige ingreep op de kwaliteit van het rivierwater nauwlettend gevolgd. Het vorige artikel geeft daarvan een beeld. De onderzoeksperiode die daar behandeld wordt, kenmerkte zich echter door voortdurende lage Rijnafvoeren.
Nadat tenslotte in de tweede helft van 1972 een periode met hoge Rijnafvoeren is opgetreden, kan thans een meer evenwichtig beeld van de waterkwaliteitsverbetering worden gegeven. Hoge afvoeren blijken de zelfreinigende functie van het waterloopkundig systeem niet langdurig te verstoren.
Bij Bovenrijn-afvoeren tussen de 1700 en 6000 m^3/sec passeren toenemende hoeveelheden Haringvlietwater de sluizen; bij afvoeren boven de 6000 m^3/sec zijn de sluizen bij eb geheel geopend.
Naarmate de Bovenrijnafvoeren groter worden zal er op het Haringvliet tijdens de ebperiode op zee een toenemende hoeveelheid water door het Haringvlietbekken gevoerd worden. De stroomsnelheden in de Nieuwe Merwede-Hollands Diep nemen dan tijdens de spuiperiode toe en de verblijftijd van het water op het Haringvlietbekken wordt korter.
Het effect hiervan op de waterkwaliteit in het traject Nieuwe Merwede-Hollands Diep-Haringvliet kon pas eind 1972 goed worden overzien. Immers eind november van dat jaar, dus twee jaar na de afsluiting van het Haringvliet steeg de Bovenrijn-afvoer voor het eerst tot 5000 m^3/sec. Voor, tijdens en na deze hoge afvoer is er in het gebied een intensief bemonsteringsprogramma uitgevoerd.
De uitwerking van deze hoge afvoer op de waterkwaliteit doet zich uiteraard het sterkste gelden op het traject Nieuwe Merwede - Hollands Diep. De verblijftijd van het water wordt hier belangrijk beperkt, en de zelfreinigingsprocessen worden minder omvangrijk, waardoor het water meer het karakter krijgt van dat in de bovenrivieren. Van belang is wel, dat de hier besproken hoge afvoer in de winter optrad. De biologische zelfreinigingsprocessen zijn dan minder actief dan in het voorjaar en de zomer. Daar staat tegenover dat de concentraties aan natuurlijke stoffen in het rivierwater bij hoge afvoeren relatief lager zijn dan bij lage afvoeren.
In perioden met geringe neerslag en daarmee samenhangende lage afvoeren verblijft immers een groot gedeelte van het neerslagwater lange tijd in de bodem voordat het in de rivier terecht komt. Het staat daar in nauw contact met de in de bodem aanwezige opgeloste

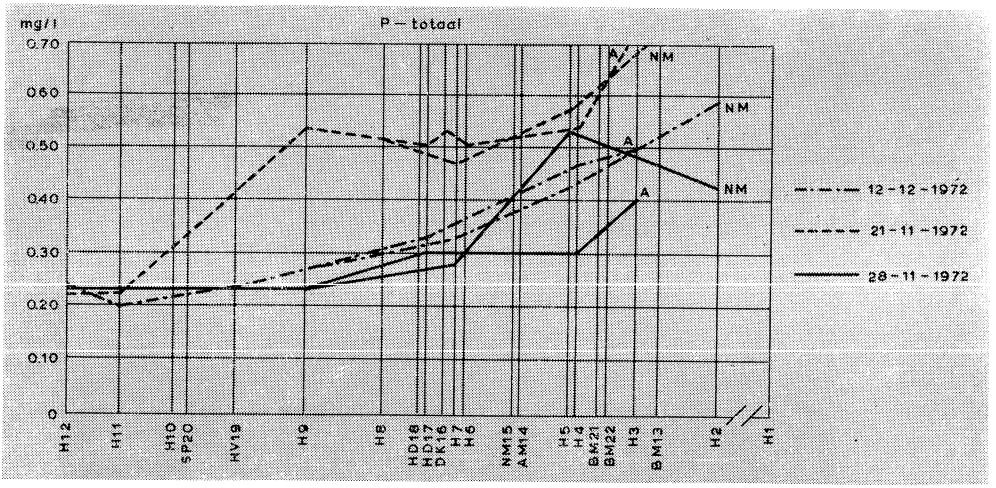
Fig. 1. Verloop van een aantal parameters in de meetpunten bij Gorinchem, mond Wanty, Haringvlietbrug en Haringvlietsluizen gedurende de periode met hoge rivierafvoeren

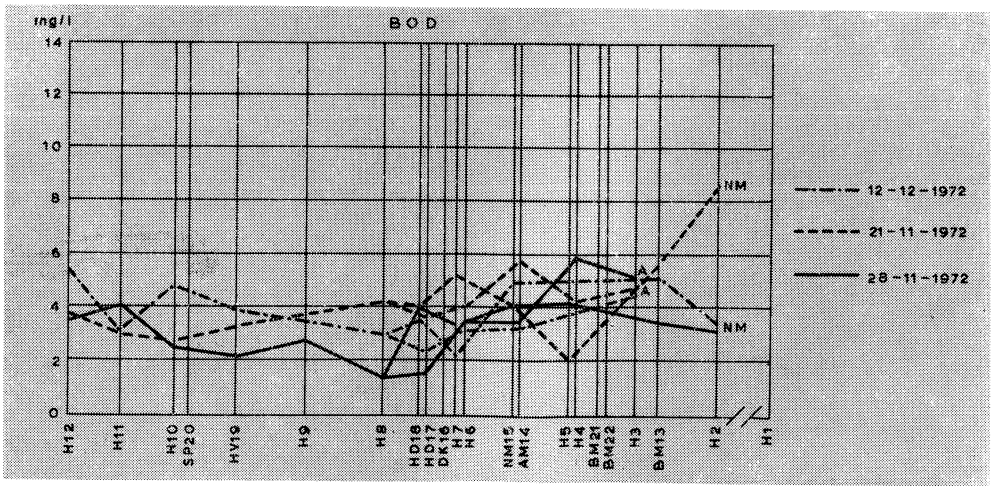

MEETPUNT GORINCHEM
O2
VERZADIGINGSPERCENTAGE
120
80
40
0
B.O.D.
mg/l
12
8
4
0
P_tot
P_PO4
1.2
0.8
0.4
0
6000
4000
2000
0
AFVOER BOVEN RIJN IN m³/sec.
ZWEVENDE STOF
mg/l
120
80
40
0
N.H.4
12
8
4
0
org. N
6
4
2
0
6000
4000
2000
0
AFVOER BOVEN RIJN IN m³/sec
MEETPUNT MOND WANT'J
O2
VERZADIGINGSPERCENTAGE
120
80
40
0
B.O.D
mg/l
12
8
4
0
P_tot
P_PO4
1.2
0.8
0.4
0
6000
4000
2000
0
AFVOER BOVEN RIJN IN m³/sec
ZWEVENDE STOF
mg/l
120
80
40
0
N.H.4
12
8
4
0
org. N
6
4
2
0
6000
4000
2000
0
AFVOER BOVEN RIJN IN m³/sec
OKT.
NOVEMBER
DECEMBER
OKT.
NOVEMBER
DECEMBER
OKT.
NOVEMBER
DECEMBER


MEETPUNT HARINGVLIETBRUG
O 2
B.O.D.
P_tot
P_PO 4
VERZADIGINGSPERCENTAGE
mg/l
AFVOER BOVEN RIJN IN m³/sec.
ZWEVENDE STOF
N H 4
org. N
MEETPUNT HARINGVLIETSLUIZEN
OKT.
NOVEMBER
DECEMBER

mineralen. Als er een evenwichtssituatie is ontstaan tussen het gehalte aan mineralen in het water en dat in de bodem is de concentratie aan mineralen in het water relatief hoog geworden. Als dit water eindelijk de rivier bereikt wordt het toegevoegd aan een verhoudingsgewijs kleine hoeveelheid rivierwater. Bij hogere afvoeren stroomt daarentegen een groot gedeelte van het water via het oppervlak af naar de rivieren. Het contact met de bodem is minder intensief en de concentraties aan opgeloste mineralen zullen derhalve aanzienlijk geringer zijn. De concentraties aan 'conversatieve' verontreinigingen – stoffen, die tijdens hun transport in het water niet veranderen – verloopt eveneens omgekeerd evenredig met de afvoer. Wel moet worden opgemerkt, dat al zijn de concentraties laag, de afstromende hoeveelheid water

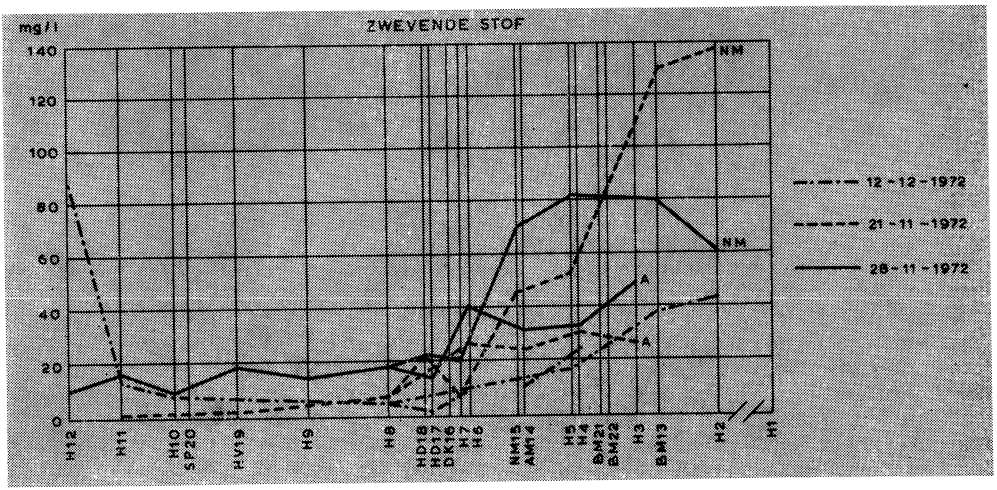
Fig. 2. Verloop van de parameters zuurstof, fosfor, B.O.D. en zwevende stof op drie meetdagen gedurende de periode met hoge rivierafvoeren

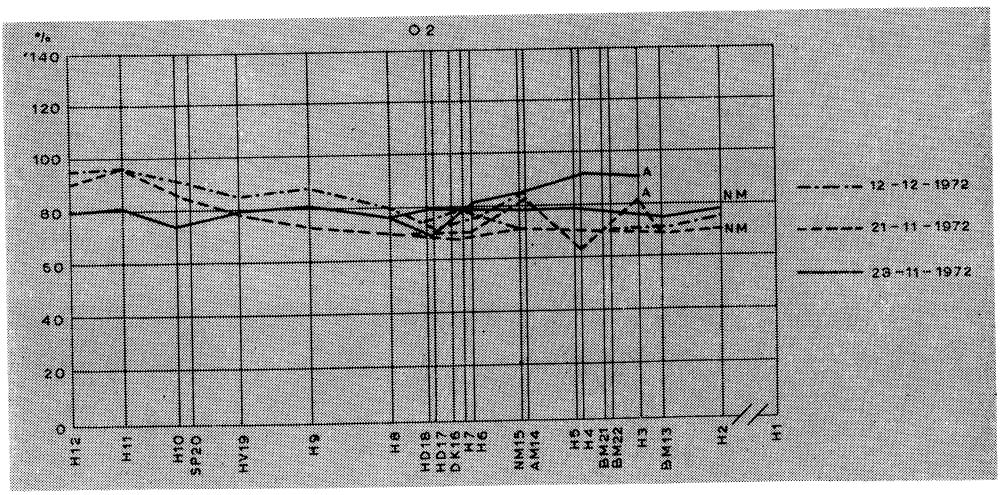




groot is, en dat daarom de absolute belasting toch nog hoog kan zijn.
Bij het verloop van de 'niet-conservatieve' stoffen, – die dus tijdens hun transport in het water wèl aan veranderingen onderhevig zijn – speelt een andere factor een rol, en wel de looptijd van het water, die toeneemt naarmate de afvoer afneemt. De toename van de loop- of verblijftijd heeft tot gevolg dat de zelfreinigingsprocessen zich over een korter traject manifesteren. Zo zal bij lage afvoeren direct benedenstrooms van een lozingspunt een hoge graad van bacteriologische verontreiniging en gemakkelijk afbreekbare organische verontreiniging optreden; over een relatief kort traject zullen deze verontreinigingen echter sterk in omvang afnemen. Bij hoge afvoeren daarentegen is de verdunnende werking groter, maar is eveneens de looptijd korter, waardoor de verontreinigingen zich over een langer traject zullen manifesteren. Het zuurstofverzadigingspercentage zal dan ook bij hoge afvoeren benedenstrooms van een lozingspunt minder snel dalen, maar het effect van het lozen van zuurstofonttrekkende stoffen is over een groot traject merkbaar. Daarbij komt dat de reaëratie, het zuurstoftransport van uit de atmosfeer, sterk afhankelijk is van de waterdiepte en in mindere mate van de afvoer en dus van de stroomsnelheid en de daarmee samenhangende turbulentie in het water.

Ter illustratie kan opgemerkt worden dat de reaëratiecoëfficiënt van een stromende rivier anderhalf tot tweemaal zo groot is als die van een stilstaand meer. Nabij Gorinchem (H 2) vertoont het zuurstofverzadigingspercentage





een stijgende tendens, die reeds aanvangt vóór de periode waarbij de afvoer sterk toeneemt.
Een tweede effect bij plotseling stijgende afvoer is de sterk vergrote afspoeling van verontreinigingen afkomstig van het stroomgebied van de rivier. Vooral na een lange periode van droogte zal een zeer omvangrijke hoeveelheid verontreinigingen de rivier aanvankelijk sterk belasten. Men denke hier bijvoorbeeld aan de belasting met ongezuiverd afvalwater via overstorten bij gemengde rioolstelsels.

Een derde effect van hoge rivierafvoer is de toeneming van de stroomsnelheden in de Nieuwe Merwede. Hierdoor kan op de bodem afgezet slib worden opgewerveld. De hoge zwevende-stofgehalten in meetpunt H 2 bij Gorinchem wijzen hierop. Ook de aan het slib gebonden verontreinigingen zullen aan het water kunnen worden toegevoegd. Hierop wijzen de hoge BOD en de hoge totaalstikstof-(Kjeldahl) en totale fosfaatgehalten.
Gaat men vanuit de Nieuwe Merwede in de richting van de Haringvlietsluizen, dan blijkt het effect van de hoge rivierafvoer op de waterkwaliteit gaandeweg sterk te verminderen. Er treedt weer een belangrijke bezinking op van de gesuspendeerde stoffen. Dit zal de afname van de BOD, het gehalte aan totaal fosfaat en de toenemende helderheid voor een groot deel verklaren.
Opvallend is dat bij de Haringvlietsluizen bij deze hoge afvoeren geen verhoging van het gehalte aan zwevende stof optreedt. Dit betekent, dat bij deze afvoercondities slechts zeer weinig slib het Haringvliet verlaat.
De slibvangfunctie van het Haringvliet is dus ook bij deze hoge afvoeren nog geheel aanwezig. Het slibgehalte van het water bleek zeewaarts van de sluizen groter dan landinwaarts.
Invloed van de hoge afvoeren op de andere kwaliteitsindicatoren zoals pH, gloeirest, doorzicht en de opgeloste stoffen nitraat en nitriet blijkt nauwelijks aanwezig te zijn. Wel kan opgemerkt worden, dat het ammoniumgehalte na de afvoerpiek slechts half zo groot was als tijdens en voor de piek.

Uit het vorenstaande kan worden opgemaakt dat de waterkwaliteit op de Nieuwe Merwede bij Bovenrijn-afvoeren tot 5000 m^3/sec in de winter belangrijk wordt beïnvloed, maar dat het zelfreinigingsproces op het Hollands Diep–Haringvliet nog in volle omvang doorgaat. Bij deze toestand is er bij de Haringvlietsluizen nauwelijks een verandering van de waterkwaliteit merkbaar in vergelijking met die bij lage rivierafvoeren.
Uit de bijgevoegde tijdsgrafieken blijkt tevens, dat na de afvoerpiek een zeer belangrijke kwaliteitsverbetering van het water in de Nieuwe-Merwede–Hollands Diep optreedt. Het water bereikt dan ongeveer dezelfde kwaliteit als in de periode van lage rivierafvoer voorafgaande aan de afvoerpiek. De rivier is als het ware schoongespoeld. Dit gegeven kan van groot belang zijn voor de programmering van de inlaat van rivierwater door de Volkeraksluizen naar een toekomstig Zeeuwse Meer. In dat geval dient immers gestreefd te worden naar een selectieve inlaat van water van zo hoog mogelijke kwaliteit.

Aanpassingswerken in het noordelijk deel van het Deltagebied

In het noordelijk Deltabekken is na de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet een min of meer afgezwakte getijbeweging overgebleven met een middenstand op een hoger niveau dan voorheen. De gemiddelde laagwaterstanden zijn soms aanzienlijk hoger dan vroeger en de gemiddelde hoogwaterstanden zijn lager dan vóór de afsluiting van het Haringvliet. Deze wijziging van waterstanden heeft verstrekkende gevolgen onder meer voor de watervoorziening en de afwatering van de verschillende polders, en voor het gebruik van havens en loswallen. De uitvoering van het Deltaplan maakt het dan ook nodig, voor sommige in het Deltagebied gelegen objecten voorzieningen te treffen en bestaande werken aan te passen aan de nieuwe toestand.

De Deltawet van 8 mei 1958 vermeldt de noodzaak van het uitvoeren van deze werken en voorzieningen, wijst de uitvoerende instanties aan en regelt de bijdrage van het Rijk in de kosten. Artikel 3, lid 2 van deze wet is speciaal van toepassing op de aanpassing van waterstaatswerken in het Deltagebied. Voorzoveel het noordelijk Deltabekken betreft worden in het hiernavolgende enige algemene opmerkingen gemaakt over de aanpassing van waterstaatswerken. In een volgende aflevering zullen enige op grond van artikel 3, lid 2, van de Deltawet aangepaste waterstaatswerken nader worden bezien.

Als voorbeelden van de aanpassing van waterstaatswerken denke men zich de versterking van een polderbemaling, de verhoging van boezemkaden, de wijziging van de uitmonding van rioolwaterafvoerleidingen, het stichten van een gemaal ter vervanging van een vrije polderlozing, de vernieuwing van een loswal en het verdiepen van een haven. Om voor een bijdrage van het Rijk in aanmerking te kunnen komen moet de aanpassing of de vervanging van het waterstaatswerk in het algemeen belang noodzakelijk of wenselijk zijn.

De aanpassingswerken moeten tot stand worden gebracht door de beheerder. Deze kan zich daarbij doen bijstaan door een adviseur. In de kosten van uitvoering der werken, daarin begrepen de advieskosten, wordt een bijdrage van het Rijk toegekend van 100%.

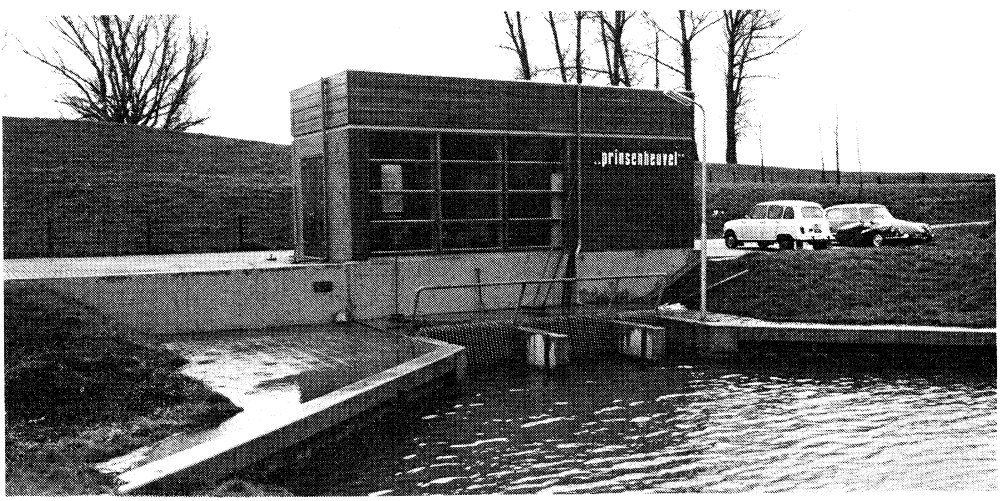
De minister van Verkeer en Waterstaat bepaalt òf en in hoeverre aanpassing van waterstaatswerken noodzakelijk is. Tegen de beslissing van de minister staat beroep open bij de Kroon.

Om te kunnen beoordelen welke waterstaatswerken voor aanpassing onder de beschreven regeling in aanmerking komen is destijds begonnen met een inventarisatie van de in het noordelijk bekken aanwezige werken. Van de bemalingsinstallaties is een overzicht opgesteld waarbij de capaciteit en het type van de pompen en motoren werden vermeld. Voor de capaciteitsbepaling zijn uitgebreide afvoermetingen verricht. Van havens en loswallen zijn de bodemdiepten, aard en constructie van de objecten en de aard en intensiteit van het gebruik vastgelegd. Deze gegevens zijn in het algemeen bepaald naar de toestand per eind 1962. In die tijd zijn namelijk de gegevens bekend geworden over de invloed van de afsluiting van het Haringvliet op de waterstanden in het noordelijk Deltabekken en is aangegeven met welke waterstanden rekening zou moeten worden gehouden bij de aanpassing van waterstaatswerken.



Fig. 1. Voornaamste aangepaste gemalen en aangepaste havens in het noordelijk Deltabekken

In juli 1962 heeft de minister van Verkeer en Waterstaat zich gewend tot de betreffende colleges van Gedeputeerde Staten met het verzoek om door middel van een algemene brief de beheerders van waterstaatswerken in het gebied van de benedenrivieren te wijzen op de mogelijke noodzaak van aanpassing van de door hen beheerde werken. Deze colleges hebben aan het verzoek van de minister voldaan. Bij de verdere afwikkeling van zaken hebben de provinciale waterstaatsdiensten een belangrijke rol gespeeld.
De aanpassing van waterstaatswerken blijft niet altijd beperkt tot aanpassing alleen. Dikwijls spelen ook andere belangen een rol. Vele beheerders grijpen de gelegenheid aan om met de aanpassing tegelijkertijd verbetering te brengen in de bestaande toestand. Bovendien kunnen de aanpassingsmaat-



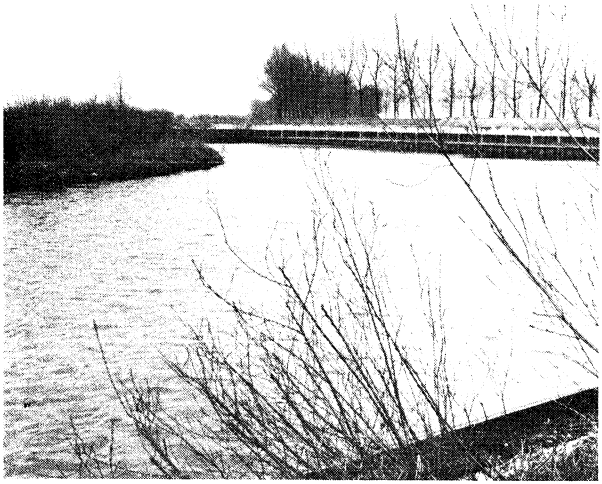
Gemaal Prinsenheuvel van de Polder De Dordtse Waard op het Eiland van Dordrecht

regelen in een bepaalde streek soms worden gecombineerd met plannen tot uitvoering van ruilverkaveling, concentratie van bemalingen, sanering van havenaccomodaties enzovoort.

Om een zo vlot mogelijk overleg te bevorderen is een werkcontact in het leven geroepen. Dat is een overlegorgaan waarin naast de Rijkswaterstaat, de Provinciale Waterstaat en de Cultuurtechnische Dienst vertegenwoordigd zijn.
De door de beheerders en hun adviseurs opgestelde plannen worden in het werkcontact bestudeerd. In overleg met de beheerders en hun eventuele adviseurs worden zonodig wijzigingen in de plannen aangebracht. Als tenslotte over een plan in het overlegorgaan overeenstemming is bereikt, moet de beheerder het ter goedkeuring door de minister van Verkeer en Waterstaat, indienen bij de regionale directie van de Rijkswaterstaat. Deze dienst zorgt voor de formele afwikkeling van het verzoek, daarin begrepen het toekennen van de rijksbijdrage. De overeenstemming over een aanpassingsplan in het werkcontact garandeert uiteraard niet de goedkeuring door de minister, maar maakt die wel waarschijnlijk. Als norm voor de aanpassing van een gemaal wordt een capaciteit aangehouden van 8 m^3/min. 100 ha. Als de capaciteit van een bestaand bemalingswerktuig in de nieuwe situatie daalt tot beneden die norm, dan vindt op kosten van het Rijk aanpassing plaats tot een capaciteit van 8 m^3/min. 100 ha. Meestal is de capaciteit van een gemaal hoger dan de genoemde norm en bedraagt ze wel 10 tot 12 m^3/min. 100 ha. Wil de beheerder de oude capaciteit terughebben, dan zal dat in dit

Overzicht van de voornaamste aangepaste waterstaatswerken in het noordelijke deel van het Deltagebied.

nummer	object	gemeente
	Goeree-Overflakkee	
A 3/1	gemaal haven van Middelharnis	Middelharnis
A 3/12	gemaal Wittebrug c.a.	Goedereede
A 3/14	gemaal Generale Dijkagie van Stellendam	Goedereede
A 3/16	gemaal Nieuwe Stad en Lieve-Vrouwenpolder	Middelharnis
	Voorne-Putten	
B 3/1	gemaal Oud-Schuddebeurs	Geervliet
B 3/2	haven van Zuidland	Zuidland
B 3/3	gemaal Oudenhoorn	Oudenhoorn
B 3/5	gemaal Polder Zuidoord	Zuidland
	Hoeksche Waard	
C 3/4	haven van Puttershoek	Puttershoek
C 3/6	gemaal Mookhoek en Trekdam	's-Gravendeel
C 3/8	gemaal Lande van Essche	Strijen
C 3/9	gemaal Torensteepolder	Numansdorp
C 3/10	haven van Numansdorp	Numansdorp
C 3/11	gemaal Molenpolder	Numansdorp
C 3/12	haven van Nieuwendijk	Zuid-Beijerland
C 3/17	gemaal Strijensas	Strijen
C 3/18	gemaal polder Oud-Beijerland/ Westmaas Nieuwland c.a.	Oud-Beijerland
	IJsselmonde	
D 3/6	gemaal Waal- en Develpolder	Heerjansdam
D 3/12	gemaal Waterschap De Koedood	Barendrecht
D 3/13	gemaal Oud- en Nieuw Reijerwaard	Ridderkerk
	Alblasserwaard	
H 3/1	gemaal Waterschap De Nederwaard	Nieuw Lekkerland/ Alblasserdam
	Eiland van Dordrecht	
I 3/3	Zuidhaven polder De Biesbosch	Dordrecht
I 3/4	gemaal Prinsenheuvel	Dordrecht



De zuidhaven van de polder de Biesbosch, langs de zuidoostzijde van het eiland van Dordrecht

geval voor eigen rekening van de beheerder moeten geschieden.
Bij de aanpassing van de afwatering van een vrij lozende polder speelt de gewenste capaciteit van de te stichten bemalingsinstallatie eveneens een belangrijke rol. Volgens de geldende norm zal voor het nieuwe gemaal dat de vrije lozing moet vervangen een capaciteit van 8 m^3/min. 100 ha moeten worden aangehouden. Het is echter zeer wel mogelijk dat de beheerder een hogere capaciteit wenselijk acht. Bij de uitvoering van het aanpassingsplan zal hij de meerkosten van de hogere capaciteit dan echter zelf moeten betalen.
Er zijn ook gevallen van combinatie van vrije lozing en bemaling. In zo'n geval moet de capaciteit van de vrije lozing worden bepaald. Bij de aanpassing van havens en loswallen zal de overheid soms wel enigszins regelend moeten optreden. Vele haventjes hebben immers maar een beperkte doelstelling. Moeten al deze haventjes nu worden aangepast? Wellicht is het voor belanghebbenden of de streek beter, dat enkele havens worden aangepast en dan beter dan voorheen geschikt worden gemaakt voor het in de toekomstige situatie te verwachten gebruik. Als er in het Deltagebied goede wegen komen, zal het vervoer per as vermoedelijk stijgen, zodat de behoefte aan vervoer te water daalt. Nieuwe ontwikkelingen in de methode van laden en lossen van goederen en in de bedrijfsvoering kunnen ertoe leiden dat aanpassing voornamelijk minder gewenste situaties zou conserveren. Het zou kunnen zijn, dat een streek beter is geholpen met een grondige aanpassing van enkele havens, dan met een eenvoudige aanpassing van veel haventjes en losgelegenheden. Door studie en overleg zal een bevredigende oplossing moeten worden bereikt.
Voor de haventjes die niet op grond van de Deltawet kunnen worden aangepast zullen zich wellicht nieuwe mogelijkheden voordoen. De recreatie is thans van zo grote betekenis, dat door de beroepsvaart verlaten haventjes veelal een nieuwe bestemming kunnen krijgen. Voor het geschikt maken van deze haventjes moeten dan andere financiële bronnen worden gezocht.

Op de buiten de hoogwaterkeringen langs de benedenrivieren in het Deltagebied gelegen polders en gronden, de zogenaamde buitenpolders en -gronden, is artikel 7 van de Deltawet van toepassing. Dit artikel regelt de verrekening van de wijziging van de waarde van die gronden in de nieuwe situatie ten opzichte van de vroegere toestand. Heeft er een waardevermeerdering plaats gevonden, dan moet de beheerder die aan het Rijk vergoeden. Vindt er een waardevermindering plaats, dan wordt deze door het Rijk aan de rechthebbende vergoed. Deze materie, die onder de verantwoordelijkheid van de minister van Financiën valt, wordt door de Dienst der Domeinen behandeld. De Rijkswaterstaat is in deze gevallen de technisch adviseur van de Domeindienst.
Industriële bedrijven als scheepswerven kunnen schade oplopen ten gevolge van de opgetreden wijziging van de buitenwaterstanden. In deze gevallen kunnen voorzieningen worden getroffen of schade-uitkeringen worden gedaan in het kader van artikel 8 van de Deltawet. Daarvoor verscheen een uitvoerig artikel in Bericht 57 (augustus 1971).

De watercirculatie in de afgesloten Deltabekkens is vrijwel geheel afhankelijk van de wind. Gebleken is dat deze circulatie onder de meeste omstandigheden voldoende is voor de zuurstofvoorziening der diepere waterlagen. In zeer diepe, trogvormige meergedeelten kan de aëratie van het diepe deel echter van tijd tot tijd problemen opleveren. Met het oog daarop wordt thans in het Grevelingenmeer experimenteel onderzoek verricht.

Natuurlijke en kunstmatige destratificatie in de diepe gedeelten van het Grevelingenmeer

Als gevolg van de gevarieerde bodemfiguratie en de uitgestrektheid van het Grevelingenmeer, en mede dank zij de ligging van de hoofdgeulen ten opzichte van de overheersende windrichting, kan de wind er aanzienlijke circulatiestromingen opwekken, die de uitwisseling tussen water nabij het oppervlak en in de diepere lagen bevorderen. Dit verschijnsel werd afdoende aangetoond met behulp van de door de Deltadienst verrichte stroommetingen, die zijn weergegeven in Bericht 59 (februari 1972).

Door dichtheidsverschillen als gevolg van thermische of chemische verschijnselen kan het uitwisselingsproces echter belemmerd worden. Indien er een windstille periode optreedt, gepaard met een stijging van de luchttemperatuur, kan in de diepere gedeelten thermische stratificatie plaatsvinden. Hierdoor wordt ook het uitwisselingsproces van zuurstof tussen de oppervlaktelagen – het zogenaamde epilimnion – en de diepere lagen – het hypolimnion – aanzienlijk gereduceerd. Biologisch en chemisch zuurstofverbruik kan dan leiden tot zuurstofuitputting, waardoor in het hypolimnion enerzijds rottingsprocessen kunnen gaan optreden en anderzijds mobilisatieprocessen van verschillende elementen vanuit het bodemslib; beide kunnen de waterkwaliteit ongunstig beïnvloeden. Op zichzelf heeft thermische stratificatie geen nadelen voor de waterkwaliteit. Ze kan integendeel zelfs voordelen inhouden: zo verlopen de diffusieprocessen van nutriënten vanuit het hypolimnion naar het epilimnion onder invloed van thermische stratificatie langzamer, terwijl het ook voordelig is dat er een waterlaag beschikbaar blijft met lagere temperatuur. Een nadelig effect is echter de zuurstofloosheid ten gevolge van een groot zuurstofverbruik door grote hoeveelheden organische stoffen en nutriënten.

Toen in de eerste week van juni 1972 – dus niet lang na de afsluiting van het Grevelingenbekken – in de Put van Scharendijke en de Geul van den Osse de eerste gegevens werden verzameld die wezen op thermische stratificatie, besloot men in samenwerking met het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek het onderzoek te intensiveren. Al spoedig werd nabij de bodem zuurstofloosheid geconstateerd. De oorzaak van deze anaërobie kan gelegen hebben in de ademhaling van levende organismen, de rotting van dode organismen die zich na de afsluiting in de diepere gedeelten hadden opgehoopt, en de toevoer van organische stoffen in vervuild polderwater en ongezuiverd afvalwater van het gemaal Den Osse en de gemeente Scharendijke.

Het zuurstoftekort in de hypolimnia van zulke putten kan op twee manieren kunstmatig worden bestreden. Bij beide methodes wordt op de bodem van de trog lucht losgelaten door (geperforeerde) buizen. In het eerste geval is het de bedoeling dat er onder invloed van de passage der luchtbellen destratificatie van het water optreedt. Er ontstaan daarbij circulatiestromingen over de verticaal, wat een intensief transport van zuurstof uit de atmosfeer naar het wateroppervlak bevordert. De overdracht van zuurstof uit de stijgende luchtbellen aan het omringende water is een gunstig nevenverschijnsel, meer niet.

Volgens de alternatieve methode wordt de lucht zo ingebracht in het hypolimnion dat de stratificatie juist niet verstoord wordt. Men-

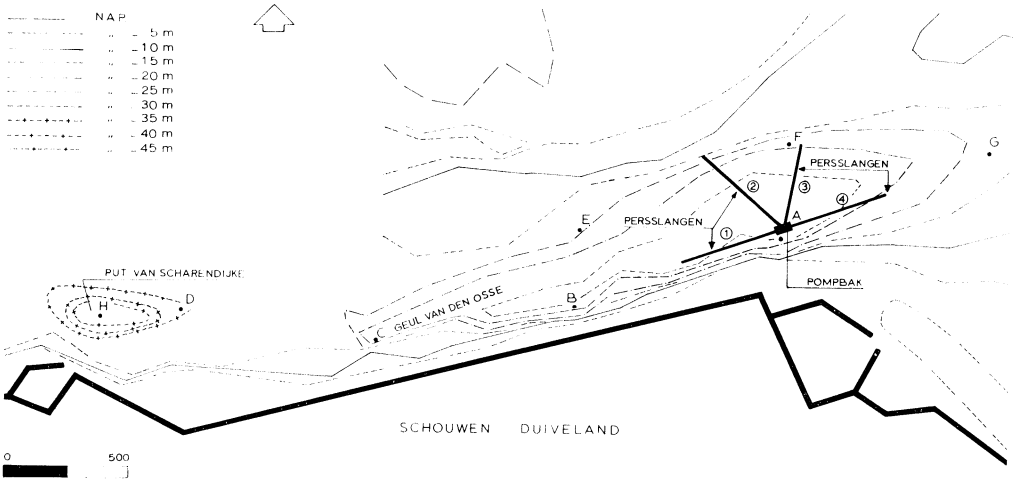


Fig. 1. De pot van Scharendijke en de Geul van den Osse in het Grevelingenmeer

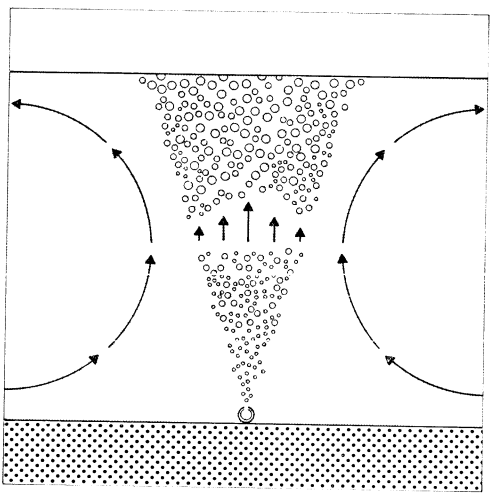


Fig. 2. Stromingspatroon dat wordt opgewekt door het inbrengen van luchtbellen via een geperforeerde buis nabij de bodem

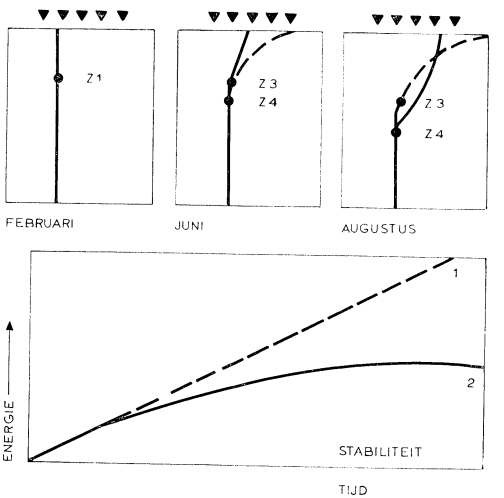


Fig. 3. Schematische voorstelling van het verloop van de stabiliteit van een watermassa onder invloed van verwarming en wind

ging over de verticaal treedt hierbij dus niet op. Het belangrijkste mechanisme is de overdracht van zuurstof vanuit de luchtbellen naar het zuurstofarme water.

Gebruik makend van de omstandigheid dat hier anaërobie optrad in twee dicht bijeengelegen putten onder overigens gelijke omstandigheden, heeft men een proef opgezet ter bepaling van het nuttig effect van kunstmatige bestrijding van anaërobie. In één put zou mechanische destratificatie worden toegepast, terwijl in de andere het zuurstofherstel onder invloed van de natuurlijke omstandigheden zou worden afgewacht. De ene put diende dus als controle voor de proefneming in de andere. Mede op grond van operationele aspecten heeft men ervoor gekozen de kunstmatige destratificatie uit te voeren in de Geul van Den Osse. Als argu-



De compressor-installatie voor de destratificatie-apparatuur

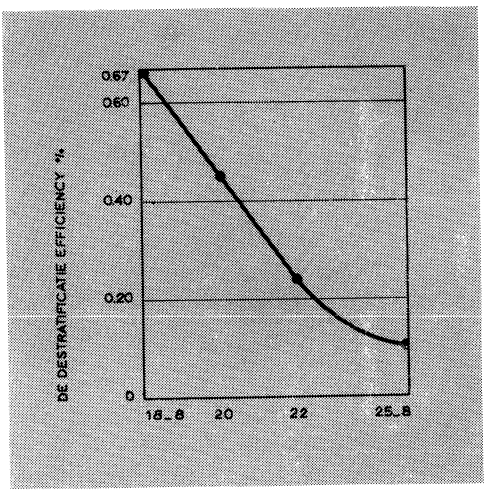
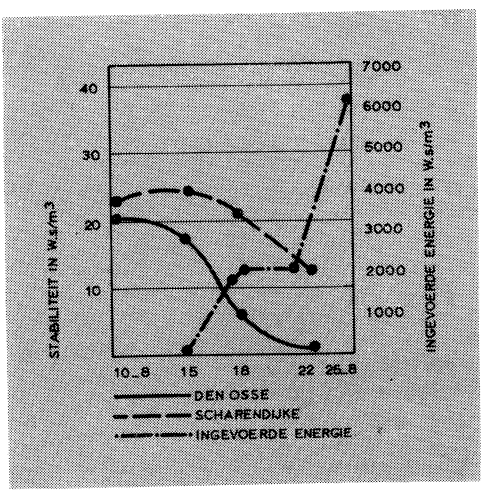


Fig. 4. Verloop van de effectiviteit van de destratificatie tussen 18 en 25 augustus

Fig. 5. Verloop van de stabiliteit van het water in de twee putten tussen 10 en 25 augustus

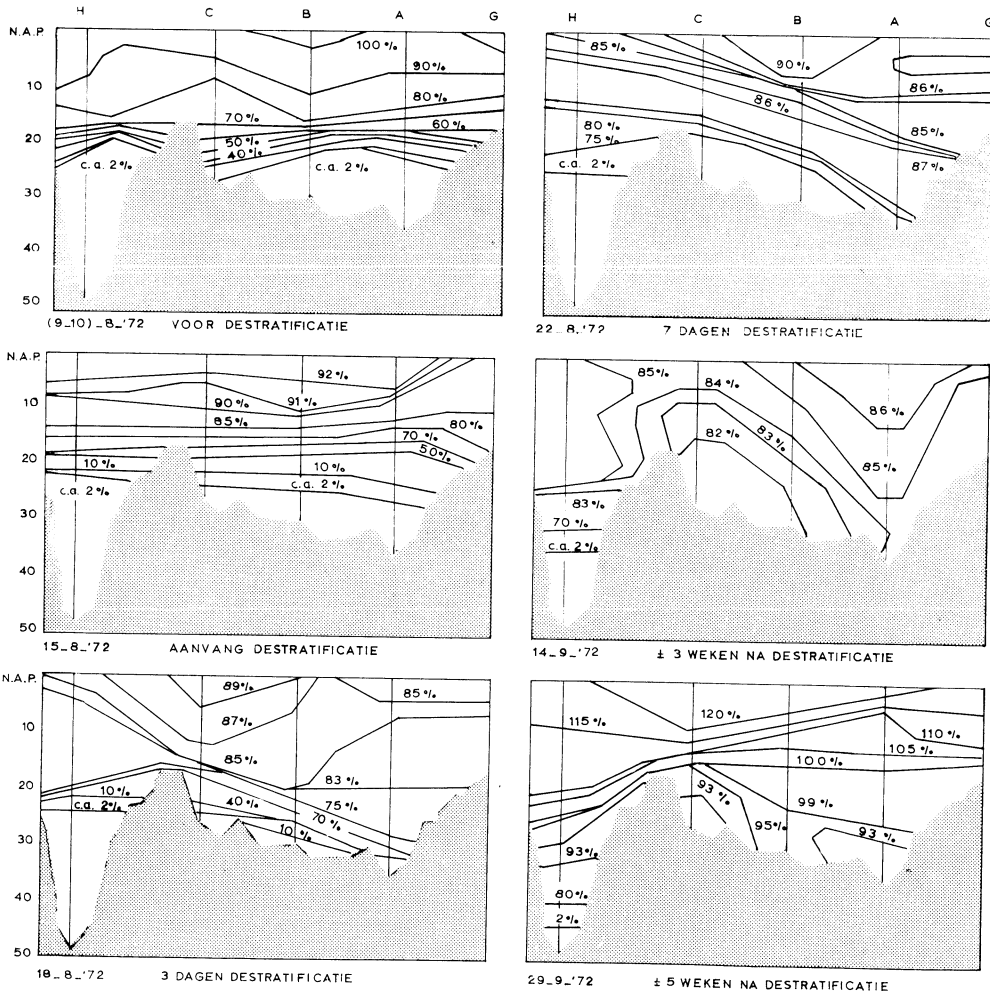
ment voor deze keuze gold vooral dat er in het hypolimnion van de Geul van den Osse een toeneming was waargenomen van zwavelwaterstof en ammonium; tegelijkertijd werd geconstateerd dat het gehalte van een aantal elementen aanzienlijk toenam ten gevolge van mobilisatie vanuit de bodem. Plotselinge omkering van juist deze geul, bijvoorbeeld onder invloed van een storm, zou aanzienlijke schade kunnen toebrengen aan het biologisch mileu in het epilimnion.
Bovendien zou in de Geul van den Osse meer ervaring kunnen worden opgedaan met betrekking tot het destratificeren van diepe putten en geulen met behulp van een mobiele installatie. De resultaten zouden dus ook van belang zijn voor de operationele waterkwaliteitsbewaking. De destratificatie-apparatuur, geïnstalleerd op een zolderbak, bestond uit

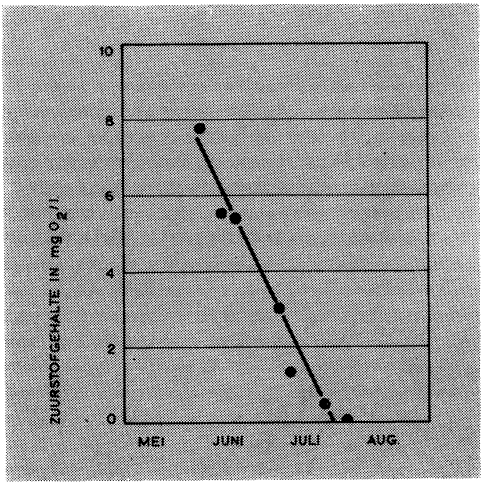


een compressor met een continu vermogen van 34 m^3/min. bij 7 atmosfeer en twee olietanks; er hoorde verder 1700 m geperforeerde PVC-slang bij, verzwaard met kettingen en ballastblokken en verscheidene boeien ter markering van de installatie.
De put van Scharendijke kon gebruikt worden als controleput, omdat die minder gevaar opleverde voor de waterkwaliteit ter plaatse. Het besluit, de natuur hier haar weg ongehinderd te laten vervolgen, leek daardoor wel gerechtvaardigd.
In hydraulisch opzicht kan elke destratificatie geëvalueerd worden door de in werkelijkheid toegevoerde energie die nodig is om een gegeven hoeveelheid water volledig te mengen, te vergelijken met de theoretisch vastgestelde minimale hoeveelheid, nodig om volledige menging te verkrijgen. Dit theo-

Fig. 7. Verloop van het zuurstofgehalte in de beide putten, voorafgaand aan de destratificatie-proef

Fig. 6. Veranderingen in de thermische gelaagdheid van het water in de Geul van den Osse onder invloed van de kunstmatige destratificatie





retisch minimum aan energie, vereist voor een kunstmatige destratificatie, wordt ook wel de stabiliteit van een hoeveelheid water genoemd. Of andersom gedefinieerd:
Onder de stabiliteit van een stratificatie wordt de hoeveelheid arbeid verstaan die moet worden verricht om de totale inhoud van de put te verplaatsen over een afstand die gelijk is aan de afstand tussen de zwaartepunten van de massa in respectievelijk gestratificeerde en isotherme of isohaline toestand.
Fig. 3 brengt deze begrippen in beeld. De rechthoek kan worden opgevat als een segment uit een V-vormig meerprofiel. In de eerste rechthoek is het water isothermisch. Het zwaartepunt bevindt zich dan ook ongeveer op 1/3 van de diepte van de waterkolom. Toenemende verwarming van het water nabij het oppervlak veroorzaakt een temperatuurverloop, dat in het schema op twee manieren wordt weergegeven: de gebroken lijn geeft het verloop weer zoals zich dat ontwikkelt volgens de wet van Lambert, hetgeen inhoudt dat de geabsorbeerde langgolvige straling exponentieel met de lichtweg toeneemt, en wel zonder rekening te houden met de invloed van de wind. Bij de getrokken lijn is wèl rekening gehouden met de windinvloed. Deze invloed werkt de verschuiving van het zwaartepunt in de gestratificeerde toestand tegen; vergelijk Z_2 (zwaartepunt zonder windinvloed) en Z_3 (zwaartepunt met windinvloed).
Onder natuurlijke omstandigheden is er vrijwel altijd sprake van windinvloed, waardoor de dikte van de warmere laag over het algemeen veel groter is dan op grond van absorptie alleen kan worden verwacht. Hierdoor wordt de werkelijke hoeveelheid energie die nodig is om volledige menging te veroorzaken, aanzienlijk geringer. De stabiliteit kan behalve door de wind ook in aanzienlijke mate worden verminderd door warmteuitstraling 's nachts en door turbulente diffusie, ten gevolge van bijvoorbeeld het opstijgen van gasbelletjes vanuit het bodemslib. De verhouding tussen de theoretisch minimale hoeveelheid energie en de feitelijk ingevoerde hoeveelheid mechanische energie om destratificatie te veroorzaken, wordt uitgedrukt in een getal, dat men de destratificatie efficiency heeft genoemd. De maximale stabiliteit wordt bereikt wanneer de warme waterlagen het isothermisch zwaartepunt bereiken. Als de watertemperatuur beneden deze diepte stijgt en het water een isothermische staat gaat benaderen, neemt de afstand tussen isothermisch zwaartepunt en zwaartepunt bij stratificatie af, zodat de stabiliteit daalt en tenslotte de nulwaarde bereikt. Dat is de isothermische toestand.
De opeenhoping van organisch materiaal in het hypolimnion heeft tot gevolg dat een massaal mineralisatieproces optreedt, dat een omvangrijke zuurstofonttrekking met zich brengt. Tegelijk wordt nitrificatie teweeggebracht door de bacteriën Nitrosomonas en Nitrobacter. Voor deze processen zijn zulke grote hoeveelheden zuurstof nodig, dat er zelfs zuurstofloosheid kan ontstaan. In de zuurstofloze toestand gaan zich dan een aantal bacteriologische processen ontwikkelen, zoals denitrificatie, nitraatreductie, sulfaatreductie en methaanfermentatie. De belangrijkste reductieprodukten zijn zwavelwaterstof (H_2S), methaan (CH_4), ammonium (NH^+_4), gasvormig stikstof (N_2) en het dissimilatie- en reductieprodukt koolzuur (CO_2), dat een verlaging van de pH-waarde veroorzaakt. Dit zuurstofloze milieu raakt bij stratificatie dus opgesloten in de onderste waterlagen van een trog, en kan van daaruit een latente bedreiging van het leven in de bovenste waterlagen vormen. Een tijdige en niet te snel verlopende menging met andere waterlagen kan de dreiging echter opheffen, zoals in het vervolg zal worden getoond.
Begin juni 1972 had zich, zoals gemeld, in het zuidwestelijk deel van het Grevelingenmeer plaatselijk op 15 à 20 meter beneden het wateroppervlak een spronglaag ontwikkeld. Deze spronglaag vormde zich onder het isothermisch zwaartepunt van de beide besproken putten, zodat het absolute maximum aan stabiliteit – waarbij de spronglaag samenvalt met het isothermisch zwaartepunt – niet kon optreden. Als mogelijke oorzaak hiervan kan genoemd worden de invloed van de wind

stratificatie:

aërobe respiratie + mineralisatie: $CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

nitrificatie: $NH_4^+ 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$

denitrificatie: $5CH_2O + 4NO_3^- + 4H^+ \rightarrow 5CO_2 + 2N_2 + 7H_2O$

nitraatreductie: $2CH_2O + NO_3 + 2H^+ \rightarrow 2CO_2 + H_4 + H_2O$

sulfaatreductie: $2CH_2O + SO_4^{2-} + 2H^+ \rightarrow 2CO_2 + H_2S + 2H_2O$

methaanfermentatie: $2CH_2O \rightarrow CO_2 + CH_4$

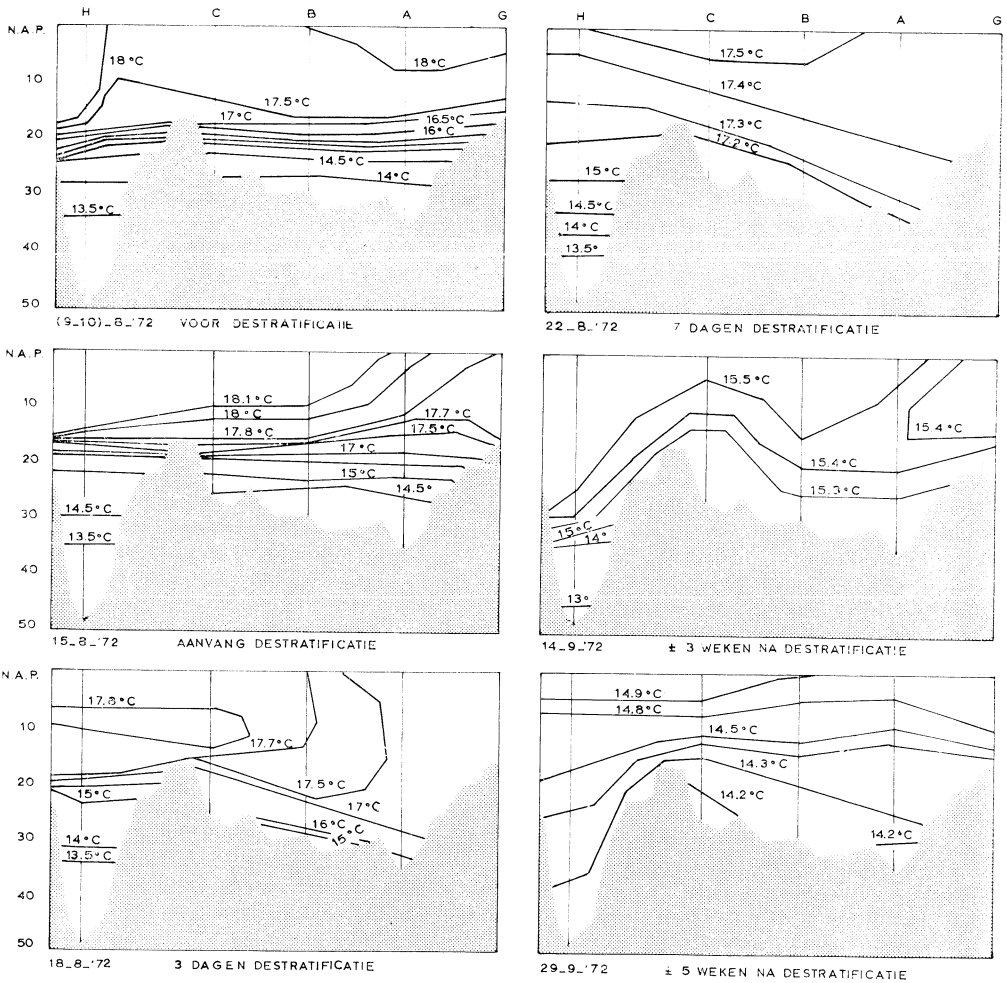
destratificatie

aerobe respiratie + mineralisatie: $CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

sulfide oxydatie: $H_2S + 2O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$

nitrificatie: $NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 7H^+ + H_2O$

Fig. 8. Veranderingen in de zuurstofverdeling over het water in de Geul van den Osse onder invloed van de kunstmatige destratificatie



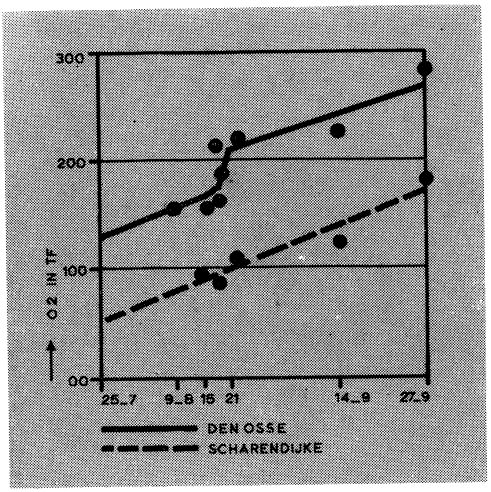


Fig. 9. Verloop van de totale hoeveelheid zuurstof in de put van Scharendijke en de Geul van den Osse

Fig. 10. Verloop van een aantal parameters over de verticaal gemeten op 9 augustus en 7 september 1972 in de Geul van den Osse

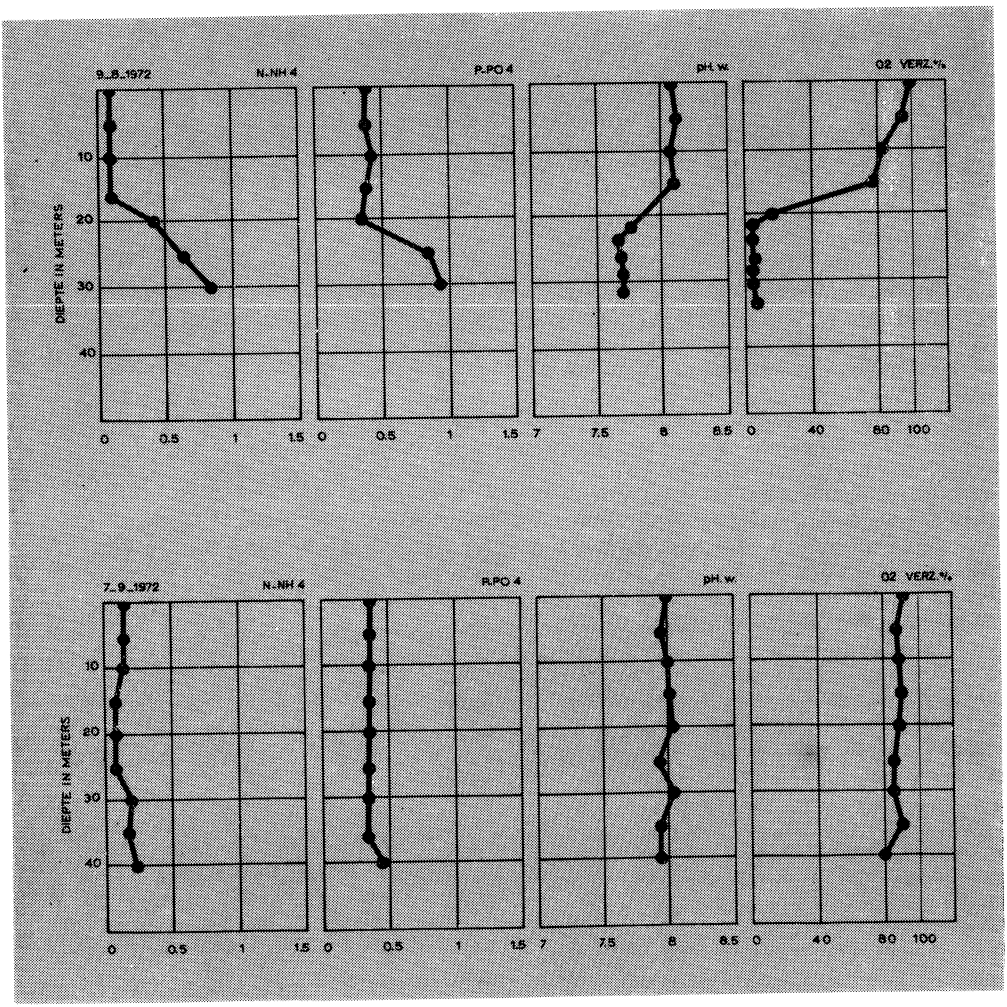
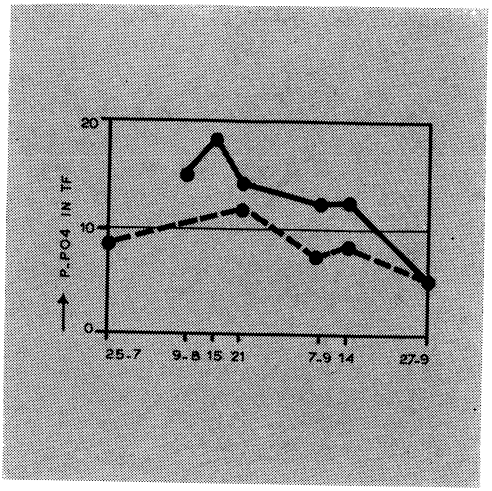
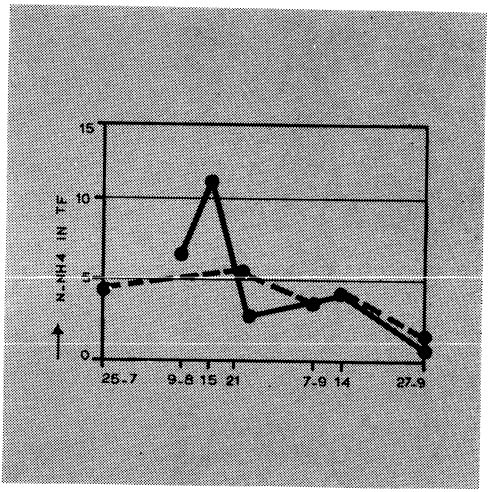
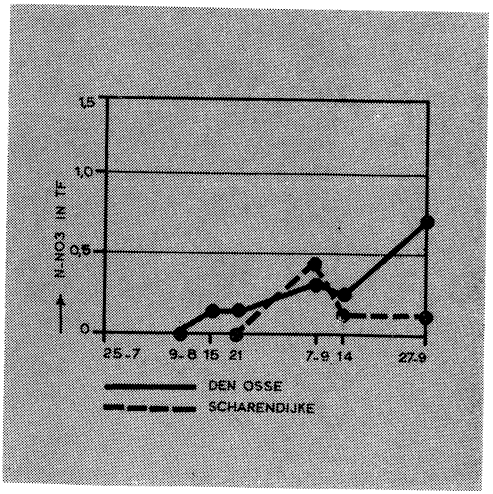


Fig. 11. Verloop van een aantal parameters in de proefput en de controleput







en de geometrie van het gehele meer.
De destratificatieproef die van 16 tot 18 en van 21 tot 24 augustus 1972 in de Put van den Osse werd uitgevoerd, veroorzaakte al snel een verlaging van het oorspronkelijke niveau van de spronglaag en leidde op 22 augustus tot een nagenoeg isotherme toestand. Daarbij bleek dat de destratificatie efficiency sterk afnam naarmate de stabiliteit van de stratificatie verminderde. Het lijkt vanuit een oogpunt van rendement dan ook aantrekkelijk kunstmatige destratificaties van korte duur toe te passen.
De plaats van de spronglaag in de controleput bij Scharendijke veranderde aanvankelijk nauwelijks en onderging tenslotte een zeer geleidelijke daling, als gevolg van de invloed van de wind, nachtelijke warmte-uitstraling en turbulente diffusie. Het verschil in het verloop van de stabiliteit per m^3 in beide putten geeft de vermindering van de stabiliteit ten gevolge van de kunstmatige destratificatie weer, uitgaande van de veronderstelling dat de controleput niet beïnvloed werd door de manipulaties met de proefput. De destratificatie efficiency blijkt dan 0,12% te bedragen. Uit fig. 5 valt bovendien af te lezen dat de vermindering van de stabiliteit ten gevolge van de mechanische destratificatie gering is ten opzichte van de vermindering van de stabiliteit onder natuurlijke omstandigheden.
Het verloop van het zuurstofgehalte in beide putten werd vanaf juni zeer nauwkeurig gevolgd. Het gemiddelde zuurstofgehalte in het hypolimnion van de controleput bedroeg begin juni 7,8 mg O_2/l, en was eind juli verwaarloosbaar.
Gemiddeld moet er dus 0,14 mg O_2/l per dag verbruikt zijn. Ten gevolge van de destratifi-

catie in de proefput is er een mengproces op gang gekomen van het zuurstofrijke water van het epilimnion en het zuurstofloze water van het hypolimnion. Het resultaat daarvan was, dat er reeds spoedig na de aanvang van de destratificatie een nagenoeg gelijkmatige zuurstofverdeling optrad. De zuurstofverdeling in de controleput verbeterde maar in heel bescheiden mate. Naast een nieuwe verdeling van de zuurstof over de diepte vond ook een versnelde aanvulling plaats, voornamelijk vanuit de atmosfeer. In de proefput nam de absolute hoeveelheid zuurstof dan ook snel toe, terwijl de hoeveelheid in de controleput na een aanvankelijke daling, zeer geleidelijk toenam.

Het rendement van de destratificatie-installatie kan nader worden beschreven in termen van opgenomen hoeveelheid zuurstof per ingevoerde hoeveelheid energie. Bij de huidige proef was dat 1,15 kg 0_2 per kwh., een heel behoorlijk resultaat.

De mobilisatie van fosforverbindingen vanuit het bodemslib heeft zich op duidelijke wijze in de hypolimnia gemanifesteerd. Het gehalte aan orthofosfaat in het hypolimnion bleek drie maal zo hoog als dat in het epilimnion, hetgeen niet verklaard kan worden uit de lozingen van ongezuiverd afvalwater door de gemeente Scharendijke of van polderwater bij Den Osse. Tijdens de kunstmatige destratificatie werd de verdeling over de waterdiepte van het gehalte aan orthofosfaat in de proefput gelijkmatig; tegelijk nam de absolute hoeveelheid af. Een en ander kan worden toegeschreven aan een verdunningseffect en aan oxydatie van tweewaardig ijzer tot driewaardige vormen, zodat er weer orthofosfaat chemisch of fysisch werd gebonden en na sedimentatie werd opgenomen in het bodemslib.

In de controleput bleef het fosfaatgehalte in het hypolimnion aanvankelijk toenemen, totdat eind september 1972 een gelijke verdeling over de verticaal optrad, hetgeen een vermindering van het absolute gehalte impliceerde. Deze grotere vermindering van het fosfaatgehalte in de controleput kan verklaard worden doordat het hypolimnion in de proefput naar verhouding groter was dan in de controleput.

De voortgaande rotting onder anaërobe omstandigheden, die tijdens de stratificatie optrad, had eveneens tot gevolg dat mineralisatieprodukten zoals ammonium, methaan en koolzuur in het hypolimnion toenamen. Het ammoniumgehalte in het hypolimnion was op een gegeven moment tien keer zo groot als in het epilimnion! De kunstmatige destratificatie in de proefput had tot gevolg dat er weer een gelijkmatige verdeling van het ammonium over de diepte kwam, terwijl de absolute hoeveelheid ammonium tegelijkertijd zeer sterk afnam, voornamelijk ten gevolge van nitrificatie, aangezien het nitraatgehalte in de beide putten – aanvankelijk zowel in epilimnion als in hypolimnion afwezig – enigszins toenam. Door de accumulatie van mineralisatieprodukten, met name CO_2, daalde de pH-waarde van het hypolimnion tot 7,7. De kunstmatige destratificatie had tot gevolg dat de overmaat aan koolzuur snel ontweek naar de atmosfeer, zodat de pH-waarde weer kon stijgen tot 8,1.

Het onderzoek betreffende de hydrobiologische en micro-biologische aspecten werd uitgevoerd door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke. Daarbij bleek dat in de zuurstofloze hypolimnia geen levend fyto- en zoöplankton voorkwam en dat in zeer korte tijd grote hoeveelheden zwavelwaterstof werden gevormd. Door kunstmatige destratificatie werd in vier dagen alle zwavelwaterstof verwijderd, zonder dat daarbij schade werd toegebracht aan de visstand.

In de Put van Scharendijke werd langs natuurlijke weg in 72 dagen alle zwavelwaterstof verwijderd, eveneens zonder schade voor de visstand. Onmiddellijk na de kunstmatige destratificatie werd een normale verdeling van fyto- en zoöplankton over de verticaal waargenomen.

Aan het hierboven beschreven onderzoek kan als algemene conclusie worden verbonden dat met behulp van kunstmatige destratificatie onder gecontroleerde omstandigheden op verantwoorde wijze in korte tijd een aanzienlijke verbetering van de waterkwaliteit in een diepe put kan worden bereikt. Een andere vraag is, of men vaak een beroep zal behoeven te doen op deze techniek. De natuur zelf blijkt, zij het iets langzamer, voor herstel van evenwicht te zorgen, ook in diepe troggen.

Commissie Oosterschelde

In de op 28 mei 1973 door de Minister-President uitgesproken regeringsverklaring is de volgende zinsnede opgenomen:
'De Minister van Verkeer en Waterstaat zal de Kamer op korte termijn een nota over alle aspecten van de Oosterscheldewerken voorleggen. In deze nota zal de instelling van een commissie worden voorgesteld die de mogelijkheid zal onderzoeken om de noodzakelijke bescherming tegen stormvloeden in overeenstemming met het behoud van het natuurlijk milieu te brengen. De nota zal behalve over de taakomschrijving ook een voorstel doen over de samenstelling van de commissie.'
Inmiddels is op 29 juni 1973 de 'Nota Oosterschelde' door de minister van Verkeer en Waterstaat aan de Kamer aangeboden. In deze nota wordt naast de huidige problematiek met betrekking tot de Oosterschelde tevens de taakopdracht en de functionele samenstelling van de commissie behandeld.
De commissie, die beperkt van omvang dient te zijn zal de Minister van Verkeer en Waterstaat rapporteren met betrekking tot alle veiligheids- en milieuaspecten die bij de Oosterscheldewerken in het geding zijn. De commissie zal de bestaande mogelijkheden moeten bestuderen en hieruit die oplossing dienen te kiezen die beide belangen – veiligheid en milieu – het beste dient.
De commissie zal de Minister van Verkeer en Waterstaat adviseren inzake de vraag of en in hoeverre het Deltaplan volgens zijn oorspronkelijke opzet zou kunnen of moeten worden aangepast en of en in hoeverre de Deltawet hiertoe zou moeten worden gewijzigd.
Het ligt in de bedoeling dat de commissie uiterlijk 6 maanden na haar installatie advies zal uitbrengen aan de Minister van Verkeer en Waterstaat. Dit advies zal openbaar gemaakt worden.
Inmiddels hebben zich bereid verklaard in de Commissie zitting te nemen:
Mr. J. Klaasesz, oud-Commissaris van de Koningin in de provincie Zuid-Holland (Voorzitter);
Prof. ir. J. L. Klein, oud-buitengewoon hoogleraar in de waterbouwkunde te Delft en oud-hoofddirecteur van de provinciale waterstaat in Zuid-Holland;
Prof. dr. P. G. Fohr, hoogleraar in de waterzuivering te Wageningen;
Prof. dr. D. J. Kuenen, buitengewoon hoogleraar in de Milieubiologie aan de Rijksuniversiteit te Leiden en algemeen directeur van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer;
Prof. dr. P. Korringa, Directeur van het Rijksinstituut voor het Visserijonderzoek te IJmuiden;
ir. F. H. van der Linde van Sprankhuizen, directeur van de provinciale planologische dienst van Gelderland.
Er bestaat goede hoop dat zeer binnenkort eveneens de bereidverklaring om tot de commissie toe te treden zal worden ontvangen van een deskundige die de economische facetten van de problematiek zal behartigen.

Vorderingen

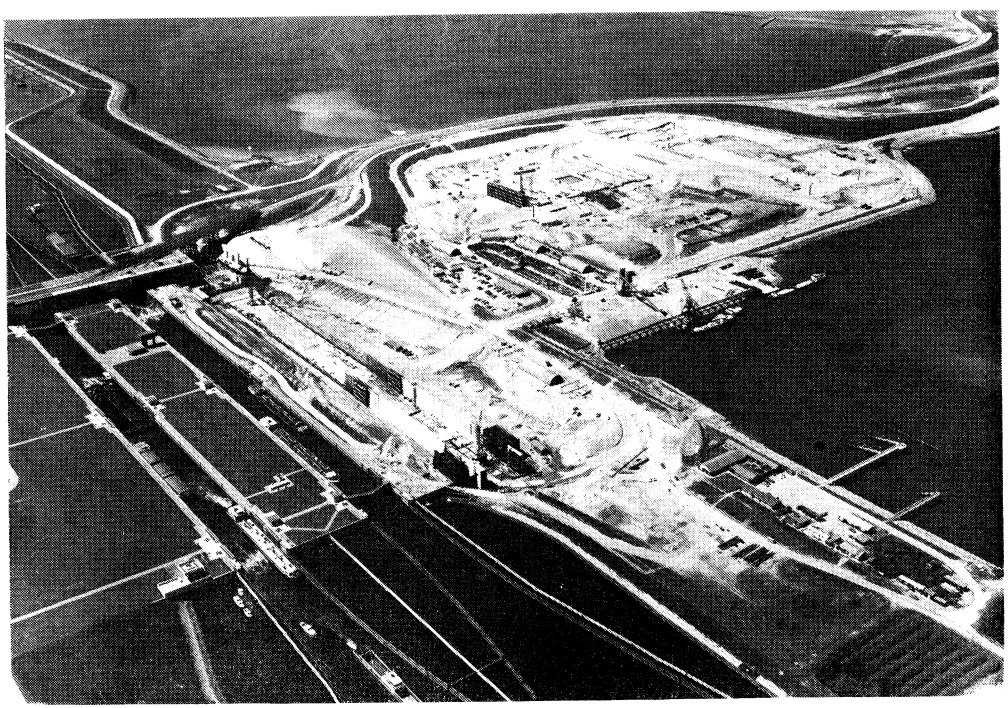
A. De werken van het Deltaplan

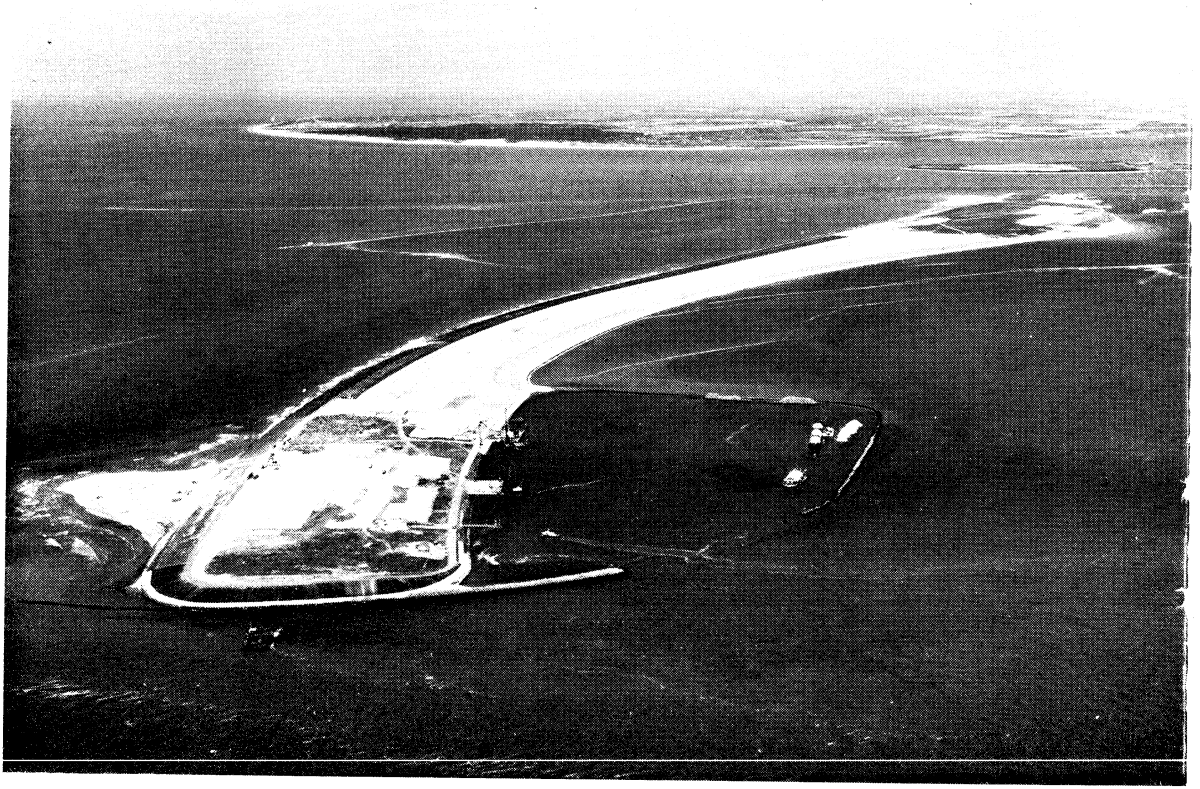
Volkerak

Derde sluis met overbrugging, inlaatsluis en jachtensluis

Omdat de werken voor het verlengen van de bestaande overbrugging in het najaar van 1973 moeten worden opgeleverd, wordt thans met man en macht gewerkt om het tijdschema aan te houden. De pijler en het landhoofd zijn inmiddels gereedgekomen, evenals de 28 voorgespannen liggers. In de bouwvakvakantie is begonnen met het plaatsen van deze liggers met behulp van een 500-tonskraan.
De bouw van de derde sluis verloopt zeer voorspoedig. De vloeren zijn gereed, terwijl inmiddels van 14 moten ook de wanden zijn gestort. De opbouw van het bovenhoofd is thans in volle gang.
De vloerplaten van de pijlers van de inlaatsluis zijn nagenoeg gereedgekomen, terwijl er verder is gegaan met het maken van de vloerplaten voor de vleugelwanden. Tussen de pijlervoeten van de overbrugging zijn inmiddels de vibropalen en de 1 m dikke vloeren van het stortebed aangebracht.
Nadat de schermwanden van de jachtensluis zijn aangebracht is daar begonnen met het maken van de werkvloeren. Thans is men bezig met het aanbrengen van het betonijzer voor de eerste vloermoot.
Voor de overbrugging van de inlaatsluis is het eerste gedeelte

Stand van de werkzaamheden in het Volkerak op 16 mei 1973





De afsluitingswerken in de Oosterschelde, stand van het werk per 16 mei 1973

van de pijleropbouw van 2 pijlers gereedgekomen, van N.A.P -8,00 m tot N.A.P. +5,00 m. Voor de overige pijlers is begonnen met het laatste gedeelte van de opbouw, van N.A.P. +5,00 m tot N.A.P. +17,00 m. Voortgegaan wordt met het maken van de voorgespannen liggers.

Oosterschelde

In de verslagperiode werd de aanvoer van zink- en stortsteen uit België naar het werkeiland Roggenplaat voortgezet. Daar werd de steen in depot opgeslagen. Ook naar de haven op het werkeiland Noordland werd materiaal aangevoerd en opgeslagen of rechtstreeks verwerkt. De aanvoer betrof hier in hoofdzaak fosforslakken en staalslakken.
Naar de werkhaven Sophiapolder op Noord-Beveland werd voornamelijk rijshout en filterdoek aangevoerd. Voor het maken van zinkstukken met vaste ballast van betonblokken werd een betonfabriek opgebouwd. Een gedeelte van deze werkhaven werd op diepte gecutterd (N.A.P. –10 m). Het uitkomende zand werd tegen de duinen op het strand geperst nabij de damaanzet op Noord-Beveland. Het werk aan deze damaanzet en aan het damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje-Jans werd op 28 april 1973 voor de eerste keer opgeleverd.
Met het aanbrengen van een bodembescherming van zinkstukken in het sluitgat de Roompot werd een aanvang gemaakt. Er werden 21 stukken van 100 m lengte en 30 m breedte gezonken en bestort met fosforslakken.
In de Schaar van Roggenplaat en de Hammen werden kraagstukken aangebracht tegen de oevers van de werkeilanden en de kust van Schouwen. De stukken werden afgestort met stortsteen.
Daar waar te zijner tijd de pylonen voor de kabelbanen zullen worden geplaatst werd de reeds aangebrachte laag grind afgedekt met een laag staal- of loodslakken.
Met de voorbereidende werkzaamheden voor de bouwput ten behoeve van de sluis in het werkeiland Noordland werd een aanvang gemaakt. De eerder geplaatste loswal werd verwijderd en elders in de werkhaven herplaatst. Met de ontgraving van de bouwput werd in den droge begonnen. Het uitkomende zand werd gebruikt voor het

opbouwen van de onderste slag van de ringdijk van de bouwput. Enkele kraagstukken werden gelegd en bestort met stortsteen.
Een groot deel van de pylonen voor de kabelbanen werd te Dintelmond in onderdelen aangevoerd. Het aan elkaar lassen van deze secties kwam voor 30% gereed. Van de 13 torens, zijn er 6 aangevoerd te Dintelmond. De verwachting is dat begin september 1973 het hefeiland, dat speciaal gebouwd is voor het plaatsen van de pylonen, in de Oosterschelde arriveert. Daarna zal een aanvang worden gemaakt met het heien van de pylonen, te beginnen in het sluitgat Hammen.
In de verslagperiode werd het maaiveld van het werkeiland Roggenplaat verhoogd van ca. N.A.P. tot N.A.P. +5,0 m ten behoeve van het plaatsen van de vaste railgedeelten van de kabelbanen over de Schaar van Roggenplaat en de Hammen. Hiervoor werd 280 000 m^3 zand gecutterd in de mond van de werkhaven Roggenplaat en rechtstreeks in het werk geperst.
In een deel van de Westenschouwense inlaag werd, nadat de klei was ontgraven, een aanvang gemaakt met het persen van zand. Op dit werkterrein zullen blokken voor de kabelbaansluiting van de Hammen worden opgeslagen.

B. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De werkhaven en het zeewaterbassin zijn thans gereedgekomen. Slechts is thans nog als bijkomend werk in uitvoering het maken van een peilmeetstation in de nieuwe werkhaven.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk aan het waterschap Texel

Dit werk was op 30 maart 1973 geheel voltooid.

Verantwoording van de foto's

Aero Camera	225	226	244
J. v. Bodegom	225		
B. Hofmeester	274	275	
Rijkswaterstaat	252	254	

Driemaandelijks Bericht
nummer 66, november 1973

Inhoud

Twee jaar onderzoek naar het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer 271

Vegetatiegordels op en langs drooggevallen oeverstroken 277

Broedplaatsen voor sterns, plevieren en kluten in het Deltagebied 285

Landschapsoecologisch onderzoek op de Slikken van Flakkee 291

A. De werken van het Deltaplan

Ontwerp voor de sluis op Noordland 298

Produktie en verwerking van blokkenmatten als bodembescherming 303
De inrichting van de Plaat van Oude Tonge in het Grevelingenmeer 309

Plaatval in de Roggenplaat 315

Vorderingen 324

In de Berichten 59 en 61 (februari en augustus 1972) werd reeds aandacht besteed aan een aantal milieuhygiënische ervaringen, opgedaan na de afsluiting van het Brouwershavense Gat. Omdat het samenspel van fysische, chemische en biologische processen die het aquatisch milieu beïnvloeden erg ingewikkeld is, kon in deze artikelen aan de interpretatie der eerstverkregen gegevens slechts een zeer beperkte strekking worden toegekend.

Twee jaar onderzoek naar het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer is als afgesloten zoutwaterbekken nu ruim twee jaar geleden ontstaan; het lijkt, mede met het oog op het lopende onderzoek naar de mogelijkheid en wenselijkheid het toekomstige Zeeuwse Meer door tussendammen in compartimenten te verdelen, interessant aan de hand van de verzamelde gegevens een terugblik te werpen op deze twee jaar.
In dit artikel zullen een aantal facetten van het door de afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst uitgevoerde onderzoek worden belicht.
Reeds eerder is gewezen op de invloed van lokale bronnen van belasting.
Uit inventariserend onderzoek blijkt dat verreweg de grootste hoeveelheden verontreiniging in het meer worden gebracht via het gemaal nabij *Battenoord* en de afvalwaterpersleiding van *Ouddorp.*
De exacte verdeling van de totale belasting vindt men aangegeven in fig. 1. Opgemerkt moet worden dat het Grevelingenmeer er in dit opzicht veel gunstiger aan toe is dan bijvoorbeeld het Brielse Meer (zie Bericht 61, augustus 1972).
Zowel de afwezigheid van zeer omvangrijke lozingen van ongezuiverd huishoudelijk of industriëel afvalwater als de gunstige verhouding tussen afwaterend en ontvangend water-oppervlak van 2 : 3 hebben tot gevolg dat de invloed van de lokale belastingsbronnen van beperkte omvang is. Desondanks zal elke vermindering van de omvang van de lokale belasting ten goede komen aan het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer. Daarom zijn plannen opgesteld tot sanering van de bestaande lozingen van afvalwater. Het riolenstelsel van Ouddorp zal tezamen met dat van Stellendam en Goeree te zijner tijd worden aangesloten op een persleidingsysteem met afvalwaterzuiveringsinstallatie, waarvan het effluent op de Zuiderdiepboezem zal worden geloosd. Het afvalwater van Herkingen en Oude Tonge, dat thans wordt geloosd via het gemaal te Battenoord, zal te zijner tijd van het Grevelingenmeer worden afgeleid en na zuivering op het Haringvliet worden gebracht. Voorts zal Scharendijke op korte termijn worden aangesloten op het persleidingsysteem en de zuiveringsinstallatie van Westerschouwen, waarvan het effluent op de Oosterschelde wordt geloosd.
Het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer wordt in hoofdzaak bepaald door het zoutgehalte van het water. Immers, het zoutgehalte beïnvloedt alle organismen door wijzigingen in de osmotische druk, de relatieve verdeling van opgeloste stoffen, de coëfficient van absorptie, verzadiging van opgeloste gassen, dichtheid, viscositeit, absorptie van straling en penetratie van geluid. Het zoutgehalte heeft dus verschillende ecologische effecten, afhankelijk van het voorkomen en niveau van andere factoren, in het bijzonder temperatuur, zuurstofgehalte en ionensamenstelling. Voor de afsluiting van de Grevelingen traden zowel in de kom als in de mond aanzienlijke fluctuaties op in zoutgehalte, die sterk afhankelijk waren van de opperwaterafvoer van de grote rivieren. Na de aanleg van de Grevelingendam en de afsluiting van het Haringvliet nam deze invloed af, om tenslotte na de sluiting van de Brouwersdam nagenoeg geheel te verdwijnen. Doordat tijdens de afsluiting van het Brouwershavense Gat de rivierafvoeren gering waren en de Haringvlietsluizen nagenoeg

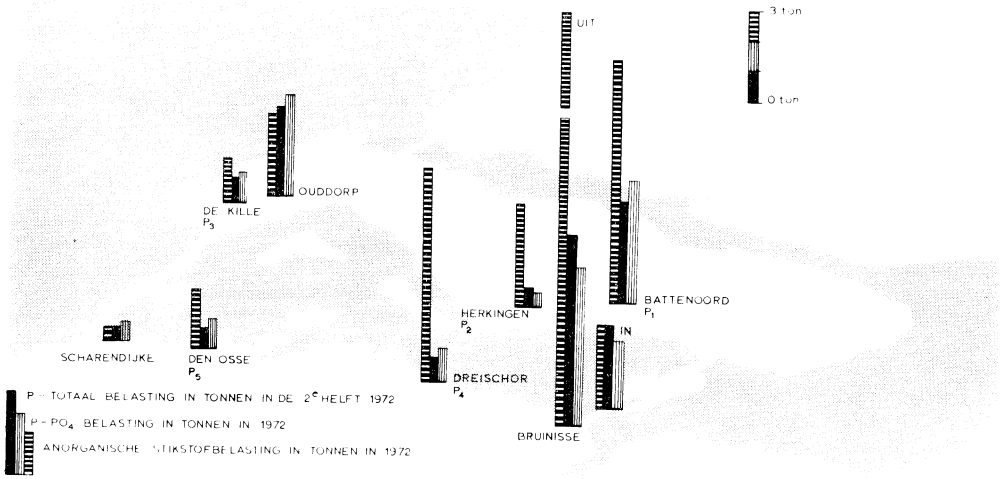
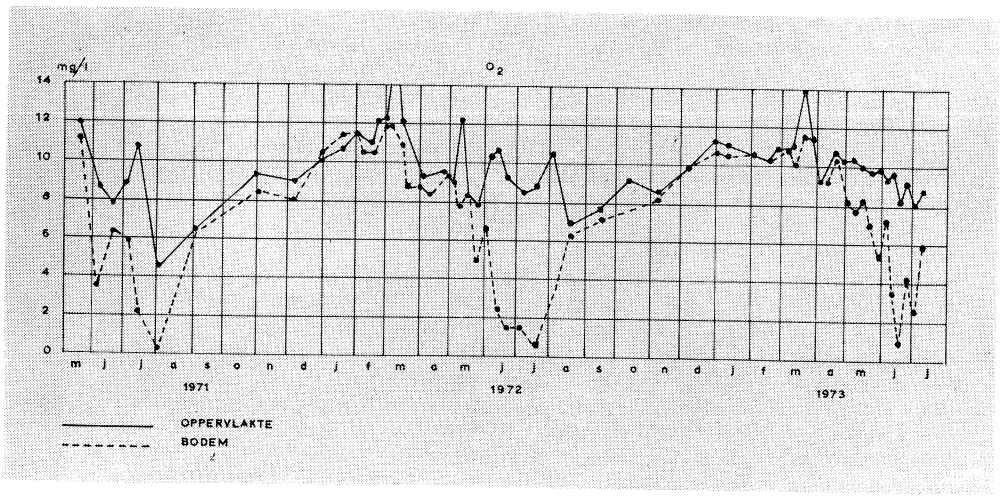
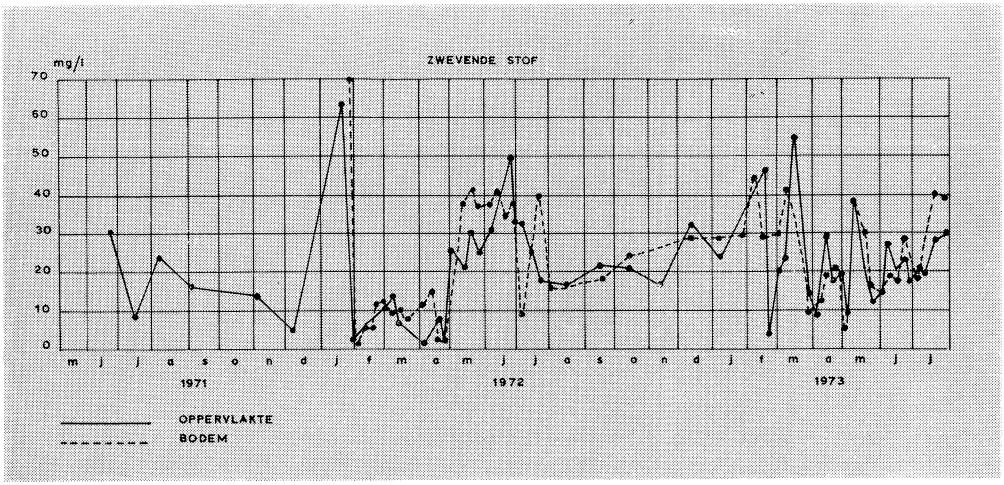


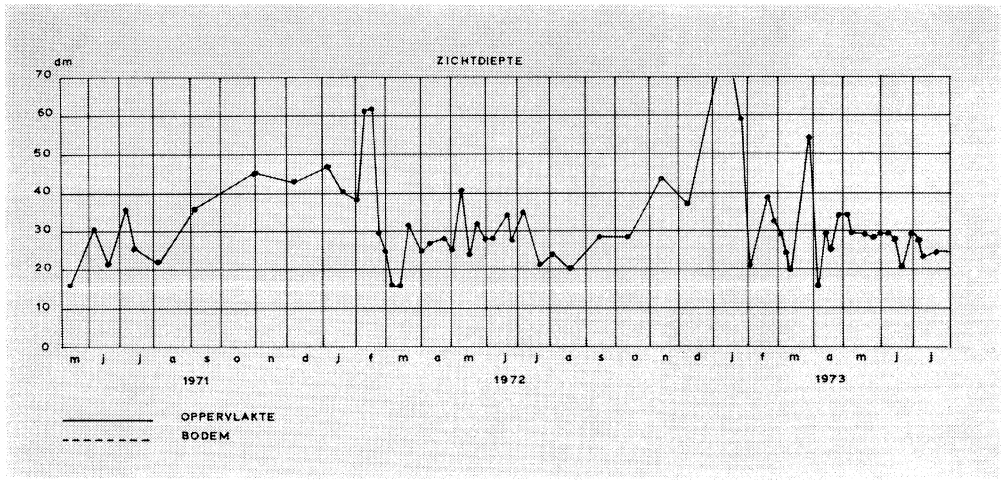
Fig. 1. Belasting van het Grevelingenmeer met verontreinigende stoffen in 1972

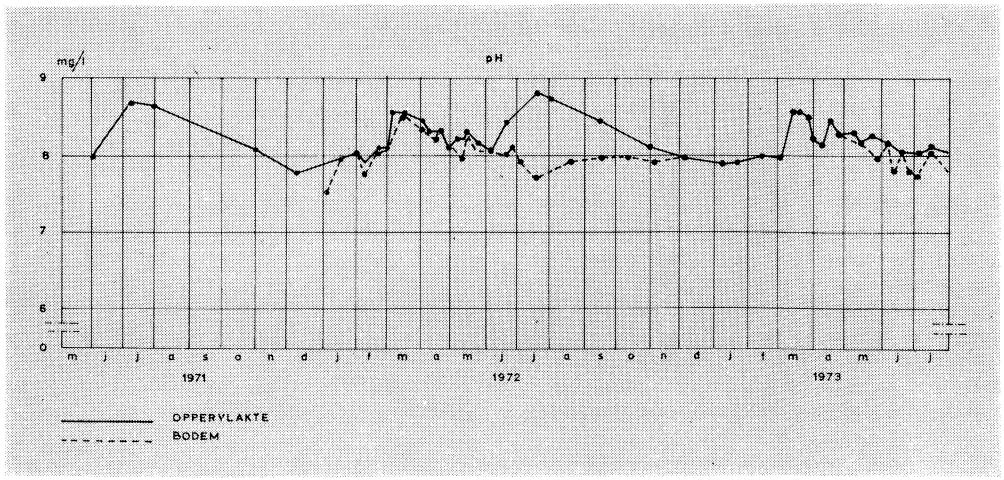
waren gesloten, was het zoutgehalte van de Grevelingen op het moment van de laatste afsluiting toevallig hoog – ca. 17 000 mg Cl'/l. Onder invloed van schut- en lekwater van de sluis nabij Bruinisse, uitgeslagen polderwater en neerslag kan dit zoutgehalte lager worden, maar in de afgelopen twee jaar is het niet verder gedaald dan tot 16 500 mg Cl'/l. Dit hoge en betrekkelijk constante zoutgehalte vormt een essentiële voorwaarde voor de ontwikkeling van een stabiel en gevarieerd aquatisch milieu in het Grevelingenmeer. Maatregelen zijn dan ook in voorbereiding om verdere daling te voorkomen.
De voedselrijkdom in het Grevelingenmeer blijkt na een abrupte groei onmiddellijk aansluitend aan de afsluiting thans weer in sterke mate af te nemen. Dit oligotrofiëringsproces zal waarschijnlijk nog enige jaren voortduren.

Fig. 2. Verloop van het zuurstofgehalte, de zwevende stof, de zichtdiepte en het fosforgehalte in meetpunt G 2 (Dreischor) over de jaren 1971/1973




ZWEVENDE STOF
mg/l
70
60
50
40
30
20
10
0
m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j
1971
1972
1973
OPPERVLAKTE
BODEM


ZICHTDIEPTE
dm
70
60
50
40
30
20
10
0
m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j
1971
1972
1973
OPPERVLAKTE
BODEM

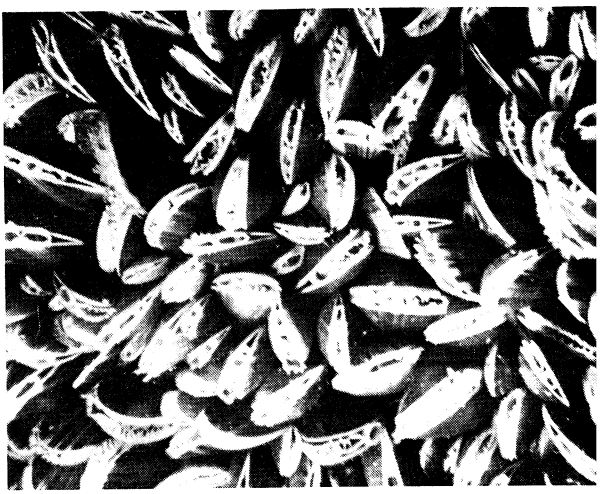

pH
mg/l
9
8
7
6
0
m j j a s o n d j f m a m j j a s o n d j f m a m j j
1971
1972
1973
OPPERVLAKTE
BODEM



Begroeiing van een paal met zee-organismen. Men ziet voornamelijk een Zeester (Asterias rubens) en Zee-anjelieren (Metridium senile). Opname juli 1973

Het niveau waarbij een evenwichtssituatie optreedt, zal mede bepaald worden door de omvang van de brutobelasting aan nutriënten op het meer. Hoe geringer deze belasting is, des te lager zal het nutriëntenniveau uiteindelijk zijn. Een laag nutriëntenniveau is eveneens een uiterst belangrijke voorwaarde voor de vorming van een stabiel en gevarieerd ecosysteem.
In vergelijking met de waterkwaliteit in het Zijpe blijkt het fosfaatniveau van het Grevelingenmeer nog betrekkelijk hoog te zijn, terwijl de hoeveelheid anorganische stikstof en zwevende stof er relatief gering is. De zuurstofhuishouding ligt op een nagenoeg gelijk niveau en de zichtdiepte en het zoutgehalte zijn, gemiddeld over het jaar, in het Grevelingenmeer groter dan in het Zijpe.
Uit het verloop van zuurstofverzadigings-

Deel van een mosselbank in het Grevelingenmeer. De jonge mosselen hebben hun schelpjes enigszins geopend. Opname juli 1973



Op de schelpen van Mossels. Alikruken en Muiltjes bevindt zich een Zeester, die bezig is een schelp te openen en Slik-anemoontjes (Saginartia trojlodytes). Opname van juli 1973



waarde en zuurgraad blijkt dat de totale biomassa van het fytoplankton vermoedelijk in kwantitatief opzicht in 1973 geringer was dan in 1972.
Uit de gemiddelde gehalten van de verschillende waterkwaliteitsparameters over 1972 in het Grevelingenmeer als functie van de lokatie blijkt dat in de bovenste waterlagen van het meer een gunstige, vrij gelijkmatige verdeling van de verzamelde waterkwaliteitsparameters aanwezig is. In de waterlagen nabij de bodem kunnen echter als gevolg van grote verschillen in diepte en het daarmee samenhangende optreden van thermische stratificatie, gradiëntsituaties en zuurstoftekort, aanzienlijke verschillen voorkomen.
De resultaten van het onderzoek naar de levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer, dat na de afsluiting werd verricht, stemmen eveneens tot optimisme. Het zoute milieu en de relatief goede waterkwaliteit van het Grevelingenmeer vormden blijkbaar een goede basis van waaruit herstel en opbouw van een nieuwe levensgemeenschap mogelijk was. Het stagnante zoute water is zelfs uniek in deze klimaatzone en kan, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, levensmogelijkheden bieden voor soorten die op deze breedtegraad tot nu toe onbekend waren. Een aantal sponzensoorten die het eerste jaar na de afsluiting niet meer waren waargenomen, werden opnieuw aangetroffen.

In het afgelopen jaar is in samenwerking met enkele leden van het Duikgenootschap Nederland op vele plaatsen in het Grevelingenmeer gedoken, waarbij film- en dia-opnamen werden gemaakt. Misschien de belangrijkste ervaring

is bij deze gelegenheid geweest dat de bodem op slechts enkele plaatsen na vrij was van afgestorven organisch materiaal. In het zand van het centrale ondiepe gedeelte ten zuiden van de Hompelvoet werden bijvoorbeeld vrij veel exemplaren aangetroffen van de zeeklit, *Echinocardium cordatum,* een soort die bij voorkeur in helder zand voorkomt. In de diepere delen, waar meer dan 8 m water staat, werden aan de oppervlakte aanzienlijk minder organismen aangetroffen dan in de ondiepe delen, die zeer rijk zijn aan bodemleven. De aanwezigheid van grote hoeveelheden bodemdieren is vooral in de ondiepe gebieden van grote betekenis voor een aantal vogelsoorten. Een laag slib van enkele meters, waarin zeer veel afgestorven organisch materiaal voorkwam, werd aangetroffen in de diepe putten bij Scharendijke. De verwachting leeft, dat zich ook in andere diepere delen organisch slib heeft opgehoopt. Op een diepte van 7 à 10 m werd in de put ten zuiden van Battenoord een soortgelijke organische-sliblaag aangetroffen, gemiddeld 1,65 m dik. De omvang van dit veld moet nog worden vastgesteld. Op de bovenzijde van deze organische-sliblagen vindt men uitgebreide melkwitte woekeringen, vermoedelijk bestaande uit zwavelbacteriën en schimmels, die duiden op mineralisatieprocessen. Bij Battenoord – waar het organisch slib zich wellicht heeft opgehoopt door aanvoer van afgestorven materiaal met stroming door wind – werden op deze laag slikanamoontjes, krabben en platvissen aangetroffen. Omdat dit veld na de zomer werd aangetroffen, kan de aanwezigheid van de organische stof gerangschikt worden onder de normale seizoenverschijnselen. De organische stof zal in de loop van de winter mineraliseren. Mogelijk zet dit proces zich in de lente en zomer nog voort, doch uiteindelijk mineraliseert de stof geheel.
Opvallend waren de verschillen in samenstelling van de levensgemeenschap in de onderzochte delen van het meer, niet alleen over de verticaal, doch ook verspreid over het hele meer.
In het plankton werden zelfs enkele voor deze streken nieuwe soorten aangetroffen.
Het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek verwacht dat de uiteindelijke soortenrijkdom van diverse groepen bodemgebonden en zwevende organismen in zout stagnant water ongeveer 50% zal bedragen van het aantal overeenkomstige diersoorten dat momenteel in de Oosterschelde onder water voorkomt.
Voor de bodemgebonden wiergroepen op harde substraten variëren deze cijfers van 60 tot 80%. Van enkele aspectbepalende planktongroepen wordt ongeveer 80% van het huidige in de Oosterschelde voorkomende aantal in het Grevelingenmeer verwacht.
In het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer stellen zich thans nieuwe verhoudingen in tussen de elementen van flora en fauna. Vanuit milieuhygiënisch en hydrobiologisch oogpunt kan die toestand belangwekkend worden genoemd; maar het is tevens een toestand die in hoge mate afhankelijk is van de te treffen beheersmaatregelen.

Vegetatiegordels op en langs drooggevallen oeverstroken

Ten gevolge van de afsluiting der zeearmen in Z.W.-Nederland zijn de oecologische omstandigheden voor de oeverstroken in dat gebied ingrijpend veranderd.
Nu in de afgesloten bekkens een gefixeerd waterpeil heerst, of een gering schijntij, zijn de oeverzones doorgaans veel smaller dan ten tijde van eb en vloed. Onder oeverzone wordt hier allereerst verstaan de strook aan weerszijden van de waterlijn tussen de uiterste grenzen van afwaaiing en overspoeling; en voorts de aangrenzende zone aan de landzijde, die direct of indirect door het water in de bekkens wordt beïnvloed en de aangrenzende zone onder water waar plantengroei voorkomt.
De breedte en vorm van de oeverzone zijn onder meer afhankelijk van de geomorfologie, de gesteldheid van bodem en ondergrond, van wind en golfslag en van de aanwezigheid van vegetatie en de aard ervan. Verschillende combinaties van deze factoren geven verschillende oevertypen te zien, van zeer flauw glooiende tot hoge en steile randen, van kaal tot dichtbegroeid.
Behalve het wegvallen van het getij oefent ook de verandering in de zouthuishouding een diepgaande invloed uit, zowel op de vegetatie als op de bodem-fauna.
Voor we prognoses kunnen opstellen aangaande de te verwachten ontwikkeling van de oeverstroken, is het nodig inzicht te krijgen in de processen die hier een rol spelen, zowel de biotische als de abiotische. Dit inzicht is nog te weinig volledig om bij de huidige stand van het onderzoek nauwkeurige voorspellingen te doen. Wel is het mogelijk om enige typen en fenomenen te vermelden.

In de afgesloten zeearmen kan men drie grote groepen van oecotopen onderscheiden, te weten een zout, een brak en een zoet bekken; van deze groepen zijn respectievelijk het Grevelingenmeer, het Veerse meer en het Haringvliet voorbeelden. Onderling verschillen zij behalve in zoutgehalte ook in grootte, ligging en vorm, alsmede in de kwaliteit van het oppervlaktewater. Er is verder verschil te maken tussen oevergedeelten waar wèl verdediging wordt toegepast en stroken waar dit niet het geval is. In dit artikel zullen als voorbeeld uitsluitend enige oevertypen ter sprake worden gebracht, waar geen oeververdediging is aangebracht.
Van de grote hoeveelheid mogelijke typen noemen wij er hier vier.
Allereerst een flauwe tot zeer flauwe ononderbroken helling op onbegroeid, zandig of slikkig substraat van betrekkelijk homogene samenstelling. Onder invloed van verschillen in windkracht en -richting resulteert dit soort helling veelal in een brede tot zeer brede oeverzone zonder steile wanden.
Ten tweede een onderbroken talud, waar door verschillen in de samenstelling van de ondergrond en/of de aanwezigheid van een schelpenbank of -dek, soms aan of voor de waterlijn wallen ontstaan, waarachter veelal een ondiepte ligt met slikkige bodem. De breedte van dit oevertype is gering in vergelijking met het vorige.
Een volgend stadium kan bij dit type een begin van steile randen te zien geven.
Door toeneming van het reliëf neemt ook de weerstand van de ondergrond tegen de golven toe met als gevolg een verhoogde turbulentie. Hierdoor wordt los en relatief licht materiaal opgewerveld, terwijl de minder erosiegevoelige lagen of banken langer weerstand

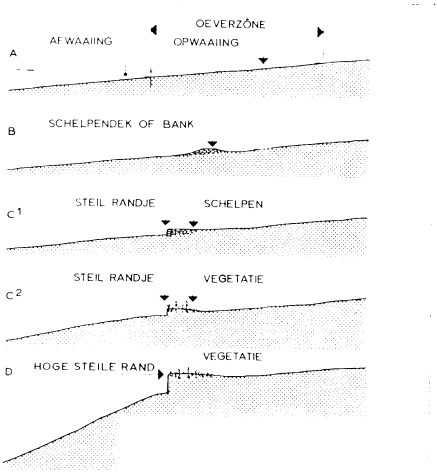


Fig. 1. Schematische voorstelling van de mogelijke ontwikkeling van een onverdedigde oeverstrook

bieden aan golfslag en stroming. In de oeverzone aanwezige vegetatie kan een soortgelijk effect hebben. Door sedimentatie van ingevangen zand en slib ontstaat bovendien niveauverhoging ten opzichte van de waterspiegel. Steile randjes kunnen hiervan het gevolg zijn.
Aanhoudende golfslag en stroming tenslotte, kunnen afhankelijk van bodemsamenstelling, structuur en beworteling, resulteren in hoge steile randen van 30 tot 80 cm.

Zoute bekkens

Als voorbeeld van de vegetatie-ontwikkeling in een zout bekken beschrijven we de gang van zaken in het Grevelingenmeer, waarvan de saliniteit, afhankelijk van verdamping, neerslag en spuien, varieert van 16 000 tot 17 000 mg Cl'/l. Voor de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 vond men op de oevers, die onder dagelijkse getijde-invloed stonden, weinig of geen hogere planten. Wel werden er velden van zeegras gevonden. Toen het waterpeil bij de afsluiting werd gefixeerd op N.A.P. –20 cm vielen grote delen van de voormalige oeverzone droog. Wind en golfslag kregen op de vlakke en onbeschermde oevers vrij spel. Als gevolg van deze erosieve krachten kwam plaatselijk afslag van de oevers voor. Vooral langs de diepere geulen van de Hompelvoet heeft dit tot gevolg gehad dat de oeverlijn zich heeft gewijzigd, en dat er zich plaatselijk 'klifkusten' hebben gevormd, soms 70 en 80 cm hoog. Elders langs deze oever heeft de aanwezigheid van een natuurlijke oeververdediging in de vorm van schelpenbanken of een schelpendek de erosie enigermate belemmerd. Was deze afdekkingslaag blootgespoeld of blootgewaaid, dan kregen wind en golven minder vat op de oeverstrook; op zulke gedeelten vindt men thans lage doch steile randjes van 1 tot 5 cm hoogte, of een vlakke kust.
Op de Slikken van Flakkee treft men weinig steile oevers aan. Op het zeer flauwe talud– de helling bedraagt plaatselijk niet meer dan 1‰ – kunnen de golven ongestoord uitlopen, waarbij weinig turbulentie optreedt, en dus weinig materiaaltransport.
Een andere wijze van natuurlijke oeververdediging wordt gevormd door begroeiing met en aanspoeling van wier en zeegras, die òf de stroming en de golfslag remt òf de oever en het aansluitende onderwatergedeelte zodanig afdekt, dat erosie in meerdere of mindere mate wordt tegengehouden. Doorgaans ontstaat voor een brede of hoge veekgordel – veek is een ander woord voor plantaardig aanspoelsel – een steil randje, of hij vormt bij een vlakke oever een wal, waarachter een haf ontstaat. In vele ondiepe gedeelten van het zoute Grevelingenbekken breiden zich zeegrasvelden uit.
Na verloop van tijd treft men op de voormalige kale oeverstroken de eerste pionierplanten aan, zoals Zeekraal en Schorrekruid. De begroeiing kan zand en slib invangen en zodoende obstakels vormen voor overspoelend water.
Naarmate de vegetatie-successie voortschrijdt, of als een ingezaaid plantendek aanslaat, treedt een verdergaande natuurlijke oeverbescherming op. Enerzijds worden bodempartikeltjes door de plantenwortels beter bijeengehouden dan in de oorspronkelijke, min of meer losse pakking het geval was, anderzijds kan enige verhoging van het landniveau optreden door sedimentatie, waarbij kleine



Drassige oever; langs de buitenrand Vaucheria, op het land o.a. Moeras-andijvie, Zeeaster, Kweldergras en Schijnspurrie

Vegetatieuitbreiding vanaf de oever van o.a. Lisdodde en Waterbies

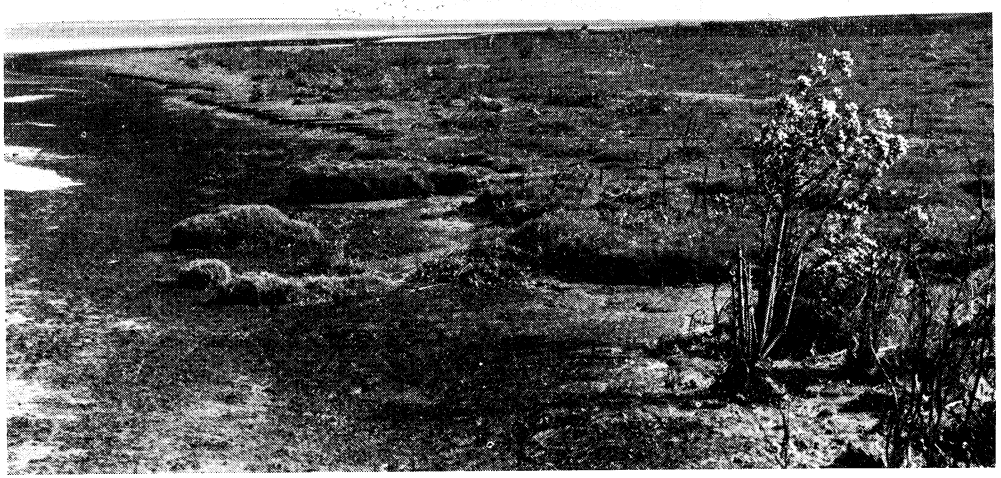




afslagranden kunnen ontstaan variërend van enkele centimeters tot enkele tientallen centimeters hoogte. De lage zoutminnende vegetatie van de oeverstroken kan variëren van zeer ijl, zoals in jonge Zeekraal- of Schorrekruidbegroeiing, tot dicht, zoals bij Fioringras of Zilte rus-vegetatie het geval kan zijn. Indien er beweiding plaats vindt in deze natuurlijke oevervegetatie zullen veelal enkele soorten gaan domineren, zoals Kweldergras, Rood zwenkgras, Fioringras en soms Zilte rus. Deze soorten kunnen zich handhaven doordat ze niet afgegraasd worden, zoals Zilte rus of doordat ze begrazing goed tot redelijk verdragen, zoals bij diverse grassoorten het geval is.
Naast de natuurlijke oevervegetatie is op vele plaatsen een plantendek ingezaaid. Op natte en zoute plaatsen, zoals op lage oeverstroken, is daar echter weinig van opgekomen. Op deze plaatsen blijft men dus aangewezen op de van nature voorkomende soorten. Op de plekken waar in meerdere of mindere mate ontzilting heeft plaatsgehad, zoals op hoge, zandige oeverwallen en steile randen, groeien ook andere dan uitgesproken zoutminnende planten.
De vegetatie op hogere oevers is onafhankelijk van het zoute meerwater omdat het waterverbruik grotendeels gedekt wordt door neerslag en eventueel zakwater. Echter, ook deze plantengroei beschermt dikwijls de oever mede tegen afslag. Bij ongunstige stroming of aanhoudende golfslag kan eventueel ook een gevestigde vegetatie aan erosie onderhevig zijn. Afhankelijk van de resistentie van de oevervegetatie treedt dan minder of meer afslag op. Dit uit zich in een vaak grillige oeverlijn, waarbij de meest resistente soorten lang stand kunnen houden. Dikwijls vindt men daar ook enkele pollen op enige afstand buiten de huidige oeverlijn, die de vroegere vegetatiegrens aangeven; dat is bijvoorbeeld te zien op de Kabbelaarsbank.

Brakke bekkens

Het brakke Veerse Meer heeft thans een saliniteit van ongeveer 10 000 mg Cl'/l. Kort na de afsluiting in 1962 vertoonde dit meer in eerste instantie een soortgelijk beeld als de Grevelingen. Naarmate het zoutgehalte echter afnam en de ontzilting van de planten vorderde ontstond ook voor andere dan uitgesproken zoutminnende planten een geschikt milieu.
Door verschillen in hoogteligging en doorlatendheid van de ondergrond en door toepassing van verschillende beheersmaatregelen is een grote diversiteit in milieus ontstaan. De voormalige 'blikken' of zandplaten, Aardbeieneiland, Haringvreter en Middelplaten zijn daar duidelijke voorbeelden van.
Het Aardbeieneiland is een klein eilandje van 4 ha oppervlak, waarop de vegetatie zich van het begin af aan ongestoord heeft kunnen ontwikkelen. Met het dalen van de saliniteit en het ontstaan van een zoetwaterbel onder de zandplaat, bevorderd doordat het waterpeil in de winter tot N.A.P. –70 cm daalt, hebben ook zoutmijdende soorten zich er kunnen vestigen. Langs en op een groot deel van de oostelijke oever is een rietzoom aanwezig van 2 tot 6 m breedte. Het riet handhaaft zich ondanks het hoge zoutgehalte van het water in het meer, omdat de kern van de rietvegetatie zich vanuit het eiland, waar het in zoet grondwater staat, meerwaarts heeft kunnen uitbreiden en daar dicht langs de oever in de



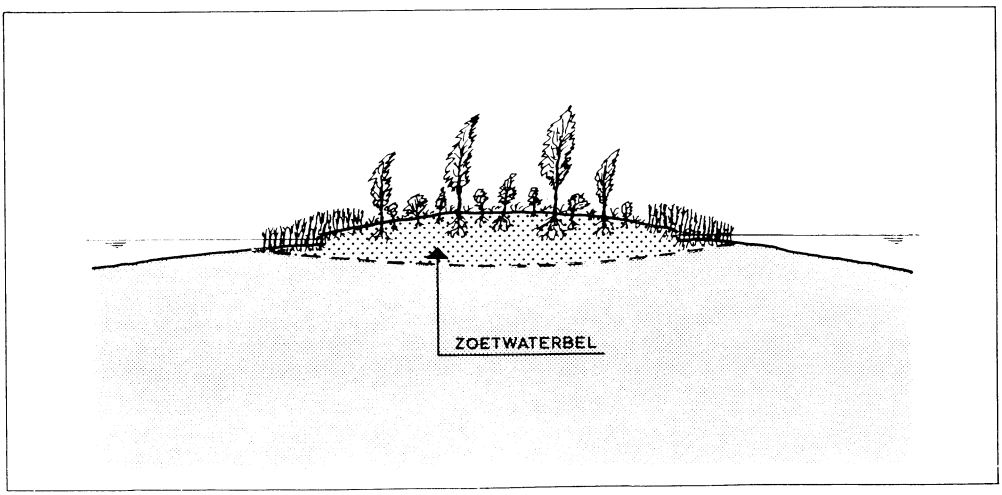
Oever met afslagrandje. Op het land o.a. Zeeaster, Kweldergras, Fioringras en Schijnspurrie. Op de vooroever Sterrekroos en resterende pollen met Fioringras

Links: Op de voorgrond Zeebies en Mattenbies. Langs de oever o.a. Katwilg en Harig wilgenroosje. Door het blootspoelen van de wortels wordt de Mattenbies en Zeebies plaatselijk teruggedrongen

Fig. 2. Schematische voorstelling van een zoetwaterbel in een eiland in het Grevelingenmeer

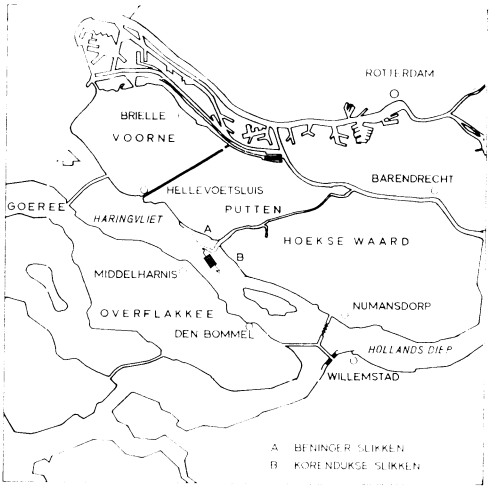
ondergrond nog zoet water vindt. Naar buiten toe neemt de brakwaterinvloed toe en de oecologische omstandigheden worden voor de plant ongunstiger, hetgeen te zien is aan de lagere groei. Vóór de vestiging van het riet heeft waarschnlijk enige afslag plaats gevonden, hetgeen te merken is aan de restanten van een steil randje.

De noordelijke en zuidelijke oevers zijn begroeid met een lage vegetatie van Gerande schijnspurrie en Zeebies met Kweldergrassoorten. De beide oevers worden geregeld overspoeld door golven die door wind en scheepvaart worden veroorzaakt.
Aan de westelijke oever komt de meeste afslag voor. De kustlijn is daar tamelijk grillig en wordt gekenmerkt door vooruitspringende riethorsten en inhammetjes, waarvan de steile



rand thans bedekt wordt door een tapijt van onder meer Fioringras, Zilte en Gerande schijnspurrie en pollen van onder andere Zilte rus en Rood zwenkgras. Op verscheidene plaatsen komt houtopslag voor tot aan of zelfs in de oeverzone. Daar is duidelijk waarneembaar hoe het wortelgestel van duindoorn en hier en daar een Wilg de oever tegen afkalving beschermt; een grote duindoornhorst aan de zuidwestelijke punt van het eiland vormt een duidelijke hindernis voor de golf-erosie. De Middelplaten vertonen een geheel ander aanzien. Op deze platen, die gedeeltelijk zijn ingezaaid met een grasmengsel, wordt de houtopslag ten behoeve van weidevogels verwijderd. Bovendien wordt het terrein grotendeels gemaaid, en beweid, 's zomers door schapen en runderen en 's winters door kolganzen. De oevers tonen echter overeenkomsten met delen van het Aardbeieneiland door hun begroeiing met Kweldergrassoorten, Zilte rus, Zeeaster, Strandzoutgras en andere zoutplanten. Ook hier komen lage steile randjes voor.
Langs de vlakke delen van de oevers wordt de veekrand plaatselijk gemarkeerd door een smalle gordel van Valse voszegge, Zilte rus, Strandzoutgras en Schijnspurrie-soorten.
De noordelijke oever vertoont ten gevolge van zijn steiler talud en van de door de scheepvaart veroorzaakte golfbeweging meer afslag dan de meestal vlakke zuidelijke oever. Het is slechts met moeite dat de oevervegetatie zich hier handhaaft en enige weerstand biedt tegen erosie. De afslagranden zijn met een tapijt van grassoorten, voornamelijk Fioringras, kruiden, Schijnspurrie en dergelijke, en wieraanspoelsels bedekt, terwijl enkele bulten met soortgelijke vegetatie op 30 tot 80 cm van de kustlijn in het water de voormalige vegetatiegrens markeren. Riet en restanten van een duindoornhorst bieden, evenals op het Aardbeieneiland, weerstand tegen afslag.

Op de Haringvreter doet zich een enigszins vergelijkbare situatie voor. Rond een centraal gedeelte met een ingeplante bosopstand ligt een brede zone van ingezaaid grasland, dat begraasd wordt door runderen en paarden. Op enkele stroken langs de oevergedeelten, die niet beschoeid zijn, komt een interessante vegetatie voor, die vergelijkbaar is met die van een half-natuurlijk zilt grasland. De vlakke en wat slikkige oever is begroeid met Kweldergras, Zilte en Gerande schijnspurrie, Zeeaster en op de lage en slikkige delen veel Zeekraal. Bovendien groeit hier en daar een pol Engels slijkgras. Plaatselijk is afkalving te constateren aan vrij grote bulten van Kweldergras, die



30 tot 100 cm voor de kustlijn als eilandjes boven water steken.
In het Veerse Meer worden op de ondiepe delen onder water geen zeegrasvelden aangetroffen, wel verschillende soorten wieren.

Zoete bekkens

In ontzilte bekkens, zoals het Haringvliet, komen andere problemen aan de orde dan in zoute bekkens.
Helling en samenstelling van de ondergrond, wind, stroming en golfslag bepalen ook hier de vorm en structuur van de oevers en vooroevers. De vegetatie echter is van wezenlijk andere aard. Snelle ontzilting, zoals in het onderhavige geval, betekent een hele schok voor de eventueel aanwezige zoutminnende vegetatie die voor een belangrijk deel zal afsterven; daarna treedt geleidelijk regeneratie op in de vorm van een zoetwater-oeverbegroeiing met resten van zoutminnende vegetatietypen. Langs en in het zoete water is de waterkwaliteit van grote invloed. Onder bepaalde milieu-omstandigheden kan men na verloop van tijd fonteinkruid- en kranswiervelden onder water verwachten. Deze 0,5 tot 3 m diep groeiende vegetatie, die zelfs een laag, mits stabiel, zoutgehalte kan verdragen, is van invloed op glofslag en stroming vlak langs de oevers, en kan als zodanig een rol spelen in de afslag en eventuele aanwas van de oever. Deze vegetatie is in het Haringvliet echter nog niet waargenomen en het is de vraag of ze zich hier ooit zal ontwikkelen.
Het Haringvliet kent immers geen vast peil, doch een zwakke getijbeweging, terwijl door de werking van de Haringvlietsluizen soms vrij aanzienlijke peilschommelingen – zij het met een tamelijk lange periode – kunnen optreden.

Fig. 3. Situatie van de Beninger en Korendijkse Slikken in het Grevelingenmeer. Het zwartgemaakte terreingedeelte is afgebeeld in fig. 4

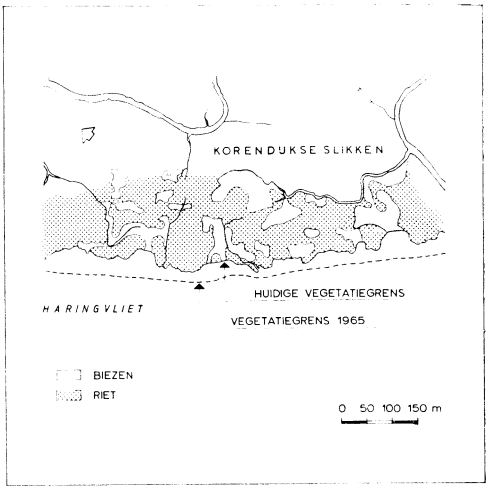


Fig. 4. Schema van de oevervegetatie op de Korendijkse Slikken

Ondanks gedeeltelijk blootspoelen van het wortelgestel houdt de Schietwilg stand



Bij stabilisatie van het waterpeil op een betrekkelijk vast niveau zijn in een zoet bekken twee uitgangssituaties voor oevervorming mogelijk: een onbegroeide en een begroeide oever. Van beide zal een voorbeeld worden aangehaald. Hoewel, zoals uit het vorenstaande blijkt, het Haringvliet strikt genomen niet geheel past in de vergelijking der drie te onderscheiden typen van afgesloten bekkens met stabiel peil, kan het toch tot op zekere hoogte wel als voorbeeld van een verzoet bekken dienen.

In het oostelijk deel van het Haringvliet ligt de Ventjagersplaat, tamelijk beschut door een verkeersdam en enige steendammen loodrecht daarop.

Langs deze oever is reeds een zeer fraaie zonering van plantengordels te zien. Langs de waterlijn treft men zowel hoge als lage vegetaties aan. Van de hogere begroeiing noemen we Riet en Lisdodde, en de gordels van Zeebies, Mattenbies en Asters, die 1 tot 30 m breed kunnen zijn. De lage vegetatie kenmerkt zich door een mozaïekpatroon en bestaat uit Waterbies, Zilte rus, Fioringras, Schijnspurrie en dergelijke meer, meestal gevolgd door een gordel van bovengenoemde hogere vegetatiezones. De veelvuldige en vooral onregelmatig optredende peilvariaties hebben hier wel invloed op de oevervorm en de vegetatie, zij het dat die invloed beperkt blijft door de ligging en door de aanwezige dammen.

Enerzijds vindt hier en daar ontgronding plaats, hetgeen te zien is aan pollen van onder andere Fioringras, Zilte rus en Harig wilgenroosje buiten de oeverbegroeiing, anderzijds treft men ook aanwas en uitbreiding van de vegetatie aan; op de slikbanken hebben zich bijvoorbeeld Waterbies en enkele grassoorten, waarvan overwegend Fioringras, en enkele pollen Straatgras en Kwelder-grassen en enige kruiden als Zilte schijnspurrie, Zeeaster en Moerasandijvie, gevestigd en uitgebreid.

Op de Korendijkse en Beninger Slikken was reeds voor de afsluiting begroeiing aanwezig. De thans aanwezige vegetatie kenmerkt zich door een brede rietgordel, die plaatselijk tot in het water komt. Oorspronkelijk was een duidelijke zonering aanwezig in de vorm van gordels van Zeebies en van Ruwe bies, die voor de rietzoom lagen. Door aanhoudende golfslag – de oever ligt op het zuidwesten en heeft bovendien te lijden van de scheepvaart – en waarschijnlijk ook door onregelmatige peilvariaties zijn deze gordels sterk teruggedrongen. Vooral bij de Beninger Slikken, die naar de Haringvlietzijde langzaam en geleidelijk aflopen, is dit duidelijk waarneembaar. De oorspronkelijk brede gordels zijn thans òf zeer smal òf tot aan de rietzoom verdwenen. Ontgronding schijnt echter nauwelijks plaats te vinden, zij het dat hier en daar wortels van de Ruwe bies blootgespoeld worden, hetgeen een mogelijke oorzaak voor de achteruitgang van deze soort is.

Opvallend is dat Ruwe bies sterker lijkt te reageren op de golfslag dan Zeebies. Riet blijkt het meest resistent te zijn. Echter, waar Ruwe bies beschut staat, zoals in en rond schuilhutten van rijshout, is de vitaliteit zeer goed. De planten worden daar tot 3 m hoog. De Korendijkse Slikken worden gekenmerkt door een veel vlakkere ligging, waardoor aan de waterlijn een abrupt niveauverschil voorkomt. De oorspronkelijke vrij strakke oeverlijn is, waarschijnlijk door stroomverlegging, sterk aangetast en vertoont thans een grillige aanblik. Ook hier bleken rietpollen bij afkaveling langer stand te houden dan Ruwe bies en Zeebies, hetgeen waarschijnlijk te danken is aan hun dichtere groei en diepere wortelgestel.

Nadere studie zal moeten uitmaken welk mechanisme een rol speelt bij de vegetatieverschuiving.

Broedplaatsen voor sterns, plevieren en kluten in het Deltagebied

Stranden, schorren en inlagen zijn de natuurlijke broedplaatsen voor een aantal specifiek aan dit milieu gebonden vogelsoorten, zoals de Grote Stern, de Visdief, De Noordse Stern, de Dwergstern, de Bontbekplevier, de Strandplevier, de Kleine Plevier en de Kluut. De laatste jaren verdwijnen veel van deze broedplaatsen, niet alleen door toedoen van de Deltawerken, maar ook van industrievestigingen, en haven- en stadsuitbreiding en, niet te vergeten, de toenemende recreatie. Op drooggevallen gebieden in de afgesloten Deltabekkens kunnen echter onder bepaalde voorwaarden vervangende biotopen voor deze soorten worden ingericht. Wil die inrichting zin hebben, dan moet vooraf een aantal elementaire vragen worden beantwoord aangaande de betrokken vogelsoorten zoals:
Welke eisen stellen deze broedvogelsoorten aan hun milieu? Wat zijn nù hun belangrijkste broedgebieden in de Delta? Mag men verwachten dat deze gebieden als broedgebied voor de betrokken vogelsoorten blijven voortbestaan? Welke middelen staan ons ten dienste om nieuw te vormen gebieden zo te beheren dat er geschikte broedgebieden ontstaan voor een zo groot mogelijke variëteit van vogels?

Vrijwel alle hierboven genoemde soorten zijn aangewezen op of hebben een voorkeur voor een zout milieu in de omgeving van hun broedgebied. Hun voedsel bestaat namelijk uit visjes en een aantal soorten ongewervelde dieren die in zoute milieus leven. Alleen de Visdief en de Kleine Plevier komen ook in zoete milieus voor.

De *Grote Stern* broedt zowel in oudere als in jongere duintjes en hooggelegen schelpenbanken, zonder of met een spaarzame begroeiing. Tot het begin der vijftiger jaren broedden er nog 40 000 paar in ons land. In 1965 was er nog meer één kolonie van 600 broedparen, op het Waddeneiland Griend. De voornaamste oorzaak van deze achteruitgang waren de pesticiden in het milieu. Na 1965 is er weer enig herstel te zien. Er zijn nu drie kolonies in Nederland, een op Griend, een op de Kwade Hoek in de Kop van Goeree en een op de Hompelvoet in het Grevelingenmeer.

De *Visdief* broedt op hogere delen van schorren, jonge duintjes, inlagen en afgesloten kreken, hooggelegen kale of matig begroeide schelpenbanken en terreinen die worden opgespoten. Ook de Visdief is sterk in aantal achteruitgegaan: in 1954 werd het totaal aantal broedparen geschat op 50 000–60 000, de laatste jaren op 8000–13 000.

De *Noordse Stern* stelt ongeveer dezelfde eisen aan het milieu als de Visdief; hij broedt echter niet in het binnenland.
De *Dwergstern* broedt op zandplaten en stranden, meestal daar waar schelpen liggen; ook vindt men hem op opgespoten terreinen. Omstreeks 1950 broedden er in Nederland ongeveer 500 paar; nu nog maar 100 paar, waarvan 50 in het Deltagebied.

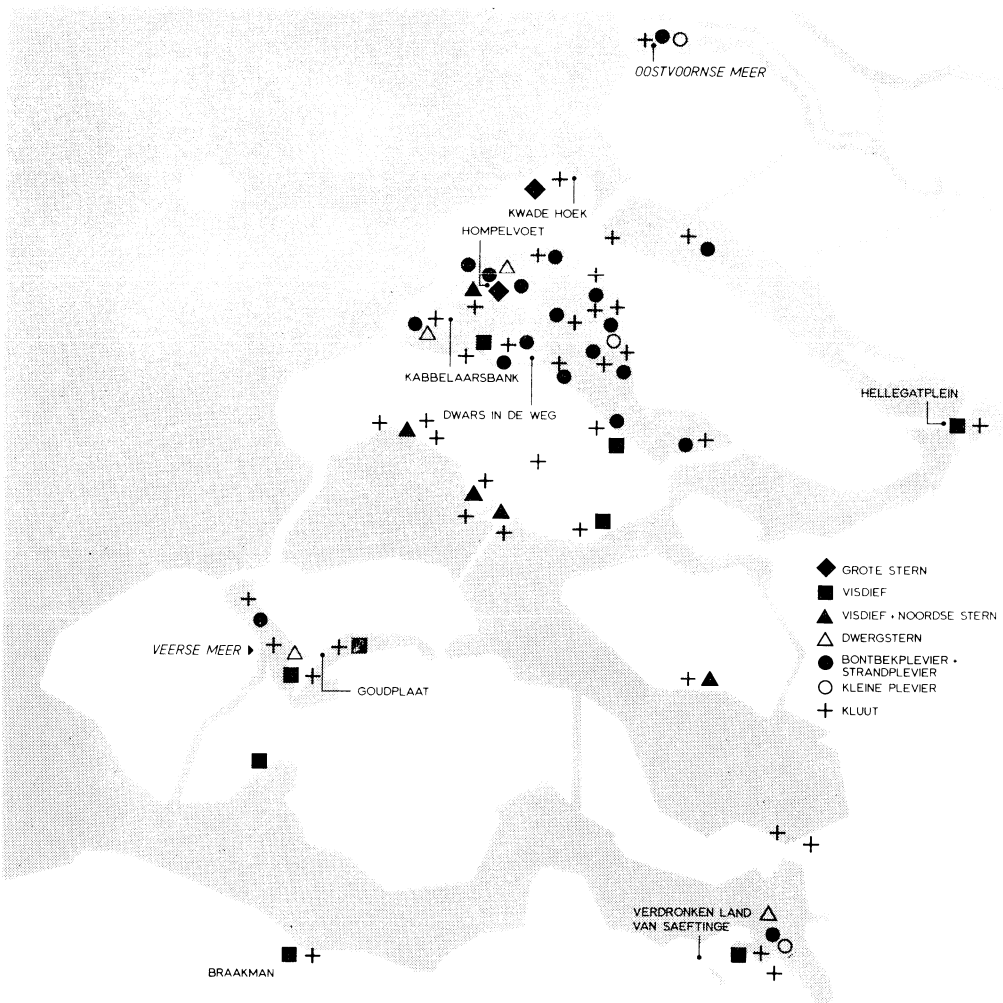
De *Bontbekplevier* en de *Strandplevier* broeden op stranden en soms in lage duintjes. Ook vindt men ze op zandplaten met spaarzame begroeiing. Op de platen in de Grevelingen geven de plevieren de voorkeur aan die plaatsen die spaarzaam begroeid zijn met zeekraal en schorrekruid, afgewisseld met zanderige stukjes met schelpen. De *Kleine Plevier* broedt meer in de omgeving van een

zoet dan van een zout milieu; hij kiest voornamelijk die plaatsen waar door werkzaamheden zand- of slikvlakten ontstaan.
De *Kluut* broedt op schorren, inlagen en afgesloten kreken, daar waar de vegetatie bijvoorbeeld door beweiding of zoutinvloeden niet te hoog is opgeschoten Ook vindt men hem op bouwlanden, opgespoten terrein, strandvlakten en platen zonder begroeiing of met een matige begroeiing.

Broedplaatsen in het Deltagebied

De belangrijkste broedplaatsen van de *Grote Stern* zijn de Kwade Hoek en de Hompelvoet. Op de Kwade Hoek broeden er elk jaar enkele honderden. Op de Hompelvoet zijn de aantallen sinds de afsluiting van de Grevelingen sterk gestegen. In 1971 hebben er 415 paar gebroed, in 1972 waren het er 1500, en in 1973

Fig. 1. Overzicht van de broedplaatsen van de besproken vogels in het Deltagebied





broedden er 2100 paar. Ook hebben er enkele paren in het Land van Saeftinge gebroed. In de Schouwense inlagen worden vrijwel elk jaar enkele pogingen gedaan om tot broeden te komen.

De *Visdief* broedt in Saeftinge (400), in de Schouwense inlagen (360), in de Braakman (30), in de natuurreservaten in het Veerse Meer (250), op de platen in de Grevelingen (132), waarvan 120 paar op de Hompelvoet, en nabij het Hellegatsplein (60). De getallen gelden voor het broedseizoen 1973.

De *Noordse Stern* wordt op sommige plaatsen aangetroffen in Visdiefkolonies; het grootste aantal broedt in de Schouwense inlagen (56).

De *Dwergstern* broedt in het Deltagebied niet meer in zijn oorspronkelijke, natuurlijke biotopen. Slechts op de Goudplaat (26) in het Veerse Meer en op de platen Hompelvoet (8), Kabbelaarsbank (5) en Dwars in de Weg (6) in de Grevelingen treft men hem nog broedend aan. De *Bontbekplevier* en de *Strandplevier* treft men op vele plaatsen. Werkelijk grote aantallen vinden we in de Grevelingen, waar dit jaar 90 paar Bontbekplevieren en 350 paar Strandplevieren broedden. Eenzelfde beeld, van een zeer groot aantal broedparen is vlak na de afsluiting te zien geweest in de Braakman en het Veerse Meer. Ongeveer vijf jaar na de afsluiting begonnen de aantallen daar echter weer terug te lopen.

De *Kleine Plevier* broedt alleen in het Land van Saeftinge en het Oostvoornse Meer.

De *Kluut* broedt in het land van Saeftinge (230), de Schouwense inlagen (175), de Braakman (10), het Oostvoornse Meer (7), het Veerse Meer (120) en op vrijwel alle platen in het Grevelingenmeer (200).

Zowel Bontbekplevier, Strandplevier als Kluut broeden in kleinere aantallen op tal van andere plaatsen in het Deltagebied; de Dwergstern broedt mogelijk ook op opgespoten terreinen in het Sloegebied.

De belangrijkste natuurlijke broedgebieden zijn dus het Verdronken land van Saeftinge, de Kwade Hoek en de Schouwense inlagen.

De biologische waarde van het verdronken land van Saeftinge wordt tegenwoordig wel onderkend. Met het behouden van deze waarde wordt bij technische ingrepen zoveel mogelijk rekening gehouden, doch het gevaar van een aanzienlijke waardevermindering door water- en luchtvervuiling blijft aanwezig als gevolg van de industrialisatie langs de Schelde. De Schouwense inlagen zullen hun waarde als broedgebied voor deze soorten vogels alleen kunnen behouden als in de nabijheid zout water aanwezig blijft.

De Kwade Hoek wordt als natuurresservaat beheerd; dit gebied wordt niet bedreigd.

De hier beschouwde soorten broeden ook binnen de afgesloten bekkens, en wel in de Braakman, het Oostvoornse Meer, het Veerse Meer, in het Grevelingenmeer en op het Hellegatsplein. In het Oostvoornse Meer worden veel broedsels verstoord door de toenemende recreatie. De broedplaatsen in de Braakman en in het Veerse Meer liggen in natuurreservaten. Het beheer is er op gericht deze vogelsoorten hier te behouden. De broedplaatsen bij het Hellegatsplein blijven ondanks het verkeer er vlak langs en de werkzaamheden nog steeds bezet.

In het Grevelingenmeer is de Hompelvoet van zeer grote waarde als broedterrein. In belangrijkheid volgens Dwars in de Weg en Kabbelaarsbank. Plevieren en Kluten broeden op

alle drooggevallen platen en schorren in behoorlijke aantallen. Vooral in het Grevelingenmeer kan, zolang het zout is, door juist beheer een aanzienlijk deel van de broedvogelpopulatie behouden blijven. De permanent drooggevallen slikken en schorren in de afgesloten Deltabekkens raken echter van nature begroeid met verschillende elkaar opvolgende vegetatiesoorten, die deze gebieden op de lange duur ongeschikt zouden maken als broedgebied voor de vogels die wij hier bespreken. Een onbeheerd natuurgebied schakelt zichzelf dus langs natuurlijke weg uit als broedbiotoop. Het is derhalve noodzakelijk de toekomstige broedgebieden met zorg te kiezen en te beheren.

Men zou geneigd zijn de vogels zelf eerst maar eens te laten kiezen welke broedplaatsen zij bij voorkeur bezoeken. Maar niet in alle gevallen is het in overeenstemming te brengen met de andere eisen van een bestemmingsplan, om die voorkeursgebieden ook inderdaad voor de vogels te reserveren. We kunnen in plaats daarvan ook zoeken naar potentieel geschikte gebieden, waarvan bekend is dat ze in biotoop overeenkomen met bestaande broedplaatsen. Het verdient dan aanbeveling rekening te houden met de houdbaarheid van dergelijke tot vogelbroedterreinen bestemde gebieden; hoe meer dat van nature het geval is, des te eenvoudiger kunnen de beheersmaatregelen zijn. Men kan tenslotte ook bepaalde gebieden bewust omvormen tot broedbiotoop. Voortzetting van de bestaande vestigingen geniet in eerste aanleg de voorkeur, maar dit kan stringente beheersmaatregelen nodig maken om het gebied geschikt te houden. Voor vele vogelsoorten zal men dan ook een bevredigende oplossing kunnen vinden in de tweede hiervoren genoemde richting.

Aan welke eisen moet een terrein voldoen om geschikt te zijn als broedgebied voor deze vogels?

In het algemeen is de eerste eis dat er een voedselgebied in de nabijheid ligt. Voor de Grote Stern moet een dergelijk gebied zich binnen ± 40 km van de broedplaats bevinden. Voor de Kluut mag het voedselgebied niet verder dan enkele honderden meters van de broedplaats verwijderd zijn. De sterns brengen het voedsel namelijk naar de jongen toe, maar bij steltlopers moeten de jongen zelf voor hun voedsel zorgen. In de eerste dagen eten de jongen meest insecten, pas als ze wat ouder worden gaan ze over op ongewervelde dieren uit het slik.

De Kluut zoekt zijn voedsel door met zijn snavel horizontaal door het slik te maaien. Zijn snavel is daartoe ideaal gevormd, namelijk plat en naar boven gebogen. Zo voedsel zoeken is echter alleen mogelijk in zacht slik. De aanwezigheid van voedsel is op zichzelf nog niet voldoende. Het moet ook bereikbaar zijn. In een afgesloten bekken kan een vogel alleen fourageren op het gedeelte tussen de waterlijn en de maximale diepte die hij nog kan bereiken. Om een zo groot mogelijke oppervlakte te bieden moet het foerageterrein daarom zo traag mogelijk afhellen. Oevers met door afslag steil staande randen zijn vooralsnog niet geschikt omdat er een te geringe vooroever voor ligt. Het slik is op deze plaatsen echter wel voedselrijk.

Bij de slikken en schorren ontstaat op de lange duur overal een zodanig lange vooroever dat alle energie van de golven erop verloren gaat. De oever zal dan afvlakken, maar zijn voedselrijkdom behouden. Voor een natuurgebied is een teruggang van enkele tientallen meters van de oeverlijn nauwelijks verlies te noemen, terwijl de daardoor ontstane ondiepe vooroever voor vele vogels uitstekende fourageermogelijkheden biedt, met name voor sterns, ganzen, zwanen en grondeleenden. Indien echter afslag om een of andere reden ontoelaatbaar wordt geacht, kan men op een diepte van minimaal 90 cm een oeververdediging aanbrengen zodat de oevers erachter toch kunnen worden afgevlakt, zonder gevaar voor aantasting.

Bij dit afvlakken kan men zelfs nog zand aanbrengen aan de binnenzijde van de dam. Hierdoor wordt het aantal meters oeverlijn dat voor fourageren beschikbaar komt, nog groter. Speciale aandacht dient wel besteed te worden aan de waterkwaliteit in de zo gevormde lagunen. De detritus-ophopingen mogen niet leiden tot zuurstofloosheid van het water. Dat zou tezamen met de hogere watertemperatuur zelfs kunnen leiden tot groeiuitbarstingen van bacteriën als het gevreesde *Clostridium botulinum.*

Zodra met in acht nemen van deze voorwaarden een terrein gekozen is dat ingericht kan worden als vogelbroedterrein, komen de maatregelen aan de orde om de vegetatie kort te houden of zelfs te weren.

Hiervoor zijn tal van mogelijkheden, die hieronder worden besproken.

Een vrij intensieve *beweiding* houdt de vegetatie kort. Daarbij komt dat het grazend vee de bodem plaatselijk dichttrapt, zodat er plekken ontstaan waar het water in een vochtige periode niet wegzakt. Op sommige plaatsen zullen de oevers kapotgetrapt worden, waardoor kale stukjes ontstaan. Beweiding met schapen wordt al toegepast in de reservaten

in het Veerse Meer. De schapen bleken daar tal van kiemplanten van ruigte veroorzakende planten op te eten. Bij minder intensieve beweiding zullen plaatselijk toch nog enkele ruige planten als Braam, Duinhoorn, Wilde roos en Meidoorn opslaan.
Schapen eisen echter een behoorlijk toezicht; voor de vogels betekent dit een frequente verstoring van de rust. Daarbij zijn schapen gevoelig voor de leverbotziekte. Runderen grazen enigszins selectief, waardoor meer differentiatie in de vegetatie optreedt. 's Winters staan ze op stal zodat ze voor eventuele ganzentroepen dan geen verstoring betekenen. Wanneer de runderen in het broedseizoen in het terrein worden gebracht vertrappen zij daar echter vrij veel eieren of zelfs jonge vogels. Met paarden zijn in dit opzicht nog minder goede ervaringen opgedaan dan met koeien.
Beweiding biedt voor Grote Stern, Dwergstern en Plevieren geen oplossing.
Maaien is een bewerking die over een grote oppervlakte hetzelfde resultaat geeft. Differentiatie zal dan moeten voortkomen uit verschillen in de bodemsamenstelling, de hoogteligging en de vochtigheid. Door maaien kunnen geschikte broedgebieden voor Kluten, Visdiefjes en Noordse Sterns in stand worden gehouden. De zandplaten zijn doorgaans voedselarme gebieden, zodat deze maatregel slechts enkele keren per jaar behoeft te worden uitgevoerd, zeker als het maaisel wordt afgevoerd. De bewerking kan bovendien tot gevolg hebben dat er zich na verloop van tijd een interessante lage vegetatie vestigt. Het maaien mag vanzelfsprekend niet tijdens het broedseizoen geschieden, maar bij voorkeur er vlak voor, zodat de vegetatie in ieder geval in het voorjaar zo kort mogelijk is.

Ook *branden* wordt als beheersmaatregel toegepast om de vegetatie laag te houden. Het is een goedkope methode maar voor de hier besproken vogels biedt ze weinig voordeel.
Ploegen en *frezen* zijn maatregelen die de successie van de vegetatie elke keer terugbrengen naar het beginpunt. Op vruchtbare gronden zullen zich binnen zeer korte tijd weer planten vestigen, waardoor deze maatregel elk jaar moet worden herhaald.
Deze methode kan op onvruchtbare zandplaten op kleine schaal worden toegepast, bijvoorbeeld voor broedplaatsen van de Dwergstern.
Verzilting kan op twee manieren tot stand worden gebracht, namelijk door overspoelen met zout water en door strooien met keukenzout. Het strooien van keukenzout dient vrij intensief te geschieden en steeds herhaald te worden. De hoeveelheden benodigd keukenzout bleken bij proeven op de Goudplaat bovendien zo hoog dat aan toepassing op grote schaal niet valt te denken.
Overspoeling is veel eenvoudiger. Op plaatsen waar de oever vlak genoeg is zal overspoeling gedurende de winter verschillende malen vanzelf optreden. Dit heeft alleen in zoutwaterbekkens een remmende uitwerking op de vegetatie.
In het Grevelingenmeer blijkt dat onder invloed van de wind peilschommelingen optreden van maximaal 20 cm. Daarbij komt dan op vlakke onbegroeide oevers nog de opwaaiing, waardoor de overspoeling tot boven het reeds verhoogde waterpeil uitkomt. Dit laatste effect zal echter wel verdwijnen als er geringe begroeiing op de platen komt.
Door peilschommelingen in het gehele bekken kan men ditzelfde effect bereiken. Dit is echter nadelig voor de dan aanwezige vogels, aangezien hun voedsel gedurende die tijd onbereikbaar wordt doordat het in dieper water komt. Het verdient aanbeveling hiermee bij de inrichting van broedgebieden rekening te houden. Door overspoeling kunnen geschikte broedterreinen ontstaan voor alle hier besproken vogelsoorten.
Als men vegetatiebeperking zoekt door bedekking van de bodem met *schelpen* en/of *grind,* dient zo mogelijk gebruik te worden gemaakt van reeds bestaande schelpenbanken die veelal een goede biotoop vormen voor de hier besproken vogels en die, naar de ervaring leert, pas na lange tijd begroeid raken. Zonodig kan daar dan een extra laag schelpen of grind worden opgebracht. De schelpenlagen dienen bij voorkeur vroeg in het voorjaar te worden aangebracht. Het verdient aanbeveling voordien de aanwezige begroeiing te verwijderen door ploegen of frezen. Indien de schelplaag of grindlaag voldoende dik is zal het geruime tijd duren voordat hij is volgestoven en er opnieuw plantengroei ontstaat. Slechts harde soorten schelpen zoals kokkels komen in aanmerking, omdat vergruisde schelpen de vegetatie-ontwikkeling niet meer remmen. Deze methode is vooral waardevol voor Dwergsterns en Pleviertjes, hoewel deze terreinen veelal voldoende groot zijn om ook door de andere soorten gebruikt te worden.
Door gebruik te maken van *gifstoffen* als Simazin kan de vegetatie gedood worden. Dit doet men bijvoorbeeld op de Goudplaat in het Veerse Meer. Simazin is een vrij langzaam werkend middel, dat bij voldoende dosering als allesdoder gebruikt kan worden. Deze

stoffen kunnen echter uitspoelen en op plaatsen terecht komen waar zij minder gewenst zijn; tegen het gebruik van herbiciden pleit ook dat de maatregel jaarlijks herhaald dient te worden. Het verdient aanbeveling eerst de bijverschijnselen van het gebruik van deze middelen nader te bestuderen.
Als men op geringe diepte in de bodem een ondoorlatende laag aanbrengt van *plastic* of *beton* wordt de plantengroei sterk geremd of zelfs onmogelijk gemaakt. Met deze methode worden momenteel op kleine schaal proeven genomen in het Lauwerszeegebied. Wordt op het plastic of het beton een laag schelpen of grind opgebracht, dan wordt plantengroei geheel onmogelijk.
Een terrein kan van nature *verdrogen* door de aanwezigheid van sterk doorlatende profielen of een dikke bovenlaag van grof zand. Men kan verdroging echter ook bewust uitlokken, bijvoorbeeld door middel van een diepe ontwatering met een drainagesysteem.

Op grond van de huidige kennis kunnen ten aanzien van de opgesomde mogelijkheden de volgende aanbevelingen worden gedaan.
Voor de Grote-Sternkolonie op de Hompelvoet is de meest voor de hand liggende oplossing een uitbreiding van het bestaande areaal door het verwijderen van de ingezaaide vegetatie in de buurt van de huidige kolonie. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door frezen of ploegen. Op de plaatsen waar de vegetatie verwijderd is kan een laag schelpen worden aangebracht. Wil men deze toestand voor lange tijd continueren dan verdient het aanbeveling een drainage aan te brengen waardoor de vegetatie zich slechts zeer langzaam en spaarzaam zal kunnen vestigen. Om de rust in de kolonie te waarborgen moeten bovendien de reeds getroffen beschermingsmaatregelen worden gecontinueerd. De storing door recreanten kan wellicht verminderd worden door langs de noordgrens van het gebied rijshoutschermen te plaatsen.
Voor de Visdief en Noordse Stern is een intensieve beweiding met schapen de eenvoudigste oplossing. Ook kunnen daarvoor in aanmerking komende gebieden jaarlijks gemaaid worden. Er kan op die manier een interessante combinatie ontstaan van een waardevolle vegetatie en een broedkolonie van vogels. De Dwergstern heeft schelpenbankjes nodig. De schelpen kunnen aangebracht worden op een ondoorlatende laag op geringe diepte, bijvoorbeeld beton of kunststof. Op deze plaatsen kan met een vrij dunne laag schelpen worden volstaan. Deze handelwijze garandeert voor vele jaren geschikte biotopen. De Plevieren zullen ook gebruik maken van de voor Sterns geschikt gemaakte plaatsen. Men zal ze echter ook vinden in stuifduintjes en langs rijshoutschermen.
De beste oplossing voor al deze soorten kan gevonden worden door het maken en/of in stand houden van met zout water overspoelde plaatsen waar de ondergrond geschikt is.
Voor de Kluut is de aanwezigheid van geschikte fourageerterreinen in de nabijheid van het broedterrein van overwegend belang. In vele gevallen zijn dit de overspoelde slikken. Andere geschikte terreinen kunnen het best beweid worden met runderen, of worden gemaaid.
De verschillende mogelijkheden worden op uiteenlopende terreinen in het Deltagebied experimenteel op hun bruikbaarheid getoetst.



Stern aan de waterkant

Landschapsoecologisch onderzoek op de Slikken van Flakkee

In Bericht 55 (februari 1971) werd reeds gewezen op de belangrijke plaats die de slikken en schorren, gelegen voor de waterkeringen – de zogenaamde oeverlanden – in het milieu van het Deltagebied zijn gaan innemen.
We lezen daar: 'Men is de bijzondere bekoring en specifieke waarde gaan ontdekken van slikken en schorren met hun aparte vegetatie en rijk vogelleven, terwijl men ze vroeger meestal slechts onherbergzaam en onaantrekkelijk vond. Zij worden thans als een belangrijke uitbreiding van het natuurlijke landschapsareaal beschouwd. Aan dit areaal zullen van plaats tot plaats verschillende bestemmingen kunnen worden gegeven, waarbij zowel aan de belangen van allerlei vormen van recreatie als aan die van de natuurbescherming recht kan worden gedaan'.
Bij nadere uitwerking zal men moeten bezien hoe deze bestemmingen kunnen worden gerealiseerd. Het ligt voor de hand bij het toekennen van de bestemmingen zoveel mogelijk uit te gaan van de mogelijkheden die het landschap biedt, en daar zo goed mogelijk gebruik van te maken. Deze mogelijkheden zijn in de afgesloten Deltameren niet gering, als gevolg van de grote verscheidenheid in landschapsvormen; meren, met groepen eilanden, dijken en flauw hellende oeverlanden. Het is dan ook zeker mogelijk om recreatie- en natuurgebieden harmonisch op elkaar te doen aansluiten, ja ze zelfs op sommige plaatsen in elkaar te laten overlopen. Om de mogelijkheden van een dergelijk landschap goed te leren kennen is zowel sociaal als natuurwetenschappelijk onderzoek nodig. In dit artikel wordt alleen het natuurwetenschappelijke onderzoek behandeld, en daarvan met name het abiotische deel. In een volgend Bericht zullen de biotische asepcten en de integratie van abiotische en biotische gegevens besproken worden.

Bezien we het landschap van de Deltameren, dan kunnen we verschillende onderdelen onderscheiden: het water, de oude zandplaten, de flauw hellende oeverlanden, de voormalige slikken en schorren, de oude duinen en de pas opgespoten terreinen. Elk van deze onderdelen vertoont eigen, veelal specifieke kenmerken, die zich gemakkelijk in het terrein laten onderscheiden. Voor elk landschapsonderdeel kan men zich afvragen: welke zijn nu deze kenmerken, hoe zijn ze ontstaan en hoe zullen ze zich in de nieuwe situatie ontwikkelen? Het blijkt al dadelijk, dat deze kenmerken niet los van elkaar staan, maar onderling sterk verweven zijn: welke vogelsoorten er voorkomen hangt onder meer af van de bodemgesteldheid en van de vegetatie; de vegetatie wordt beïnvloed door de bodensamenstelling, en deze varieert met het reliëf. Bodemsamenstelling en reliëf beïnvloeden de vochthuishouding in de bodem, en ga zo maar door. Men zal van een bepaald landschapsonderdeel dus zowel de kenmerken als ook de relaties tussen die kenmerken moeten kennen. Het landschap is een samenhangend systeem, waarin bepaalde wetmatigheden gelden; het is, met andere woorden een oecosysteem. Het onderzoek van dit systeem wordt landschapsoecologie genoemd.
In dit Bericht worden de eerste resultaten beschreven van een landschapsoecologische studie op de Slikken van Flakkee, die sinds 1972 in nauwe samenwerking met de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders wordt verricht.

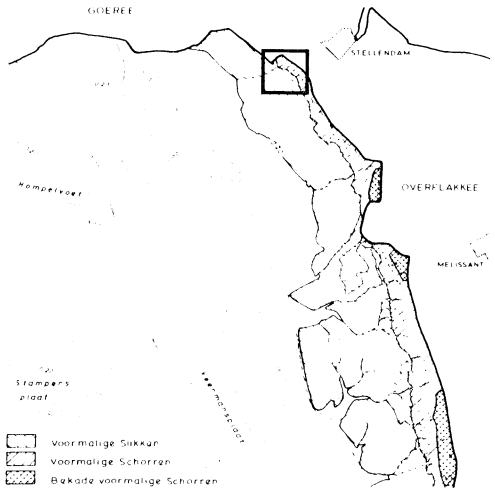


Fig. 1. Overzicht van de slikken en schorren langs de zuidelijke oevers van het eiland Flakkee. Het omrande gedeelte is vergroot weergegeven in fig. 2

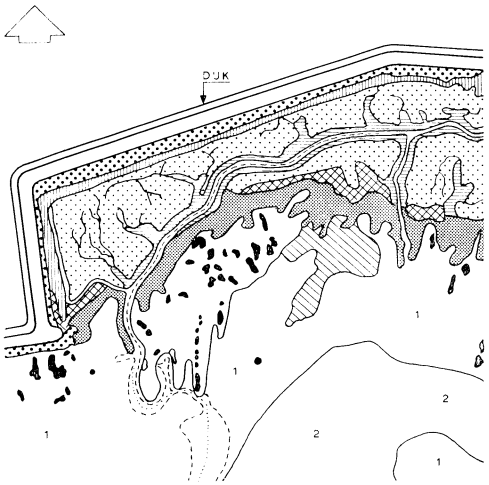
De voormalige schorren met kreek, oeverwal en kom. Op de oeverwal (rechts) o.a. Abione en Kweldergras. In de kreek voornamelijk Zeekraal



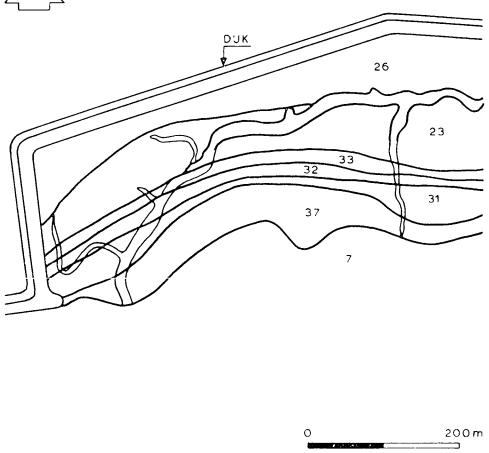
De Slikken van Flakkee omvatten een gebied van buitendijkse gronden dat grenst aan Goeree-Overflakkee; ze bestaan uit 1400 ha drooggevallen slikken en zandplaten en 300 ha voormalige schorren en kwelders. Dit gebied werd als onderwerp van een landschapsoecologische studie gekozen omdat hier nog alle inrichtingsmogelijkheden open zijn, en de resultaten van het onderzoek toegepast kunnen worden op grote gebieden van het toekomstige Zeeuwse Meer. In het onderzoek staan het behouden en vergroten centraal van de variatie zowel in de ruimte als in de tijd. De nadruk dient te liggen op het streven naar een bestemmingsbepaling en inrichting die is gebaseerd op de aanwezige en de te verwachten variatie in ruimte en tijd, en op het verkrijgen van gebieden met een eigen karakter en zich uiteindelijk op eigen kracht ontwikkelende en functionerende systemen. De mens moet harmonisch in het systeem worden ingevoegd, hetgeen kan leiden tot functieverdeling van het gebied. De ontwikkeling van de beschikbare ruimten moet zodanig zijn dat een zo goed mogelijke bijdrage wordt geleverd aan het welzijn van mens, dier en plant.
Het landschapsoecologisch onderzoek dat in het gebied waarvan fig. 1 een overzicht geeft, werd uitgevoerd, kan worden onderscheiden in een aantal fasen:
allereerst inventarisatie per landschapscomponent, beschrijving zowel als kartering. Dan integratie van de landschapscomponenten tot landschapseenheden en de kartering daarvan, en tenslotte evaluatie van het landschap.

Geomorfologie

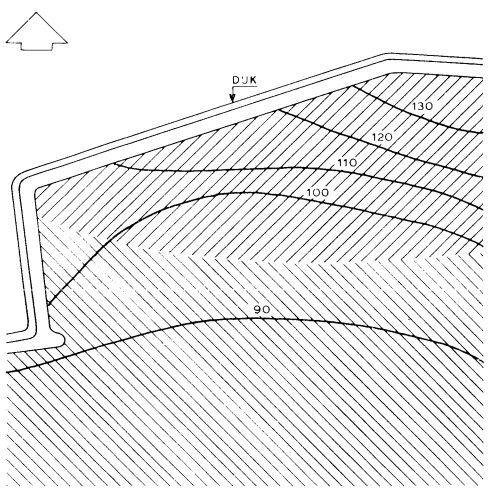
Het gebied van de Slikken van Flakkee, dat op grond van zijn ontstaanswijze als één totaal landschap beschouwd kan worden, is in vier fysiografische hoofdeenheden onderscheiden, en wel: de voormalige slikken, een grootschalig zeer zwak hellend gebied met weinig reliëf; de voormalige schorren, die vooral gekenmerkt worden door de aanwezigheid van kreken, met daarlangs de hoger liggende oeverwallen en daarachter de lage kommen, en waarvan sommige delen omgeven worden door een lage kade, de zomerpolders; een zanddepot, een aangelegd zandplateau, dat ongeveer 4 m boven de omgeving uitsteekt; en de dijk, die de scheiding vormt met het binnendijkse gebied.
De hoofdeenheden zijn verder onderverdeeld op grond van hoogteligging, ontstaanswijze, ouderdomsprocessen, reliëfvormen en -patronen en menselijke invloed.
Gebleken is, dat zowel in het voormalige slik



VOORMALIG SCHOR
RELATIEF OUD, HOOG VOORMALIG SCHOR
HELLING HOOG SCHOR — LAAG SCHOR
RELATIEF JONG, LAAG VOORMALIG SCHOR
KOM
SCHORRAND, OVERGANG NAAR KOM
OEVERWAL
SCHORRAND, RELATIEF HOOG, ZEER RELIËFRIJK
PRIMAIR SCHOR
GEBIED MET SPARTINA-DUINTJES
SPARTINA-DUINTJES
VOORMALIG SLIK
1 GEBIED ZONDER MICRO-RELIËF
2 GEBIED MET GOLFRIBBELS, NIET MEER ALS RELIËF AANWEZIG
OVERIGE SYMBOLEN
PRIEL MET STROOMDRAAD
KREKEN



PROFIELTYPEN	PROFIELVERLOOP			CODE
	BEGINDIEPTE ZAND	LUTUMGEHALTE EN INDELING VAN DE KLEI ZAVEL-LAAG	BIJZONDERHEDEN	
MIDDENSCHOR	20 – 30			23
	40 – 50	25–35 KLEI A	NAAR BENEDEN OVERGAAND IN LICHTE ZAVEL	26
SCHORRAND	20 – 40	5–8 L. ZAVEL A		31
	20 – 40	8–12 L. ZAVEL B		32
	20 – 40	12–17ZW ZAVEL A		33
	0 – 10	5–12 L. ZAVEL	BEGINNEND SCHOR	37
OEVERWALLEN	50 – 75	8–12 L ZAVEL B		42
SLIKKEN		1 5–3 KL ARM ZAND B		7

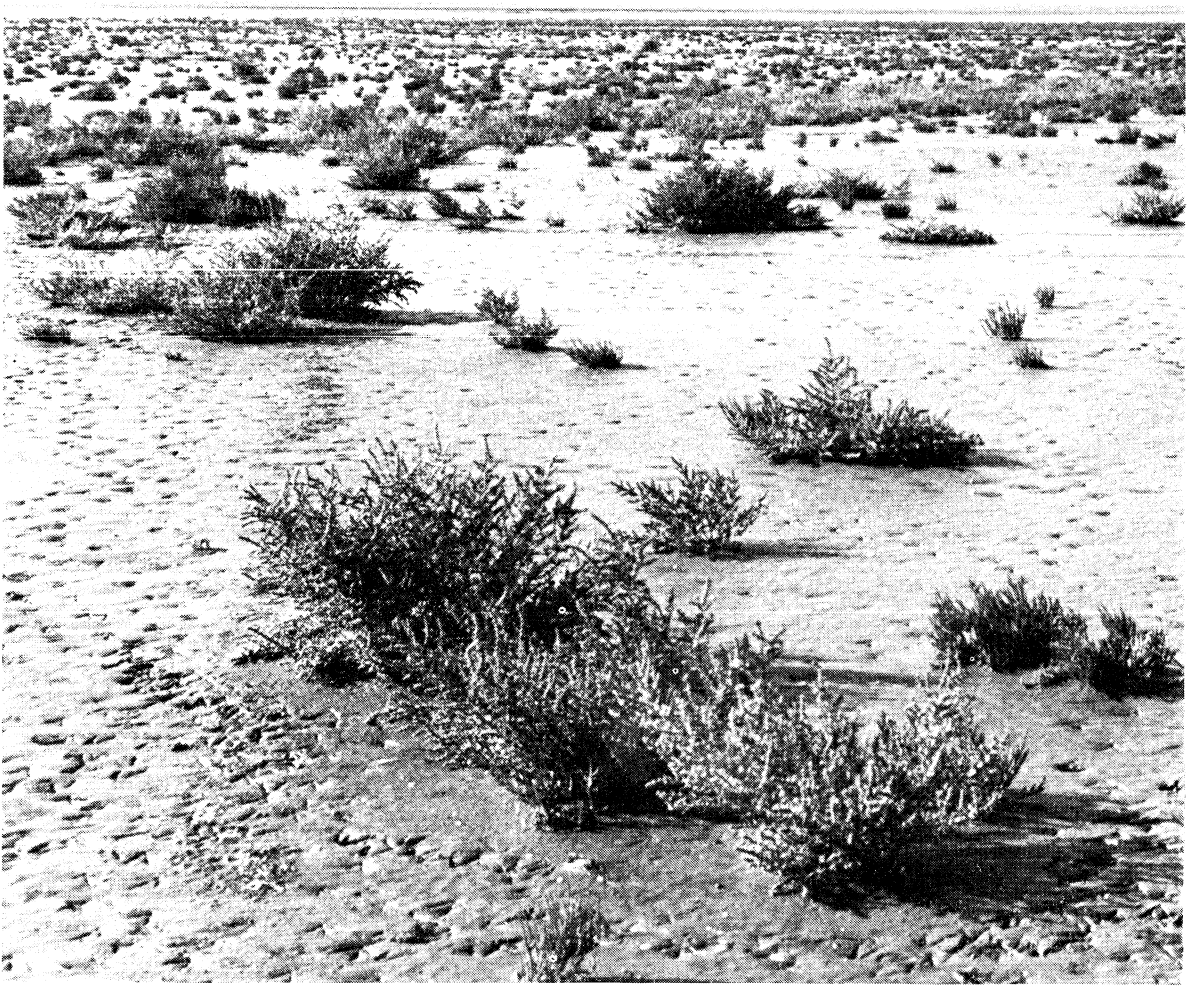


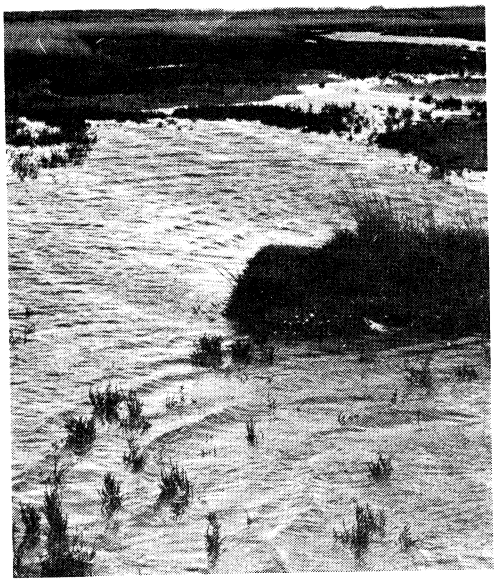
GEBIED MET MAX. FLUKTUATIE VAN 40–50cm T.O.V. DE GEMIDDELDE DIEPSTE GRONDWATERSTAND
IDEM 50–60 cm
130 GEMIDDELDE DIEPSTE GRONDWATERSTANDEN IN cm-M.V.

Fig. 2. Drie interpretaties van hetzelfde gebied. Van boven naar beneden: bodemkaart, geomorfologisch overzicht, schema van de zomergrondwaterstanden

als in het voormalige schor een duidelijk verschil bestaat tussen het noordelijk en het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee; de grens tussen beide delen ligt ter hoogte van het zanddepot. De noordelijke voormalige slikken onderscheiden zich van de zuidelijke onder meer door een rechte oeverlijn zonder steile randjes en een geringer micro-reliëf, een flauwere helling en een geringere hoeveelheid geultjes. Dit gehele gebied wordt overspoeld, en er is minder winderosie. Het noordelijke voormalige schor onderscheidt zich van het zuidelijke door onder andere een geringere breedte, een geringere hoogte ten opzichte van het voormalige slik en het ontbreken van een duidelijke helling, door meer primair schor, een smaller middenschor en een grotere kreekdichtheid. De belangrijkste geomorfologische processen welke zich na de

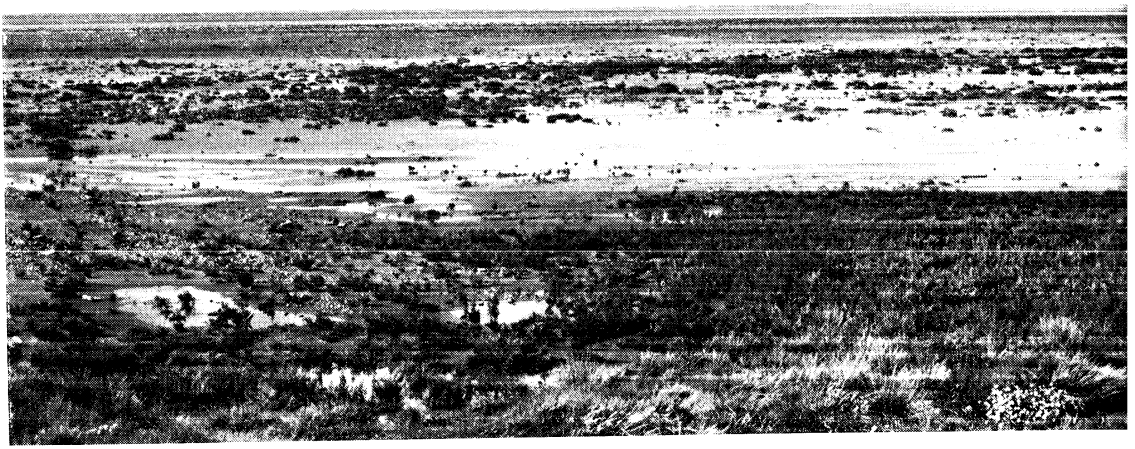
Het landschap van de voormalige Slikken van Flakkee. Pionierbegroeiing met Zeekraal





Spartinaduintjes op de overgang van het voormalige slik en het voormalige schor. Als de wind op de kust staat kan het meerwater tot aan de schorrand worden opgeblazen

Het uitgestrekte landschap van de voormalige slikken met zwak hellende over. Op de achtergrond het Grevelingenmeer en de kust van Schouwen



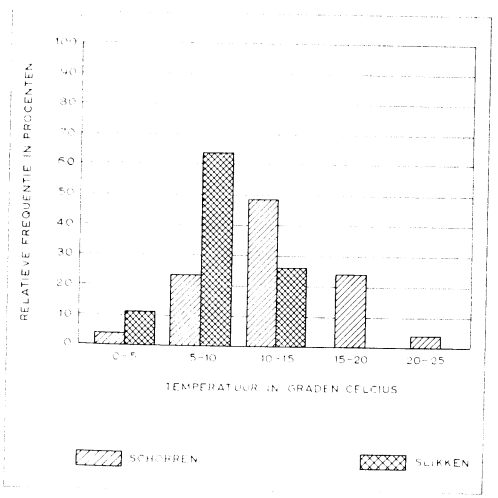
afsluiting hebben voorgedaan zijn winderosie en accumulatie en af- en opwaaiing, waardoor regelmatig grote delen van het voormalige slik overspoeld worden met water vanuit het meer.
De grote diversiteit van patronen en vormen in het gebied is grotendeels te danken aan processen die in het voormalige getijdensysteem werkzaam waren. Deze processen zijn door de afsluiting beëindigd, maar het geomorfologische beeld is er als getuige van overgebleven en verleent daardoor aan het gebied een eigen karakter.

Beschouwen wij nu eerst de bodemgesteldheid van de bovengrond, tot ongeveer 1,20 m onder het maaiveld. Bodemkundig zijn de Slikken van Flakkee in eerste instantie onder te verdelen in twee grote gebieden: de voormalige slikken en de voormalige schorren.
De voormalige slikken zijn wat betreft de bodemsamenstelling nogal uniform. We treffen in feite slechts één profieltype aan, bestaand uit middelfijn kleiarm zand tot aan het oppervlak. Op de voormalige schorren komt heel wat meer variatie voor. Een algemeen kenmerk van de hier voorkomende bodemsamenstelling is dat op een enkele meters dik zandpakket een meer kleirijke laag voorkomt. Op grond van de profielopbouw kunnen op de voormalige schorren vier grote bodemgroepen onderscheiden worden: de bodems van het oude schor, met de bekade delen, van het middenschor – de kommen –, van de schorrand – dat is de zone van het schor die grenst aan het slik – en van de overwallen. Op grond van de verschillen in de begindiepte van het zand en van de texturele samenstelling van de



Als zandverstuivingen optreden vangt de vegetatie een groot deel in. Hierdoor ontstaan interessante reliëfverschillen

Fig. 3. Frequentieverdeling van het verschil tussen de hoogste en de laagste dagelijkse luchttemperatuur boven slikken en schorren. Periode 7 augustus–1 november 1972



bovenliggende laag zijn de vier bodemgroepen verder onderverdeeld; in totaal zijn er dan 25 bodemeenheden in het schorrengebied te onderscheiden.
Nu de bodems van het schor permanent boven water liggen zal als gevolg van het rijpingsproces inklinking optreden. Op het oude schor met de reeds goed gerijpte bodems zal de inklinking gering zijn. Op de nog weinig gerijpte bodems van het middenschor zal de dikte van het zaveldek tot 40 à 50% kunnen inklinken, waardoor een maaiveldverlaging van ongeveer 15 cm te verwachten is. Op de grotendeels matig gerijpte bodems van de schorrand en de oeverwallen zal de inklinking van weinig betekenis zijn. De klinkverwachting is berekend over een periode van 80 à 100 jaren.

Het onderzoek van de diepere ondergrond – tot enkele meters onder het maaiveld – had voornamelijk tot doel, voor water slecht doorlatende lagen te lokaliseren. Gebleken is dat in het grootste deel van het gebied een slecht doorlatende laag aanwezig is. De begindiepte ligt op een enkele uitzondering na tussen 1 en 3 m beneden het maaiveld. Er werden verschillende soorten slecht doorlatende lagen gevonden, bestaande uit humeuze klei, veen en oude zeeklei. Die delen van het gebied waar de slecht doorlatende laag ontbreekt, blijken goed aan te sluiten bij de gebieden op Goeree-Overflakkee waar dit volgens de geologische kaart ook het geval is. Het zijn oude erosiegeulen die voornamelijk met wadzand zijn opgevuld, soms vermengd met geërodeerde veenresten.

Hydrologie

Het hydrologisch onderzoek van het ondiepe grondwater heeft zich in de afgelopen periode beperkt tot het volgen van de grondwaterstanden. Er is een onderscheid gemaakt tussen de gegevens voor de zomer en voor de winter. In het zomerseizoen treden de diepere grondwaterstanden op, terwijl in de winter ondiepe grondwaterstanden voorkomen. Uit de gegevens in de zomer van 1973 zijn de gemiddelde laagste grondwaterstand afgeleid ten opzichte van het maaiveld, en de maximale fluctuatie ten opzichte van deze stand. Behalve door de bodemgesteldheid, de geomorfologie, de terreinhoogte en de helling, wordt de gemiddelde diepste zomergrondwaterstand en vooral de maximale fluctuatie ervan sterk beïnvloed door het al of niet aanwezig zijn van een slecht doorlatende laag in de ondergrond. Indien de slecht doorlatende laag over een wat groter

oppervlak ontbreekt, dan worden daar lagere laagste waterstanden gemeten dan in de naastliggende gebieden waar de slecht doorlatende laag wel aanwezig is. In de eerst genoemde gebieden is de maximale fluctuatie over het algemeen minder dan 40 cm, terwijl daar waar de slecht doorlatende laag wel aanwezig is de overeenkomstige waarden voor het grootste deel variëren tussen de 60 en 80 cm. Deze hoge fluctuatiewaarde heeft tot gevolg dat het grondwater in sommige delen van de slikken ook zomers tot in het maaiveld kan komen.
Gezien binnen zeer ruime marges varieert de gemeten diepste grondwaterstand overigens van 70 à 80 cm beneden het maaiveld langs de waterlijn tot 110 à 130 cm beneden het maaiveld in de schorren langs de dijk.
Voor het gedrag van de wintergrondwaterstand is de som van de dagelijkse overschrijding van een bepaald referentieniveau als kengetal gekozen. Op deze manier komt niet uitsluitend de diepte van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld tot uiting, maar tevens de tijdsduur waarover deze ondiepe grondwaterstand optreedt. Ook daar blijkt duidelijk de grote invloed van de slecht doorlatende laag in de ondergrond. Ontbreekt die, dan komt het grondwater niet of slechts gedurende zeer korte perioden tot in het maaiveld. Van de gebieden waar de slecht doorlatende laag in de ondergrond voorkomt blijken slechts de schorren daarvan weinig invloed te ondervinden. Hier komt het grondwater ook 's winters niet in het maaiveld. Op het overige deel van het gebied heeft die invloed tot gevolg, dat het grondwater in de winterperiode gedurende vrij lange tijd tot in het maaiveld staat.

Zouthuishouding

Om de mate waarin ontzilting optreedt, en de snelheid waarmee dat gebeurt, te kunnen volgen, zijn in de herfst van 1972 op een groot aantal plaatsen monsters genomen en geanalyseerd. Op dat deel van de slikken waar een slecht doorlatende laag aanwezig is, blijkt nog geen ontzilting te hebben plaatsgevonden. Het deel waar de slecht doorlatende laag ontbreekt, is reeds geheel of gedeeltelijk ontzilt. Door de gunstiger ontwatering van de schorren ten opzichte van de slikken zijn die delen van de schorren waaronder de slecht doorlatende laag aanwezig is, matig tot redelijk goed ontzilt. Daar waar de slecht doorlatende laag in de ondergrond van de schorren ontbreekt, is volledige ontzilting opgetreden.

Microklimaat

Bij het microklimatologisch onderzoek werden de temperatuur en de windsnelheid in studie genomen. Afgezien van incidentele metingen zijn door stagnatie in de ontwikkeling van de meetapparatuur nog te weinig windsnelheidsgegevens bekend, dan dat daaruit reeds enige algemene conclusies voor het gebied zouden zijn op te maken.
Uit de gegevens over de luchttemperatuur en de bodemtemperatuur tot 10 cm diepte is gebleken, dat het verloop van de luchttemperatuur op 10 cm hoogte op de schorren extremer is dan op de slikken, hetgeen kan worden verklaard door verschillen in begroeiing en bodemvochtigheid.
Met behulp van een op een eenvoudig model voor de warmtebeweging in de bodem gebaseerde formule is het temperatuurgeleidingsvermogen van de slikken in de zomer geschat en daarmee het temperatuursverloop met de diepte en de tijd voor stralingsdagen. Voor de schorren is dit niet gelukt.
In de tabel hieronder zijn de resultaten van enige incidentele windmetingen weergegeven, verricht op het schor in twee kreken; een die parallel loopt aan de windrichting, en een loodrecht daarop. Bij deze laatste blijkt nabij de bodem duidelijk het beschuttende effect van het bodemreliëf.

Windgegevens verzameld op zaterdag 10 maart 1973 op de slikken van Flakkee.
Heersende windrichting: west.

	W-O kreek, 1,5 m diep		N-Z kreek, 1,2 m diep	
	windsnelheid in m/sec	verschil in windsnelheid	windsnelheid in m/sec	verschil in windsnelheid
200 + m.v.	6		6	
200 + kreekbodem	4,5	+ 1,5	6	0
maaiveld	3,5	+ 1,0	4	+ 2
10 cm + kreekbodem	4,0	— 0,5	1,5	+ 2,5

Ontwerp voor de sluis op Noordland

In Bericht 64 (mei 1973) is uiteengezet waarom indien de Oosterschelde wordt afgesloten in deze afsluitdam een doorlaatwerk moet worden opgenomen. Voor de capaciteit van deze sluis is dan die situatie maatgevend waarin een geheel zoet Zeeuwse Meer geforceerd doorgespoeld moet worden met 325 m^3/sec gemiddeld over het etmaal. Tevens moet de sluis dan als inlaatwerk dienst kunnen doen voor het geval dat besloten wordt een deel van het meer achter de Oosterscheldedam zout te houden.

Hoewel de uiteindelijke situatie van een geheel zoet Zeeuwse Meer maatgevend is voor de ontwerp-capaciteit heeft de ontziltingsfase mede een grote invloed op de dimensionering van de sluis. Als het gehele Zeeuwse Meer ontzilt zal worden, zoals in het Deltaplan is voorzien, zal het zoute Oosterscheldewater verdrongen moeten worden door zoet Rijn- en Maaswater. Via de Volkerak-inlaatsluis komt er dan zoet rivierwater binnen in het Zeeuwse Meer, terwijl zout en brak water geloosd kan worden via de sluis, die in de Oosterscheldedam zal worden gebouwd ter plaatse van het tegenwoordige werkeiland Noordland. Ten gevolge van zijn kleiner soortelijk gewicht zal het zoete water de neiging vertonen zich in een laag over het zoute water te verspreiden, waardoor een gestratificeerd systeem zou ontstaan. Zonder aanvullende maatregelen kan het zoute water dan ook niet veel dieper dan de bodemligging van de sluis weggehaald worden.
Omtrent het effect van de windinvloed valt nog weinig te zeggen, althans wat de grootte betreft van de schijnbare diffusie. Is deze invloed onvoldoende, dan kan het diepere zoute water weggehaald worden door voor de sluis een dichtheidsscherm te plaatsen waarmee de grenslaag tussen het zoute en zoete water tot een lager niveau teruggebracht wordt. Als alternatief voor dit scherm zou men volledig kunstmatige menging van het zoute en zoete water kunnen overwegen, bijvoorbeeld met behulp van luchtbellenschermen. Deze laatste methode vergt echter meer tijd voor hetzelfde ontziltingsresultaat.
Ongeacht de uitslag van het onderzoek naar de beste ontziltingsmethode is er bij het dimensioneren van de sluis op Noordland voorlopig van uitgegaan dat er, eventueel tijdelijk, een dichtheidsscherm geplaatst zal worden. Daarbij wordt dus verondersteld dat de sluis zal worden gebruikt als lozingsmiddel, aangezien dat voor de dimensionering de meest ongunstige veronderstelling is.

Voor het dimensioneren van sluis en dichtheidsscherm is het van belang de optredende vervallen met de bijbehorende frequentieverdeling te kennen, alsook de waterstanden en mogelijke golven aan weerszijden van de sluis. Op een toekomstig Zeeuwse Meer zal waarschijnlijk naar een peil van N.A.P. gestreefd worden; voorlopig wordt echter ook op extremen van N.A.P. + 0,50 en N.A.P. –1,00 m gerekend. Voor de maatgevende situatie met geforceerde lozing kan ervan worden uitgegaan dat het Zeeuwse Meer minstens het streefpeil van N.A.P. zal hebben, daar geforceerde lozing immers alleen ten tijde van overvloedige wateraanvoer plaats kan vinden.
De waterstanden aan de zeezijde van de Oosterscheldedam zijn bepaald met behulp van tweedimensionele getijberekeningen. Gebleken is dat de H.W.-standen ten gevolge van de afsluitingswerken 10 cm hoger zullen worden (G.H.W. na 1978 N.A.P. + 1,50 m) en de L.W.-standen 5 cm lager (G.L.W. na 1978 N.A.P. – 1,30 m). Dat het tijverschil buitendijks iets groter zou worden was ook reeds door de Deltacommissie voorspeld. Gedeeltelijk wordt die tendentie bevestigd door recente metingen voor de Brouwersdam. Op de astronomische getijbeweging zijn de windeffecten met bijbehorende frequenties gesuperponeerd. Gecombineerd met het verwachte Zeeuwse Meer-peil leveren deze berekeningen een frequentieverdeling op van

vervallen en waterstanden bij de Oosterscheldedam.
Aanvankelijk werd overwogen de sluis te ontwerpen als een open bak, zoals bijvoorbeeld de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Aangezien de Oosterscheldesluis evenwel meer naar zee komt te liggen dan de Haringvlietsluis, en de te sluiten geul veel dieper is dan het Haringvliet, is er ook een veel grotere golfaanval te verwachten dan in het Haringvliet. De keuze is daarom gevallen op een oplossing waarbij het dijkprofiel van de Oosterscheldedam ononderbroken doorloopt ter plaatse van de sluis; de sluis zelf bestaat dan uit gesloten kokers, die onder het dijklichaam doorlopen. Op deze diepte doet de golfaanval zich veel minder gevoelen.
Aan de hand van berekeningen en modelproeven kunnen de effectieve doorstroomopening van de sluis, de grootte van de doorstroomopening, de spleethoogte van het eventuele dichtheidsscherm en de ligging van de onderzijde van de schermopening ten opzichte van het wateroppervlak in onderling verband geoptimaliseerd worden. Genoemde variabelen zijn echter afhankelijk van de gewenste ontziltingsdiepte en het relatieve dichtheidsverschil van het water aan weerszijden van de sluis. Gezien het huidige bodempatroon van de Oosterschelde valt te verwachten dat het dichtheidsscherm bij de gemiddelde waarde van het maximale verval goed blijft functioneren tot een ontziltingsniveau van N.A.P. –25 à 30 m. Het dichtheidsverschil over de sluis moet tijdens de ontziltingsperiode gesteld worden op 25 kg/m^3.
Uit een aantal mogelijke combinaties van bovengenoemde variabelen is als meest aan-

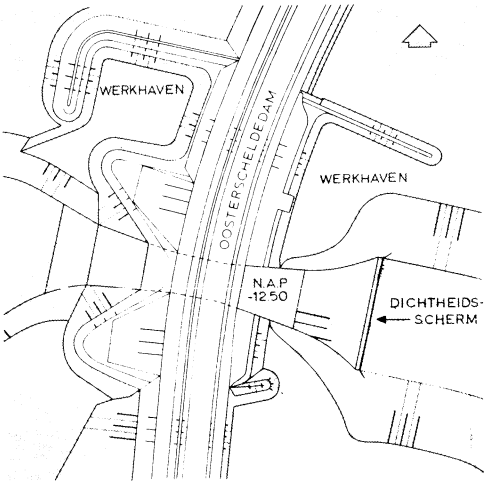
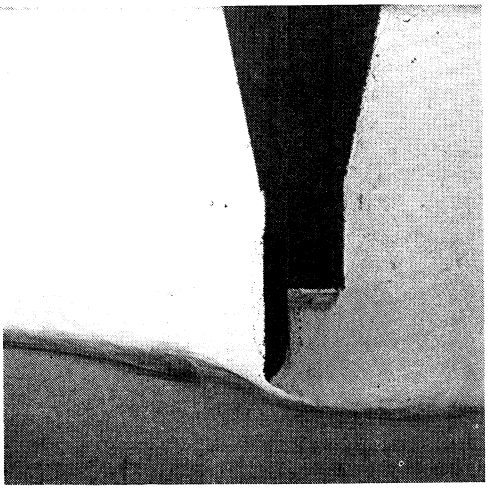


Fig. 1. Situatie van de sluis op Noordland, de toeleidingsgeul en het dichtheidsscherm



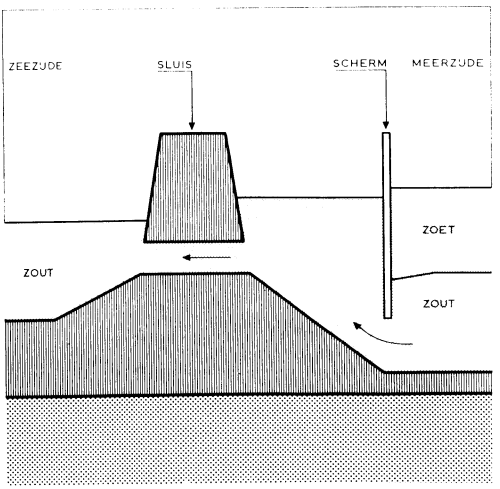


Fig. 2. Principe van het dichtheidsscherm
Daarnaast: het scherm in het model

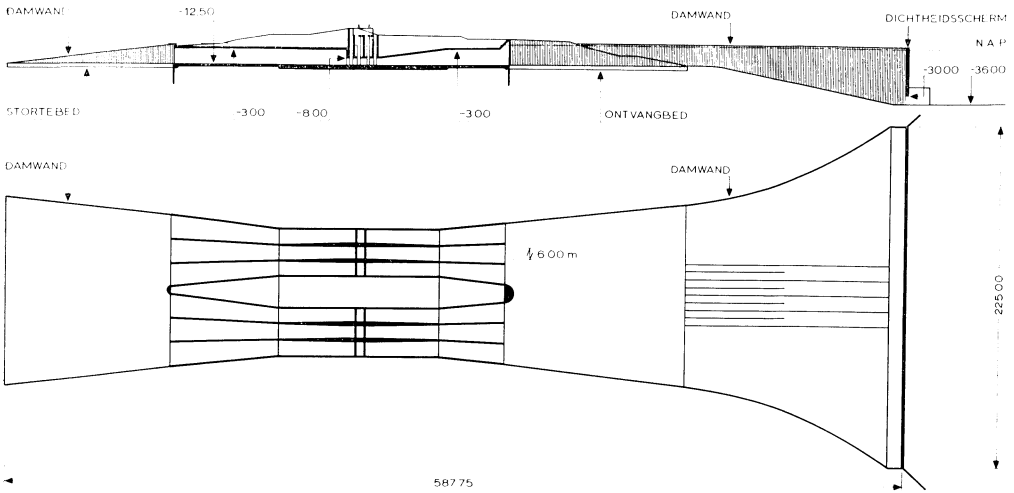
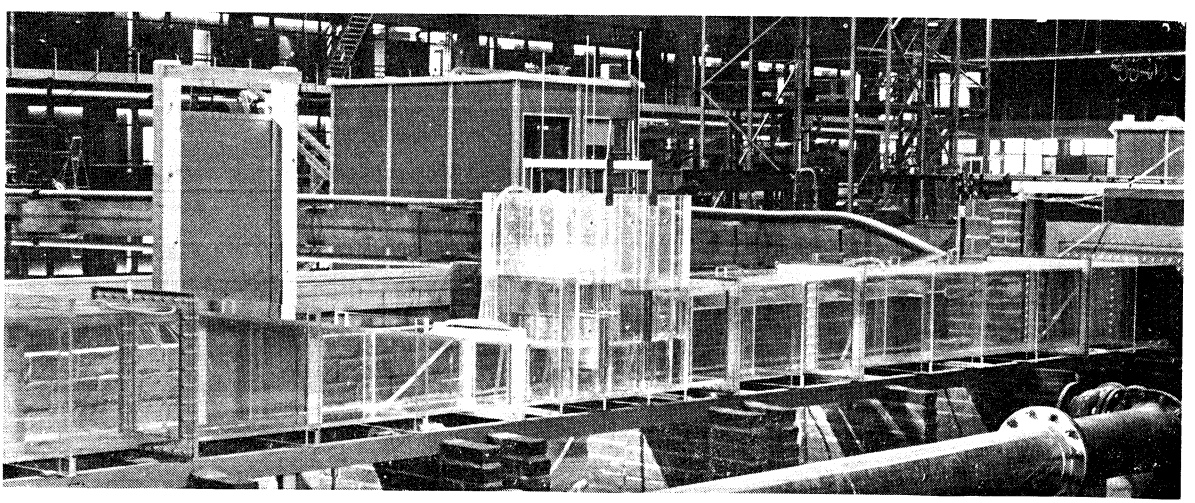
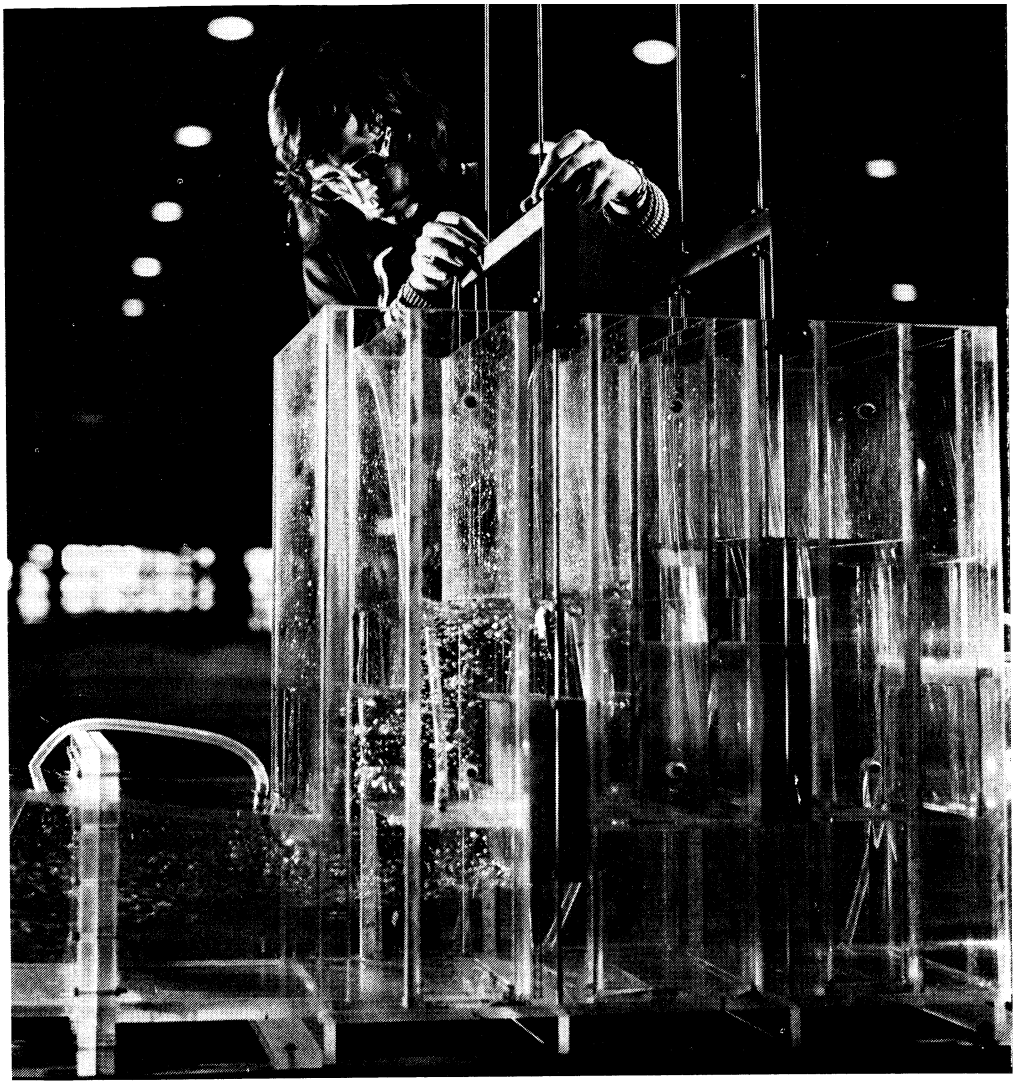


Fig. 3. Verticale en horizontale lengtedoorsnede van de sluis

trekkelijke oplossing gekozen een sluis met een effectieve doorstroomopening van 228 m^2 en indien een dichtheidsscherm geplaatst gaat worden, een spleethoogte onder het scherm van 6 m en een bodemligging ter plaatse van het scherm op N.A.P. –36 m. Enkele argumenten pleiten ervoor, de sluis zo diep mogelijk te leggen. Immers, hoe dieper de sluis ligt, hoe gemakkelijker hij het zoute water kan afvoeren, eventueel ook zonder hulp van een dichtheidsscherm. Ook de golfaanval op de schuiven neemt af, en met name vermindert de kans op cavitatieverschijnselen, die het staal van de sluizendeuren vermoeien, en die optreden wanneer de sluiskeel in plaats van water opeens lucht aanzuigt. Ook zou het bij een diepe situering vrijwel niet meer kunnen voorkomen dat een golfdal in de koker doorloopt, en er golfklappen veroorzaakt.

Plexiglazen model van een der kokers van de doorlaatsluis in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft; rechts: detail





Constructief is diepe situering van de sluis echter veel moeilijker, en de kosten lopen daarbij sterk op. De diepte moest daarom wel beperkt blijven. Bovendien is het ter beperking van de afmetingen van de schuiven aantrekkelijk de koker een venturivorm te geven, dus met een trechtervormige in- en uitlaatopening. Door deze vormgeving kan een hoge afvoer-coëfficiënt worden bereikt, zodat men kan volstaan met een kleinere bruto doorstroomopening ter plaatse van de schuiven in de keel. Maatgevend voor de diepteligging van de keel van de sluis bleek de frequentie van luchtaanzuigen te zijn, die zou optreden wanneer de sluis als lozingsmiddel voor geforceerde doorspoeling moest dienst doen. Een frequentie van 1 maal per 10 jaar werd aanvaardbaar geacht. Uit berekeningen en modelonderzoek bleek dat aan dit criterium kon worden voldaan bij een plafonddiepte in de keel van de sluis van N.A.P. –8 m, mits de afvoercoëfficient beperkt bleef tot 1,4. Bij een volledige venturivorm zou de afvoercoëfficiënt oplopen tot ca. 1,8, hetgeen grote stroomsnelheden in de sluis oplevert en een belangrijk grotere frequentie van luchtaanzuigen dan eenmaal in de tien jaar. Daarom is besloten aan de zeezijde in verticale zin geen venturivorm te kiezen, maar een horizontaal plafond. Bij een berekende afvoercoëfficient van 1,4 dient de bruto doorstroomopening ter plaatse van de schuiven 162 m^2 te bedragen. Na vergelijking van een aantal varianten is de keuze gevallen op een sluis bestaande uit twee groepen van drie kokers, waarbij in de keel het plafond op N.A.P. –8 m en de bodem op N.A.P. –12,5 m ligt; elke sluiskeel is 6 m breed.

In verband met de vormgeving en de frequentie van het binnenlopen van golfdalen in de kokers is de plafonddiepte aan de zeezijde en aan de Zeeuwse-Meerzijde op N.A.P. –3 m gesteld. De sluisbodem aan de zeezijde en Zeeuwse-Meerzijde is evenals in de keel op N.A.P. –12,5 m gekozen. Gedetailleerd modelonderzoek aan deze koker bevestigt de berekende waarde van de afvoercoëfficient van ongeveer 1,4.
De sluis bestaat dus volgens het ontwerp uit twee groepen van drie kokers van ieder 220 m lang. Iedere koker heeft een keel van 4,5 bij 6 m, de bovenkant van de vloer ligt op N.A.P. –12,5 m.
Uit boringen en sonderingen bleek dat de sluis op staal kon worden gefundeerd. De twee kokergroepen van ieder drie kokers worden daarbij door elastische dilatievoegen van elkaar gescheiden. De te verwachten zettingsverschillen zijn van geringe aard. Daar de kokers zijn opgebouwd uit moten van ongeveer 14 m en over deze lengte een maximaal zettingsverschil te verwachten is van 1,5 cm, kunnen de zettingsverschillen op eenvoudige wijze in de voegen tussen de kokermoten worden vereffend. De kokers dienen zo zwaar te zijn dat ze, wanneer de sluis voorafgaand aan de aanleg van de dam eroverheen wordt drooggezet, vanwege hun eigen gewicht niet kunnen opdrijven.
De te verwerken hoeveelheid beton zal 71 000 m^3 bedragen. Verder zal 7800 ton wapeningsstaal en 1200 ton damwandstaal verwerkt moeten worden waarbij dan niet het materiaal voor het dichtheidsscherm met toeleidingswanden is gerekend.
Een ander probleem vormt nog de toeleidingsgeul naar de sluis. De sluis zou niet in de Roompot, maar in het werkeiland Noordland gesitueerd moeten worden, en er zou dus een verbindingsgeul moeten worden gegraven tussen de Roompot en de sluis. Indien het zoutscherm toegepast zal worden, zal dit in de verbindingsgeul geplaatst moeten worden, zo dicht mogelijk voor de sluis. De bodem van de geul zal evenals die onder het scherm op N.A.P. –36 m moeten liggen.
Tussen het scherm en de sluis is eveneens een toeleidingsgeul nodig, zodanig gevormd, dat er bij verschillende spuidebieten een gunstige stroomverdeling over de kokers van de sluis optreedt. Bovendien dient deze toeleidingsgeul een geleidelijke overgang te waarborgen tussen het scherm, met een constructiebreedte van 225 m en een bodemligging op N.A.P. – 36 m, en de sluis, met een constructiebreedte van 91 m en een bodemligging op N.A.P. –12,5 m.

In principe komen voor de verbindingsgeul tussen Roompot en scherm en voor de toeleidingsgeul van scherm naar sluis drie varianten in aanmerking. Men zou beide geulen met een rechte as ongeveer in het verlengde van de sluisas kunnen graven, of de toeleidingsgeul met een rechte as ongeveer in het verlengde van de sluisas en de verbindingsgeul met een flauwe kromming (straal 700 m) naar de Roompot. Tenslotte zou men ook de toeleidingsgeul met een kromming (straal 160 m) kunnen aanleggen en de verbindingsgeul recht naar de Roompot.
Het bleek dat zowel de rechte als de kromme toeleidingsgeul tussen scherm en sluis een gunstig stroombeeld voor de sluiskokers opleverden, nadat de dimensionering van deze geul met behulp van uitgebreid modelonderzoek geoptimaliseerd was. Voor de verbindingsgeul tussen de Roompot en het scherm geniet uit een oogpunt van selectieve onttrekking een rechte geul de voorkeur boven een gebogen geul. In een bochtstroming gaat het interne grensvlak tussen de zoete bovenlaag en de zoute onderlaag namelijk onder een helling staan, waardoor eerder zoet water onder het scherm doorstroomt dan bij een horizontale grenslaag, zodat het rendement van het scherm daalt. Berekeningen tonen echter aan dat een zeer flauwe kromming in de geul zoals bijvoorbeeld volgens de tweede variant, een te verwaarlozen invloed op de ligging van het grensvlak heeft doordat de stroomsnelheden in de geul erg laag zijn. Om functionele redenen bestond dus geen duidelijke voorkeur voor een bepaalde variant. Voornamelijk om uitvoeringstechnische en financiële redenen biedt de tweede variant de beste oplossing. De hoeveelheid zand die deze geul oplevert, komt namelijk vrijwel overeen met wat men ter plaatse voor de afsluitingswerkzaamheden aan zand nodig heeft.
Naar de bodembescherming aan weerszijden van de sluis is nog onderzoek gaande. Voorlopige resultaten van het in dit verband uitgevoerde modelonderzoek aan het stortebed aan de zeezijde geven de indruk dat de omvang der te verwachten ontgrondingen aanvaardbaar zal zijn bij een stortebedlengte van 185 m aan de zeezijde, en 115 m aan de binnenzijde. Hiervan zal dan aan de zeezijde ongeveer 105 m en aan binnenzijde de volledige 115 m binnen de bouwput vallen, terwijl het aan de zeezijde resterende deel in den natte aangebracht zal kunnen worden.
Er zou in het sluiscomplex bovendien een voorziening moeten worden aangebracht voor het in- en uitlaten van vis.

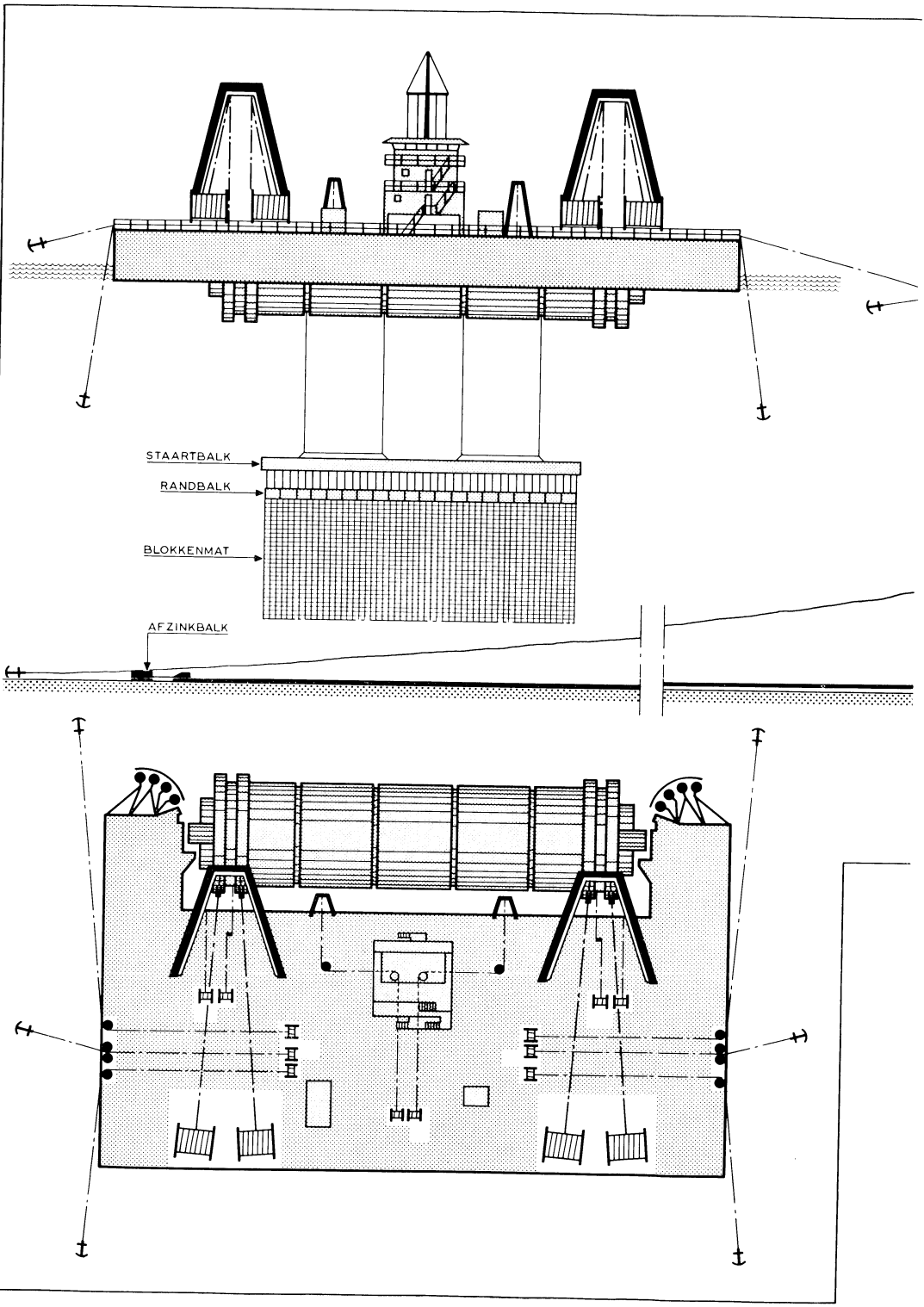
Bij de laatste grote afsluiting in het Deltagebied, die van de Oosterschelde, zullen zeer grote hoeveelheden bodembescherming moeten worden aangebracht onder betrekkelijk ongunstige omstandigheden. Omdat de bekende typen bodemverdediging onder deze omstandigheden niet meer leken te zullen voldoen, is een nieuw type zinkstuk ontworpen met vaste ballast: de blokkenmat.

Produktie en verwerking van blokkenmatten als bodembescherming

Eerder werd van deze technische vernieuwing kort melding gemaakt in Bericht 64 (mei 1973). Twee constructieve varianten van de blokkenmat zijn thans voldoende ontwikkeld om als bodembescherming te kunnen fungeren. In beide gevallen is het basiselement een filterdoek van polypropeen, al dan niet voorzien van een rietmat. Of er een rietmat wordt toegevoegd hangt af van het filterdoek dat men gebruikt.
Doek met een gewicht van niet meer dan 750 gram per m^2 moet men, om mechanische beschadiging tijdens het nastorten te voorkomen, wel bedekken met een rietmat. Wordt daarentegen doek gebruikt van 1210 gram per m^2, dan kan de rietmat achterwege worden gelaten. Dit zwaardere doek is namelijk op zich bestand tegen mechanische beschadigingen. Er is dan ook gekozen voor het zwaardere doek.
Om het filterdoek om te vormen tot blokkenmat worden er op regelmatige afstanden volgens een soort roosterwerk kunststofpennen doorgestoken, waarop vervolgens het beton voor de vaste ballast wordt gestort. Op deze wijze ontstaat een vakverdeling vergelijkbaar met het roosterwerk van een klassiek zinkstuk. Dit garandeert een goede gewichtsverdeling van de vaste ballast over het stuk, terwijl het bovendien verhindert dat een eventuele extra-bestorting met staal- of loodslakken zijdelings van het doek glijdt.
De blokken die men op het filterdoek stort, zijn 17 cm hoog, en hebben een zodanige breedte en lengte, dat 50% van het filterdoek met blokken is bezet. Het gewicht van de op deze wijze aangebrachte vaste ballast bedraagt 200 kg/m^2.
Toch wordt de blokkenmat nog nabestort, met als doel tegen te gaan dat het filterdoek tussen de betonblokken bij hoge stroomsnelheden en sterke turbulenties gaat klapperen.

Produktie- en zinkmethode

Zoekend naar een rationele methode van fabricage en afzinken van een bodembescherming van blokkenmatten, heeft men enige tijd met het idee gespeeld, om de fabricage te doen plaatsvinden in een drijvende fabriek, die telkens zou worden verankerd waar de bodembescherming moest worden neergelegd en die dan alle werkzaamheden van produktie en afzinken in combinatie zou kunnen uitvoeren. Toch is die gedachte reeds spoedig verlaten. De te verwachten produktie is namelijk te gering om de grote investeringen te rechtvaardigen. Bovendien kan zo'n fabriek geen stukken in voorraad maken; bij slecht weer ligt dus het hele bedrijf stil. Er is derhalve gekozen voor een fabriek op de vaste wal, zij het onmiddellijk aan de waterkant.
De fabriek is gebouwd aan de werkhaven Sophiapolder op de Noordbevelandse wal.
Wanneer een blokkenmat in de fabriek in etappes is opgebouwd, wordt hij vanaf het werkterrein opgerold op een grote drijvende cilinder met een lengte van 45,20 m en een diameter van 10 m. Deze rol wordt met blokkenmat en al naar de zinkplaats gesleept, en daar met de uitstekende aseinden gekoppeld aan een reeds gestelde zinkponton. Vervolgens wordt aan het einde van de mat een afzinkbalk bevestigd, die de mat naar de bodem drukt. Door de zinkponton te verhalen wordt de cilinder steeds verder afgerold; via de koppeling is het daarbij mogelijk de rol aan te drijven of af te remmen.
Het zinkbedrijf wordt minder kwetsbaar wan-


STAARTBALK
RANDBALK
BLOKKENMAT
AFZINKBALK

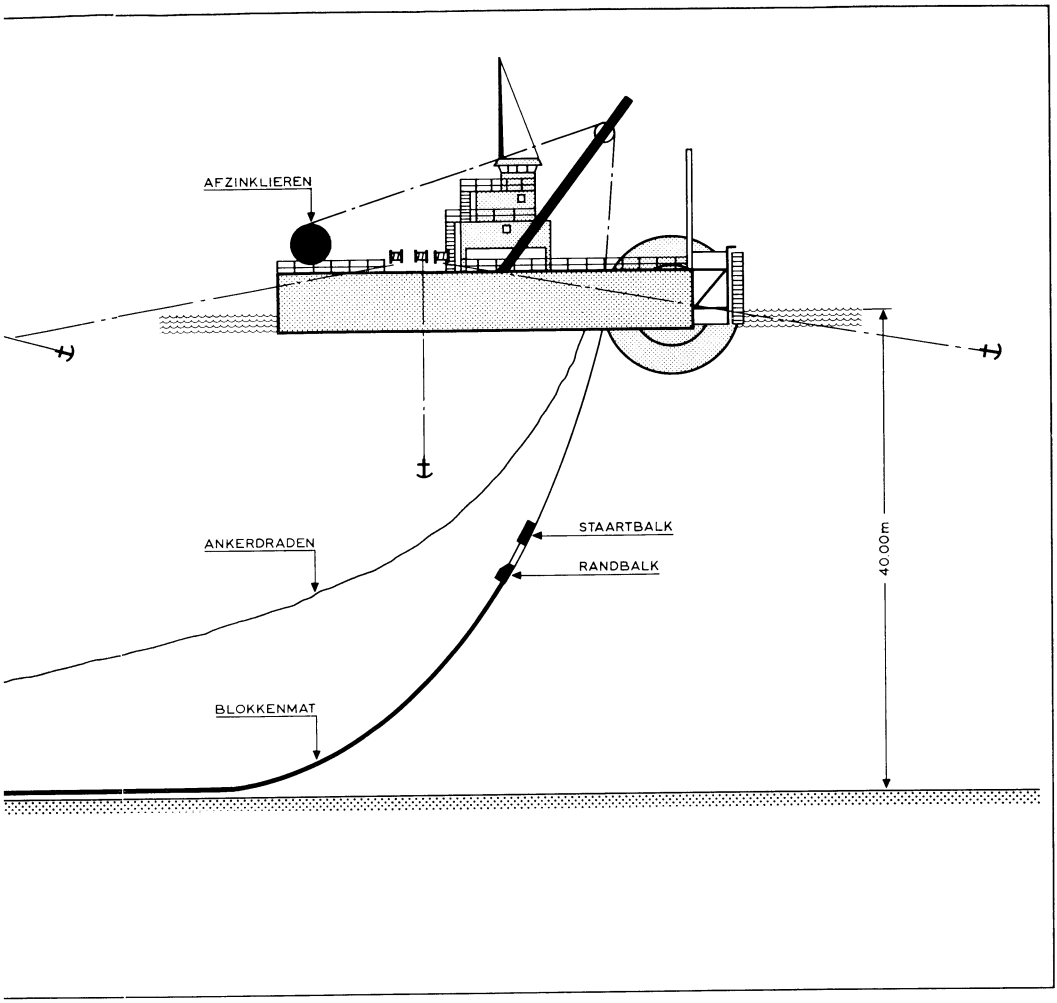


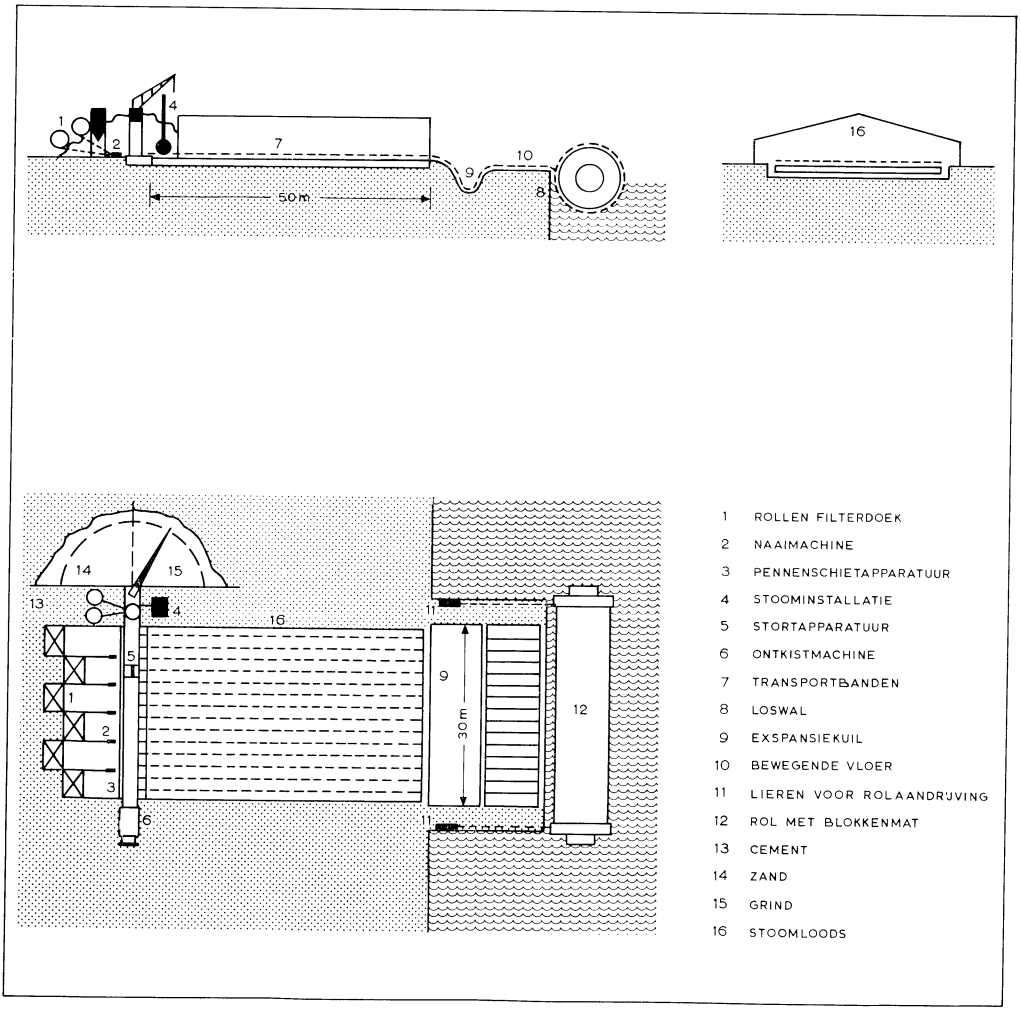
Fig. 1. Voor-, zij- en bovenaanzicht van de afzinkponton

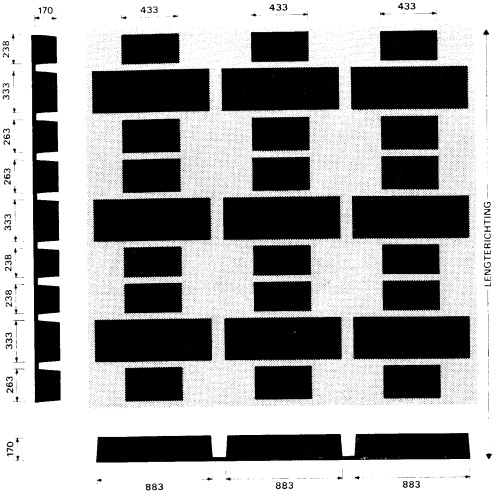
neer men met twee rollen werkt. Ook de continuïteit van het bedrijf verbetert daardoor. De capaciteit van het hele bedrijf wordt bepaald, niet door de snelheid die men bij de fabricage kan bereiken, maar door het tempo van verwerking. De hoeveelheid beschikbare zinkdagen en het aantal gunstige tijdstippen spelen daarbij een belangrijke rol. De matten moeten omstreeks de kentering, en bij voorkeur tijdens de L.W.-kentering, worden afgezonken. Gegevens omtrent de werkbaarheid met dit type mat ontbreken nog; gezien de uit te voeren manoeuvres en de ervaringen die men al bij proefnemingen heeft opgedaan, waarbij golfhoogten tot $^1/_2$ m aanvaardbaar bleken, mag men wat dit betreft vrij optimistisch wezen. Bij normale werktijden zal één ploeg gemiddeld per week 3 stukken van 200 m lang kunnen afzinken.

Om dit tempo bij te houden moet de fabriek 14 strekkende meter blokkenmat per uur fabriceren. Een blokkenmat vergt bij die snelheid een fabricagetijd van ongeveer anderhalve dag. De fabriek kan echter ook elke dag een mat afleveren, en dan kunnen er twee ploegen ingezet worden voor het afzinken. Elke 24 uur zou er dan een mat naar de bodem gaan.
De fabricage van deze matten geschiedt volgens een lopende band-systeem, waarbij de blokkenmat in etappes wordt opgebouwd en onmiddellijk op de zinkrol wordt opgerold. Aan het begin van de lopende band worden de rollen filterdoek in een zodanige positie geplaatst, dat ze, mits gelijktijdig afgerold, de volledige breedte vormen van de op te bouwen blokkenmat.
Door het begin van deze nieuwe banen vast

Fig. 2. Patroon van de vaste betonballast op de bodemmat

Fig. 3. Overzicht van de fabriek voor de fabricage van blokkenmatten

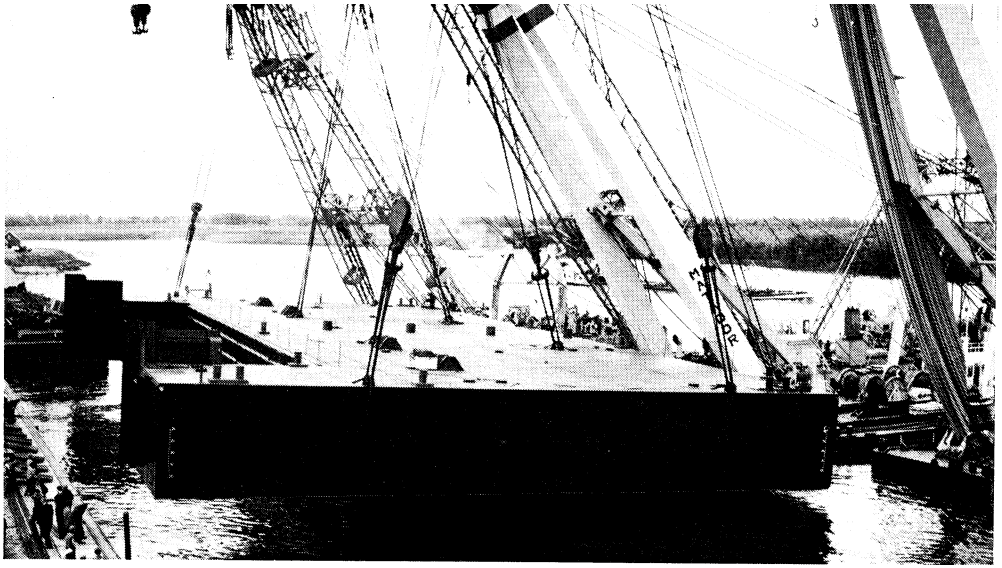




te maken aan het eind van de reeds in de fabriek aanwezige mat, wordt de nieuwe mat vanzelf door het in werking zijnde proces in de fabriek gevoerd: de eerste mat trekt de tweede mat de fabriek in.
Nadat de banen in de fabriek in breedterichting aan elkaar zijn genaaid, worden er vervolgens langs onderen kunststofnagels ingeschoten.
Op het aldus regelmatig ingeschoten patroon van kunststofnagels wordt bij 80 graden C het beton voor de vaste ballast gestort in de vorm van het roosterwerk.
Is het beton voldoende verdicht dan kan het onmiddellijk ontkist worden. De samenhang met de mat is dan echter nog zo zwak, dat het niet gewenst is de mat in dit stadium van vervaardiging aan het filterdoek verder door de fabriek te trekken.
Daarom wordt de blokkenmat totdat het beton voldoende verhard is, door middel van een beweegbare palletvloer verder gevoerd.
De verhardingstijd brengt men terug door het gestorte beton vervolgens door een stoomloods te leiden, waar een temperatuur heerst van 80° C. Heeft de verharding plaats gevonden, dan kan de mat de fabriek verlaten.
Met de regelmaat van de klok wordt op deze wijze iedere 8 minuten, gedurende 30 seconden, 2 m blokkenmat uit de fabriek gestoten.
De zinkrol kan die stootproduktie echter niet rechtstreeks verwerken. Om de mat met meer regelmaat om de zinkrol te brengen, wordt de fabrieksproduktie eerst in een kuil gedeponeerd waardoor de met lieren aangedreven zinkrol ruimer tijd krijgt de blokkenmat naar zich toe te trekken.
Onder normale omstandigheden wordt de zinkrol met lieren gewenteld, en zo met de mat beladen. Bij hoogwater echter, wanneer de blokkenmat 7 m boven het werkterrein op de rol gebracht moet worden, schiet de lierkracht te kort om de mat naar zich toe te trekken. Door een gedeelte van de vloer op het werkterrein tussen de fabriek en de zinkrol beweegbaar te maken, verkleint men echter de weerstand die de mat op weg naar de zinkrol ondervindt. Zo volstaat de normale lierkracht toch om de zinkrol te beladen.

Materieel

De afmetingen van het afzinkmaterieel zijn afhankelijk van de omstandigheden waaronder de blokkenmatten aan de bodem moeten kunnen worden gebracht en de afmetingen der zinkstukken. Omgekeerd worden de maximale afmetingen van de blokkenmatten weer bepaald door de technische mogelijkheden van het materieel. Bij het ontwerpen van het materieel is voorts natuurlijk gebruik gemaakt van, en rekening gehouden met de ervaring die in voorgaande jaren werd opgedaan met de huidige zink- en verankeringssystemen.
Als maatgevende omstandigheid waarbij moet worden gezonken heeft men een waterdiepte van 40 m aangenomen, een stroomsnelheid van 1 m/sec en een maximale golfhoogte van 0,5 m. De bepaling van de krachten op de blokkenmat en de ponton zijn gebaseerd op de door het Waterloopkundig Laboratorium en het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation verstrekte resultaten van onderzoekingen in modellen; daarbij gold als criterium, dat de ponton met gedeeltelijk afgerolde blokkenmat een stroomsnelheid kon weerstaan van 1,7 m/sec, en de verankerde ponton alleen een stroomsnelheid van 2 m/sec.
Op grond van bovenstaande onderzoekingen zijn de maximale afmetingen van het zinkstuk bepaald op 29,50 x 200 m.
Het benodigde materieel bestaat uit een zink- en afremponton en een aantal zinkrollen. De ponton dient om de rol waarop de blokkenmat is aangebracht, tijdens het afrollen op de juiste plaats te houden en de blokkenmat met de gewenste snelheid af te vieren. De rollen bestaan uit een inwendig versterkte plaatstalen cilinder, waarvan de kopeinden geschikt zijn gemaakt voor het aankoppelen van de rol aan de ponton, het bevestigen van de afzinkkabels en de beladingskabels, en het stabiliseren van de rol in de gewenste stand.
De ponton, die dwars op de stroom wordt verankerd, is aan één zijde voorzien van een uitsparing waarin de zinkrol kan worden gemanoeuvreerd om de verbinding tussen ponton en rol tot stand te brengen.
De uitstekende aseinden van de rol worden



Het casco van de ponton wordt tewatergelaten

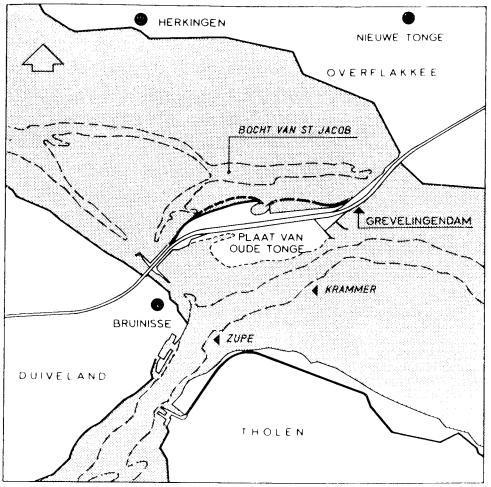
na het invaren opgesloten tussen aanslagen, waarvan de buitenste kunnen worden verwijderd om het invaren mogelijk te maken. Deze koppeling – ontleend aan ervaringen met het koppelen van caissons – laat slechts geringe horizontale bewegingen van de twee vaartuigen ten opzichte van elkaar toe; maar verticaal kunnen ze volledig onafhankelijk van elkaar bewegen. Dit laatste is noodzakelijk omdat de rol tijdens het afrollen van de mat langzamerhand omhoog komt.
Wanneer de rol aan de ponton is gekoppeld worden aan elke zijde twee afremkabels aan de rol bevestigd; tijdens het afrollen nemen zij de krachten op die ten gevolge van gewicht en stromingsdruk door de mat worden uitgeoefend. De lieren voor deze afremdraden kunnen gezamenlijk een trekkracht leveren van 400 ton. Voor het op de juiste plaats brengen van de kop van het zinkstuk wordt een afzinkbalk aan de mat bevestigd, die met van te voren gestelde en voorgetrokken ankers op zijn plaats wordt gehouden. De afmetingen van de ponton bedragen 60,90 x 34,29 x 4,88 m, terwijl de hoogte van de opbouw boven de waterlijn 22 m bedraagt. De diepgang van de rol met blokkenmat bedraagt 8 m.
Op de ponton worden zes anker/verhaallieren opgesteld waarmee nauwkeurig in een van te voren vastgestelde baan kan worden verhaald. Alle lieren op de ponton worden bediend vanuit het centraal opgesteld bedieningshuis, waar ten behoeve van de manoeuvres ononderbroken informatie binnenkomt omtrent kracht, uitgevierde draadlengte en afvier- en oprolsnelheid van de lierdraden.
Om de ponton met gelijkblijvende snelheid in een van tevoren vastgestelde rechte baan te verhalen, moeten richting en afstand ten opzichte van de wal tijdens het zinken regelmatig worden gecontroleerd, zodat de koers zonodig kan worden gecorrigeerd. Hiervoor is een geheel nieuw plaatsbepalingssysteem ontwikkeld, gebaseerd op het principe van de Laserstraal. De metingen van deze walinstallatie worden met een computer gecodeerd en telemetrisch naar de ponton overgeseind.
Op de ponton worden de ontvangen gegevens gedecodeerd en in eenvoudige vorm weergegeven.
De ligging en positie van de blokkenmat onder water kunnen in de commandohut zichtbaar gemaakt worden door middel van een onder de ponton aangebracht verplaatsbaar echolood. Indien nodig kan de ligging van de blokkenmat zolang hij verbonden is met de zinkbalk, alsnog worden gecorrigeerd.
De tot nu toe uitgevoerde proeven hebben voldoende gegevens opgeleverd om de technische uitvoerbaarheid van de zinkmethode positief te kunnen beoordelen.

Omstreeks het midden van september werd de openbare aanbesteding gehouden van de werken die worden uitgevoerd als eerste fase van de inrichting van de Plaat van Oude Tonge voor de oeverrecreatie. Deze plaat, waarover een gedeelte van de Grevelingendam is aangelegd, vormt, voorzover hij aan de meerzijde van de dam ligt, het enige gebied van behoorlijke omvang dat in het oostelijke deel van de Grevelingen is drooggevallen.

De inrichting van de Plaat van Oude Tonge in het Grevelingenmeer

De eerste fase van de werken omvat in hoofdzaak de uitvoering van het grondwerk en van de oeververdediging; in de tweede fase zullen de ontsluitingsweg en de overige recreatieve voorzieningen, zoals parkeerplaatsen en toiletgebouwtjes, aan de orde komen. Het gebied zal naar verwachting in het voorjaar van 1975 voor het publiek kunnen worden opengesteld; het zal het eerste grote recreatieproject zijn dat door het Rijk binnen het raam van het voor het Grevelingenbekken in het leven geroepen interdepartementale samenwerkingsprogramma tot stand wordt gebracht.
Op het eerste gezicht zal het wellicht verwondering wekken dat juist het oostelijke deel van het Grevelingenmeer werd uitverkoren voor het eerste recreatieproject van formaat, terwijl de recreatietrek toch in hoofdzaak zal zijn gericht op het aan de kustzone grenzende westelijke deel. Een viertal motieven heeft echter tot deze keuze geleid.
In de eerste plaats de overweging dat de Plaat van Oude Tonge zich uitstrekt langs de Grevelingendam. De autoweg op deze dam maakt deel uit van een verkeersader die momenteel de belangrijkste wegverbinding vormt tussen de zuidelijke vleugel van de Randstad en het Grevelingenmeer en de overige recreatiegebieden in het middendeel van de Delta. Waar deze verkeersstroom het recreatiegebied bereikt dienen de mogelijkheden om recreanten op te vangen te worden benut. Aan het vroegtijdig scheppen van mogelijkheden voor openluchtrecreatie op de Plaat van Oude Tonge moet daarom grote waarde worden toegekend.
Met de ligging aan een belangrijke weg hangt samen dat in toenemende mate reeds spontaan recreatief gebruik wordt gemaakt van het gebied, waardoor allerlei onveilige verkeerssituaties ontstaan op de Grevelingendam. Op sommige mooie dagen zijn in de afgelopen zomer reeds 1100 recreanten en 300 auto's geteld op en nabij de Plaat van Oude Tonge. De auto's worden behalve op de plaat zelf ook geparkeerd langs de aan de andere zijde van de autoweg gelegen weg voor langzaam verkeer en steeds meer ook op de bermen van de autoweg zelf. Dit parkeergedrag en ook het daaruit voortvloeiende oversteken van voetgangers, waaronder veel kinderen, veroorzaakt tal van gevaarlijke verkeerssituaties. Slechts door het nieuwe gebied rechtstreeks vanaf de autoweg bereikbaar te maken kan in deze situatie op bevredigende wijze worden voorzien.
Een tweede argument voor vroegtijdige uitvoering van de voorgenomen werken ligt in het feit dat de Plaat van Oude Tonge door zijn geëxponeerde ligging op het noordwesten sterk te lijden heeft van aantasting door golven. De hiermee samenhangende problematiek kwam reeds uitvoerig ter sprake in Bericht 62 (november 1972). Om te voorkomen dat een deel van het in te richten terrein verloren gaat is een spoedige verdediging tegen oeverafslag noodzakelijk. Deze oeververdediging moet bij voorkeur tot stand worden gebracht in samenhang met de overige inrichting van het gebied.
Tenslotte is in aanmerking genomen dat in het westelijke deel van het Grevelingenmeer in 1972 door de voltooiing van de Brouwersdam reeds een nieuwe recreatiezone ter beschikking is gekomen voor enkele duizenden recreanten. Het uitgestrekte strand aan de buitenzijde van de Brouwersdam is bereikbaar via de weg over de buitenberm, die er onmid-

Fig. 1. De Plaat van Oude Tonge, gelegen aan weerszijden van de Grevelingendam





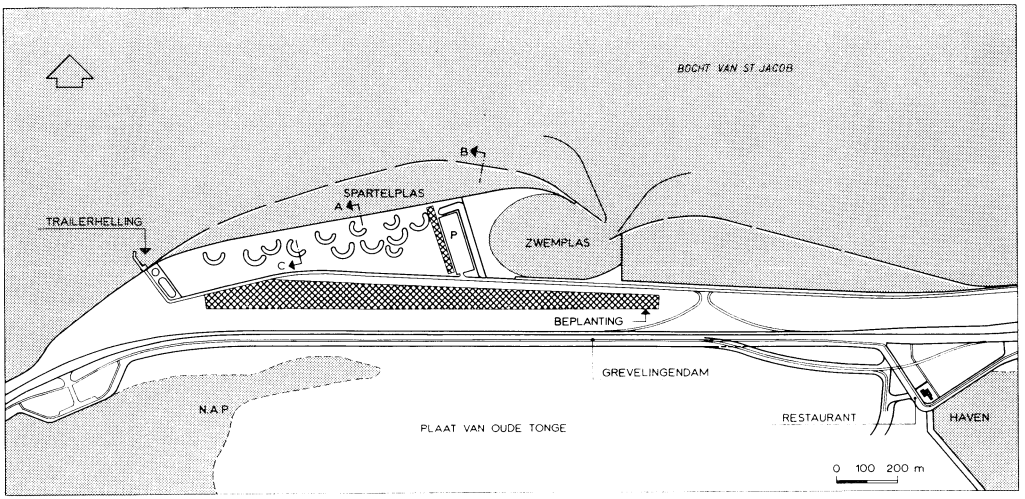
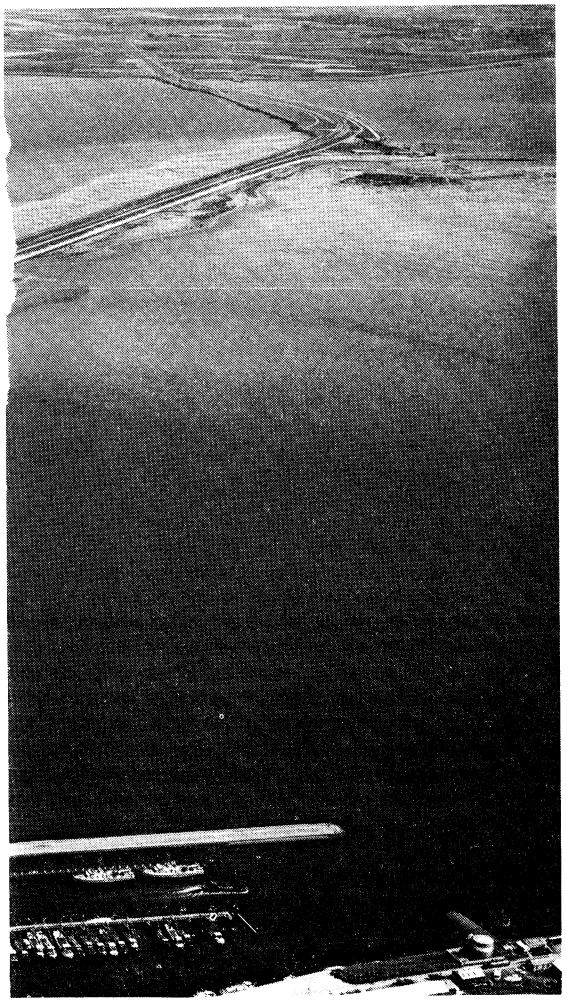
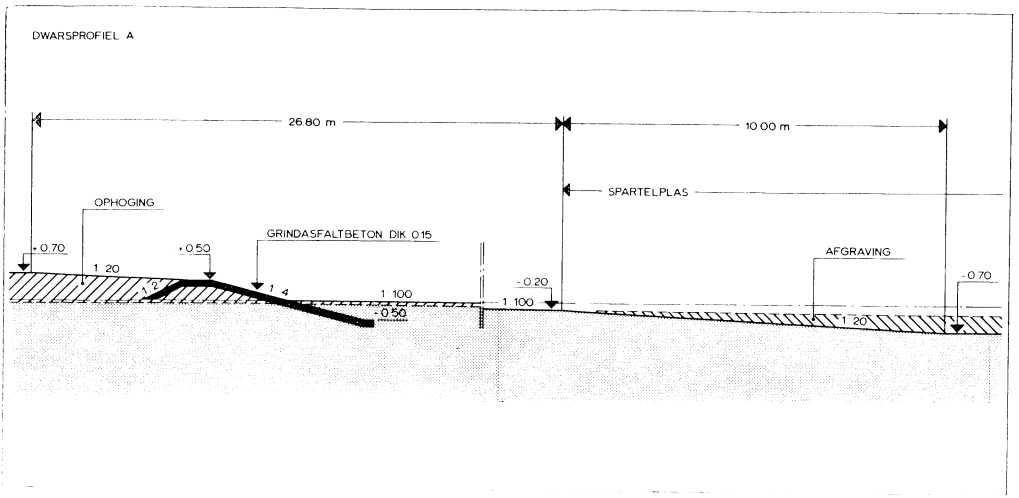


Fig. 2. Overzicht van het uit te voeren werk



dellijk langs voert, terwijl de zone langs de binnenzijde eveneens door een aparte weg met vele parkeerplaatsen en twee boottrailerhellingen is ontsloten. Ook voor het uitgestrekte oevergebied van de Punt van Goeree zijn de eerste noodzakelijke voorzieningen reeds getroffen, in de vorm van een oeververdediging en een parkeerterrein voor 500 auto's. Voor een evenwichtige ontwikkeling van de openluchtrecreatie in het Grevelingenmeer is het gunstig dat nu ook in het oostelijk deel recreatieve voorzieningen tot stand worden gebracht.

Het drooggevallen deel van de Plaat van Oude Tonge heeft een oppervlakte van rond 70 ha en een lengte van bijna 3,5 km. De bodem bestaat er uit fijn slibhoudend zand; hij ligt betrekkelijk laag: slechts over een oppervlakte



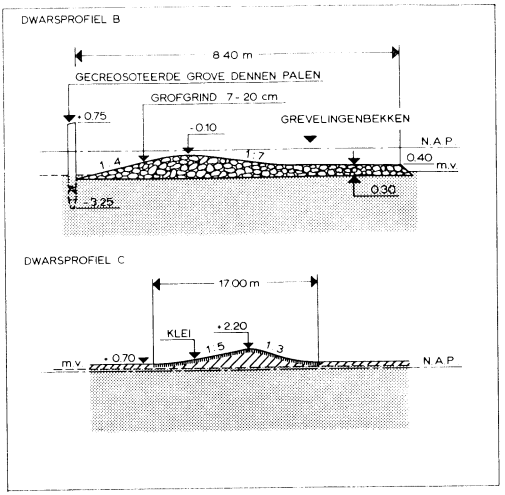
van 15 ha reikt hij hoger dan N.A.P. + 0,50 m. Tussen de plaat en het diepere water bevindt zich een uitgestrekte ondiepe zone. Hoewel het gebied al door vele oeverrecreanten is ontdekt, moet het – vooral vanwege de laaggelegen, drassige bodem – ongeschikt worden geacht voor enkele uren verpozing. Het voor de recreatie in te richten deel zal daarom worden opgespoten tot N.A.P. + 0,70 m. Vanwege zijn betrekkelijk geringe breedte zal de plaat worden ingericht als openbaar oeverterrein. De tamelijk lange oever kan daarbij een grote variatie verkrijgen, zodat verschillende aspecten van de recreatie tot hun recht kunnen komen. In het plan is geen plaats ingeruimd voor accommodaties voor de verblijfsrecreatie, zoals campings of bungalowparken. Een en ander sluit aan op de door de regering als uitgangspunt aanvaarde inrichtingsschets voor het Grevelingenbekken die in 1967 door de Commissie Inrichting Deltawateren werd vervaardigd (Bericht 45, augustus 1968).

De inrichting van het gebied is afgestemd op intensieve bezetting in het centrale deel en meer verspreid gebruik westelijk daarvan; het oostelijke deel verkrijgt meer het karakter van een natuurgebiedje.
In het centrale deel kan men weer twee delen onderscheiden: enerzijds een oeverstrook langs de westrand van een ruime baai, die is ontworpen ter plaatse van een bestaande ondiepe inham; en anderzijds een oeverstrook langs het open water van de Grevelingen, die tegen aantasting door golven en stroom verdedigd wordt door een onderbroken grinddam een eindweegs uit de oever op de dieptelijn van N.A.P. – 0,70 m en een aanvullende verdediging van grindasfaltbeton langs de droge oever.
De bodem van de baai verloopt vanaf de oeverlijn onder een helling van maximaal 1 : 50 naar een diepte van 1,80 m; de baai is daardoor geschikt voor gebruik door kleine kinderen en minder geoefende zwemmers. De langs de andere oeverstrook achter de grinddam gelegen ondiepe vooroever, – maximaal 100 m breed – biedt een ruime speelgelegenheid voor kinderen. Meer geoefende zwemmers kunnen via de openingen in de grinddam dieper water bereiken.

Westwaarts verenigen de beide delen van de oeververdediging, de grinddam en de asfaltglooiing, zich tot één geheel. Over een afstand van rond 500 m vormt de verdediging daar de begrenzing van een waterzone die zich voortdurend zal verdiepen, totdat een diepte van wellicht N.A.P. – 1,50 m is bereikt. De moeilijk begaanbare verdediging zal het te water gaan beperken. Deze oever zal daardoor rustiger blijven en wellicht geschikt zijn voor hengelaars. Ook is hier een trailerhelling ontworpen voor het te water laten van bootjes.

Het oostelijke deel van de plaat wordt aan de natuur overgelaten; het bestaat uit nauwelijks drooggevallen grond en ondiep water. Waterwaarts moet dit gebied worden vastgelegd door een grinddam, waarin op enige plaatsen verlagingen zijn aangebracht ten behoeve van de verversing van het water achter de dam.
De oeververdedigingen zijn ontworpen naar anologie van de in het Veerse Meer gebruikelijke constructies. De algemene principes daarvan zijn uiteengezet in reeds genoemd Bericht 62.

Fig. 3 (links en rechts). Dwarsprofielen A, B en C van fig. 2



Bij noordwesterstorm moet in dit deel van het Grevelingenmeer met een opwaaiing van 30 cm rekening worden gehouden. De hoogte van de oeververbindingen is daarop afgestemd. Bij de grinddammen is aan de Grevelingenzijde een helling van 1 : 7 aangehouden. Blijkt deze helling voor het te gebruiken grind 7/20 cm bij de te verwachten golfaanval niet voldoende te zijn, dan kan na enige jaren op de dan verlaagde grinddam een rug van lichte stortsteen worden aangebracht. In het centrale deel en in de mond van de baai zijn de binnenzijde van de grinddam en de openingen daarin door palen gemarkeerd, ten gerieve van baders en zwemmers.
Aan de oostzijde van de baai zijn beperkte voorzieningen getroffen voor de watersport, in de vorm van een aanlegsteiger met een nuttige lengte van 40 m, die tevens dienst kan doen als zwemsteiger en als vissteiger. De grinddam aan de oostzijde van de baai zal ter wille van de bereikbaarheid van de steiger vanaf de landzijde zo vlak mogelijk worden afgewerkt en worden gepenetreerd met asfaltemulsiebeton. Het voor de ophoging van de plaat benodigde zand kan deels worden ontleend aan de baai en de vooroever, en overigens aan een zandwinplaats in de omgeving.

Vanwege het toekomstige autosnelwegkarakter van de weg over de Grevelingendam moet de ontsluiting van het gebied worden gecombineerd met de bestaande ontsluitingsweg van het meer oostelijk gelegen segmentvormige oeverterrein. Beide gebieden hebben een betrekkelijk geringe breedte, zodat kan worden volstaan met een doorgaande langsontsluiting. Thans heeft de autoweg op het punt waar het bestaande segment aansluit op het nieuwe project een gelijkvloerse verbinding met de weg voor langzaam verkeer, met daaraan gelegen een wegrestaurant en het segmentvormige recreatieterrein. Ter plaatse van deze kruising heeft de hoofdweg twee rijbanen. De nieuwe ontsluitingsweg van de Plaat van Oude Tonge is nu ontworpen als voortzetting van de bestaande weg op het segment. Daarmee zou dan tevens voorzien zijn in de aansluiting van het nieuwe gebied op de autoweg en op de parallelweg aan de andere zijde. De vraag rijst evenwel of het, gezien de toeneming van het verkeer over de Grevelingendam, verantwoord is de gelijkvloerse kruising te handhaven wanneer aan het bestaande recreatiegebied een nieuw en attractief element wordt toegevoegd. In het ontwerp van de tweede fase van het project, de ontsluiting van het gebied en de aansluiting op de autoweg, is er daarom voorshands van uitgegaan dat het gewenst zal zijn de bestaande kruising op te heffen en te vervangen door een gedeeltelijk ongelijkvloers knooppunt.
Wanneer dit ongelijkvloerse knooppunt wordt uitgevoerd, moet tegelijk het overige deel van de autosnelweg op de Grevelingendam worden verdubbeld. De ondertunneling van deze weg, alsmede het zuidelijk paar spruitwegen van het knooppunt, vereisen een plaatselijke omlegging van de weg voor langzaam verkeer en van het waterkerende gedeelte van de Grevelingendam in zuidelijke richting. De plaats van het knooppunt wordt in hoge mate bepaald door het bestaande wegrestaurant en moet voorts worden afgestemd op de hoofdontsluiting van het aan de andere zijde van de Grevelingendam gelegen deel van de Plaat van Oude Tonge, dat nu nog door het

getij wordt bespoeld, maar dat na de afsluiting van de Oosterschelde voor nadere inrichting beschikbaar zal komen.
De ontsluitingsweg van het nieuwe gebied zou bij een voortzetting van de baanverdubbeling van de autoweg voorbij Bruinisse eveneens kunnen worden doorgetrokken naar de westelijk van Bruinisse ontworpen recreatie-elementen.

Op grond van een globale raming verwacht men dat het onderhavige gebied omstreeks 1980-1985 op een mooie zomerzondag rond 3000 recreanten zal kunnen opvangen en omstreeks het jaar 2000 zelfs het dubbele. In het centrale deel van het gebied waar de meeste recreanten kunnen worden verwacht is nabij de baai een parkeerterrein ontworpen voor 550 auto's; overigens kunnen de bezoekers parkeren op de bermen van de ontsluitingsweg, die daartoe plaatselijk zouden kunnen worden verhard.
In overeenstemming met het open en wijdse landschap is de beplanting zo summier mogelijk gehouden. Nabij de baai en het parkeerterrein, en ook langs de zuidzijde van de ontsluitingsweg, zijn enige beplantingsstroken ontworpen. Tussen de Grevelingendam en de beplantingsstrook langs de weg kan, na gebleken behoefte, aanvullende parkeergelegenheid worden aangelegd. Voor meerdere beschutting van de oeverrecreanten is in het centrale deel een twaalftal halfcirkelvormige grondruggen ontworpen, waarvan de taluds gedeeltelijk met struikgewas zullen worden beplant.

Tegelijk met de uitvoering van de tweede fase van het project zullen de overige recreatieve voorzieningen tot stand worden gebracht: sanitaire voorzieningen, horecavoorzieningen, afvalbakken, bromfietsen- en fietsenstallingen en drijflijnen voor het afbakenen van diepere watergedeelten. Deze voorzieningen zullen geleidelijk tot stand kunnen worden gebracht al naar de behoefte daaraan blijkt te groeien. Wat betreft de sanitaire voorzieningen zal worden begonnen met de installatie van 12 toiletten en 6 douches verdeeld over een drietal gebouwtjes. In het nabij het centrale parkeerterrein te stichten hoofdgebouwtje zal tevens een dienstruimte worden ingericht voor het toezichthoudend personeel. Dit gebouwtje wordt zodanig opgezet dat er naderhand een verkoopruimte voor consumpties en andere benodigdheden aan kan worden toegevoegd.
Het thans tot stand te brengen project biedt een goede uitgangssituatie voor de verdere ontwikkeling van de recreatie langs de Grevelingendam. De wijze waarop een en ander zich gaat voltrekken, zal sterk afhangen van de overige ontwikkelingen in het oostelijke deel van het Grevelingenmeer. Daarbij speelt onder meer de mogelijke aanleg van een spaarbekken voor de drinkwatervoorziening een belangrijke rol; daarvan zou een sterke stimulans uit kunnen gaan voor een intensivering van de recreatieve ontwikkeling.

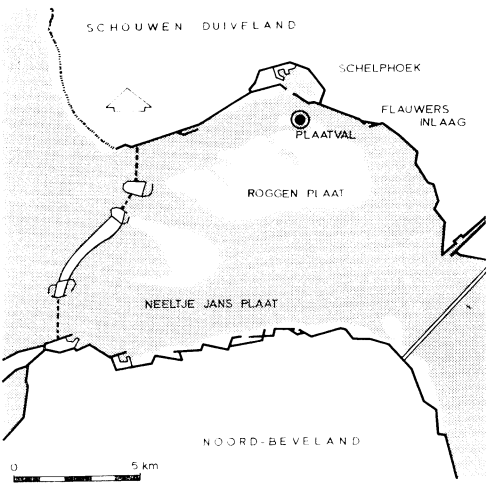


Recreatie aan het Grevelingenmeer

Plaatval in de Roggenplaat

In het weekeinde van 6 op 9 april 1973 trad een plaatval in de Oosterschelde op en wel aan de noordzijde van de Roggenplaat, tegenover de oostelijke havendam van de Schelphoek.
De val werd geconstateerd door personeel van de Visserij-inspectie, dat ter plaatse mosselpercelen had uitgezet. Op 10 april 's avonds werd de meetdienst van de Rijkswaterstaat te Zierikzee op de hoogte gesteld. Op 12 april verrichtte deze dienst ter plaatse van de val een peiling. Omdat in het betreffende gebied in het verleden alleen overzichtspeilingen hadden plaatsgevonden, werd het aantal meetraaien voor dit geval verdubbeld. Bij de peilingen is gebruik gemaakt van het radiografisch plaatsbepalingssysteem Decca. De daarbij gebruikelijke raaiafstand van ongeveer 180 m was teruggebracht tot ongeveer 90 m.
De laatste peilingen vóór het optreden van de hier besproken val hadden plaatsgevonden in de nazomer van 1971. De val, zo blijkt uit vergelijking der peilingen, is in hoofdzaak opgetreden in de raaien C 3.20; C 3.45 en C 3.70 met als centrum raai C 3.45; het bij de val verplaatste zand heeft zich voornamelijk in noordwaartse richting bewogen en is terechtgekomen in de diepe put van de Hammen. Deze diepe geul had aanvankelijk een diepte van ruim 52 m; door de val werd die teruggebracht tot ruim 30 m. De totale verdieping bedroeg 1 260 900 m^3, verspreid over een oppervlakte van 180 900 m^2, hetgeen een gemiddelde diepte van 7 m impliceert, met als maximum een verdieping van 12,8 m, geconstateerd in raai C 3.45. De totale verondieping van de put in de Hammen bedroeg 1 075 900 m^3 over een oppervlakte van 128 700 m^2, hetgeen neerkomt op een gemiddelde verondieping van 8,40 m. Hier is de maximale in raai C 3.45 opgetreden verondieping 21 m. Uit bovenstaande gegevens blijkt dat van de afgeschoven hoeveelheid specie 85% is teruggevonden in de geul. Dat is bijzonder veel; in de meeste gevallen wordt een aanzienlijk geringer deel van de verplaatste specie in de aangrenzende geul teruggevonden.

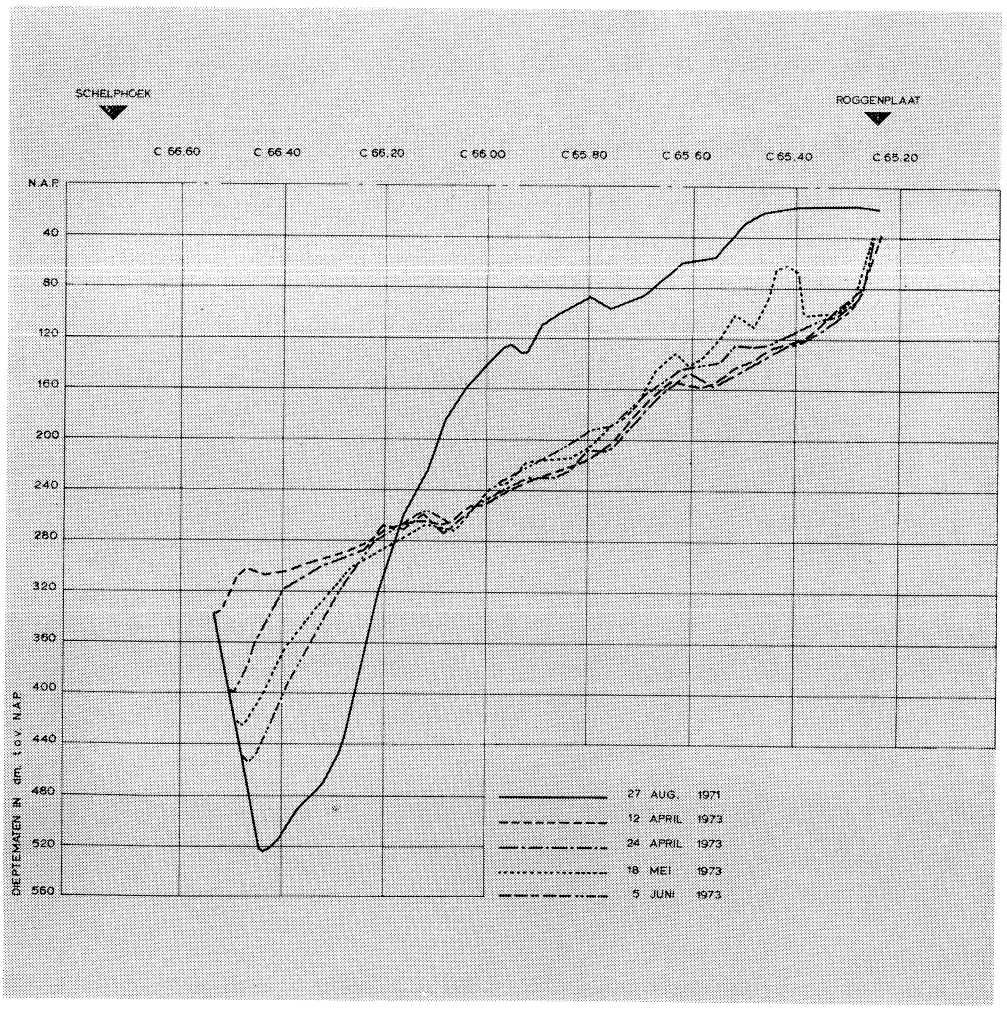
Fig. 1. Situatie van de plaatval in de Roggenplaat, tegenover Schelphoek



Aangezien werd verwacht dat een groot deel van het in de geul terechtgekomen zand weer zou eroderen ten gevolge van de ter plaatse optredende stroomsnelheden, zijn de peilingen ter plaatse van de val met regelmatige tussenpozen herhaald, en wel op 24 april, 18 mei en 5 juni 1973.
Om enige indruk te geven van de veranderingen zijn in figuur 2 de resultaten van alle peilingen in de periode 27 augustus 1971–5 juni 1973 van raai C 3.45 in profiel weergegeven.

Uit vergelijking van de proefielen van 12 april 1973 (de eerste peiling na de val) met die van 5 juni 1973 (laatste peiling) blijkt dat inmiddels ter plaatse van de val weer aanzanding heeft plaatsgevonden.
Teneinde de oorzaak van de val te bepalen

Fig. 2. Profielen in raai C 3.45 voor en na de plaatval



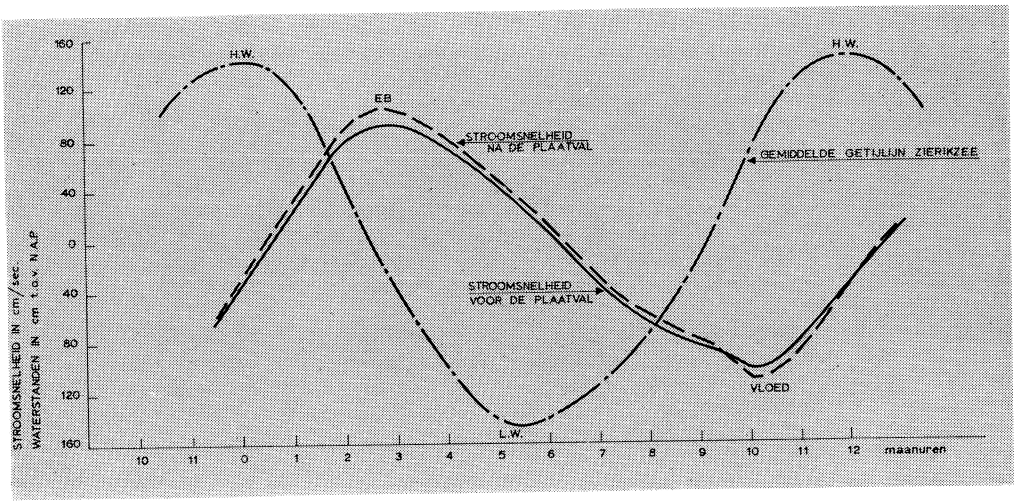


Fig. 3. Stroomsnelheden en waterstanden in de Hammen voor en na de plaatval

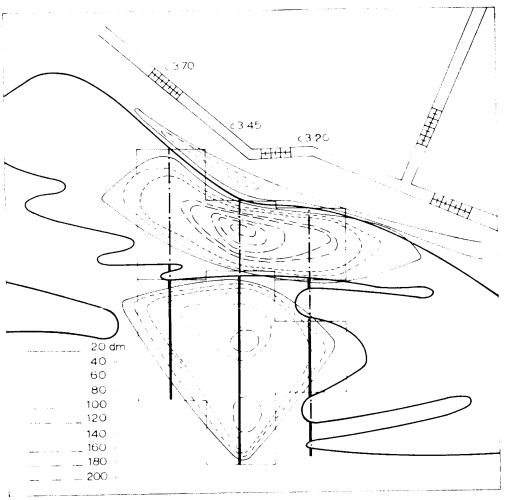


Fig. 4. Balans van de verdiepingen en verondiepingen ten gevolge van de plaatval
Getrokken lijnen: verdieping
Gebroken lijnen: verondieping

wordt een grondmechanisch onderzoek verricht waarover in het tweede gedeelte van dit artikel reeds enige, zij het noodgedwongen, voorlopige opmerkingen worden gemaakt. Eerst geven we echter een kort overzicht van de hydraulische veranderingen.

Voor dijkpaal 37 van de voormalige Heertjesinlaag is in de jaren 1860–1880 een oeverwerk aangelegd. Dit werk vormt met de langs de Heertjesinlaag (thans Schelphoekhaven) en de Flauwersinlagen gelegde zinkstukken een aaneengesloten oeververdediging, waardoor de opdringende stroomgeul op veilige afstand uit de waterkering kon worden gehouden. Nadat in 1957 in dit oevergedeelte een dijkval had plaatsgevonden, vreesde men dat de genoemde oeverwerken door afschuivingen zouden kunnen worden ondermijnd en dat daardoor op de duur ook de waterkering gevaar zou gaan lopen. Daarom is een globaal onderzoek ingesteld naar de getijstromen in dit oevervak.

In mei 1966 zijn in de Hammen drijvermetingen verricht om het stroombeeld te bepalen bij maximale vloed- en ebstroom. Voorts zijn tijdens drijvermetingen in één meetpunt de stroomsnelheden gedurende een volledig getij gemeten op zeven punten in de verticaal.

In datzelfde meetpunt zijn de stroomsnelheden opnieuw gemeten kort na de plaatval op de Roggenplaat in april 1973. De bodem die ter plaatse van het meetpunt aanvankelijk op N.A.P. –38 m lag, bleek toen op 34 m beneden N.A.P. te liggen. De gemeten stroomsnelheden van zowel vóór als na de plaatval zijn, herleid naar gemiddelde getijomstandigheden, voorgesteld in figuur 3.

Uit de drijvermetingen volgt dat de stroombanen zich tijdens maximale vloed concentreren boven het diepste punt van de geul, dicht onder de Schouwense oever. In de omgeving van dit punt komen sterke wervelingen voor. De maximale ebstroom blijkt op regelmatige wijze door de geul te stromen. Ook na de plaatval was het stroombeeld hier zeer verward, vooral van 1 à 2 uren vóór H.W. tot H.W. Het stroombeeld vertoonde woelingen en kolkingen van uiteenlopende intensiteit.
Uit de stroommetingen blijkt dat de tengevolge van de plaatval opgetreden verondieping een geringe toeneming heeft teweeggebracht van de snelheid zowel bij de maximale eb als bij de maximale vloed. Ook de snelheidsverdeling in de eb-verticaal is gewijzigd. Vóór de plaatval kwamen op 2 en 5 m boven de bodem ebstroomsnelheden voor ter grootte van respectievelijk 30 en 40% van de gemiddelde stroomsnelheid.
Direct na de plaatval waren deze percentages opgelopen tot 75 en 90%. De vloedverticalen zijn vrijwel ongewijzigd gebleven. De vloedsnelheden op 2 en 5 m boven de bodem bedragen 80 en 95% van de gemiddelde snelheid.
De toeneming van de snelheden nabij de bodem bij eb betekent dat het uitschurend effect van de stroom groter is geworden. Begrijpelijkerwijs vertoont de bodem het daaraan beantwoordende beeld van versnelde verdieping.

Grondmechanisch onderzoek

Om de oorzaak van de plaatval vast te stellen wordt een grondmechanisch onderzoek verricht. Daarbij wordt getracht onder meer vast te stellen hoe het komt dat niet al het materiaal uit de val in de aangrenzende geul is teruggevonden, waarom er nazakkingen en aanzandingen in het gebied van de val zijn geconstateerd, en of de inmiddels optredende aanzandingen in de toekomst weer tot een plaatval kunnen leiden.
Dit onderzoek wordt van primair belang geacht voor de grondmechanische problematiek van de afsluiting van de Oosterschelde. Men dient er immers een inzicht in te krijgen in hoeverre langs de steiler wordende oevers van de werkeilanden en van de damaanzetten bij Noord-Beveland en Schouwen ook dergelijke vallen verwacht kunnen worden; en in hoeverre soortgelijke vallen verwacht kunnen worden langs de randen van de toekomstige bodembescherming die straks – in de kritieke fase van de sluiting – de afsluitdam zou moeten beschermen tegen ondermijning.

Een vergelijking van het dwarsprofiel van de plaatval in figuur 5 met dwarsprofielen van bovengenoemde verschijnselen leert, hoezeer deze problemen met elkaar in verband staan.

Het grondmechanisch onderzoek kan worden onderscheiden in vooronderzoek, onderzoek op korte termijn en onderzoek op langere termijn. We behandelen hier alleen enkele facetten van het vooronderzoek en van het grondmechanisch onderzoek op korte termijn.

Het vooronderzoek is begonnen met het gebruikelijke onderzoek naar de oorzaak en naar de plaats die de val inneemt in het huidige ervaringspatroon.

Geologische en grondmechanische onderzoekingen in het verleden hebben uitgewezen dat vrijwel alle grote oevervallen zijn opgetreden ter plaatse van voormalige dwarsgeulen verplaatste zand losgepakt was.

De huidige plaatval is in grootte – lees diepte maal inscharing – slechts overtroffen door twee andere. De huidige val heeft echter de grootste inscharing, namelijk 550 m, en het flauwste evenwichtstalud – 1 : 2.
Of deze plaatval wellicht, evenals vroegere oevervallen, bij een extreem laag water begonnen is of bij laag water geëindigd is zal in een later stadium worden nagegaan.
Er was een extreme laagwaterstand 5 dagen voordat de val geconstateerd werd.

In grote lijnen kan de plaatval allereerst worden geweten aan de vastlegging van de tegenoverliggende oever van de Schelphoek, en pas in de tweede plaats aan het feit dat het verplaatste zand losgepakt was.

De vastlegging van de tegenoverliggende oever had tot gevolg dat de oeverwaarts gerichte verplaatsing van de Hammen tot stilstand kwam. De geul werd daardoor dieper. Tegelijkertijd ging de aanzanding aan de kant van de plaat nog door. Zand van vrij losse pakking werd onder een steeds invloed van de getijstromen. Een dergelijk talud kan door zijn losse pakking op een gegeven ogenblik zijn stabiliteit verliezen en grondverplaatsingen inleiden.

Toch lijkt het waarschijnlijk dat deze grondverplaatsingen pas kolossaal groot worden als voor de val tijdelijk een zeer rustig milieu aanwezig is geweest waarin ook fijne delen konden bezinken en tot (extra) losse pakking leiden. Daarbij kan gedacht worden aan de

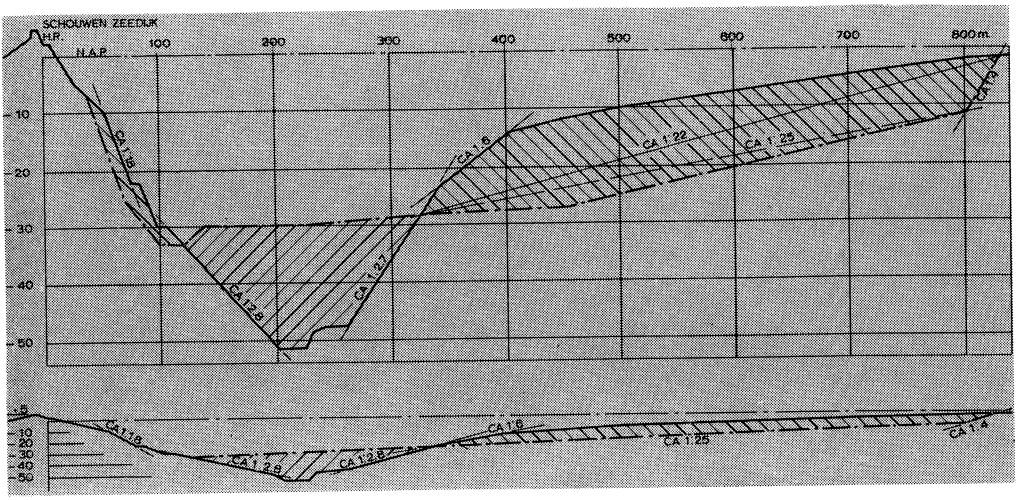


Fig. 5. Vertrokken en onvertrokken overzicht van de hellingen voor en na de plaatval

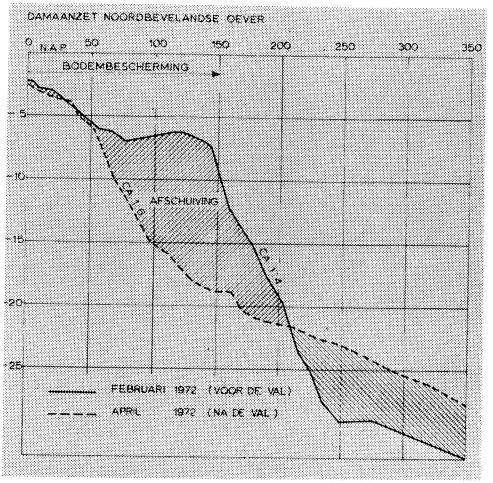
tijdelijke aanwezigheid van een dwarsgeul of vlije of ook aan een recente aanzanding. Figuur 7 laat zien hoe een dergelijke verstorting zich tijdens de geulvorming kan manifesteren.

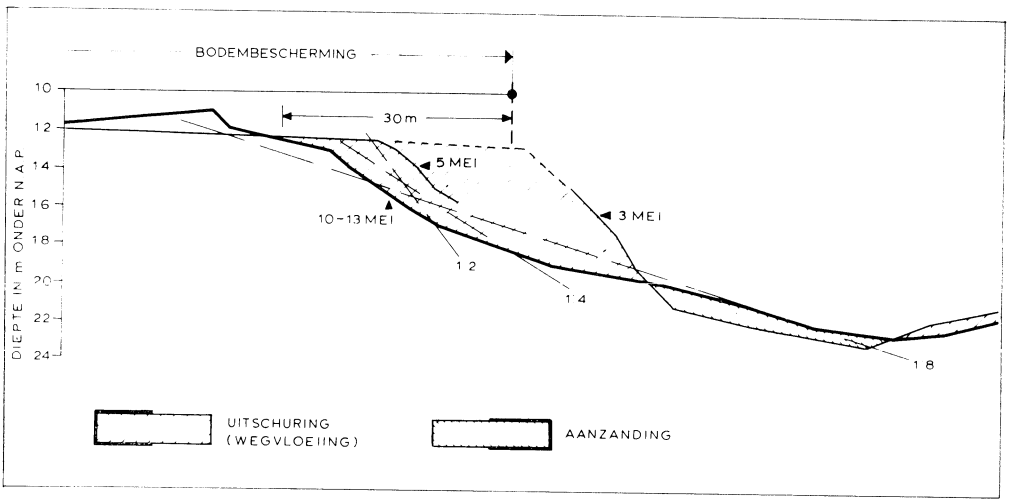
Als gezegd lijkt het waarschijnlijk dat zeer grote grondverplaatsingen alleen optreden, wanneer er losgepakt zand met relatief veel fijne delen aanwezig is. De losse pakking kan tot grote wateroverspanningen aanleiding geven als er plaatselijk in het talud een verstoring optreedt. Er volgt dan een vloeiingsproces, dat in grote mate beheerst wordt door de consolidatie-eigenschappen van het zand. Nu zijn het vooral de fijne delen die de consolidatie van deze wateroverspanningen kunnen tegengaan. Daardoor kan het zand over grote afstand en onder zeer flauwe hellingen wegvloeien. Te veel fijne delen in de vorm van slib gaan echter het vloeien van het zand weer tegen.

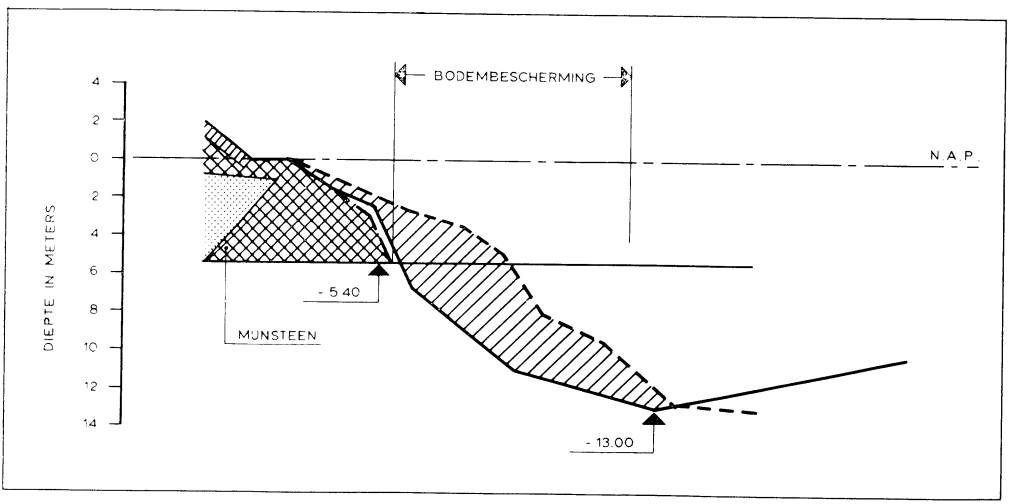
Na het grondmechanisch vooronderzoek naar de oorzaak van de plaatval volgt het onderzoek op korte termijn. Het grondonderzoek is begonnen met een meting van het poriëngehalte, gevolgd door een boring in de 22 meter dikke geulopvulling, zodra men de beschikking had over de peiling na de val. De geulbodem die ter plaatse van N.A.P. – 52 m tot N.A.P. – 30 m omhooggekomen was, bleek zich inmiddels alweer snel te verdiepen. De metingen dienden met spoed te worden uitgevoerd, voordat het zand weer door de stroom geërodeerd zou zijn. De boring had enerzijds tot doel de aanwezigheid van relatief veel fijne delen in het zand na te gaan en anderzijds om monsters te verschaffen voor het bepalen van korreleigenschappen zoals het kritieke poriëngehalte.
De meting van het poriëngehalte had tot doel aan te tonen welke losse pakking nog na de vloeiing van zand verwacht moest worden. Meting van het poriëngehalte wordt steeds in combinatie met een sondering uitgevoerd.

Aan de hand van de sondering kan reeds vóór het bepalen van het kritieke poriëngehalte een indruk gegeven worden omtrent de pakking. De sondering nu wees uit dat de sondeerwaarden slechts zeer geleidelijk opliepen – tot 100 kg/cm^2 – in het afgezette zand, maar dat ze ter plaatse van de oude geulbodem binnen 1 meter opliepen tot meer dan 500 kg/cm^2. Het afgezette zand kon derhalve over de hele hoogte van de afzetting in principe als losgepakt beschouwd worden. De meting van

Fig. 6. Vergelijkbare afschuivingen. Van boven naar beneden: val van de Noordbevelandse over ter plaatse van de toekomstige aanzet van de Oosterscheldedam (april 1972), val in de rand van de bodembescherming van het Brouwershavense Gat (april 1971); ondermijning van de oeverbescherming van het werkeiland Roggenplaat (mei 1972)







het poriëngehalte gaf duidelijk twee verschillende lagen te zien. Het zand dat het eerst gevloeid was en onderin de geul terechtgekomen, had een groter poriëngehalte dan het zand bovenin. De korrelverdelingen geven aan dat het zand onderin duidelijk grover was en minder fijne delen bevatte.

De metingen werden vanaf een boorbak uitgevoerd. Wegens de grote waterdiepte, en de sterke stroom en golfslag moest een gunstig moment afgewacht worden, voordat tot de metingen kon worden overgegaan. Toen de boorbak voor de meting gesteld lag, was de bodem ter plaatse alweer van N.A.P. – 30 tot N.A.P. – 34,50 m verdiept.
Dat de metingen zo vlot tot grote diepte uitgevoerd konden worden mag vanwege de aard van het zand uitzonderlijk genoemd worden. De huidige metingen zijn de diepste welke ooit ten behoeve van een oever- of plaatvalonderzoek werden uitgevoerd.

Als verdere stappen in het onderzoek zullen vervolgens geologisch vooronderzoek, voortgezet terreinonderzoek, voortgezet geologisch onderzoek en laboratorium-onderzoek moeten worden verricht.
Het geologisch vooronderzoek dient uitslag te geven over de aanwezigheid van oude weer opgevulde dwarsgeulen of zandwinputten.
Voortgezet terreinonderzoek in het gebied van de val dient om voortgezet geologisch onderzoek en laboratoriumonderzoek mogelijk te maken met betrekking tot het gebied van de val zelf. Figuur 10 geeft aan welke boringen, poriëngehalte-metingen en sonderingen reeds in uitvoering zijn. Dit betreft metingen op drie

Fig. 7. Veronderstelde geulvorming voorafgaand aan de plaatval:
1: geulvorming voor de oever beschermd werd
2a: profiel na uitschuring van de plaat door een vlije
2b: geulvorming tijdens het aanzanden van de plaat
3: peiling voor de val
4: peiling na de val

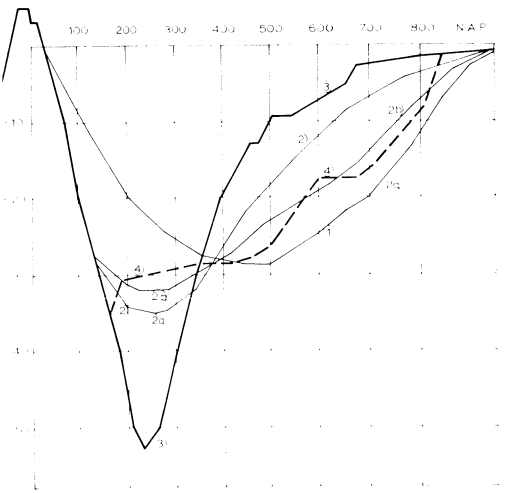
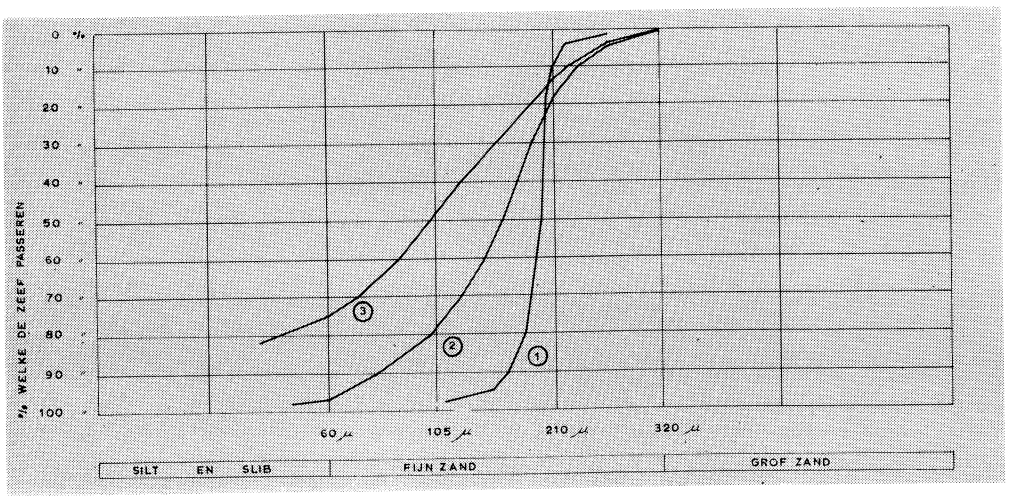


Fig. 8. Verschillen in korrelverdelingen van wel- en niet-zettingsvloeiingsgevoelig zand



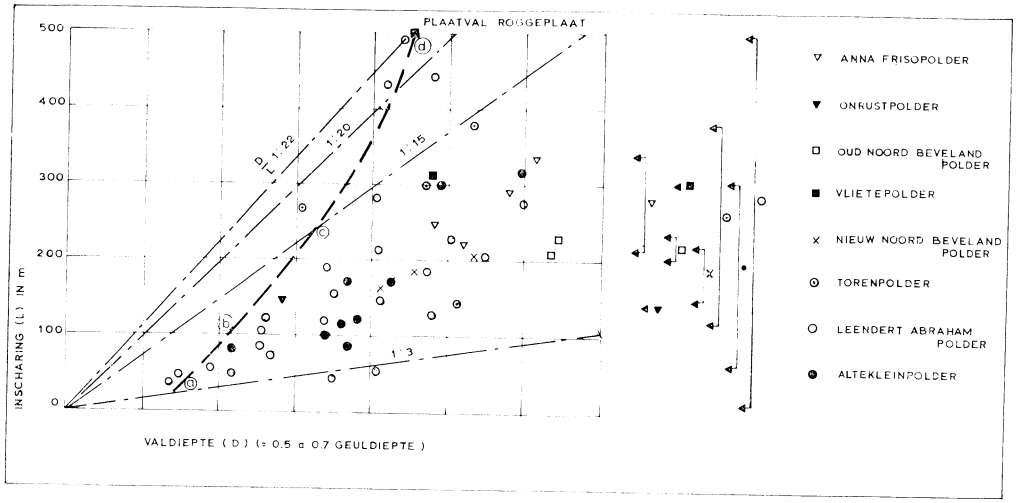


Fig. 9. Vergelijking van de plaatval in de Roggenplaat met oevervallen langs de Noordbevelandse oever in de periode 1882–1945

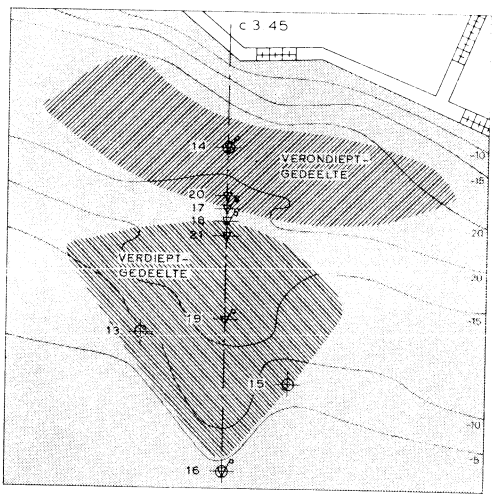
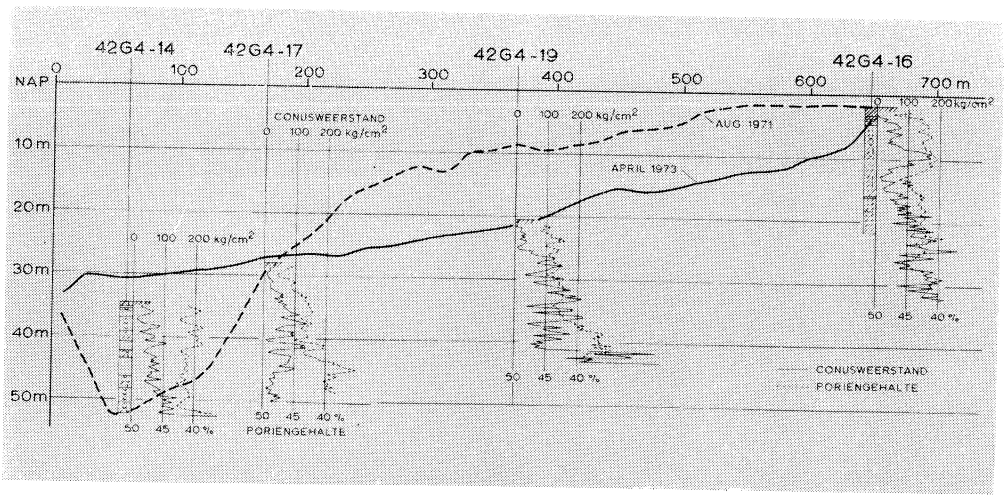


Fig. 10. Programma van boringen en sonderingen in het gebied van de plaatval

Fig. 11. Verloop van conusweerstand en poriëngehalte in een aantal punten van het doorgemeten profiel



punten rondom de val, teneinde de samenstelling van de oorspronkelijke bodem na te gaan, en metingen op vier punten langs de vroegere geulrand en een punt midden in het valgebied om de grondslag ter plaatse in kaart te brengen.

Voorzover dat mogelijk is worden alle bevindingen vergeleken met bevindingen van de andere onderzoekingen die betrekking hebben op de afsluiting van de Oosterschelde. Zo worden ten behoeve van het onderzoek naar de stabiliteit van de rand van de bodembescherming modelproeven en berekeningen uitgevoerd om de werking van de bodembescherming op een eventuele zettingsvloeiing na te gaan. Ook worden computerberekeningen 'CONSOL' die gebruik maken van de eindige-elementenmethode en waarover reeds geschreven werd in Bericht 61 (augustus 1972) verder ontwikkeld ten behoeve van het berekenen van deze problematiek.
Teneinde deze berekeningen goed te kunnen uitvoeren, en met name de materiaaleigenschappen goed in te voeren, wordt voorafgaand aan de berekeningen een 'spanningspad-analyse' uitgevoerd, die in verscheidene opzichten meer inzicht blijkt te kunnen verschaffen in de gehele problematiek.
Voorts ligt het in de bedoeling de juistheid van de bevinddingen te toetsen aan een proef op ware grootte, waarbij een zettingsvloeiing teweeg wordt gebracht en haar eventuele schadelijke werking nagegaan. Tenslotte wordt de reeds bestaande uitgebreide inventarisatie van oevervallen verder aangevuld met de bevindingen die uit de nieuwe interpretatie volgen.

Verantwoording van de foto's

Duikgenootschap Nederland	274	275		
L. P. Pieterse	310			
H. L. F. Saeijs	287			
B. Hofmeester	279	280	281	283
F. Velthuizen	314			
R. A. Buysrogge	292	294	295	296
Waterloopkundig Laboratorium	299	300	301	

Vorderingen

1 juli – 1 oktober 1973

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Sluisbouw

De verlenging van de bestaande overbrugging van het schutsluizencomplex is bijna gereed. Geheel volgens de planning zal het nieuwe gedeelte van de brug in de loop van november in gebruik genomen kunnen worden; de baileybruggen kunnen daarna worden gedemonteerd. De verwijdering van de baileybruggen is tevens noodzakelijk om de fuikmoten van de derde schutsluis te kunnen maken.
Van de derde sluis is de schutkolk tussen de hoofden gereedgekomen. Het bovenhoofd is in een vergevorderd stadium van uitvoering. Binnenkort zal begonnen worden aan één van de moeilijkste onderdelen van het werk: het maken van de keerwanden aan de uiteinden van de derde schutsluis, aansluittend op die van de tweede schutsluis.
Aan de inlaatsluis is in de verslagperiode niet veel gedaan; voortgegaan werd met het maken van de vloeren van de vleugelwanden voor de inlaatsluis en met het aanbrengen van trilpalen voor de stortebedvloeren tussen de pijlers van de inlaatsluis.
In de verslagperiode zijn in een vlot tempo acht vloermoten voor de jachtensluis gestort. De wapening van de eerste wand is aangebracht; de wand zelf zal spoedig worden gestort.
De bouw van pijlers en het maken van voorgespannen liggers voor de overbrugging van de inlaatsluis werd voortgezet. Eén van de pijlers is thans gereed.
Daar in 1974 zal worden begonnen met de uitbreiding van de noordelijke voorhaven, worden thans de ter plaatse aanwezige bomen gerooid.

Oosterschelde

In de havens van de werkeilanden Noordland en Roggenplaat werden fosforslakken en staalslakken aangevoerd, die of rechtstreeks werden verwerkt of in depot opgeslagen.
In de werkhavens Sophiapolder en Schelphoek werd rijshout en filterdoek aangevoerd voor het vervaardigen van zinkstukken.
Het zandperswerk voor het werkterrein op Schouwen werd voortgezet en is inmiddels voltooid. Half september werden de win- en de perszuiger van het werk afgevoerd. Ten behoeve van de toegangsweg tot het terrein werd langs de inlaagdijk een ophoging gemaakt van zand. Het onderprofiel daarvan werd afgewerkt en een begin werd gemaakt met het aanbrengen van klei in de bekledingen.
Voor de verbreding van de Cauersweg werd een cunet ontgraven en met zand aangevuld.
Op de wegverbreding, de toegangsweg naar het terrein en de weg op het terrein werd een asfaltverharding aangebracht.
De betonfabriek op het haventerrein van de werkhaven Sophiapolder nadert zijn voltooiing. In deze fabriek zullen zinkstukken met vaste betonballast worden vervaardigd volgens een procédé dat elders in dit Bericht wordt beschreven.
In de maand oktober zal de fabriek proefdraaien, dan zal ook een begin worden gemaakt met het leggen van de aldaar gefabriceerde zinkstukken met afmetingen van 200 x 30 m.
De ponton voor het leggen van de stukken is aangevoerd.
In de loop van september werd het asfaltschip 'Jan Heymans' aangevoerd in de werkhaven Schelphoek. Dit schip is inmiddels aangepast en gereedgemaakt voor zijn nieuwe taak: het leggen van steen-asfaltmatten.
Het gedeelte van de bodembescherming in de Roompot dat bestaat uit zoolstukken afgestort met fosforslakken, kwam nagenoeg gereed.
In de sluitgaten Hammen en Schaar van Roggenplaat werden kraagstukken en zoolstukken afgezonken.

De werkzaamheden aan de bouwput van de sluis in het werkeiland Noordland vonden normaal voortgang.
In deze periode werd 250 000 m^3 zand door de cutterzuiger Beverwijk 54 uit de bouwput ontgraven. Het uitkomende zand werd grotendeels in de westelijke ringdijk met opslagterrein verwerkt.
De taludverdediging van de westelijke ringdijk bestaat tot N.A.P. + 4 m uit gepenetreerde stortsteen; dit gedeelte kwam gereed.
Met de verdediging van N.A.P. + 4 m tot N.A.P. + 9 m, dat zal bestaan uit asfaltbeton, werd eind september een aanvang gemaakt.
Als begin van de aanleg van de oostelijke ringdijk werd een mijnsteenkade geklapt met behulp van splijtbakken.
De palen, bestemd voor de pylonen van de kabelbanen in de sluitgaten, werden in gedeelten te Dintelmond aangevoerd. Daar is men nog steeds bezig ze aan elkaar te lassen.
Op 10 september 1973 werd het hefeiland voor het plaatsen van de pylonen aangevoerd, en gesteld in het sluitgat de Hammen.
In deze periode werden twee palen in de Hammen geheid. Negen van de twaalf torens die op de ingeheide palen moeten worden gelast, werden in deze periode te Dintelmond aangevoerd. Om uitschuringen naast de pylonen te voorkomen, werden ter plaatse bestortingen aangebracht.

Driemaandelijks Bericht
nummer 67, februari 1974

Inhoud

Onderzoek naar de primaire produktie van fytoplankton in de wateren van het Deltagebied 326

Watervogels in het Deltagebied, verslag van drie totaaltellingen 333

A. De werken van het Deltaplan

Metingen aan de Haringvlietsluizen 343

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

Bescherming van de plaat van Oude Tonge 353

De zandsluiting van de Geul in de Oosterschelde 355

De nieuwe 'Jan Heijmans' 362

Vorderingen 374

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

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

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

$6\,CO_2 + 6\,H_2O \rightarrow 6\,O_2 + C_6H_{12}O_6$

De gevormde glucose ($C_6H_{12}O_6$) wordt gebruikt voor verdere omzettingen tot allerlei koolhydraten, vetten, eiwitten en andere stoffen die essentieel zijn voor de opbouw van een organisme.

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

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

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

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

Uit het bovenstaande blijkt wel dat in eutrofe wateren meer algen per volume-eenheid voorkomen dan in oligotrofe. Dit wordt bevestigd door tellingen van plankton en door meting van het volume van bezonken plankton en van het gehalte aan chlorofyl, dat is de stof die de groene kleur in planten veroorzaakt en die de lichtenergie bindt en omzet in chemische energie.
In zeer voedselarme meren groeien weinig of geen waterplanten, met uitzondering van enkele mossoorten. Naarmate het water en de bodem voedselrijker zijn kunnen er meer water- en oeverplanten groeien. Treedt er echter een zeer sterke en aanhoudende belasting met voedingsstoffen op, dan verdwijnen de meeste waterplanten. Niet omdat ze door de nutriënten worden vergiftigd, maar vanwege de strijd die fytoplankton en waterplanten voeren moeten om licht. De snel groeiende algen beschaduwen bij voortdurende bemesting al vroeg in het voorjaar de waterplanten zo sterk dat die niet meer kunnen groeien.
Door de grotere primaire produktie en de grotere biomassa van plankton fluctueert het zuurstofgehalte in een eutroof water gedurende een etmaal veel sterker dan in een oligotroof water. Niet alleen is de zuurstofproduktie van algen veel groter in eutroof water, maar ook stijgt het zuurstofverbruik van de levensgemeenschap naarmate de biomassa groter is. Overdag stijgt het zuurstofgehalte, om na de middag al weer af te nemen. Het

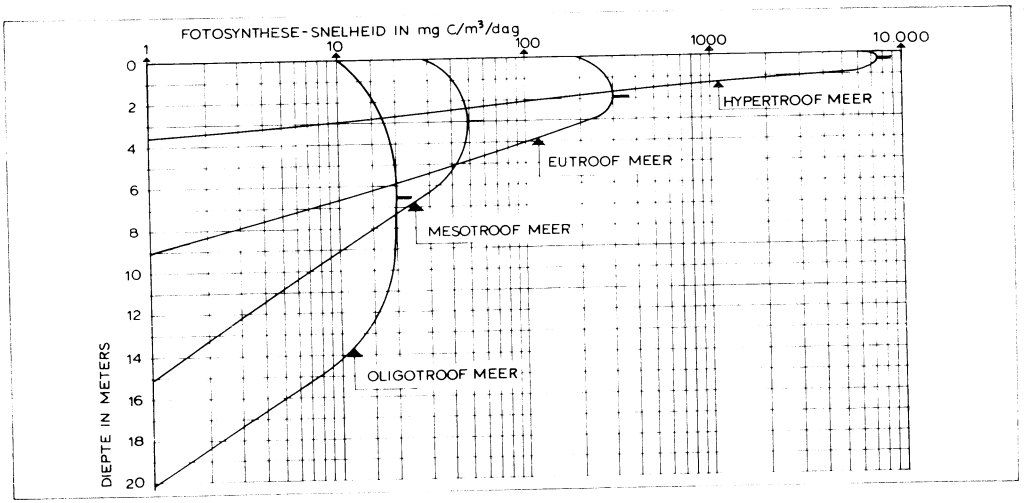
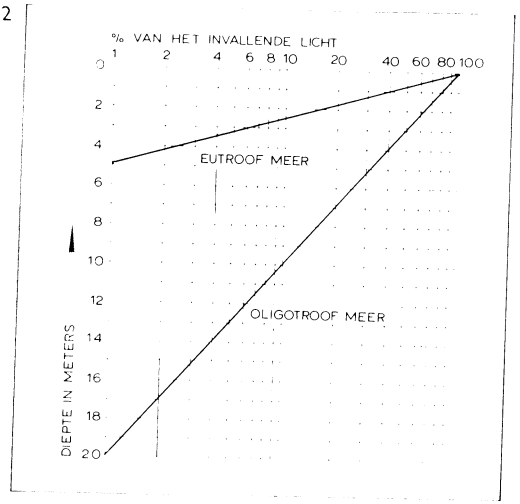


Fig. 1. Relatie tussen de diepte en de snelheid van de fotosynthese in een meer. De horizontale streepjes geven het produktie-optimum aan

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

2



3

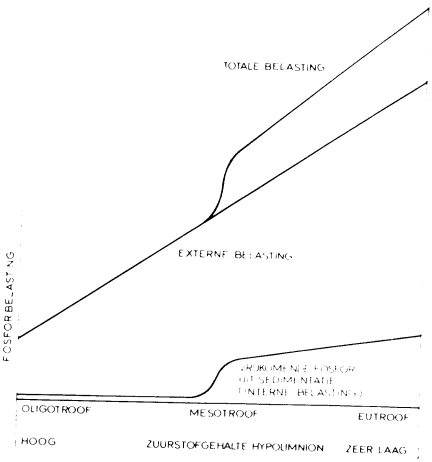


Fig. 2. Relatie tussen de diepte en de relatieve lichtsterkte in een eutroof en in een oligotroof meer

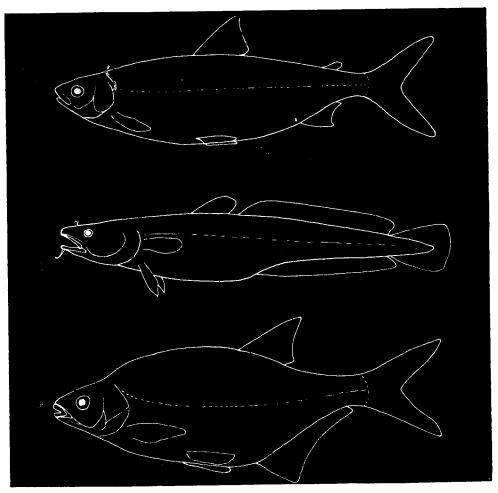
Fig. 3. Relatie tussen externe fosforbelasting en interne fosforbelasting, veroorzaakt door mobilisatie en trofiegraad

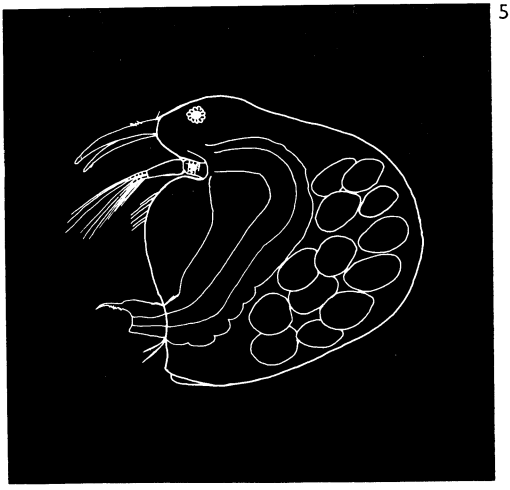
eutrofiëring voortschrijdt.
Zuurstofloosheid – anaërobie – van een hypolimnion heeft onder andere tot gevolg dat de in het bodemsediment opgeslagen fosfor in oplossing gaat. Door deze fosfaatmobilisatie ontstaat er een aanzienlijke interne belasting. De fosfaatconcentratie in het meerwater wordt dus plotseling verhoogd wanneer de bodem anaëroob wordt. De vermindering van de zuurstofconcentratie in het hypolimnion is niet alleen afhankelijk van de primaire produktie en van lozingen van ongezuiverd afvalwater, maar ook van het volume van het hypolimnion ten opzichte van de oppervlakte van het meer. In een zeer diep meer is het zuurstofverbruik per liter hypolimnionwater veel kleiner dan in een ondieper meer met dezelfde oppervlakte en primaire produktie. De afbraak van het dode plankton vindt in een relatief ondiep meer plaats in een veel kleiner volume, waardoor de zuurstofconcentratie sneller zal afnemen.
Een belangrijk gevolg van de eutrofiëring is de verandering van de levensgemeenschap. Voor een deel wordt deze verandering direct veroorzaakt door de verhoging van de nutriëntenconcentraties – men denke aan de zich wijzigende leefgemeenschappen der waterplanten –, anderzijds indirect, bijvoorbeeld door de reactie van organismen op de veranderde zuurstofhuishouding. Om met dit laatste te beginnen, het zal duidelijk zijn dat er geen zuurstofbehoeftige organismen zullen voorkomen in zuurstofloze hypolimnia. Maar reeds lang voordat een hpyolimnion zuurstofloos is, zullen sommige soorten al afnemen vanwege het lagere zuurstofgehalte, om aanvankelijk vervangen te worden door meer tolerante soorten. Men gebruikt dan ook wel de larven van bepaalde muggesoorten als indicatoren voor de trofiegraad van meren. In het hypolimnion van eutrofe meren vindt men larven van het genus Chironomus en in het hypolimnion van oligotrofe meren vindt men larven van de zogenaamde Tanytarsusgroep.
De visfauna reageert meestal duidelijk op eutrofiëring. Bepaalde soorten verdwijnen, maar de totale visproduktie neemt toe. Forellen en houtingachtigen verdwijnen, terwijl de toename van de totale visproduktie veroorzaakt wordt door karperachtigen, zoals de brasem en door de baars. Soms veranderen vissoorten hun levenswijze. Zo paaide de kwabaal, een verwant van de schelvis, in 1950, toen het Bodenmeer nog oligotroof was, op de diepste plaatsen, wel op 100 m diepte. Door de eutrofiëring na de tweede wereldoorlog nam het zuurstofgehalte in het hypolimnion af tot verzadigingswaarden tussen 40 en 60%.

De kwabaal heeft sindsdien de diepstliggende paaiplaatsen niet meer gebruikt en hij paait nu op veel ondiepere plaatsen, een meter of dertig beneden het wateroppervlak. Ook het zoöplankton wordt door eutrofiëring beïnvloed. Bekend is het verdwijnen van de watervlo Bosmina coregoni longispina uit eutrofiërende meren. De soort werd in de meeste gevallen vervangen door Bosmina longirostris. Het fytoplankton reageert meer onmiddellijk op de eutrofiëring. Alle fytoplankton (zie fig. 6) heeft voor zijn groei nutriënten nodig, maar er bestaan grote verschillen in nutriëntenbehoefte tussen de onderscheidene planktonsoorten. Sommige diatomeeën groeien bij fosforconcentraties van 1 microgram per liter, terwijl andere soorten bij veel hogere concentraties al niet meer groeien. Door onder andere deze verschillen in nutriëntenbehoefte, verschilt het fytoplankton van oligotrofe en eutrofe meren aanzienlijk in samenstelling.
Blauwwieren treden meestal sterker op naarmate het water eutrofer is.
Het verschil in samenstelling van het plankton in eutroof en oligotroof water kan niet alleen verklaard worden uit het verschil in de minimale nutriëntenbehoefte van algen. Algen met een lage behoefte aan fosfor verdwijnen immers bij hogere fosforconcentraties. In monoculturen laten de meeste onderzochte soorten uit oligotroof water zich evenwel goed kweken bij hogere fosforconcentraties. Het is wel zeker dat de verandering van het fytoplankton door veel meer factoren veroorzaakt wordt dan alleen de nutriëntenconcentratie. Belangrijk zijn onder andere uitscheiding van remstoffen en selectieve vraat door zoöplankton.
Eutrofiëring heeft vele ingrijpende gevolgen voor een ecosysteem, waaronder verscheidene met een voor ons negatieve waarde. Ongunstig is allereerst de met de eutrofiëring toenemende labiliteit van de zuurstofbalans die blijkt uit de sterker wordende fluctuatie van het gehalte over het etmaal, de zuurstofloosheid van hypolimnia in gestratificeerde meren, en de sterke vermindering van zuurstofconcentratie door plotseling afsterven van algenbloei. Voorts heeft eutrofiëring zijn bezwaren voor de drinkwaterwinning: filters raken verstopt door algen, algen scheiden soms onaangename reuk- en smaakstoffen af, opgeloste organische stoffen doen de zuiveringskosten toenemen. Dan zijn er tenslotte nog een aantal niet te onderschatten esthetische bezwaren, alsook bezwaren voor recreatie, landbouw en visserij: drijvende lagen blauw-

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

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


4


5

6

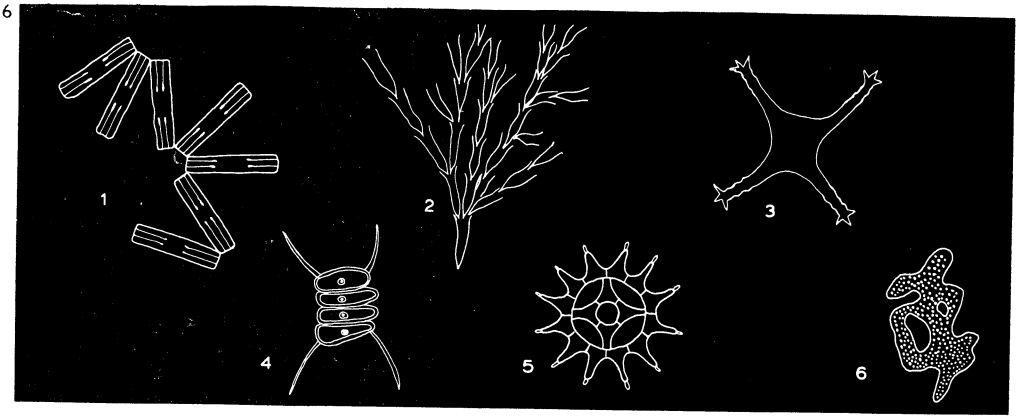
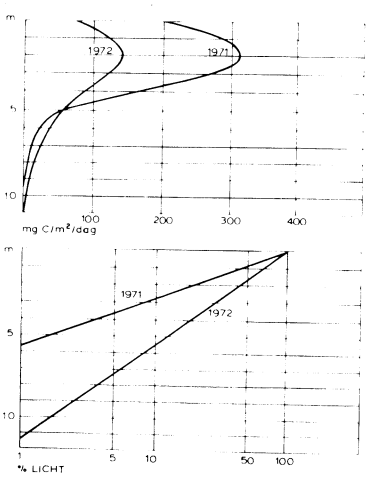


Fig. 6. Fytoplankton:
1. Tabellaria fenestrata
2. Dinbryon divergens
3. Staurastrum gracile
4. Scenedesmus quadricada
5. Pediastrum simplex
6. Microcystis aeruginosa kolonie

wieren, uitscheiding van toxische stoffen door blauwwieren en andere groepen, waardoor vissterfte en veesterfte kan optreden, en verlies van belangrijke groepen organismen uit de oecosystemen.
De wenselijkheid van het voorkomen of terugdringen van eutrofiëring is wel uit het bovenstaande naar voren gekomen. De aanpak van deze bestrijding geeft echter veel problemen. Ideaal zou zijn het nutriëntenkapitaal van onze samenleving te recirculeren zonder dat het het oppervlaktewater beïnvloedt. Dit is eeuwenlang ook algemeen gebruik geweest, maar door de invoering van het watercloset, de moderne hygiënische normen en de industrialisatie is dat veranderd. Een andere mogelijkheid zou zijn de nutriënten meteen aan de bron te verwijderen. Ook deze oplossing is voorlopig niet realiseerbaar voor grote gebieden zoals Nederland of zelfs het stroomgebied van de Rijn.
Wanneer we deze problematiek op het Deltagebied betrekken, dan spreekt de noodzaak van consequente bestrijding van eutrofiëring in dit waterrijke gebied wel heel sterk. In de praktijk zal deze bestrijding beperking moeten inhouden van de fosfaatlast, hetzij door defosfatering van inlaatwater, afvalwater en uitslagwater, hetzij door vermindering van het inlaatdebiet, of beide. Ook afleiding van polderwater naar zee kan soelaas bieden.
Van de twee belangrijkste nutriënten, fosfor en stikstof, geeft de verwijdering van fosfor de beste vooruitzichten. Stikstofverbindingen zijn ook wel te verwijderen, maar moeilijker omdat ze in verschillende vormen voorkomen, waar-

Fig. 7. Primaire produktie van fytoplankton in mg C/m²/dag en verticale lichtverdeling in de Grebiner See, in juni 1971 en juni 1972 (naar Ohle)

7



door de verwijderingstechnieken duur worden. Bovendien werkt fosfor vaker beperkend op de algengroei dan stikstof, zodat ook uit dit oogpunt bezien de eliminatie van fosfor de voorkeur verdient. Daarbij komt nog dat in oppervlaktewater door microbiële processen zowel N-fixatie als N-eliminatie optreedt. Bij het eerste proces wordt atmosferische stikstof omgezet in celstikstof, bijvoorbeeld eiwit, bij het tweede proces worden onder anaërobe omstandigheden nitraten omgezet in gasvormig N_2 dat ontwijkt. Dit alles pleit er voor juist de fosfor kunstmatig te gaan verwijderen. Hier bestaan verschillende technieken voor, waarvan die door middel van flocculatie en precipitatie met ijzer- of aluminiumzouten het meest bekend is. (Zie ook Bericht 61, augustus 1972.)
Er zijn reeds interessante resultaten verkregen met het defosfateren van oppervlaktewateren. Zo wordt sinds 1962 het inlaatwater van het drinkwaterspaarbekken 'de Grote Rug' bij Dordrecht gedefosfateerd. Het water in dit bekken is afkomstig uit het Wantij, een verbinding tussen de Nieuwe Merwede en de Beneden Merwede. Tijdens zijn verblijf van 100 dagen in het bekken wordt het water gedefosfateerd door toevoeging van 10 mg tweewaardig ijzer per liter. De verblijftijd is aanvankelijk, in 1962, langer geweest, maar daarna verminderd. Bij korte verblijftijden en daarmee hoge fosforbelastingen per m^2, trad blauwalgenbloei op. De grens voor de opbloei van blauwalgen bleek te liggen tussen 2,2 en 3,9 gram fosfor per vierkante meter per jaar. Bij de huidige behandeling komen maar weinig blauwalgen voor, tot een maximum van 10% van de totale biomassa en dan nog alleen in de nazomer. Produktiecijfers van de 'Grote Rug' zijn helaas nog niet beschikbaar, maar het lijkt erop dat de primaire produktie in de zomer inderdaad beperkt wordt door fosfaatgebrek.
Een ander voorbeeld ontlenen we aan gegevens die door de N.V. Watermaatschappij Zeeland werden verstrekt aangaande de drinkwaterspaarbekkens van het pompstation Braakman bij Terneuzen. Deze bekkens worden in de winter gevuld met uitslagwater van polders, voedselrijk water. De bekkens vertonen dan ook ieder jaar sterke opbloei van algen. Door experimentele defosfatering werd het fosforgehalte sterk gereduceerd, tot 0,02 mg P/l. Het chlorofylgehalte – een maat voor de algenbiomassa – nam sterk af, van gemiddeld 150 mg per m^3 tot gemiddeld minder dan 50 mg/m^3. De zichtdiepte nam toe, en het organisch gebonden stikstofgehalte nam af. Dit zijn allemaal aanwijzingen dat de primaire produktie sterk verminderde.
Blauwwieren waren in het gedefosfateerde water geheel afwezig, zulks in tegenstelling tot de toestand in een controlebekken, waarin het polderwater niet werd gedefosfateerd, en waarin de blauwalgen talrijk waren.
Het derde voorbeeld wijkt af van de voorgaande. Door het Max Planck Institut für Limnologie in Plön (West-Duitsland), is een klein geëutrofieerd meer, de Grebiner See, gesaneerd. Dit meertje had een in de zomer zuurstofloos hypolimnion waardoor tijdens de stratificatieperiode veel bodemfosfaat werd gemobiliseerd. Men heeft dit meertje gesaneerd door het hypolimnion te beluchten en een benthoniet-suspensie en een aluminiumsulfaat aan het water toe te voegen.
De hypolimnionbeluchting hield in dat 5 m^3 lucht per minuut in een beluchtingsketel op 12–15 m diepte werd geperst. Het zuurstofrijke water verliet door de zijkanten de ketel, terwijl de overtollige lucht door een slang naar de oppervlakte ontweek. Hierdoor werd bereikt dat de thermische stratificatie onaangetast bleef, terwijl het zuurstofgehalte in het hypolimnion steeg van 0 tot minimaal 2,8 mg O_2/l. Tegelijkertijd met de hypolimnionbeluchting werden de benthoniet- en aluminiumsulfaatsuspensies in het hypolimnion verspreid om de fosfor te binden en te doen bezinken. Deze maatregelen hebben onmiddellijk tot een spectaculaire verbetering van de waterkwaliteit geleid. De primaire produktie per dag werd ongeveer gehalveerd (zie fig. 7), de '1% van-het-oppvlaktelicht-grens' werd verlegd van 5,5 m naar 11,5 m, het minimumzuurstofgehalte in het hypolimnion daalde tot 2,8 mg/l (het maximum lag op ongeveer 9) en de chlorofylconcentratie werd ten opzichte van 1971 gehalveerd, evenals de hoeveelheden van opgeloste en gesuspendeerde organische koolstof.

Onderzoek in het Deltagebied

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

metingen te verrichten. Alleen het onderzoek van de primaire produktie blijft hiervan uitgezonderd. Het veldonderzoek naar deze parameter zal alleen worden uitgevoerd in het Hollands Diep en het Haringvliet en als onderdeel van het zuurstofhuishoudingsonderzoek in het Brielse Meer.
Het experimentele onderzoek naar de primaire produktie zal zich moeten richten op de effecten van defosfatering en van de verblijftijd. van water in proefbakken; dat zijn namelijk op dit ogenblik de belangrijkste middelen om de waterkwaliteit voor wat betreft de eutrofiëring te regelen.
Als bezwaren tegen de drie hierboven genoemde defosfateringsexperimenten zou kunnen worden aangevoerd dat er geen *reeks* van behandelingen mogelijk was en dat soms zelfs een controle ontbrak. Wil men het effect van de defosfatering goed leren kennen, dan zal de fosfaatbelasting in een reeks van proefbakken gevarieerd moeten kunnen worden. In de bakken zal men dan de primaire produktie moeten meten evenals de biomassa en de samenstelling van het plankton. Verder zal de fosfaat- en ijzerbalans van deze bakken onderzocht moeten worden. Een onderzoek zoals hierboven geschetst zal in 1974 worden opgezet in samenwerking met het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening in een drietal grote proefbakken van rubberdoek in het drinkwaterreservoir 'de Grote Rug' bij Dordrecht. Er zal gebruik worden gemaakt van water uit het Wantij. Het water in deze bakken krijgt een verblijftijd van 100 dagen: het zal worden gedefosfateerd met 5 tot 10 mg tweewaardig ijzer per liter, zulks afhankelijk van de fosforconcentratie in de rivier.
Een bak met onbehandeld rivierwater zal ter controle in de proef betrokken worden.

Andere onderzoeken

De zuurstofhuishouding van een meer over een korte termijn, bijvoorbeeld een etmaal, is een afspiegeling van de stofwisseling van het oesosysteem als geheel. De verandering van de zuurstofconcentratie gedurende een etmaal wordt namelijk veroorzaakt door de gezamenlijke werking van de zuurstofproduktie –: primaire produktie of fotosynthese – van alle primaire producenten in het oecosysteem, waaronder algen en waterplanten, het zuurstofverbruik door ademhaling van alle levende organismen en door chemisch zuurstofverbruik, het transport van zuurstof met waterstromingen en de re-aëratie, dat wil zeggen het transport van of naar de atmosfeer van zuurstof. De richting van het transport wordt bepaald door de onder- of oververzadiging van het water. Door meting van de zuurstoffluctuaties gedurende een etmaal, de primaire produktie, het zuurstofverbruik en schattingen of berekeningen van de re-aëratie en het transport hoopt men meer inzicht in deze processen te krijgen. Dit onderzoek zal uitgevoerd worden in het Brielse Meer, in samenwerking met het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening. Daar een aantal diepe putten in het Zeeuwse Meer mogelijk onderhevig zullen blijken te zijn aan thermische gelaagdheid, zal in aansluiting op het waterkwaliteitsonderzoek worden meegewerkt aan een onderzoek naar stratificatieverschijnselen in enkele putten. Hiertoe zal het stratificatieproces zo intensief mogelijk gevolgd worden en zullen de gevolgen van de stratificatie zoals de afneming van het zuurstofgehalte en andere chemische parameters gemeten worden. Daarnaast zullen ook biologische parameters onderzocht worden, zoals chlorofyl, en parameters die voor plankton-organismen van belang zijn, zoals het lichtklimaat onder water.
In de wat verdere toekomst staan verder nog op het programma: een experimenteel onderzoek in een proefbak naar de gevolgen van snelle ontzilting; onderzoek naar de accumulatie van toxische organische stoffen in organismen, en het optreden van smaakbedervende stoffen in vissen, in samenwerking met in dat type onderzoek gespecialiseerde instanties; onderzoek ter karakterisering van de plankton- en benthos-levensgemeenschappen in de Deltawateren in samenwerking met het Delta Instituut voor Hydrologisch Onderzoek te Yerseke.
Naast de geplande waterkwaliteitsbewaking door monitors zal ook een waterkwaliteitsbewaking nodig zijn die gebaseerd is op reacties van organismen. Deze biologische waterkwaliteitsbewaking zal moeten plaats vinden bij de inlaatsluizen van het Zeeuwse Meer, bij gemalen en op de drukke scheepvaartroutes. Het is met de huidige stand van de techniek volstrekt onmogelijk om een chemisch monitor-systeem op te zetten waarmee het zeer grote aantal toxische stoffen in rivierwater kan worden aangetoond. Men komt sneller tot het doel, wanneer men het gedrag van vissen en andere organismen die zijn blootgesteld aan het te controleren water nauwkeurig en voortdurend observeert, om bij afwijkend gedrag de inlaat te verminderen, stop te zetten of andere maatregelen uit te voeren en watermonsters voor chemische analyse te nemen. Het registreren van het gedrag van de organismen moet dan wel zoveel mogelijk geautomatiseerd worden.

Watervogels in het deltagebied verslag van drie totaaltellingen

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

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

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

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

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

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

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

kan de trek namelijk sneller of langzamer verlopen. Bij een variabele verblijftijd van de trekvogels kunnen de getelde aantallen variëren. Met de telgegevens worden wel tendenzen aangeduid van vóór- of achteruitgang, doch de grootte van de voor- of achteruitgang kan er niet nauwkeurig mee worden aangegeven.

Enkele resultaten van tellingen zijn weergegeven in tabel 1:

	september '72	oktober '72	januari '73
Fuut	350	770	1.560
Dodaars	70	425	520
Aalscholver	770	530	100
Blauwe Reiger	330	250	120
Wilde Eend	47.750	41.000	40.300
Wintertaling	9.100	11.700	5.500
Smient	12.100	51.600	21.700
Pijlstaart	4.600	10.100	11.000
Slobeend	700	2.500	1.000
Kuifeend	100	370	9.300
Tafeleend	180	5.600	45.500
Brilduiker	–	130	1.600
Zwarte Zee-eend	1	120	8.900
Eidereend	260	120	220
Grote Zaagbek	3	1	80
Middelste Zaagbek	–	330	920
Bergeend	3.950	6.000	9.400
Grauwe Gans	800	9.300	8.000
Kolgans	–	480	11.900
Rietgans	80	6	5.400
Rotgans	–	3.200	4.200
Brandgans	2	2	13.800
Knobbelzwaan	640	280	270
Meerkoet	6.400	13.900	22.700
Scholekster	65.100	72.000	75.400
Zilverplevier	4.600	4.200	1.520
Bontbekplevier	2.300	170	27
Strandplevier	980	30	5
Steenloper	1.300	530	1.800
Wulp	17.100	9.200	6.300
Rosse Grutto	5.250	2.650	6.900
Tureluur	9.200	5.300	2.400
Zwarte Ruiter	830	350	32
Groenpootruiter	800	90	4
Kanoetstrandloper	4.800	10.900	18.100
Bonte Strandloper	41.900	54 000	45.500
Drieteenstrandloper	100	32	76
Kluut	1.600	1.160	117
Grote Mantelmeeuw	2.200	2.360	630
Kleine Mantelmeeuw	450	380	54
Zilvermeeuw	8.200	23.000	6.900
Stormmeeuw	4.100	3.900	2.660
Kokmeeuw	15.500	7.500	4.300
Diversen	24.500	22.530	10.290
Totaal	299.000	379.000	407.000



Grote Stern op de Hompelvoet

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

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

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

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

De Blauwe Reiger heeft zich ondanks de ogenschijnlijk gunstiger omstandigheden niet uitgebreid. De Strandplevier en de Steenloper hebben zich op de Grevelingen kunnen handhaven. Hetzelfde geldt voor de Brandgans en de Grote Zaagbek in het gebied van het Haringvliet, Hollands Diep en Biesbos. De omstandigheden zijn voor de Kleine Zwaan niet veranderd. Scholekster, Rosse Grutto en Kanoetstrandloper hebben zich ondanks het afsluiten van de Grevelingen kunnen handhaven.

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

Vooruitgegaan zijn:

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

Soorten die in aantal ongeveer gelijk gebleven zijn:

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

In aantal achteruitgegaan zijn:

1 achteruitgang voornamelijk in
2 huidige belangrijkste gebied

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

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

De verschillende gebieden

Het *Oostvoornse Meer* is het afgesloten deel van het Brielse Gat, waaruit zand is gewonnen ten behoeve van de Maasvlakte. Het maakt deel uit van de bufferzone tussen de industrieterreinen op de Maasvlakte en de natuurgebieden op Voorne. De oppervlakte bedraagt 2,8 km^2. Het meer is tot 40 m diep en gevuld met zeewater van goede kwaliteit. De oevers zijn zandig met op vele plaatsen waardevolle ondiepe delen. Het afgesloten gedeelte is mede door zijn rijkdom aan vis van belang voor Futen en Duikeenden. Vooral het grote aantal Futen is een indicatie voor de grote waarde van dit gebied. Behalve de Fuut komen ook de Dodaars, de Kuifduiker en de Geoorde Fuut op het meer voor.
Brilduiker, Middelste Zaagbek en Meerkoet zijn er belangrijke wintergasten. Langs de oevers vissen in het najaar Blauwe Reigers. De vlakke oevers en de vochtige laag begroeide delen worden veel bezocht door zwemeenden, ruitersoorten en strandlopers. Voor de andere steltlopers, die meest buitendijks foerageren, is het van groot belang dat zij bij slecht weer hier ook binnendijks voedsel kunnen vinden. Ganzen gebruiken het gebied als slaapplaats.
Hoewel het buiten het kader van dit artikel valt is het interessant te vermelden dat hier 's winters vrijwel altijd flinke aantallen Strandleeuweriken te vinden zijn.

De Oude Maas is één van de weinige nu nog overgebleven zoewatergetijdegebieden, met helaas sterk vervuild water.
Er worden vrij grote aantallen Wilde Eenden en Wintertalingen aangetroffen en in mindere mate andere soorten zwemeenden. De combinatie van open water met vochtige weilanden is voor Meerkoeten en Kieviten een gunstig milieu.

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

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

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

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

Het karakter van het gebied wordt nu voornamelijk bepaald door ganzen- en eendensoorten, die er in grote aantallen voorkomen.

Het aantal Futen, Dodaarzen en Aalscholvers is er na de afsluiting groter geworden.

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

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

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

De Grauwe Gans heeft zich kunnen handhaven door voor zijn voeding over te schakelen van biezen op bietenloof. In oktober 1966 is hier niet geteld, zodat er geen vergelijking met een vroegere toestand kan worden gemaakt. Uit andere gegevens kan men echter afleiden dat het bestand terugloopt.

De vrij grote aantallen van januari kunnen veroorzaakt zijn door de zachte winter. Het aantal Brandganzen is ongeveer gelijk gebleven.

De Knobbelzwaan is sterk in aantal toegenomen. Vaak treft men ze in grote groepen geconcentreerd aan. Ook het aantal Meerkoeten is toegenomen. Van de steltlopers is alleen de Wulp nog in enigen getale aanwezig, hoewel lang niet in zo groten getale als voor de afsluiting. Concentraties Kluten, zoals die vroeger op de Ventjagersplaat voorkwamen vindt men er thans niet meer. In het najaar zijn er nog maar enkele honderden.

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

De belangrijkste gebieden zijn van oost naar west:

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

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

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

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

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

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



1



4



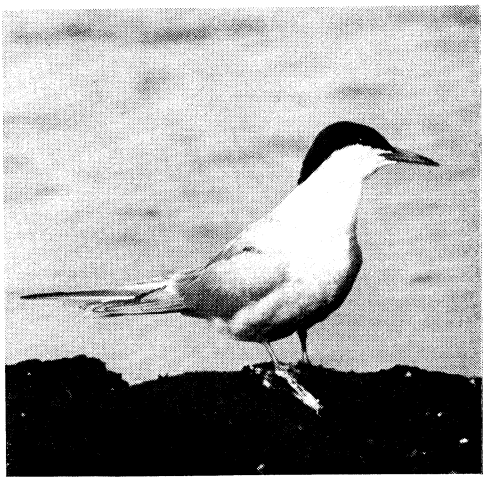
2



5



3



6

In de Griendweipolder op *Tiengemeten* foerageren veel Brandganzen. Langs de zuidkust van Tiengemeten en de kust van Overflakkee komen veel Grauwe Ganzen en Wilde Eenden voor, alsmede Wintertalingen en Slobeenden. Op de gorzen bij Middelharnis ziet men veel Brandganzen, Grauwe Ganzen en Smienten.
De Korendijkse en Beninger Slikken in de Spuimond zijn pleisterplaatsen voor Grauwe Ganzen en verschillende soorten zwemeenden, Bergeenden en Meerkoeten.
De Slijkplaat is een belangrijke slaapplaats voor ganzen en eenden. Geregeld treft men hier ook nog enkele soorten steltlopers aan, zoals Kluten, Rosse Grutto's en Strandlopers. De meest oostelijke punt wordt door de Aalscholver als rustplaats gebruikt.
De Scheelhoek is een belangrijk foerageergebied voor verschillende soorten ganzen en eenden. Ook wordt het gebied door reigers bezocht.
Vóór de afsluiting van het Brouwershavense Gat bood het *Grevelingenbekken* foerageermogelijkheden voor grote aantallen steltlopers en eenden. Na de afsluiting viel een groot deel van die mogelijkheden weg. De wadvogels zijn nu uitsluitend aangewezen op de oeverstroken, waarbij de flauwste helling de grootste mogelijkheden biedt. Gelukkig is dit soort gebieden in de Grevelingen nog op vele plaatsen aanwezig. Het meer heeft tot nu toe een hoog zoutgehalte, zodat van de oorspronkelijke wadvogelpopulatie nog steeds een deel aanwezig is gebleven.
Vóór de afsluiting was van een aantal soorten de winterpopulatie groter dan of gelijk aan de trekpopulatie; na de afsluiting is dat niet meer het geval.
Het duidelijkst komt dit tot uiting bij de Scholekster, Wulp, Kanoetstrandloper en Bonte Strandloper, waarvan de winteraantallen beduidend lager waren dan die van september. Dit kan erop wijzen dat de voedselvoorraden gedurende de trektijd uitgeput raakten. Een aanwijzing temeer vindt men dienaangaande in het aantal Scholeksters, Zilverplevieren, Bontbekplevieren, Wulpen, Rosse Grutto's, Tureluurs, Kanoetstrandlopers en Bonte Strandlopers. Van deze soorten tezamen waren er in september 1972 nog 20,3% overgebleven van het totaal van augustus 1966, doch in januari 1973 nog slechts 5,6% van het totaal van januari 1967; of in getallen uitgedrukt: in september waren er 6100 exemplaren van deze soorten aanwezig, in januari 2250. Dit verschijnsel doet zich niet voor bij de Steenloper. Daar waren er 's winters juist veel meer van dan in september. Deze vogel foerageert echter vrijwel uitsluitend in aangespoelde wieren en niet in het slik. Ook de Tureluur is in dit opzicht een afwijkende soort: men zou verwachten dat er 's winters slechts zeer kleine aantallen aanwezig zouden zijn, maar het tegendeel bleek het geval. In januari 1973 werden er 190 geteld, in september 1972 260, wat vergeleken met andere tellingen omstreeks dezelfde tijd toch geen extra laag aantal is.
De zwemeenden hebben zich kunnen handhaven dank zij het zoute milieu en de uitgestrekte ondiepe gebieden.
Na de afsluiting hebben de zeegrasweiden van Zostera marina zich uitgebreid, waarvan Rotgans en Knobbelzwaan profiteerden. De aantallen Rotganzen zijn dan ook op peil gebleven en de Knobbelzwaan heeft zich zelfs zeer sterk uitgebreid. Duidelijk toegenomen, dankzij het nu rustige, heldere water zijn: Fuut, Dodaars, Aalscholver, Blauwe Reiger, Brilduiker en Middelste Zaagbek. Vooral de uitbreiding van de Fuut is zeer groot; in januari 1967 82 exemplaren, in januari 1973 990 exemplaren, terwijl er in maart 3500 exemplaren werden waargenomen. Ook in de voordelta vindt men zeer interessante ontwikkelingen. Het meest opvallend zijn de grote aantallen Zwarte Zee-eenden, tot 15 000 exemplaren. Verder vindt men er ook Futen, Geoorde Futen, Toppereenden, Brilduikers, Grote Zee-eenden, Eidereenden, IJseenden en Middelste Zaagbekken. Zij zoeken hun voedsel in de ondiepe gedeelten voor de kust en opvallend veel langs de randen van de vroegere stroomgeulen.
De afsluiting van het *Volkerak* heeft tot gevolg gehad dat het zoutgehalte en de getijbeweging toenamen. De soorten die zich van nature ophouden in brakwater-slikgebieden zijn daar dan ook afgenomen. Dit geldt in zeer sterke mate voor de Wintertaling en Slobeend en in mindere mate voor de Wilde Eend.
De Rotgans daarentegen, die vroeger vrijwel niet voorkwam, is nu in behoorlijke aantallen waargenomen.
De steltlopers met een voorkeur voor zoutwatergebieden zoals Scholekster, Steenloper en Kanoetstrandloper, zijn in aantal toegenomen. Het is verleidelijk te veronderstellen dat een deel van de vogels van de Grevelingen hier naar toe is verhuisd. Ook de Bergeend vertoont een aanzienlijke toename.
Sommige soorten met voorkeur voor brakwater zoals de Zilverplevier en de Rosse Grutto zijn ondanks de verzilting toch toegenomen; andere – Wulp, Tureluur, Bonte Strandloper – zijn ongeveer gelijk gebleven. Ook in dit gebied bleken de winteraantallen van de Tureluur relatief erg hoog.

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

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

Op de *Oosterschelde* zijn in vergelijking met 1966/1967 geen belangrijke wijzigingen opgetreden. Het westelijk gedeelte – met name de beide platen in de monding, de Neeltje Jans en de Roggeplaat – heeft een zandiger karakter dan het oostelijk gedeelte, waar vrij veel zacht slib wordt aangetroffen. Dit komt ook naar voren in de verspreiding der vogelsoorten. In het westelijk gedeelte treft men veel Scholeksters, Rosse Grutto's en Drieteenstrandlopers aan. In het oostelijk gedeelte, met name in de zak, vindt men meer Rotganzen, Wulpen, Zilverplevieren en Tureluurs. We noemen nu de belangrijkste verschillen met de tellingen van 1966/1967:

De Pijlstaart bleek in januari 1973 in grote aantallen aanwezig in het oostelijk deel van het bekken; over het gehele bekken gerekend vertoonde hij een toename van 3300 exemplaren ten opzichte van 1967.

Ook de Slobeend is toegenomen tot ruim 1300 exemplaren. Zeer verheugend is de toename van de Rotgans: in januari 1967 waren er 101 5 exemplaren terwijl er nu 2630 waargenomen werden. Van de Scholekster bleken er op de Oosterschelde ruim 10 000 meer te zijn dan in 1967, terwijl de aantallen over het gehele Deltagebied vrijwel gelijk gebleven waren.

Ook de Zilverplevier blijkt toegenomen te zijn, van 1375 tot 2500 exemplaren.

In januari 1973 bleken er nog 5700 Rosse Grutto's op de Oosterschelde te verblijven. Ze concentreerden zich op de Neeltje Jans en op de slikken van de Dortsman. De winteraantallen van de Kanoetstrandloper en de Bonte Strandloper lagen echter belangrijk lager dan in 1967.

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

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

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

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

De Bergeend is er in aantal toegenomen. De Rotgans is als wintergast weer teruggekomen: er verbleven er in januari nu ruim 400.

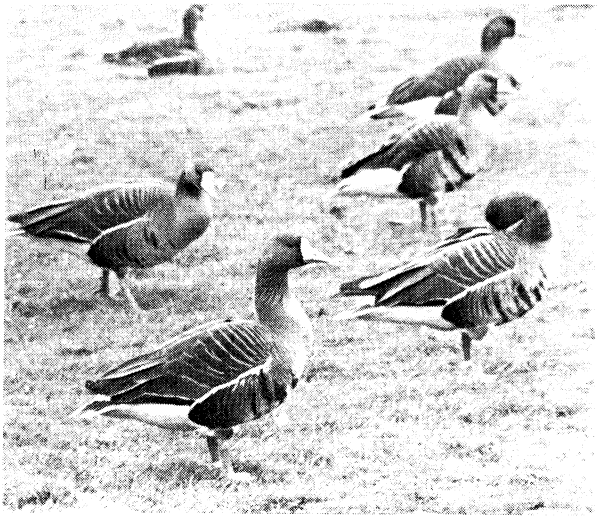
De Brandgans is de hele winter te zien geweest op de Haringvreter en de Goudplaat.

De Kleine Zwanen die op Walcheren foerageerden, sliepen op het meer. Het aantal Meerkoeten was deze winter bijzonder hoog; er zijn hierover echter geen gegevens van 1966/1967. De steltlopers waren deze winter in aanzienlijk groteren getale aanwezig dan in 1966/1967.

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

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

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



Kolganzen

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

Conclusies

Over het algemeen is de invloed van de Deltawerken op de vogelpopulaties nog niet zeer groot geweest. De oppervlakte van de reeds afgesloten bekkens ten opzichte van de nog open bekkens is gering. De vogels konden op de open bekkens nog voldoende ruimte vinden. Na voltooiing van de Deltawerken zal de Westerschelde echter het enige opengebleven bekken zijn. Het is niet te verwachten dat daar dan grotere aantallen vogels terecht zullen komen. Wel zal er waarschijnlijk een snellere doortrek plaatsvinden, waardoor de betekenis van de Westerschelde veel groter wordt.
De vogelsoorten welke ten gevolge van de afsluitingswerken in aantal zijn toegenomen lijken vooral begunstigd te worden door het heldere water. De toename van Kuifeend en Tafeleend en in mindere mate van Fuut en Aalscholver vertoont overeenkomst met de ontwikkelingen in de randmeren van de IJsselmeerpolders. De enorme aantallen Futen, Dodaarzen, Brilduikers en Middelste Zaagbekken in het Grevelingenmeer en het brakke Veerse Meer zijn echter een tamelijk nieuw verschijnsel. In hoeverre de Noordwest-europese populaties van deze soorten hierdoor worden beïnvloed, lijkt een interessant studieonderwerp.
Uit de tellingen en hun onderlinge vergelijking kunnen zeker enige conclusies worden getrokken.
De estuaria van het Deltaplan hebben ook na afsluiting nog een grote betekenis voor watervogels.
Een zout bekken betekent voor watervogels meer dan een zoet bekken; dit geldt vooral voor steltlopers, Rotganzen en visetende vogels.
Steltlopers, in mindere mate Rotganzen, worden door de uitvoering van het Deltaplan sterk in hun mogelijkheden beperkt.
De Westerschelde neemt relatief in betekenis toe. Verdere aantasting van de fourageer- en rustgebieden aldaar dient zoveel mogelijk vermeden te worden. Beschermin g en zo mogelijk uitbreiding van de pleisterplaatsen is in verband met de toenemende verontrusting door industrievestigingen en recreatie een urgente zaak.

A. De werken van het Deltaplan

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

Metingen aan de Haringvlietsluizen

Al tijdens het onderzoek werd door onderzoekers, ontwerpers en toekomstige gebruikers van het kunstwerk de behoefte gevoeld aan informatie omtrent de in werkelijkheid optredende belastingen en de door die belastingen veroorzaakte gedragingen van de constructie. In 1963 is dan ook opdracht gegeven aan het Waterloopkundig Laboratorium om de coördinatie te verzorgen van ontwerp en vervaardiging van een meetinstallatie voor de voltooide sluizen.
In Bericht 23 (februari 1963) en 42 (november 1967) is al sprake geweest van de achtergronden en de uitvoering van dat meetsysteem. Dit keer willen we een beknopt overzicht geven van de tot nu toe uitgevoerde metingen en de resultaten daarvan. Alle metingen werden uitgevoerd met behulp van apparatuur die is aangebracht in pijler 8 – middenin het sluizencomplex –, en op de aan die pijler opgehangen zee- en rivierschuif.
De metingen aan de sluis kunnen worden gerangschikt naar het doel dat ermee beoogd wordt. We krijgen dan vier groepen: excitatiemetingen, momentane correlatiemetingen, tijd-correlatiemetingen en permanente bewakingsmetingen. Deze metingen worden nu achtereenvolgens besproken.
De *excitatiemetingen* hebben ten doel, de trillings-karakteristieken van de nabla-liggers en van de schuiven te meten en de invloed daarop van het omringende water vast te stellen. Men hanteert bij deze metingen een techniek waarbij een in de tijd variërende kracht van bekende grootte op de constructie wordt uitgeoefend. Die constructie raakt daardoor in trilling en de veroorzaakte trillingen worden gemeten. Zulke meetseries zijn uitgevoerd voor en tijdens het inunderen van de bouwput.
In feite zijn ze een eenmalige aangelegenheid geweest, waarover verslag is uitgebracht in Bericht 42 (november 1967).

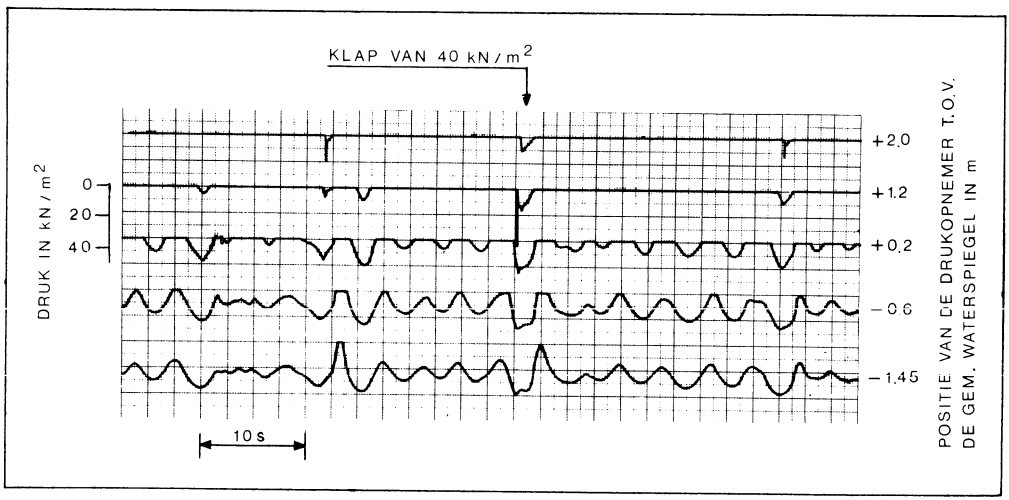
Momentane correlatiemetingen dienen om de onmiddellijke samenhang te bepalen die er onder extreme omstandigheden bestaat tussen de hydro-dynamische grootheden en de op het kunstwerk uitgeoefende krachten. Tevens dient daaruit naar voren te komen of en onder welke omstandigheden er beperkingen moeten worden opgelegd aan de bedrijfsvoering. Ook zal men aan de hand van de vastgestelde momentane correlaties de statistische gegevens kunnen aanvullen die de tijd-correlatiemetingen opleveren. Die aanvullingen zullen vooral liggen in het gebied van de extreme omstandigheden.
Men kan dit soort metingen nader verdelen in *trillingsmetingen,* die worden verricht wanneer, met name bij grote vervallen, de sluisdeuren gedeeltelijk worden geheven; en *golfklapmetingen,* die men uitvoert bij noordwester of zuidooster storm.

Trillingsmetingen

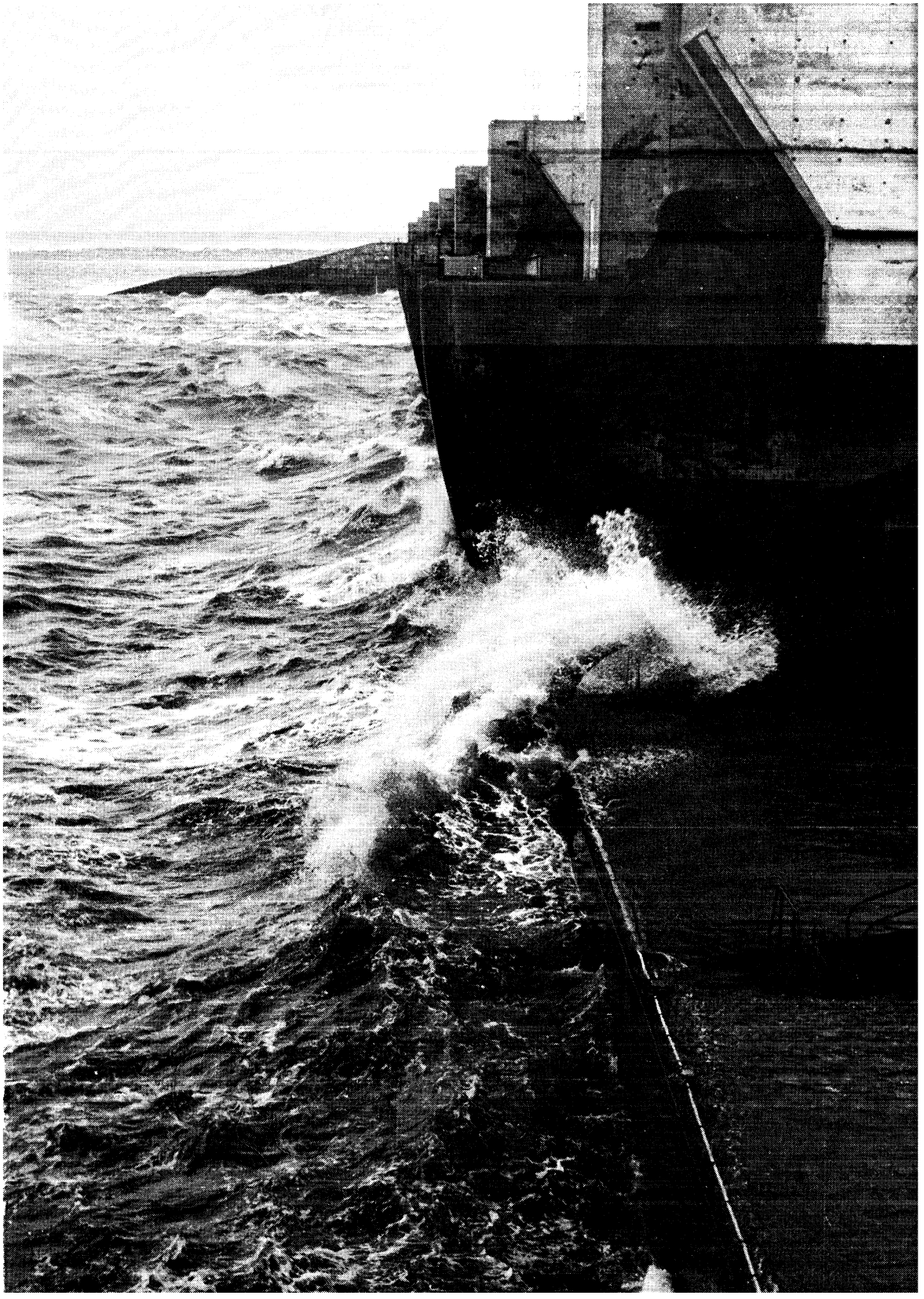
Eén van de factoren die zou kunnen leiden tot het opleggen van beperkingen aan de bedrijfsvoering van de uitwateringssluizen, wordt gevormd door het optreden van trillingen in de schuiven bij het spuien of inlaten van water. Het water dat onder de schuif doorstroomt kan een in de tijd wisselend stroombeeld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

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

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



onderzoek niet weer op.
In de werkelijkheid zijn tot nu toe maar bij vier verschillende gelegenheden trillingsmetingen aan de schuiven uitgevoerd. Het aantal gunstige mogelijkheden om zulke metingen te verrichten is namelijk in de laatste jaren vrij beperkt geweest door de geringe rivierafvoeren. Met name heeft men lang moeten wachten op omstandigheden die meting bij een tamelijk groot vloedverval mogelijk maakten. In verband met de kwaliteitsbeheersing van het water in het Haringvlietbekken was het namelijk lange tijd niet toelaatbaar, ook maar een geringe hoeveelheid zeewater op het bekken toe te laten. Trillingsmetingen zijn uitgevoerd bij de hierna te noemen gelegenheden. Allereerst op 4 tot 7 augustus 1970, tijdens de sluiting van het Rak van Scheelhoek. Alle schuiven stonden toen open. Alleen zee- en rivierschuif 8 werden bewogen bij zowel eb- als vloedvervallen van 50 cm.
Dan zijn er op 5, 6 en 7 december 1972, toen de afsluiting van het Haringvliet al voltooid was, metingen gedaan aan een rivier- en een zeeschuif, uitsluitend bij ebvervallen van ongeveer 1 m. Op 1 mei 1973 konden er bij vloedvervallen van 1 m metingen worden gedaan aan de rivier- en de zeeschuif.
Tenslotte vond op 22 oktober 1973 een onvoorbereide meting plaats, in verband met een toen optredend groot ebverval. Door allerlei omstandigheden kon er echter pas gemeten worden toen het verval al tot 120 à 80 cm was afgenomen. Deze metingen werden uitsluitend verricht aan de rivierschuif.
Bij elk van deze metingen werd de stand van de schuif telkens met 25 of minder cm veranderd; iedere meting werd een of meer



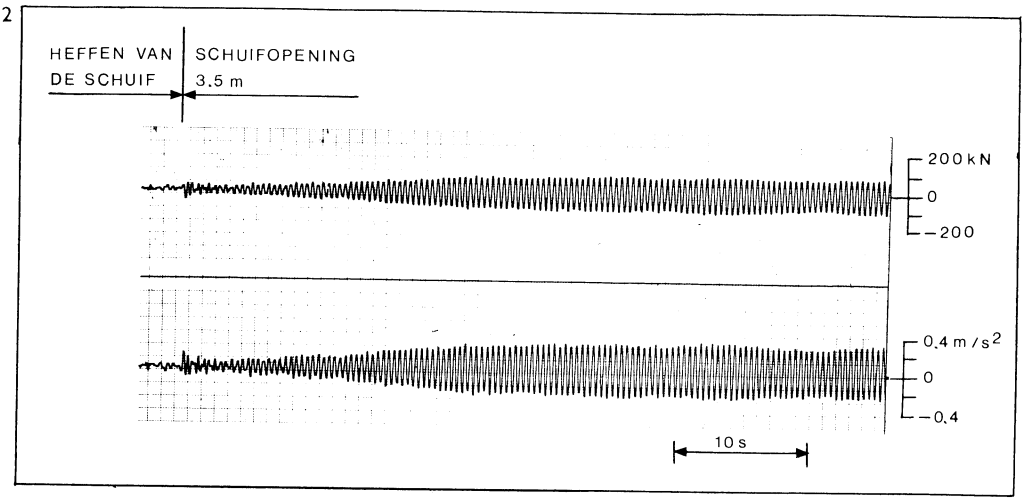


Fig. 2. Registratie van de kracht in een hefwerk (boven) en de tangentiële versnelling van de rivierschuif, nadat de schuifopening juist op 3,5 m is gebracht. Het ebverval bedraagt 1 m; storm van 22 oktober 1973

keren herhaald. Uit de waarnemingen bleek dat bij vloedvervallen geen trillingen optraden. Bij ebvervallen werden in de schuif aan de zeezijde soms meetbare, maar kleine trillingen geconstateerd wanneer hij tussen de 2 en 3,5 m was geheven. De versnellingsamplitudes waren nooit groter dan 0,05 m/s^2. Tijdens de metingen van 1970 en 1972 vertoonde ook de schuif aan de rivierzijde bij ebverval en heffing tot 2 à 3,5 m soms duideiijk waarneembare trillingen. De amplitude liep daar op tot 0,2 m/s^2. De trillingsbeweging was daarbij meestal symmetrisch, dat wil zeggen dat de schuif horizontaal bleef en in zijn geheel, verend in zijn hefwerken, op en neer bewoog. De beweging had een frequentie van 2,3 Hz. Soms trad echter ook een zogenaamde keersymmetrische trillingsvorm op, met een frequentie van 3,5 Hz. Bij deze trilling bewoog het midden van de schuif niet, maar bewogen de beide uiteinden bij de hefwerken in tegenfase, dus steeds in tegenovergestelde richting, zodat er enigszins aan de schuif gewrongen werd.
Tijdens de korte meting van 22 oktober 1973 traden dezelfde verschijnselen op. Maar bovendien nam men nu, in een situatie waarbij al veel vaker was gemeten – een opening van 3,5 m en een verval van 1m – onverwachte trillingen waar, met een versnellingsamplitude van 0,35 m/s^2, bijna twee maal zo groot als tot dan toe ooit was gemeten. De amplitude van de krachtsvariatie per hefwerk bedroeg daardoor ca. 100 kN, wat geen aanleiding geeft tot ongerustheid, maar wel tot nieuwsgierigheid naar dit grillige verschijnsel.
Afgezien hiervan zullen er nog trillingsmetingen worden uitgevoerd bij grote ebvervallen van 1,5 m of meer. Daartoe moet echter op bijzondere weers- en getijomstandigheden worden gewacht.

Golfklapmetingen

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

waarden, om daarna bijna even snel weer af te nemen. De grootste drukken doen zich voor in de omgeving van de stilwaterlijn. Maar door het sterke toevalskarakter van het hiervoor beschreven mechanisme, komen ze nogal gespreid voor. De zwaarste klappen zullen in het algemeen optreden in perioden met hoge golven. De waterstanden zijn dan meestal ook hoog, niet alleen omdat dezelfde sterke wind die hoge golven opwekte ook opwaaiing zal veroorzaken, maar ook omdat golven uit zee bij lagere waterstanden de sluizen niet over het bankengebied in de Haringvlietmond heen kunnen bereiken. De zeer hoge golven die bij de bijbehorende hoge waterstanden optreden, zullen goeddeels over de zeeschuif heen lopen, maar toch voldoende afgevlakt worden om geen klappen meer te kunnen geven op de rivierschuif. Bijgevolg krijgt de zeeschuif, zoals het hydraulisch onderzoek 15 jaar geleden al uitwees, alleen golfklappen te verduren bij niet zeer hoge waterstanden. De golven zijn dan echter klein en voornamelijk in de directe omgeving opgewekt; ook de golfklappen zijn dan maar van bescheiden grootte. Vooral de lokale windsnelheden zijn daarbij van belang. Verder is het optreden van golfklappen sterk gebonden aan de windrichting. De golffronten moeten loodrecht op de sluis aankomen om klappen te geven en de wind moet een voldoende grote strijklengte hebben om hoge golven te kunnen opwekken. Alleen in een zeer nauwe sector van het kompas – voor de zeeschuiven om het noordwesten, voor de rivierschuiven om het zuidoosten – kon de wind dus golfklappen veroorzaken.



Uit het voorgaande zal duidelijk zijn geworden dat de uitwateringssluizen slechts zelden aan belangrijke golfklappen worden onderworpen en dat ook de gelegenheden waarbij interessante meetresultaten verwacht mogen worden, schaars zijn. Van alle keren dat voor een meting werd uitgerukt, was de golfaanval maar in acht gevallen interessant genoeg om registraties te maken. Bij vier van die gelegenheden vielen dynamische klappen waarover we hier meer bijzonderheden willen geven. Bij de storm van 21 en 22 november 1971 was de windsterkte op zee 9 Beaufort, maar aan de kust duidelijk minder. De wind ruimde langzaam door het noordwesten. De significante golfhoogte op 1 km zeewaarts van de utiwateringssluizen varieerde afhankelijk van het getij tussen 1 en 1,5 m. Er werd 1 klap van 40 kN/m^2 gemeten en een aantal klappen van ongeveer 25 kN/m^2.
De zeer zware storm van 13 november 1972, die op het land zoveel schade veroorzaakte, heeft zich op het Haringvliet niet in volle hevigheid gemanifesteerd: de windkracht kwam daar niet hoger dan 9 Beaufort, waarbij het woei uit het NNW. De significante golfhoogte vóór de sluis bedroeg ongeveer 1,3 m. Er werden slechts een paar klappen van 22 kN/m^2 gemeten.
Gedurende de storm van 21 september 1973 was de windrichting gedurende korte tijd precies NW bij een windsterkte van 8 Beaufort. De significante golfhoogte bedroeg ongeveer 1 m. De zwaarste gemeten klap bij deze gelegenheid was er een van 35 kN/m^2; één procent van alle tegen de zeeschuif aanlopende golven gaf een belasting van meer dan 15 kN/m^2.
Op 21 oktober 1973 ruimde de wind, bij sterkte 8 Beaufort, van west naar noord. Er was een vrij aanzienlijke waterstandsverhoging, waardoor de gesloten zeeschuif geen klappen kreeg. Toen de zeeschuif over 1,5 m werd geheven, registreerde men één klap van 40 kN/m^2; daarna kwamen nog een paar klappen van 20 tot 30 kN/m^2. Tijdens de zeer zware storm van 2 april 1973 kwamen geen klappen voor. De windrichting was aanvankelijk vrijwel westelijk; de sterkte bedroeg 11 à 12 Beaufort. Tijdens het passeren van het front ruimde de wind zeer snel naar NW, terwijl de windkracht tegelijk en even snel afnam tot 7 Beaufort. Een dergelijk verloop werd overigens vaker geconstateerd.
Dit beperkte aantal interessante meetresultaten staat nog geen betrouwbare conclusies toe. De tot nu toe gemeten belastingen zijn in elk geval aanzienlijk lager dan die waarop de schuiven zijn berekend. De voorlopige indruk bestaat dat het verloop van een klap in de tijd, zoals die destijds door het model werd voorgesteld, een goede overeenkomst vertoont met de werkelijkheid; de hoogte van de drukpiek lijkt in werkelijkheid wat lager te zijn dan het model aangaf.

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

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

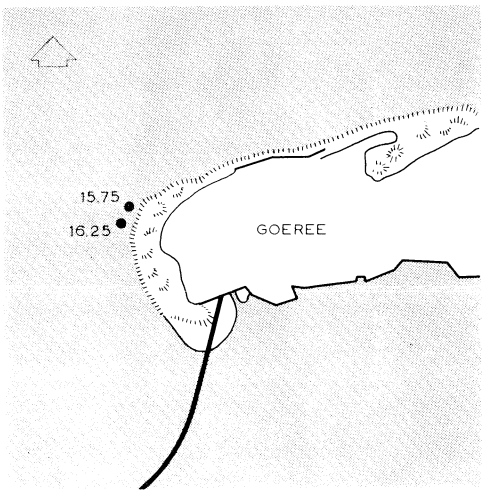
Uit de tot nu toe uitgevoerde metingen kunnen nog geen verstrekkende conclusies getrokken worden; wel lijkt het veilig te veronderstellen dat er voorshands geen reden is om beperkingen op te leggen aan het sluisbedrijf. Tot het nemen van maatregelen bij zeer uitzonderlijke omstandigheden zal steeds tijdig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

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

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

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

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



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

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

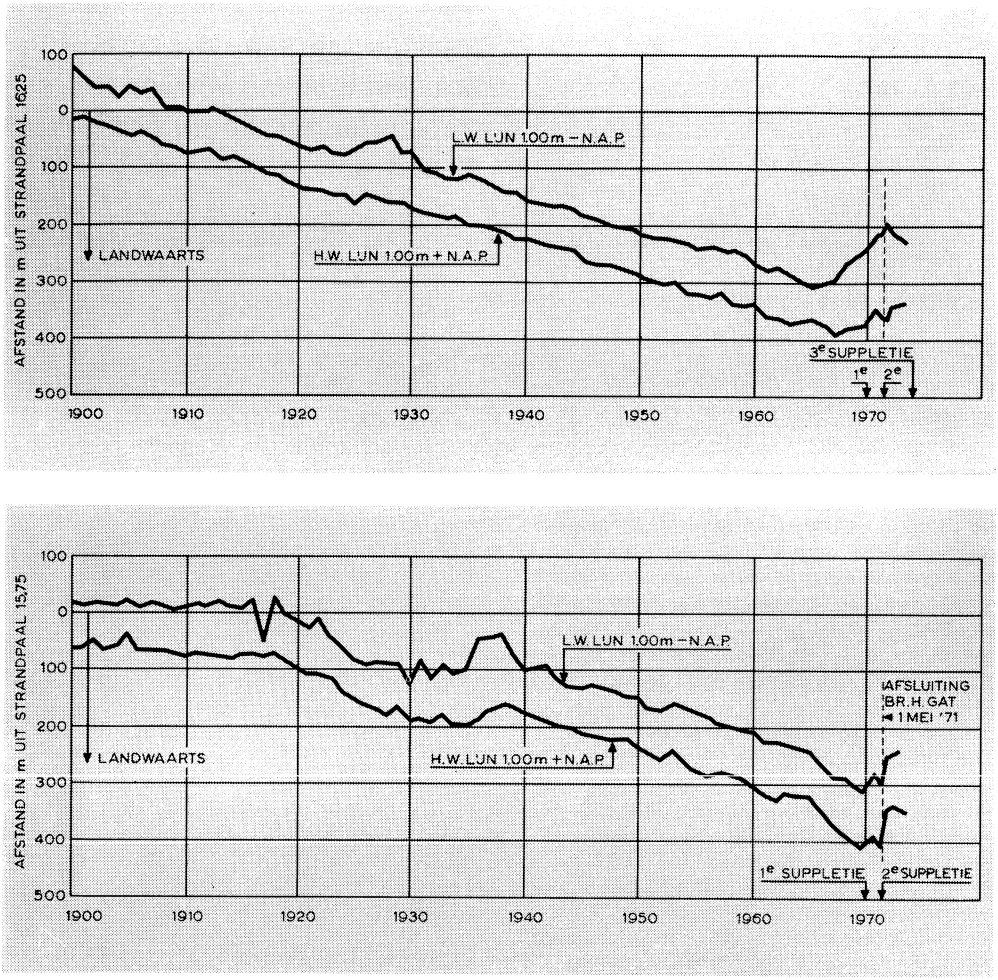
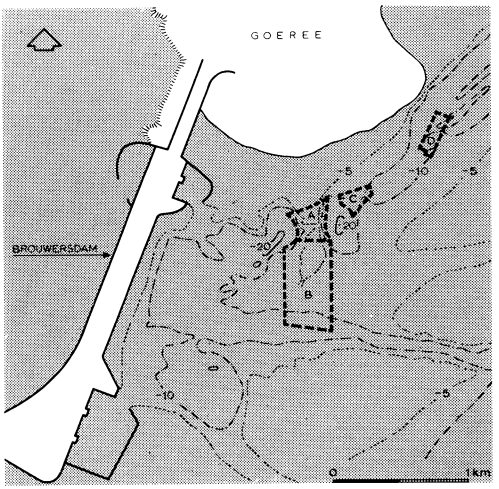


Fig. 1. Verloop van de H.W.- en L.W.-lijnen in de raaien 16.25 (boven) en 15.75 in de loop van een aantal jaren

toeneming van de erosie in het geheel niet zal optreden.
De derde suppletie, die nu gaande is, vindt plaats over een lengte van 3 km langs de kust, tussen de strandpalen 14^{50} en 17^{50}. Naast de op het strand gestorte hoeveelheid zand wordt langs de bestaande of verzwaarde duinen een stort aangebracht met een hoogte van tenminste N.A.P. + 6 m en een breedte variërend van 10 tot 60 m. De totale hoeveelheid hiervoor te verwerken zand bedraagt ongeveer 1 500 000 m^3. Aangezien deze zandsuppletie alleen niet volstaat om de veiligheid van de hoogwaterkering te garanderen volgens de bij de Deltawerken gehanteerde norm, wordt tevens de bestaande duinregel verzwaard en verhoogd. De duinregel, eigenlijk een soort zanddijk, heeft nu een kruinhoogte van N.A.P. + 6 m en een

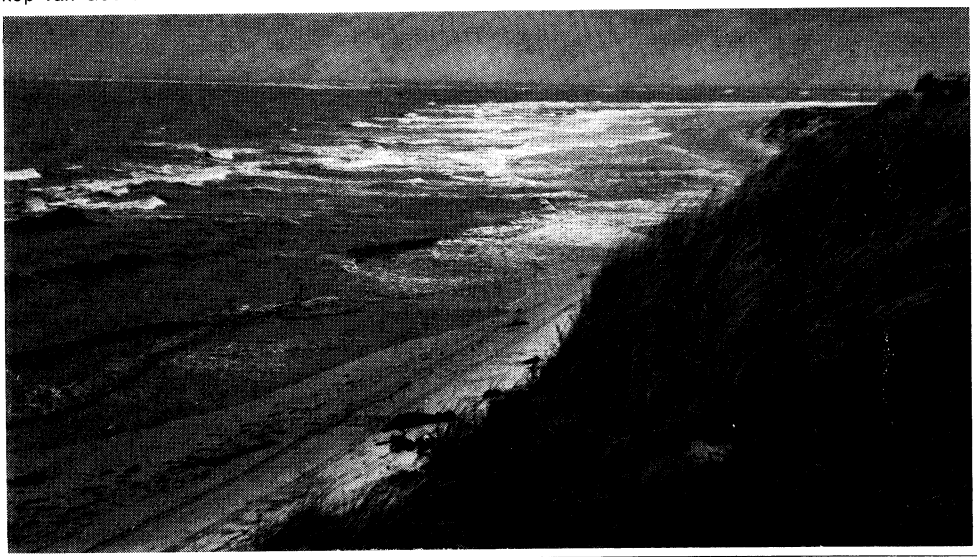
Fig. 2. Voor de suppletie aangewezen zandwinplaatsen in het Grevelingenmeer

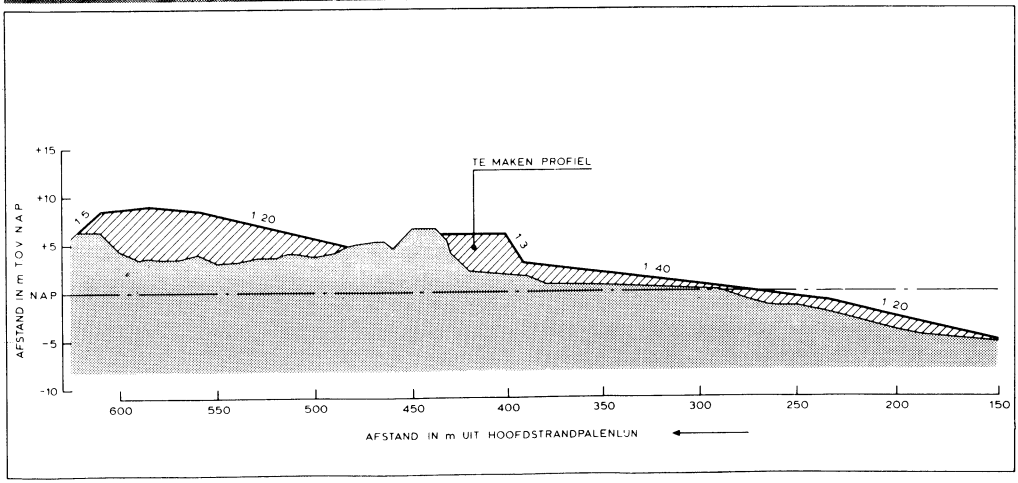


2

Fig. 3. Profiel van de ontworpen duinverzwaring

Foto: De zeereep aan de kop van Goeree





3



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

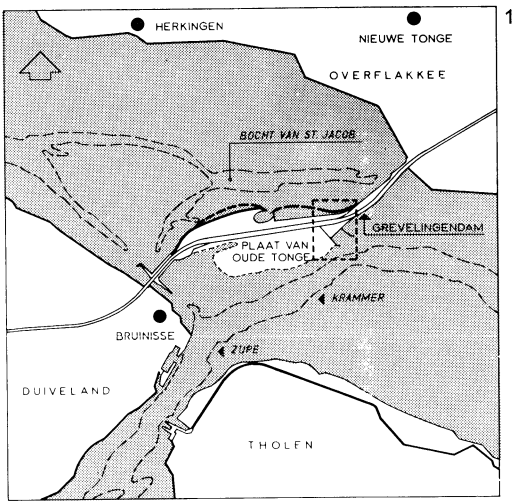
breedte van 15 m. Deze afmetingen zullen worden gebracht op N.A.P. + 8,50 m en 50 m. De voor deze versterking benodigde hoeveelheid zand is ongeveer 800 000 m^3. De totale hoeveelheid te verwerken materiaal komt daarmee op 3 000 000 m^3, waarin een geschat verlies van 20 à 25% is verdisconteerd.
Uiterlijk 12 april 1974 moet het werk opgeleverd worden en de gesuppleerde hoeveelheid van 1 500 000 m^3 zand wordt dan voldoende geacht om de voortgaande kusterosie tot minstens medio 1975 op te vangen.
Om deze grote hoeveelheid zand in dit relatief korte tijdsbestek te spuiten is de pasgebouwde bodemzuiger Sliedrecht 27 ingezet; dit vaartuig heeft een maximale zuigdiepte van 60 m. Het totaal geïnstalleerde vermogen bedraagt 10 000 pk, waarvan de perspompen 8000 pk voor hun rekening nemen.
Het zand wordt, evenals in voorgaande jaren, uit het Grevelingenbekken gezogen. Mede met het oog op de waterbeheersing in dit bekken worden hiervoor bepaalde plaatsen aangewezen (zie fig. 2). Uitgangspunt bij de keuze was dat de zandwinning op zodanige plaatsen dient te geschieden dat bestaande geulen en zandwinputten met elkaar in verbinding worden gebracht. Voorkomen diende te worden, dat opnieuw geïsoleerde putten zouden ontstaan. Verbindt men de putten en geulen onderling, dan werkt de zandwinning in gunstige zin op de circulatiestromen die door de wind op gang worden gebracht. Een gelijkmatige verdieping tot een niveau van N.A.P. – 15 m is in dit geval gewenst.
Het opgezogen zand wordt via een 900 m lange drijvende leiding en een 350 m lange zinker naar de wal geperst, vanwaar het zand via een 2,5 tot 5,5 km lange walleiding in het werk wordt gespoten. Vanwege het grote geïnstalleerde vermogen van de zuiger kan het zand zonder tussenstation naar het werk worden geperst.
In de beginperiode van de suppletie zijn grotere verliespercentages opgetreden dan was verwacht. Uit de zuigputten kwam veel organisch materiaal omhoog, hetgeen de verliezen deed toenemen. Omdat slib gemakkelijker dan zand door de stroom wordt meegevoerd zullen hoge slibgehalten de verliespercentages groter maken en dus ook de kosten verhogen. Een nadelige bijkomstigheid was nog, dat het aan de kop van het eiland Goeree verloren gegane slib niet ten goede is gekomen aan de aangrenzende kustgedeelten.
Op grond van de tot nu toe opgedane ervaringen en van de ervaringen in de komende jaren zal de omvang van de maatregelen die nodig zijn ter bescherming van het Westhoofd van Goeree, in de toekomst nauwkeuriger kunnen worden voorspeld dan voorheen.
Naast suppletie worden voor het tegengaan van de kustaantasting ook alternatieve oplossingen in beschouwing genomen, zoals het afsluiten van het Schaar.

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

Bescherming van de Plaat van Oude Tonge

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

Eind 1969 is men maatregelen gaan nemen om verdere teruggang van de Plaat van Oude Tonge zoveel mogelijk tegen te gaan. De aanwezige strekdam werd verzwaard en aan de kop ervan werd een bezinkings- en bestortingsveld aangebracht. De beschermende werking van deze maatregelen bleek slechts van tijdelijke aard te zijn, want na oktober 1970 is de aantasting van zowel de Krammerplaat als de Plaat van Oude Tonge weer sterk toegenomen.
Tussen juni en november 1971 trad in dit gebied een grote oeverval op, waardoor de geul plaatselijk verondiepte van 17 tot 12 m beneden N.A.P. In februari 1972 mat men in dezelfde meetraai echter alweer een diepte van N.A.P. –20 m. Tussen februari en oktober 1972 deed zich een nieuwe oeverval voor, die de geul verondiepte tot N.A.P. –17 m.
In juli 1973 werd geconstateerd dat de geul alweer was uitgeschuurd tot N.A.P.-21,5 m, terwijl de oeverhellingen sterker waren dan daar



1

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

2

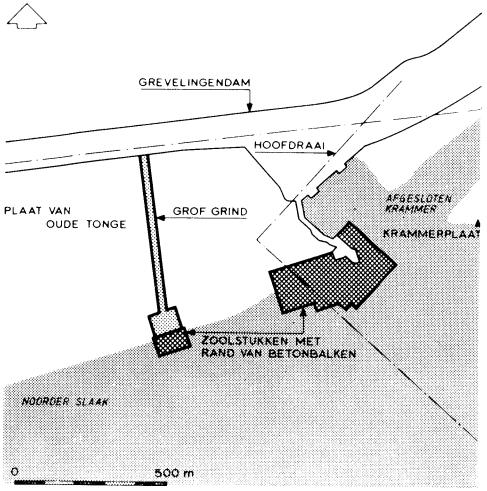
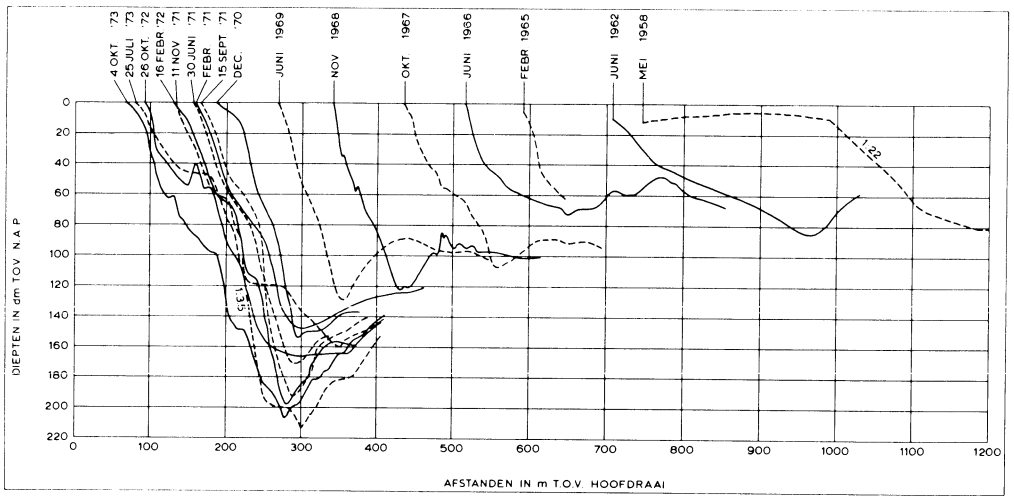


Fig. 2. Overzicht van het te maken werk

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

3



ooit tevoren was gemeten, namelijk gemiddeld 1:3,5 met maximale waarden 1:2,5.
Deze ontwikkeling, waarbij het erosieproces zich niet eenvoudig herhaalde, maar telkens omvangrijker werd, maakte het gewenst zo snel mogelijk maatregelen te nemen om verdere aantasting van met name de Plaat van Oude Tonge tegen te gaan. De verdediging van deze plaat is van belang enerzijds in verband met de veiligheid van de Grevelingendam in de periode tot de afsluiting van de Oosterschelde, anderzijds me het oog op de belangrijke recreatieve functie die de plaat zou kunnen vervullen na de afsluiting van de Oosterschelde.
De maatregelen die hiertoe noodzakelijk worden geacht, zijn aangegeven in figuur 2. In hoofdzaak zijn ze bedoeld om de sterk aangevallen zuidoostpunt van de Plaat van Oude Tonge te verdedigen. In de omgeving van de bestaande strekdam zullen diepe geulgedeelten die onder een steil talud staan met mijnsteen worden opgevuld; daaroverheen wordt vervolgens een bezinking gelegd met een oppervlak van 70 000 m^2.
De kop van de strekdam wordt onder een talud van 1:5 tot aan de bezinking doorgezet; de strekdam zelf wordt geherprofileerd. Ongeveer 600 m meer naar het westen wordt over de Plaat van Oude Tonge een grinddam aangelegd van 500 m lang, waarvan de kop wordt verzwaard door middel van een bestorting en een bezinking.

Deze werkzaamheden zijn op 30 oktober 1973 aanbesteed.

De zandsluiting van de Geul in de Oosterschelde

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

De Geul is met zand gesloten omdat berekeningen uitwezen dat dit niet slechts technisch zeer wel mogelijk, maar ook het goedkoopste was. Om dit laatste te kunnen vaststellen moest onder meer een benaderende schatting worden gemaakt van de te verwachten zandverliezen. Nu was dit niet de eerste keer dat een stroomgeul met zand werd gedicht. In het Brielse Gat is dit twee keer gebeurd, een deel van de Lauwerszeedijk is zo tot stand gekomen, en ook de sluiting van het Noord-Pampus als onderdeel van de Haringvlietsluiting en van het Springersdiep in de Brouwersdam is met zandspuiten verwerkelijkt.
Een samenvattend artikel over deze materie verscheen in Bericht 62 (november 1972). Een bij de Rijkswaterstaat ontwikkelde methode om de zandverliezen te voorspellen was al enkele malen aan de praktijk getoetst. Bij de zandsluiting van de Geul heeft men daar zijn voordeel mee gedaan, en tegelijkertijd de rekenmethode opnieuw verfijnd en getoetst.
De gebruikte methode berust op de berekening van het zwevende zandtransport. Dat alleen het zwevende zandtransport in aanmerking wordt genomen heeft daar mee te maken dat bij alle gerealiseerde zandsluitingen alleen fijn zand is gebruikt, met een diameter van minder dan 250 micron. Het bodemtransport kan in dat geval verwaarloosd worden. Wordt grovere specie, met een diameter van meer dan 300 micron gebruikt, dan telt het bodemtransport wel mee.
Voor de berekening van het zwevende transport bestaan allang formules. Ze gelden echter voor stationaire stromen en onder evenwichtsvoorwaarden, dat wil zeggen dat er geen erosie of sedimentatie optreedt. Aan geen van beide voorwaarden wordt bij een sluiting in een getijdengebied voldaan. De stromen veranderen gedurende het getij van snelheid en richting, en in het gebied van het sluitgat treden zowel erosie als sedimentatie op, vanwege de versnellingen en vertragingen die de waterstroom in het gebied van het sluitgat ondergaat. Het is echter gelukt de formule voor stationaire stromen en evenwichtstoestanden middels bepaalde schematiseringen ook toepasbaar te maken op de omstandigheden in een getijdegebied.
Een sluitgat kan worden verdeeld in twee gebieden: het gebied van het stort en de rest van het sluitgat. In beide gebieden wordt de zandtransportcapaciteit, dat is de transportcapaciteit die onder evenwichtstoestand optreedt, groter onder invloed van de toename van de snelheid van de waterbeweging. Dat betekent dat er erosie van de bodem optreedt. Er is echter een zekere afstand nodig om een bepaalde opgewervelde hoeveelheid zand gelijkmatig over de verticaal te verdelen. Doorgaans is die afstand langer dan de breedte van het sluitgat. Daarom wordt uit het sluitgat minder zand geërodeerd dan de zandtransportcapaciteit aangeeft.
De evenredigheidsfactor kan worden bepaald door de in een sluitgat opgetreden erosie te vergelijken met de berekende zandtransportcapaciteit. Deze verhouding bleek te liggen tussen 0,05 en 0,6 met een gemiddelde waarde van 0,1. Tot nu toe werd altijd gerekend met een verhoudingsfactor 0,25.
Op het stort krijgen we een geheel andere toestand. Hier wordt zeer veel zand in suspensie aangevoerd vanuit de perspijpen zodat de hoeveelheid zand in het water veel groter is dan de zandtransportcapaciteit. Er is

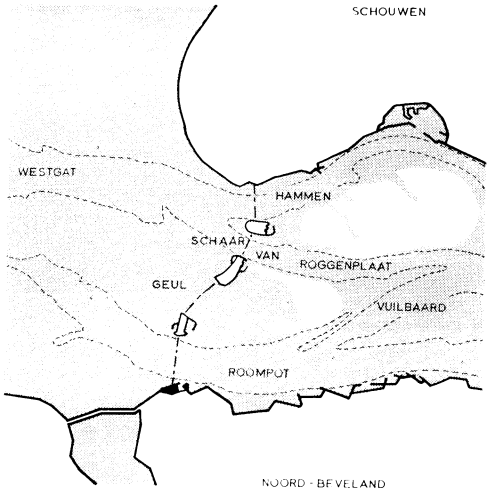


Fig. 1. Situatie van de geulen in de mond van de Oosterschelde

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

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

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

Met de bovenbeschreven rekenwijze wordt overigens het *bruto*-zandverlies bepaald, al dat zand dus, dat van het stort en van de bodem van het sluitgat wegstroomt. Een deel echter van het zand dat uit het sluitgat wordt weggevoerd, slaat terzijde van de beteugelingsdam, maar nog binnen de teenlijnen van de definitieve dam neer. Dit zand kan in het totale werk niet als verloren worden beschouwd. Daarom voeren we nu een term *netto*-verlies in, dat is het verschil tussen de zuigerproduktie en de sedimentatie tussen de teenlijnen van de definitieve dam.

De voorspelde bruto-zandverliezen

De zandverliezen hangen behalve van de zuigerproduktie ook af van de werkwijze die men bij de sluiting toepast. Voor de afsluiting van de Geul waren 5 werkwijzen denkbaar; sluiting van noord naar zuid, al of niet voorafgegaan door de uitbouw van een damvak over de plaat bij Noordland; sluiting van zuid naar noord; sluiting van noord naar zuid voorafgegaan door zandklappen tot N.A.P. — 4 m en aanleg van twee damaanzetten, een aan elke zijde van het sluitgat; en tenslotte sluiting met twee storten, een aan de noord- en een aan de zuidzijde.

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

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

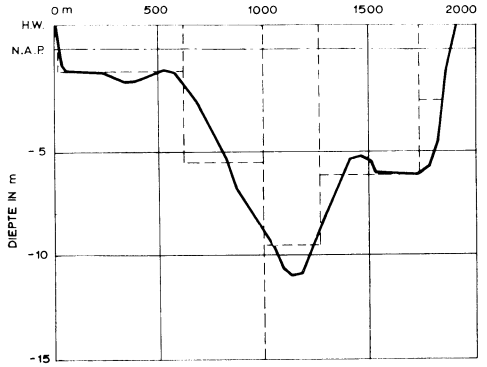
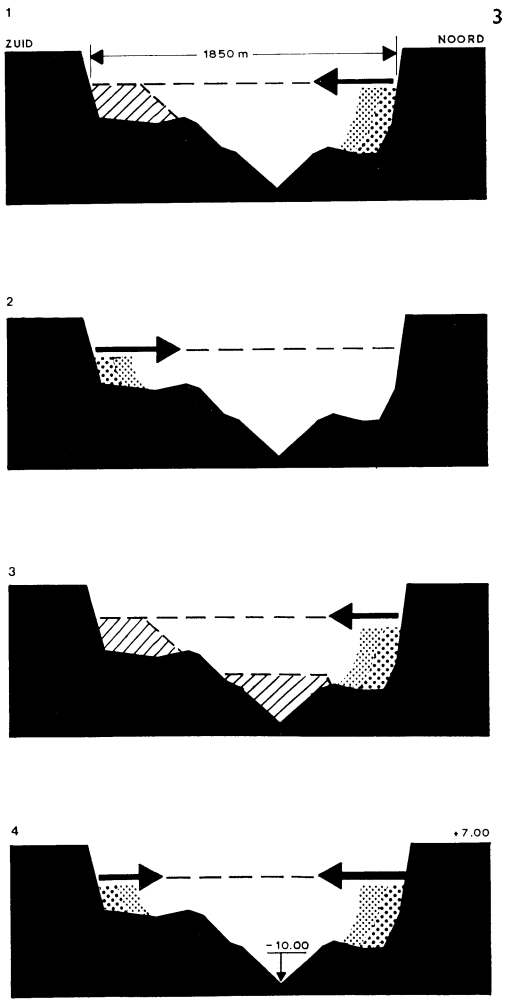


Fig. 2. Vertrokken schematisering van het sluitgat 'Geul'

Fig. 3. De mogelijke sluitingsvarianten

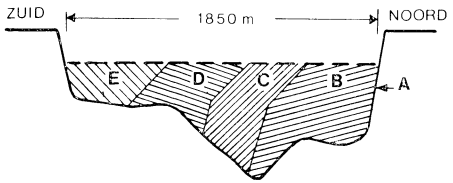


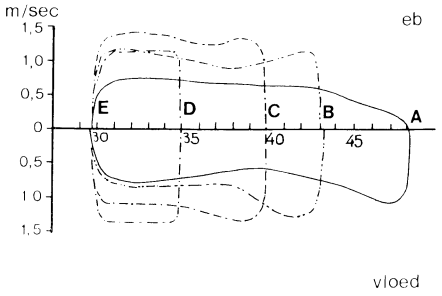
delen van de Geul te gering was om snelheidsverticalen te kunnen opzetten. Uitgaande van de aldus verkregen gegevens werden voor elk der drie hoofdvarianten de bruto-zandverliezen per fase van de afsluiting in kubieke meters per getij bepaald.
Om het totale zandverlies over de gehele sluiting te kunnen berekenen zijn daarnaast nog twee gegevens nodig. Ten eerste moet het profiel van de sluitkade bekend zijn. De afmetingen van de sluitkade maakt men in het belang van de werksnelheid natuurlijk zo klein als technisch maar verantwoord is.
De zandinhoud van de sluitkade door de Geul bedoeg 3,3 miljoen m^3. Ten tweede dient men de zuigerproduktie te kennen. Bij de Geul is na oriënterende berekeningen een zuigerproduktie aangenomen van 500 000 m^3 per week ofwel ongeveer 30 000 m^3 per getij. Voor het opstorten van de drempel werd op een produktie van 200 000 m^3 per week of 14 000 m^3 per getij gerekend. Op basis van deze gegevens werden de zandverliezen berekend als weergegeven in tabel 1.

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

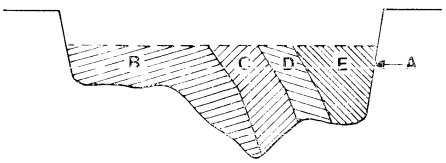
	Voorspeld zandverlies milj. m^3	Duur sluiting in aantal getijden
Sluiting van N naar Z	0,98	118
Sluiting van Z naar N	1,36	126
Sluiting opklappen en daarna sluiting van N naar Z	2,72	172

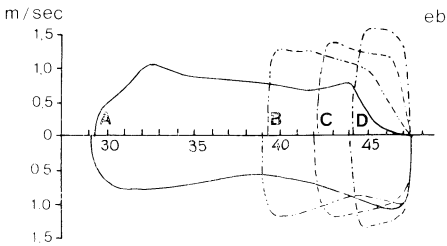
VARIANT 1



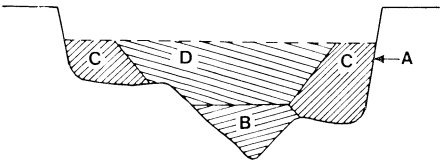


VARIANT 2





VARIANT 3



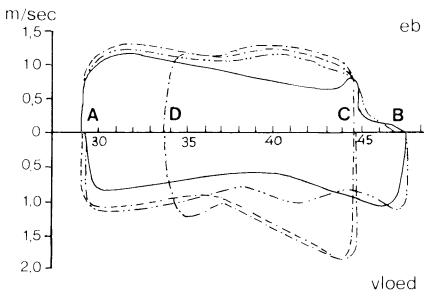


Fig. 4. Maximale eb- en vloedsnelheden bij de verschillende sluitingsvarianten

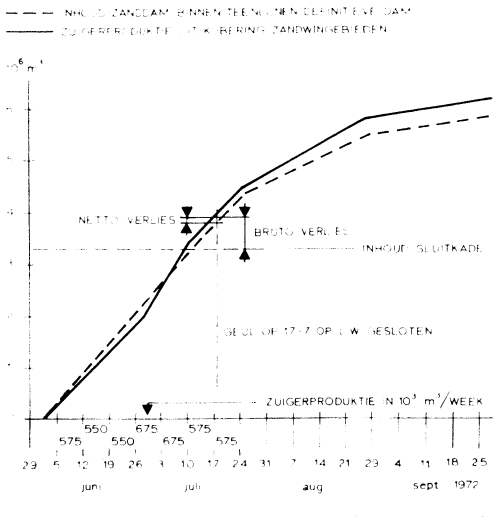


Fig. 5. Verloop van produktie en verlies gedurende de zandsluiting

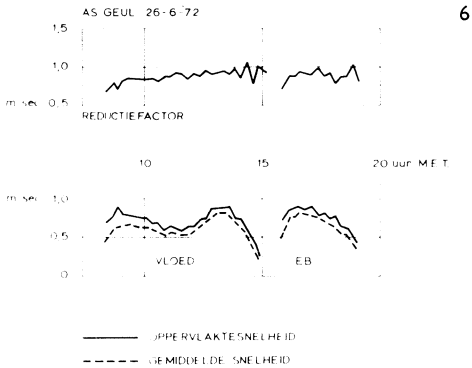


Fig. 6. Relatie tussen oppervlaktesnelheden en gemiddelde snelheden in het sluitgat en de daaruit afgeleide reductiefactor

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

Vergelijking

Tabel 2 vat de resultaten nog eens samen:

Tabel 2. Voorspelde en opgetreden zandverliezen in mlj. m^3

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

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

7

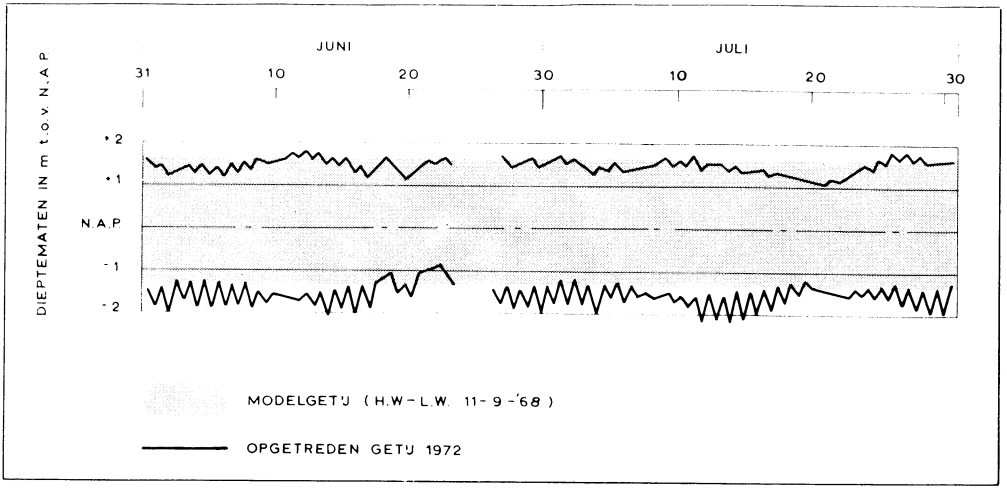


Fig. 7. Verschil tussen het modelgetij, gebaseerd op een meting in 1968, en het in 1972 werkelijk opgetreden verticale getij

8

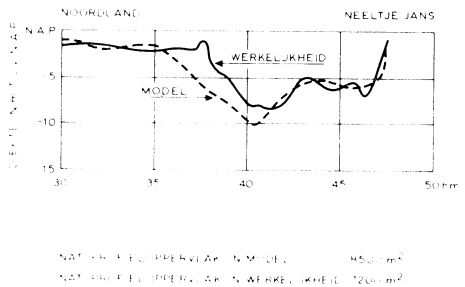
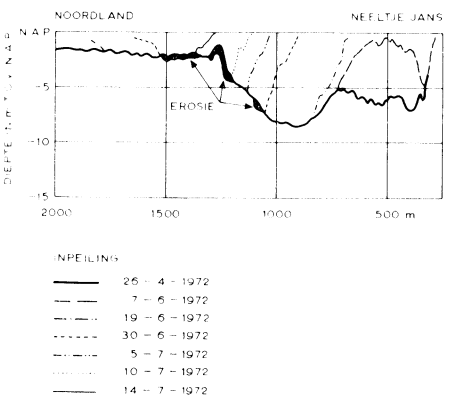


Fig. 8. Verschil tussen het natte profieloppervlak van model en werkelijkheid

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

9



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

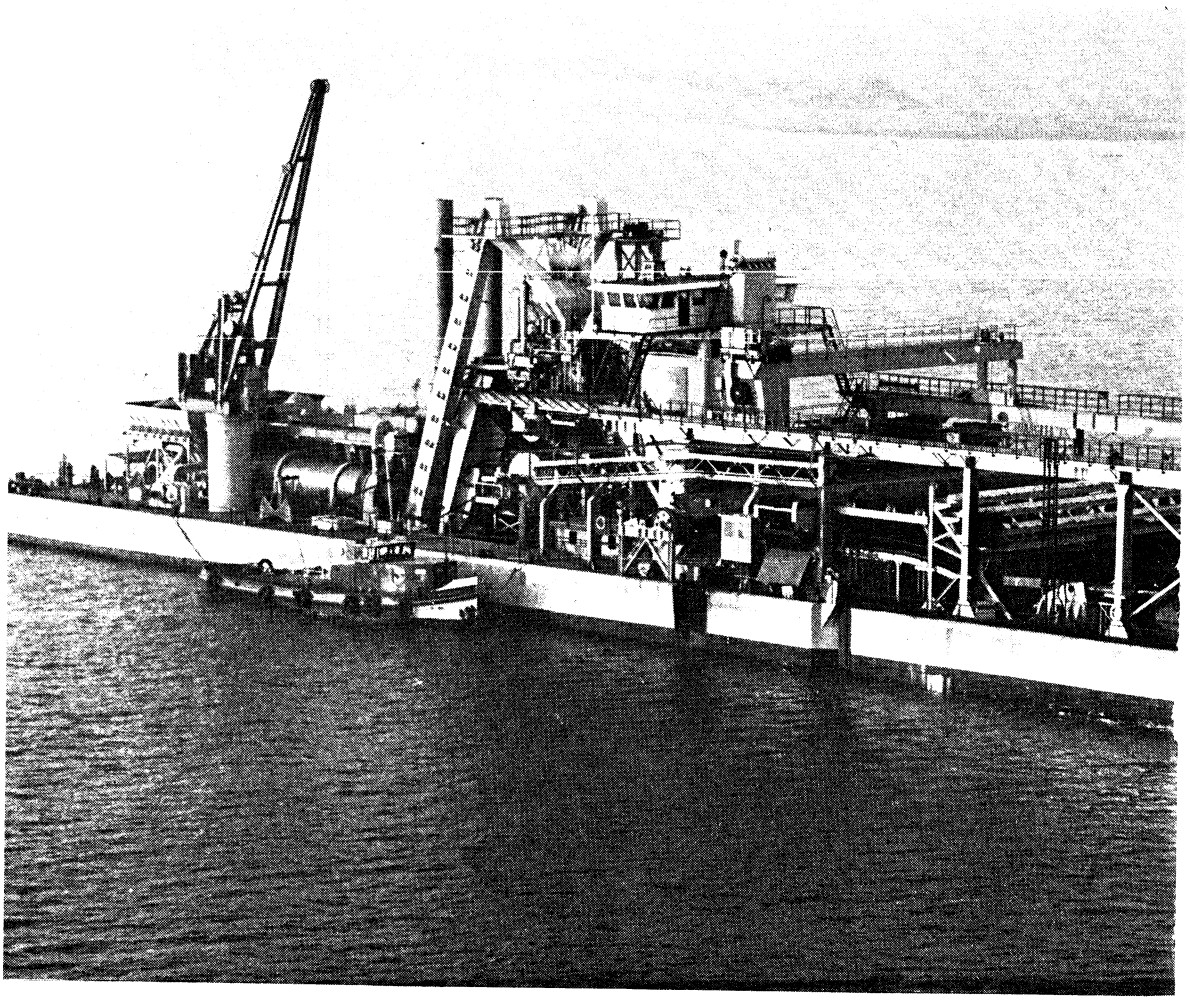
Tabel 3. Gegevens van een aantal zandsluitingen

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

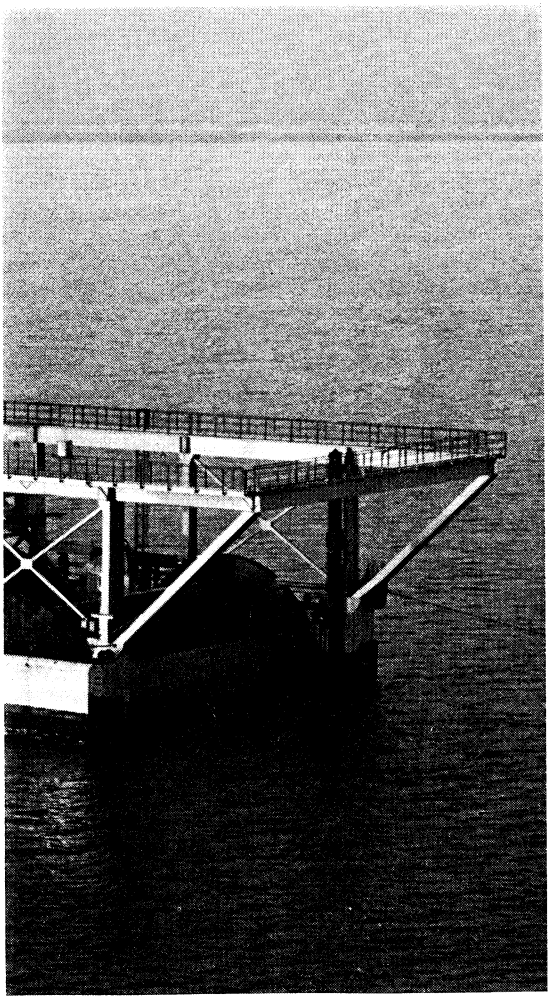
[1] aanzanding

stroombeeld en de snelheden; het effect daarvan op de voorspelling van het zandverlies is echter niet nagetrokken.
In dit model werd de Oosterschelde van 1967 afgebeeld. Het langsprofiel van het sluitingstracé in de Geul was in 1972 echter met 9% afgenomen. Er lag 570.000 m^3 meer zand in het profiel dan de modelproef aangaf, hetgeen het werk bekortte en de verliezen beperkte. De erosie van de Geulwand en de plaat bij Noordland viel ook mee, en de zuigerproduktie lag in werkelijkheid boven de 500 000 m^3 per week. Tegenover al deze gunstige factoren staat alleen dat er in feite gewerkt is met zand van iets kleinere gemiddelde doorsnee dan bij de voorspelling werd aangenomen.
De tweede berekening vooral van het bruto-zandverlies op basis van de reductie der snelheden naar het gemiddelde van de verticaal en met inachtneming van het juiste profiel van de dam bij de inpeiling, leidde tot een voorspeld verlies van 0,63 miljoen m^3. Deze waarde stemt zeer goed overeen met de in werkelijkheid opgetreden bruto-zandverliezen.
In tabel 3 kunnen de resultaten verkregen bij de Geul vergeleken worden met die van de andere zandsluitingen.
Eens te meer is gebleken dat de toegepaste rekenwijze een redelijk nauwkeurige schatting oplevert van de zandverliezen bij een sluiting van dit type. Bovendien is het grote belang aan de dag getreden van de grootst mogelijke nauwkeurigheid bij het invoeren van de randvoorwaarden in de berekening.

De nieuwe 'Jan Heijmans'



In het algemeen wordt bij het vooronderzoek, het ontwerp en de uitvoering van een waterstaatkundig werk in de eerste plaats uitgegaan van materieel en materialen die voorhanden zijn. Bij de voorbereiding van de afsluiting van de Oosterschelde ligt dat anders. Hier moeten voorzover dat technisch en economisch mogelijk is, de constructies van sommige onderdelen van het werk en de fasering van de uitvoering worden aangepast aan de bijzondere eisen die deze afsluiting stelt. De risico's die verbonden zijn aan het langzaam maar zeker plaatsen van een onverwrikbare waterscheiding in de labiele samenhang van stroom, lucht en bodem van de Oosterschelde, vereisten vooral vanwege de grote schaal van het probleem, een buitengewone voorzichtigheid.
Deze overweging, gegrond als ze is op uitgebreid waterloopkundig en grondmechanisch onderzoek, heeft onder meer geleid tot de vaststelling dat er nieuwe bodembeschermingsconstructies moesten worden uitgevonden en dat de gebruikelijke afmetingen van zulke constructies niet langer bruikbaar waren. Ook de wijze van aanbrengen van deze bodembeschermingen in het overgangsgebied tussen de stabiele afsluitdam en de dynamische bodem van de Oosterschelde, behoefde herziening. Deze overweging rechtvaardigt ook de grote investeringen die voor het betrekkelijk korte fabricage- en verwerkingsproces van de zinkstukken – 2,3 miljoen m^2 in 3 jaar – nodig zijn, grote investeringen voor bodembeschermingen die slechts betrekkelijk kort zullen functioneren, alleen immers in de jaren van 1974 t/m 1979, tijdens de opbouwfase van de primaire afsluitdammen en het aanbrengen van zand aan weerszijden van de dammen.



Zoals in Bericht 64 (mei 1973) in het artikel 'Bodembeschermingen–ervaringen en ontwikkelingen' reeds is gesteld, is bij de afsluiting van de Oosterschelde mede op grond van prijsvergelijking met onder meer de gesloten bodembescherming van asfaltmastiek, gekozen voor bodembeschermingen die waterdoorlatend en zanddicht zijn, te weten semi-klassieke stukken van filterdoek en hout, blokkenmatten en steenasfaltmatten.
Met deze constructies wordt bereikt dat geen wateroverdrukken onder de bodembescherming zullen optreden terwijl toch voorkomen wordt dat het zand van de onderliggende bodem door de zinkstukken heen wordt gezogen. Aangezien de paalworm die in het water van de Oosterschelde welig tiert, het hout van de semi-klassieke stukken aantast, worden deze stukken slechts onder de wintersluitgatdrempels van de primaire dam toegepast. Deze stukken behoeven immers maar één winter lang te functioneren; de ervaring wijst uit, dat ze dan nog praktisch onaangetast zijn. Voor de wintersluitgaten heeft men 450 000 m^2 aan bodembescherming nodig. De bodembeschermingen aan weerszijden van de primaire dammen zullen bestaan uit 800 000 m^2 blokkenmatten in het sluitgat Roompot en uit 1 000 000 m^2 steenasfaltmatten in de sluitgaten Schaar van Roggenplaat en Hammen.
De produktie van de blokkenmatten vindt, zoals Bericht 66 (november 1973) beschrijft, plaats in een speciaal daarvoor gebouwde fabriek op de wal van de werkhaven Sophiapolder. Het uitleggen ervan geschiedt met een eveneens speciaal daarvoor geconstrueerde ponton.

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

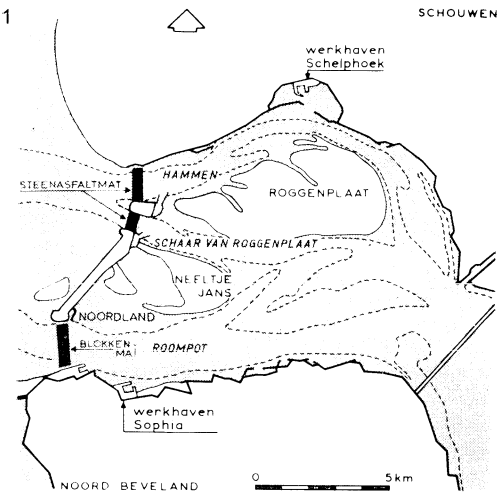


Fig. 1. Overzicht van de sluitingswerkzaamheden in de Oosterschelde

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

Constructie van de steenasfaltmatten

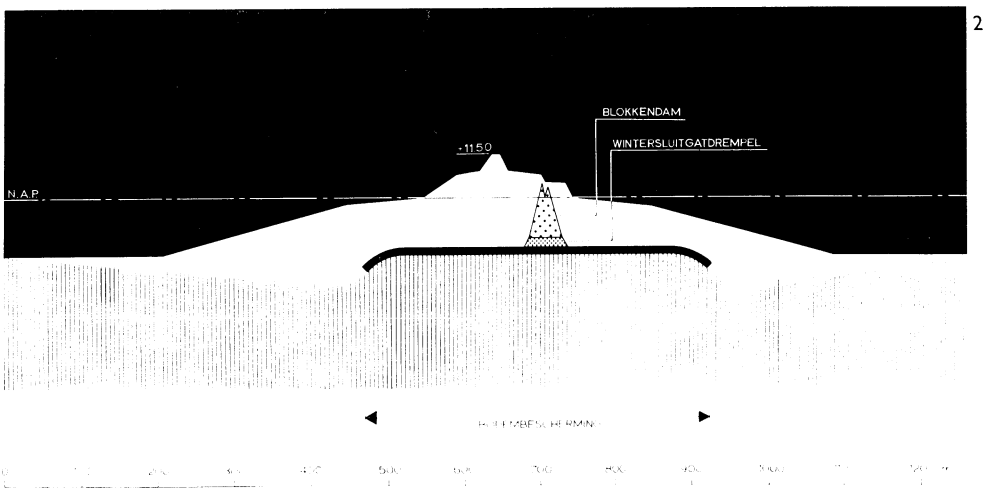
De 17 m brede matten, die in lengte zullen variëren van 150 tot 200 m worden samengesteld van steenasfalt, dat met een dikte van 12 cm in twee lagen op polypropeenfilterdoek wordt aangebracht. De maaswijdte van het filterdoek is afgestemd op een als gemiddelde voor het zand in de Oosterschelde aangenomen korreldiameter van 150 micron. De matten zijn aan de kopranden verzwaard met betonblokken, zodat de randen van de bezinking de te verwachten bodemverdiepingen zullen kunnen volgen. Per rand zijn twee blokken 13 cm minder hoog gemaakt dan de andere, zulks met het oog op de overlap van het ene stuk op het andere. Het gewicht van de randverzwaringen bedraagt 810 kg per meter, dat is totaal 5,6 ton per randverzwaring over de gehele breedte van het stuk. Omdat de matten tijdens het produktieproces worden voortgetrokken en

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

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

De inrichting van de Jan Heymans

Omdat de Jan Heymans tot 220 m lange zinkstukken moet fabriceren, en ze bovendien ook nog moet uitleggen is het bestaande casco verlengd, en wel met 27,60 m.
De afmetingen van het schip zijn zo gewijzigd, dat de stabiliteit nu voldoende is om de vereiste nauwkeurigheid bij het leggen van de stukken onder normale werkomstandigheden te garanderen. Deze nauwkeurigheid is gedefinieerd als een toegelaten speling op de bodem van 1 m, bij golven van 50 cm hoogte en een periode van 4 seconden en bij stroomsnelheden tot 1 m per seconde. De hoofdafmetingen van het schip zijn thans ten gevolge van de verbouwing: lengte 97,20 m, breedte 23,30 m en holte 5,15 m.
De werkdiepgang, die onder meer afhankelijk is van de hoeveelheid ballast in de ballasttanks en de op het schip opgeslagen bouwmaterialen, bedraagt gemiddeld 2,50 m. In het casco zijn een aantal droge tanks geplaatst, alsmede diverse tanks voor de opslag van zout-waterballast en voor drinkwater; voorts vindt men er twee bitumentanks voor de opslag van totaal 300 ton bitumen, twee vulstoftanks voor totaal 340 ton vulstof, vijf brandstoftanks voor 40 ton gasolie en 120 ton stookolie, drie machinekamers en ruimten voor de elektrische en hydraulische installaties, verwarming, compressoren en berging. Het casco bergt daarnaast ook nog 13 manschappenverblijven waarin totaal 24 personen kunnen overnachten.
Bovendeks staat op de ene helft van het schip de asfaltproduktie-installatie opgesteld, die een capaciteit heeft van ten minste 250 ton steenasfalt per uur en die bestaat uit een overslagkraan met een hijsbereik van 10 ton op 18 m, vier silo's voor de opslag van 150 ton zand en 150 ton steenslag, twee droogtrommels, twee warme ladders voor het drogen van respectievelijk het zand en de steenslag, twee roerketels met een inhoud van respectievelijk 25 ton en 50 ton voor de opslag van het menggietasfalt, en een lift voor het transport van het menggietasfalt vanuit de onderste roerketel naar de hooggeplaatste menginstallatie. De andere zijde van het dek wordt in beslag genomen door een installatie voor de vervaardiging van steenasfaltmatten. Ze bestaat uit een horizontaal produktieplatform dat als een hellingzate afloopt naar de matrol aan de voorzijde van het schip, en uit twee transportbakken die het steenasfalt langs respectievelijk ter bakboord- en stuurboordzijde van het schip aangebrachte railbanen vervoeren van de menginstallatie naar twee steenasfalt-verdeelwagens, die zich over twee traversen dwarsscheeps boven het produktieplatform kunnen verplaatsen. Boven het produktieplatform zijn voorts haspels met filterdoek geplaatst en nietmachines die de banen van het filterdoek moeten verbinden tot de vereiste breedte van 17 m, een haspel voor het afwikkelen van het 16,60 m brede wapeningsgaas en twee voorraadhaspels voor wapeningsgaas, ondersteuningen voor het afleggen van lege haspels, vier boven elkaar geplaatste rekken voor de berging van de betonblokken die nodig zijn voor de randverzwaringen van de steenasfaltmatten, een spijkerrol die remkracht op het zinkstuk moet leveren tijdens het oprollen van de steenasfaltmat op de matrol via het aflopende



2

3

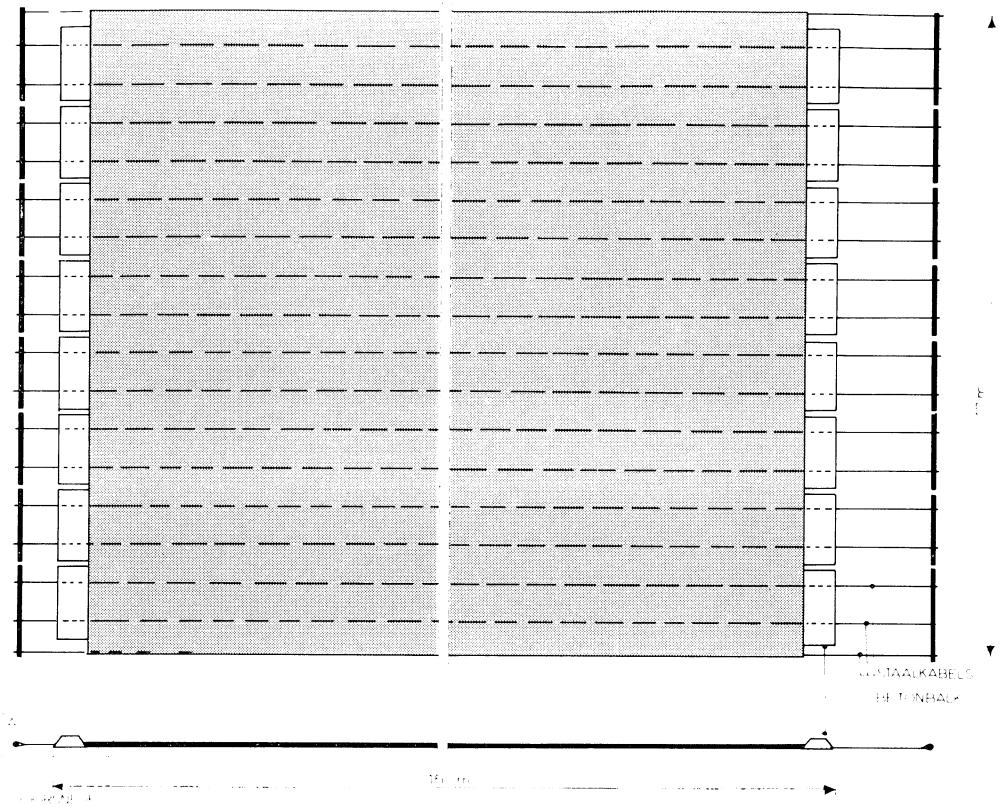
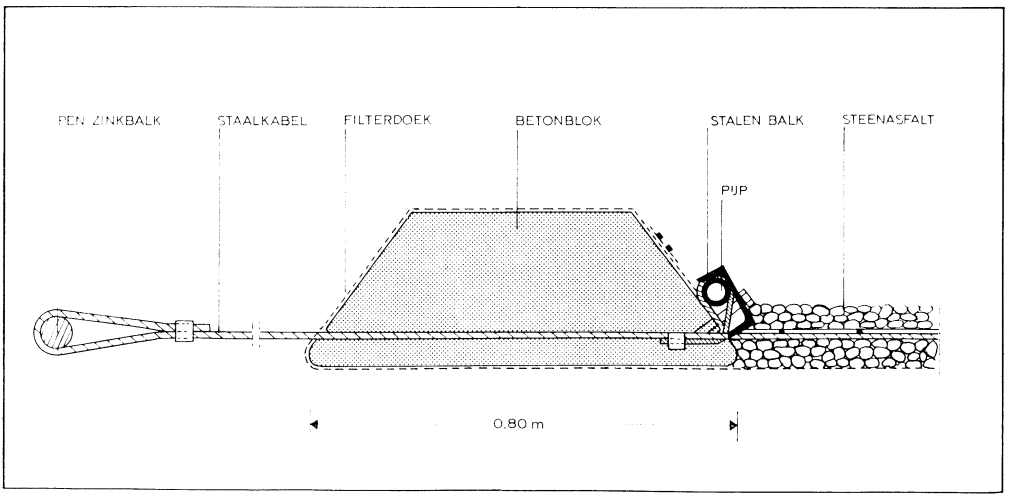


Fig. 3. Vorm en indeling van de steenasfaltmat

Fig. 4. Bevestiging van de randverzwaring

4



produktie-platform en een geperforeerde buis voor de waterkoeling van de warme steenasfaltmat, alvorens zij wordt opgerold. Boven het produktieplatform is langsscheeps een kraanbaan met loopbordessen aangebracht, waarover een traverse kan bewegen die op haar beurt weer is voorzien van een vaste en een verrijdbare bovenlooptakel, beide met een hefvermogen van 16 ton. In de taatsen aan de oren van het casco aan het vooreinde van het schip is de matrol – die 17,10 lang is en een diameter heeft van 8 m – opgelegd. De beweging van de rol en daarmede ook het open afspoelen van de steenasfaltmat geschiedt met aan weerszijden van de rol op het casco geplaatste hydraulische vijzels met elk een trekvermogen van 250 ton. De rol wordt langzaam rondgewenteld door afwisselende werking van deze vijzels op de rol.
Bovendeks vindt men ook het centrale bedieningshuis, de keuken en de messroom, een laboratorium, was- en magazijnruimten en nog een vulstoftank voor 300 ton vulstof. Op het dek zijn zes verhaallieren geplaatst, drie op het achterdek voor het hekanker en twee achter-zijankers en drie op het voordek voor het boeganker en twee voor-zijankers; op het achterdek staat verder een drietrommellier en op het voordek een viertrommellier (met twee reservetrommels), van waaruit de manipulaties met de zinkbalk tijdens het leggen van de steenasfaltmat worden geregeld.
De elektrische energie wordt geleverd door drie hoofddiesels van 660 pk, waarop generatoren van 550 KVA zijn aangesloten, een diesel van 248 pk met een aansluitende generator van 220 KVA en een diesel van 105 pk, met erop aangesloten een generator van 87,5 KVA.
Voor de vereiste nauwkeurige plaatsbepaling in de dwarsrichting van het schip maakt men gebruik van een elektromagnetisch systeem (het Tellurosysteem 1200, zie Bericht 41, augustus 1967, pag. 35 en 36) en van het girokompas. Voor de plaatsbepaling in langsrichting oriënteert men zich op aan de wal staande richtbakens.
Vanuit het midscheeps geplaatste bedieningshuis worden de verschillende op het schip aanwezige installaties, zoals de ankerlieren, de asfaltinstallatie, de transport- en verwerkingsinstallatie en de vijzels voor de rotatie van de matrol centraal bediend. In dit bedieningshuis kunnen de activiteiten op het schip worden gevolgd op de monitor van het gesloten televisiecircuit, dat op het vaartuig is aangebracht en waarvan de camera's op de meest strategische punten zijn opgesteld.
Ook kan in het bedieningshuis de zinkmanoeuvre worden geregistreerd, waarvan de gegevens worden opgenomen door een echopeilinstallatie die beweegbaar in de onderzijde van het schip is aangebracht.
De ombouw van de Jan Heymans is overigens zodanig uitgevoerd dat het schip in de beperkte tijd van ongeveer twee weken weer voor zijn oorspronkelijke functie – het aanbrengen van gesloten bodembeschermingen van asfaltmastiek door een stortpijp naar de bodem – kan worden ingericht.

Vervaardiging van de steenasfaltmatten

Voor de vervaardiging van de matten is een gedetailleerd draaiboek opgesteld. Het zou te ver voeren hier op alle details nader in te gaan, maar de hoofdlijnen van het produktieverloop willen we toch graag met u volgen.
De vervaardiging van de matten zal geschieden terwijl het schip in het sluitgat voor anker ligt. Zand en steenslag worden dan vanuit de aangelegde depots op het haventerrein van de werkhaven Schelphoek met beunschepen naar de Jan Heymans aangevoerd en met behulp van de overslagkraan in de daarvoor bestemde silo's overgeslagen. De haspels met filterdoek, waarvan de baanbreedte 4,75 m bedraagt, worden vanuit het magazijn in de werkhaven op een zolderbak naar de drijvende fabriek vervoerd en daar met de traverse in de taatsen geplaatst. Op dezelfde wijze vindt de aanvoer en de opslag op het schip plaats van de haspels met wapeningsgaas. Dit gaas, dat vanuit de fabriek in rollen ter breedte van 4 m, 3,80 en 4,80 m naar de werkhaven is aangevoerd, is te voren in een assemblageruimte op de werkhaven tot de vereiste breedte van 16,60 m samengeknoopt en op de lengte van het te maken zinkstuk afgeknipt. Een haspel met 200 m gaas weegt ongeveer 11 ton.
Het menggietasfalt wordt samengesteld uit 60 % plaatzand, 20 % zwakke vulstof, 10 % asfaltbitumen 270/330 en 10 % geblazen asfaltbitumen 85/40. Het bitumen is gemengd in de raffinaderij. Het eindprodukt, steenasfalt, heeft een samenstelling van 80 % steenslag (20/40 mm) en 20 % menggietasfalt. Het steenasfalt wordt in twee fasen in dezelfde menginstallatie bereid; eerst wordt het menggietasfalt geproduceerd bij een temperatuur van 140° Celsius en een viscositeit van circa 400 Poises, en daarna vindt menging plaats van het gietasfalt met de steenslag, bij een temperatuur van 110° Celsius. Het bereidingsproces verloopt als volgt. Het zand wordt na in de droogtrommels te zijn gedroogd en verwarmd via de warme ladders

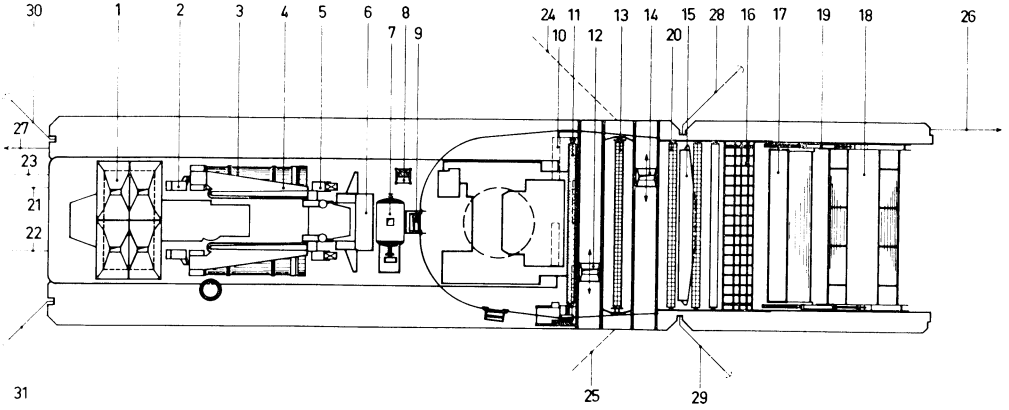
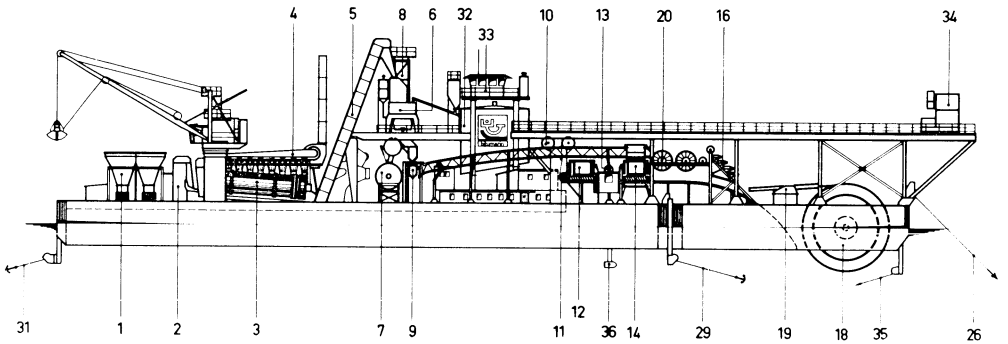
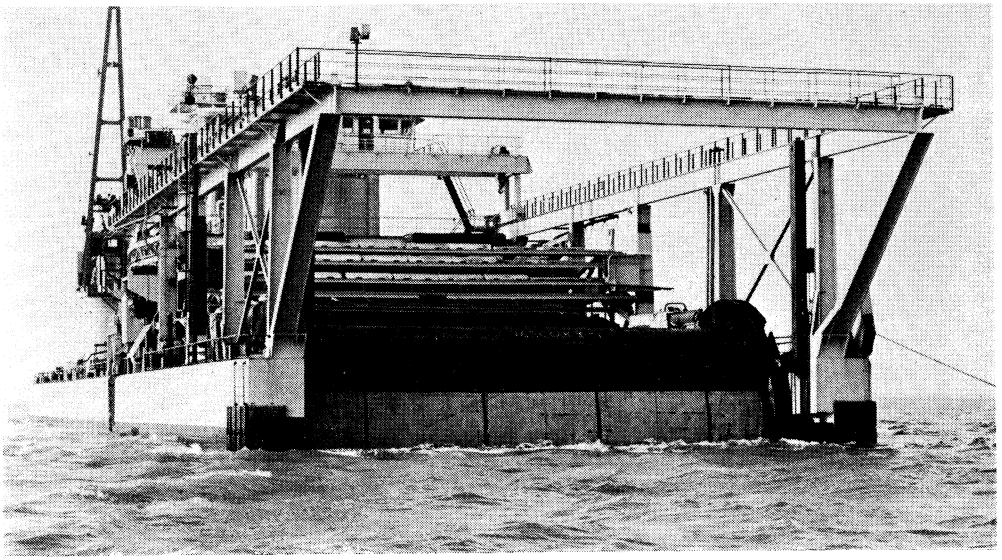


Fig. 5. De nieuwe 'Jan Heijmans'
Bovenaanzicht en zijaanzicht



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



De 'Jan Heijmans' van voren gezien

naar de menginstallatie vervoerd en daarin met de opgepompte bitumenmix en de vulstof gemengd. Het zo verkregen menggietasfalt wordt vervolgens afgevoerd en tijdelijk in de roerketels opgeslagen. Daarna wordt er vanuit de silo's via de droogtrommels en de warme ladders steenslag naar de menginstallatie aangevoerd en daar gemengd met het menggietasfalt, dat vanuit de onderste roerketel met de gietasfaltlift naar de menginstallatie is gebracht.
Aan de andere zijde van het schip kan men, zoals vermeld, de fabricage van de steenasfaltmat zelf volgen inclusief het oprollen ervan op de matrol. Dit gaat als volgt.
De 4 banen filterdoek worden van hun haspels afgerold en met behulp van gegalvaniseerd stalen nieten aan elkaar verbonden, hetgeen geschiedt met 3 nietmachines die boven de spijkerrol zijn geplaatst. Het doek wordt vervolgens onder de spijkerrol doorgetrokken totdat het kopeinde ervan ongeveer over een lengte van 6 m op het produktieplatform ligt. Dit trekwerk wordt gedeeltelijk door de traverse gedaan en gedeeltelijk geschiedt het met handkracht. De traverse trekt daarbij aan hulpdraden die enerzijds aan de traverse zijn bevestigd en aan de andere einden om de spijkerrol zijn geslagen. De rem van deze rol is tevoren gelicht. Nadat de ligging van het doek op het platform is gecontroleerd en zonodig is gecorrigeerd, wordt op het kopeinde van het doek – dit is het toekomstige staarteinde van het stuk op de bodem – de randverzwaring van betonblokken geplaatst. De betonblokken worden aan het doek en aan de straaldraadkabels van het wapeningsgaas bevestigd volgens de op fig. 3 aangegeven constructie. De betonblokken worden met de

Fig. 6. De assemblageruimte en de onderdelen ervan

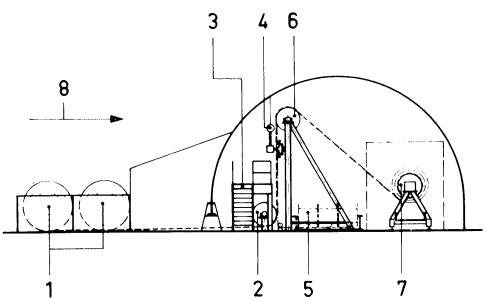
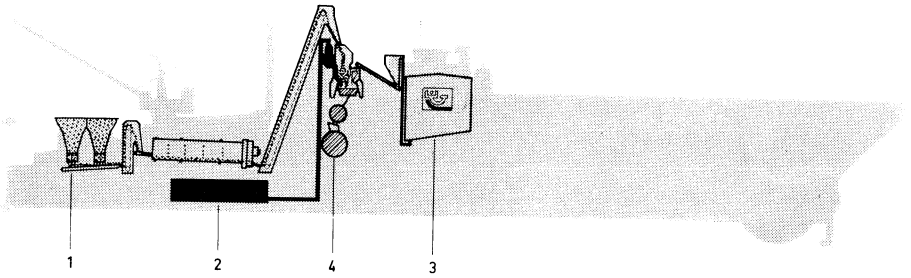
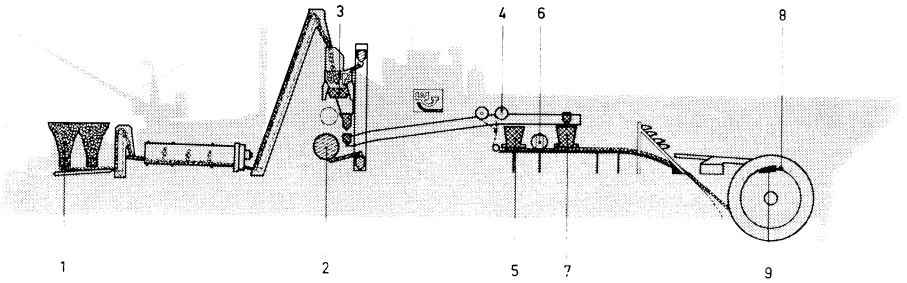


Fig. 6. Assemblageruimte
1 rollen wapeningsgaas
2 geleiderol
3 bordes
4 assemblageapparaat
5 haspels met kabels
6 geleiderol
7 haspel wapeningsgaas
8 werkrichting


1
2
4
3


3
4
6
8
1
2
5
7
9

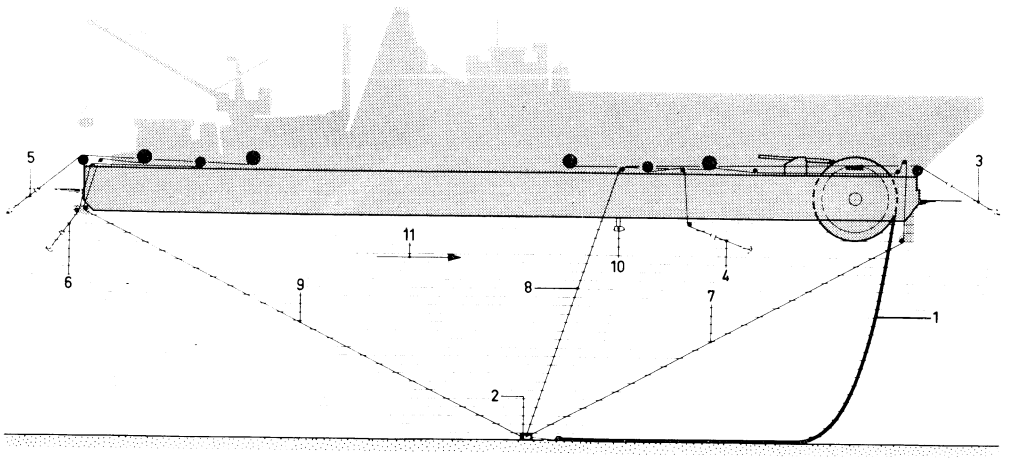

5
3
11
6
9
8
10
4
7
1
2

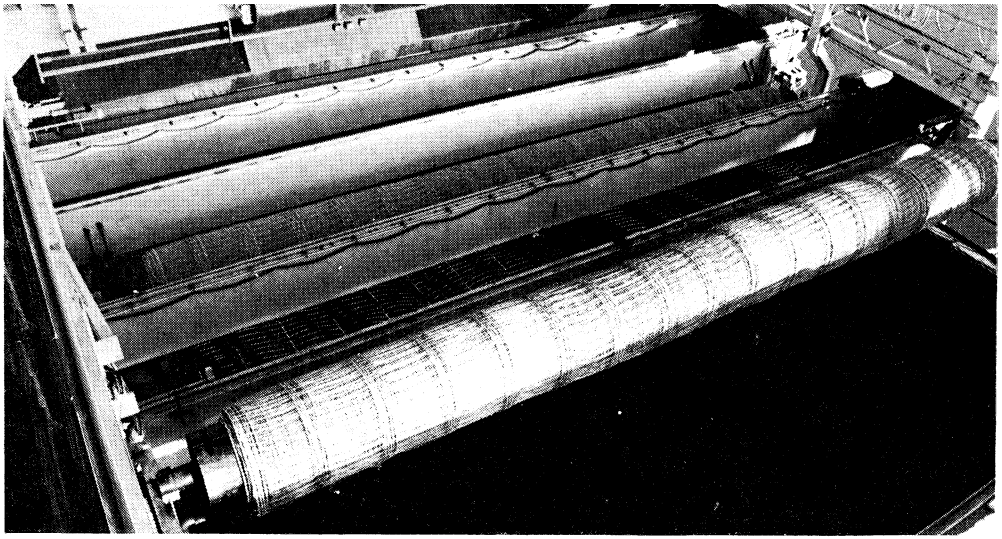
Fig. 7. Van boven naar beneden: de produktie van menggietasfalt, de vervaardiging en het leggen van de steenasfaltmat

1 zand
2 bitumen
3 vulstof
4 menggietasfalt

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

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

traverse, waaraan een evenaar is bevestigd, uit de voorraadrekken gelicht en op het doek geplaatst. Om de bevestigingsconstructie tot stand te brengen wordt het filterdoek aan het kopeinde, ter plaatse van de ligging van de staaldraadkabels, over een lengte van 1,75 m ingesneden, waarna met behulp van de kramplaten zomen in het doek worden gemaakt. De door de insnijdingen verkregen doekflappen worden om de betonblokken geslagen en de staaldraadkabels door de sleuven in de betonblokken gevoerd. De verbinding van het doek en de staaldraden wordt dan gemaakt met pijpen, die in de zomen van het doek en in de lussen op de staaldraden worden aangebracht, en ten slotte geborgd.
De evenaar, die eerder dienst heeft gedaan bij het aanbrengen van de betonblokken, wordt dan op het doek geplaatst en aan de ene kant vastgemaakt aan de staaldraadkabels en aan de andere kant aan een van de lieren op het schip verbonden. Door trekkracht uit te oefenen op deze hulpbalk terwijl de spijkerrol op het filterdoek blijft drukken kunnen het doek en de wapening over de volle breedte van het stuk worden strakgezet. Zijn deze werkzaamheden uitgevoerd, dan kan met het aanbrengen van het steenasfalt worden begonnen. Dit geschiedt in twee lagen: de onderste laag met de eerste verdeelwagen gerekend vanuit midscheeps, de bovenste laag met de andere verdeelwagen, nadat op de eerste laag het wapeningsgaas is aangebracht.
Voor de juiste verdeling van het steenasfalt op het doek wordt gezorgd door aan de verdeelwagens bevestigde verdeelwormen. De verdeelwagens worden vanuit de menginstallatie met steenasfalt gevoed door middel van transportbakken. Zowel de bakken als de verdeelwagens kunnen vier ton steenasfalt vervoeren.
Tijdens dit continue bedrijf – filterdoek nieten, eerste laag asfalt aanbrengen, wapening uitrollen, tweede laag asfalt aanbrengen, afkoelen van de mat met water, oprollen van de mat op de matrol –, wordt de mat met de lier met hulpbalk of evenaar over het produktieplatform voortgetrokken. Wanneer echter het kopeinde van de mat in de nabijheid van de helling van het platform is gekomen, wordt de voortbeweging overgenomen door de matrol. De hulpbalk wordt verwijderd en vervangen door de staartbalk, die met staaldraden aan de matrol is bevestigd. De rotatie van de rol wordt bewerkstelligd door de trekvijzels afwisselend inpalmend op de rol te laten werken. Het stuk wordt op deze wijze naar de rol toegetrokken en opge-



Een blik op het produktie-platform

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

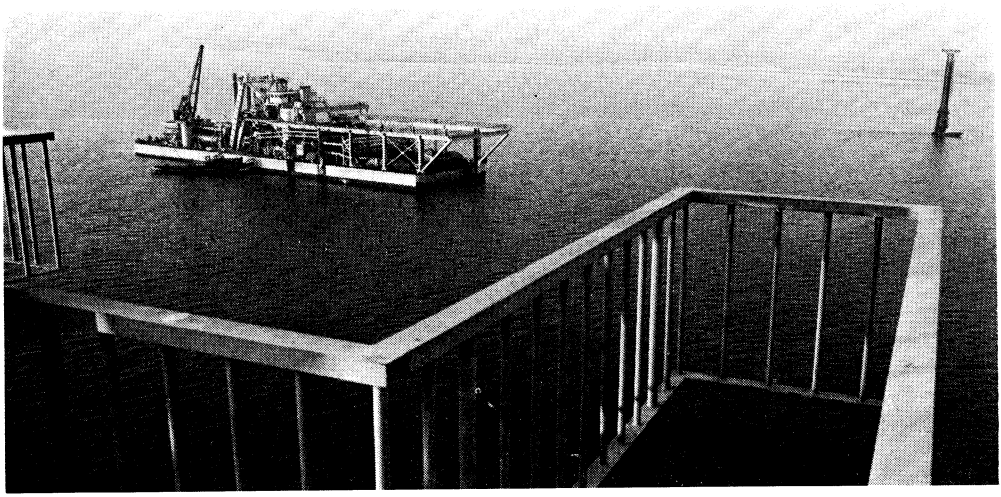
De remkrachten die met de spijkerrol op het doek worden uitgevoerd tijdens de produktie van de mat liggen tussen de 45 en 60 ton. Door deze remkrachten wordt de horizontale verplaatsing van de mat op het platform in de vereiste verhouding gebracht tot de roterende verplaatsing van de mat op de rol. De verhouding tussen deze verplaatsingen komt voort uit de voorwaarde dat de mat tussen de helling van het produktieplatform en de rol niet zodanig mag gaan doorhangen dat er breuk in het steenasfalt van zou kunnen komen. In verband daarmede is de minimum kromtestraal voor de mat gesteld op 4 m.
De verhouding in de verplaatsingen wordt gecontroleerd door twee automatisch registrerende lengtemeters en wel één op het platform en één op de matrol.
De vervaardiging en het oprollen van een steenasfaltmat van 17 x 200 m, waarvan het gewicht 850 ton bedraagt, vergt ongeveer 10 uur: 4 uur fabricage en verwerking van het steenasfalt en 6 uur bijkomende werkzaamheden, zoals het aanvoeren van materialen en het aanbrengen van de randverzwaringen.

Plaatsing van de steenasfaltmatten

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

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

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



De 'Jan Heijmans' in het sluitgat Hammen, gefotografeerd vanaf het bordes van een kabeldraagtoren

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

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

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

De verlenging van de bestaande overbrugging is in november voor het verkeer opengesteld. De baileybruggen zijn gedemonteerd en verwijderd. Men is begonnen aan het verwijderen van de betonplaten van pijlers en hoofd.
Aan beide zijden van de derde sluis is men in de verslagperiode begonnen aan het maken van keerwanden, in aansluiting op de westelijke sluis van het bestaande complex.
Voor de inlaatsluis werden vleugelwanden gemaakt, en werden vloeren gestort voor de stortebedden. Alle vloeren voor de jachtensluis zijn inmiddels gestort, behalve die voor de vleugelwanden. Inmiddels is daar ook al een aantal wanden gestort.
Vier van de pijlers voor de overbrugging van de inlaatsluis zijn gereed. De vervaardiging van voorgespannen liggers voor deze overbrugging verloopt geheel volgens schema.
Op 20 november 1973 werd aanbesteed 'Het maken van geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortebedden voor de inlaatsluis en de jachtensluis in de Volkerakdam te Willemstad en Fijnaart en Heijningen'. Het werk werd, voor een bedrag van f 18 792 000,– opgedragen aan de Baggermaatschappij Holland B.V. te Hardinxveld. Met de uitvoering wordt in januari 1974 begonnen.

Oosterschelde

De aanvoer, verwerking en opslag van fosfor- en staalslakken via de havens op de werkeilanden Roggenplaat en Noordland werd voortgezet.
Op het werkeiland Neeltje-Jans en Sophiapolder in de werkhaven werd stortsteen aangevoerd en in depots opgeslagen.
Op de werkterreinen bij de havens Schelphoek en Sophiapolder, respectievelijk aan de Schouwense en de Noordbevelandse oever, werd rijshout en filterdoek aangevoerd voor de te maken zoolstukken.
Voor het maken van steenasfaltmatten werd op het terrein bij de haven Schelphoek steenslag, zand, filterdoek en wapeningsgaas aangevoerd.
Het werkterrein met toegangswegen op Schouwen werd verder afgewerkt. Het zand van het terrein werd onder profiel gebracht en vervolgens van een zand-cement verharding met ontwateringsleuven voorzien. Bermen en taluds van het terrein en van de toegangswegen werden met klei bekleed.
De steiger ten behoeve van het personeelsvervoer per vaartuig van- en naar de werken in de Oosterschelde werd verder afgebouwd.
Het gedeelte van de bodembescherming in de Schaar en de Hammen, bestaande uit kraag- en zoolstukken met een nabestorting van steen en fosforslakken was eind oktober aangebracht. De stukken werden gemaakt op de zate bij de werkhaven Schelphoek.
Het asfaltschip de 'Jan Heymans' werd in deze verslagperiode verder afgebouwd voor het produceren en het leggen van steenasfaltmatten als verdere bodembescherming in de Hammen. De fabriek voor het samenstellen van het wapeningsnet voor deze steenasfaltmatten werd opgesteld en in bedrijf gesteld.
De betonfabriek, op het terrein van de werkhaven Sophiapolder, voor het maken van zinkstukken met vaste beton-ballast kwam gereed.
Een eerste proefzinkstuk van 10 x 100 meter werd gemaakt en op de zinkrol aangebracht.
Dit proefzinkstuk werd in de Roompot uitgelegd en weer opgerold. Met gebruikmaking van de daarbij opgedane ervaringen en aan het licht gekomen onvolkomenheden werd inmiddels een tweede proefzinkstuk gemaakt van $\pm$ 100 x 30 m en op de rol aangebracht.
De werkzaamheden aan de bouwput in het werkeiland Noordland voor de daar te bouwen sluis vonden normaal voortgang. In totaal is nu ca. 800 000 m^3 zand uit de bouwput ontgraven, door de cutterzuiger Beverwijk 54. Het uitkomende zand werd grotendeels in de westelijke en oostelijke ringdijk verwerkt.

De gehele verdediging van de westelijke ringdijk is voltooid.
De verdediging van de oostelijke ringdijk kwam tot N.A.P. + 3 m gereed, uitgezonderd een gedeelte voor het doorbaggeren en uitvaren met de cutterzuiger.
Het gedeelte van de bodembescherming in de Roompot bestaande uit met fosforslakken afgestorte zoolstukken kwam gereed.
Ten behoeve van de kabelbaan werden inmiddels in totaal 5 palen ingeheid, waarvan 4 in de Hammen en 1 in de Schaar van Roggenplaat. Op de 4 palen in de Hammen werden pylonen geplaatst en vastgelast en daarna voorzien van een pyloonkop met toebehoren.

Driemaandelijks Bericht
nummer 68, mei 1974

Inhoud

Het rapport van de commissie Oosterschelde 377

Landschapsecologisch onderzoek op de Slikken van Flakkee II 379

A. De werken van het Deltaplan

Dichtheidsonderzoek in de Oosterschelde 386

Basis- en ontwerppeilen in het benedenrivierengebied 396

Duiken voor de Deltawerken 400

De waterbeweging in het noordelijk Deltagebied sinds de afsluiting van het Haringvliet 406

Fotogrammetrische kusthoogtemetingen langs de Nederlandse Noordzeekust 413

Het gemaal 'Witte Brug' te Goedereede 415

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De ontzilting van het Lauwersmeer 418

Vorderingen 425

Het rapport van de Commissie Oosterschelde

In Bericht 65 (augustus 1973) werd mededeling gedaan van de voorgenomen instelling van een commissie, die – kort geformuleerd – aan de Minister van Verkeer en Waterstaat zou rapporteren en adviseren omtrent de mogelijkheden om de veiligheids- en milieuaspecten die bij de Oosterscheldewerken in het geding zijn, beide op optimale wijze tot hun recht te doen komen door een alternatief voor de in het Deltaplan voorziene afsluiting van de Oosterscheldemond.

Tot voorzitter van de Commissie Oosterschelde, die op 15 augustus 1973 door de Minister werd geïnstalleerd, werd benoemd mr. J. Klaasesz, oud-commissaris der Koningin in de provincie Zuid-Holland;
tot lid:
prof. dr. P. G. Fohr, hoogleraar in de watervoorziening te Wageningen;
prof. ir. J. L. Klein, oud-buitengewoon hoogleraar in de waterbouwkunde te Delft;
prof. dr. P. Korringa, directeur van het Rijksinstituut voor Visserij-onderzoek;
prof. dr. D. J. Kuenen, directeur van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer;
ir. F. H. van der Linde van Sprankhuizen, directeur van de Provinciale Planologische Dienst van Gelderland;
prof. P. de Wolff, hoogleraar in de wiskundige economie te Amsterdam, en
tot secretaris
G. Terluin, oud-directeur van de Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland.

In het instellingsbesluit werd vastgelegd, dat de commissie uiterlijk 6 maanden later, dat wil zeggen medio februari 1974 haar rapport zou uitbrengen.

Inderdaad is het de commissie gelukt haar rapport tijdig gereed te hebben; de officiële aanbieding ervan kon op 1 maart plaatsvinden.
Blijkens het rapport heeft de Commissie Oosterschelde tal van alternatieven en varianten tegen elkaar afgewogen. Voor het merendeel betroffen deze varianten combinaties van zoete en zoute bekkens, de laatste al dan niet met getijbeweging.
Een duidelijke voorkeur is door de commissie uitgesproken voor een plan dat – zonder onderbreking van de getijbeweging in de eigenlijke Oosterschelde – zou resulteren in een dam met afsluitbare stormvloedkering in de Oosterscheldemond, bij voorkeur aangevuld door twee secundaire dammen met schutsluizen: een in het Keeten en een in het oostelijk deel van de Oosterschelde tussen de oesterbanken bij Yerseke en de nieuwe Schelde-Rijnverbinding.
Het plan zou zodanig moeten worden uitgevoerd dat het getij weliswaar zou blijven bestaan, maar toch zou worden afgedempt tot een gemiddeld tijverschil van 1,8 m ter hoogte van de mosselverwaterplaatsen bij Yerseke, terwijl de stormvloedstanden achterin het Oosterscheldebekken met ongeveer 70 cm zouden worden verlaagd.
Als voornaamste voordelen van dit plan ziet de commissie: dat de vermindering van de verticale getijbeweging de veiligheid van de door de Oosterschelde bespoelde gebieden voldoende zal verzekeren zonder verhoging van de bestaande dijken;
dat het bestaande bijzonder waardevol geachte getijdemilieu in het grootste gedeelte van de Oosterschelde gehandhaafd zal blijven;
dat de oester- en de mosselteelt in stand

zullen kunnen worden gehouden en dat de sportvisserij onder optimaal gunstige omstandigheden voortgang zal kunnen vinden. Hiertegenover staat onder andere dat de voltooiing van een dergelijk plan aanzienlijk meer tijd en geld zou vragen dan de afsluiting van de Oosterscheldemond op de wijze die in het Deltaplan is voorzien. De commissie heeft geraamd dat de bouw van de stormvloedkering, die men zich voorstelt als bestaande uit een groot aantal beneden het laagwaterpeil aangebrachte afsluitbare kokers, een tijdsduur zou vergen van tien à vijftien jaar. De meerdere uitgaven ten opzichte van het oude plan raamt men op 1,6 miljard gulden. Voorts zou een dam door het Keeten een belemmering voor de scheepvaart betekenen omdat deze een sluis meer zou moeten passeren.

Hoewel de commissie een duidelijke voorkeur heeft uitgesproken voor de door haar aanbevolen variantoplossing, wijst zij er in haar rapport op dat aanvullend onderzoek door anderen niet zal kunnen worden ontbeerd, gezien de korte tijd die haar voor studie ter beschikking stond.
Ze ontkent ook niet dat de technische verwerkelijking van het plan bepaald moeilijker zal zijn dan het oorspronkelijke afsluitingsplan en dat het de waterbouwkundigen voor grote problemen zal stellen. Hoewel een dergelijk project voor hen een uitdaging kan betekenen, zou een grondige studie aan een definitief ontwerp vooraf moeten gaan opdat thans mogelijk nog onvoorziene problemen tijdig kunnen worden onderkend. Omdat, volgens de commissie, de aanvaarding van het plan waarschijnlijk niet inhoudt dat de Deltawet moet worden gewijzigd, zal een langdurige procedure die als regel aan een wetswijziging voorafgaat achterwege kunnen blijven, en dus geen vertragende factor vormen bij het nemen van een definitieve beslissing omtrent de wijze waarop aan het Deltaplan zijn afronding zal worden gegeven.
Met een voorbereidende studie is door de aannemer van het afsluitingswerk in samenwerking met het Waterbouwkundig Laboratorium reeds een aanvang gemaakt, terwijl uiteraard ook de Rijkswaterstaat zich over de nieuwe problemen heeft gebogen.
Inmiddels is het rapport van de Commissie Oosterschelde door de Minister voorgelegd aan de Raad van de Waterstaat en aan de provinciale besturen van Zeeland, Zuid-Holland en Noord-Brabant en aan enkele nauw betrokken waterschappen.
Hun is verzocht binnen drie maanden hun oordeel te geven over het door de commissie aanbevolen plan. Nadat vervolgens het kabinet zijn standpunt zal hebben bepaald, zal de volksvertegenwoordiging daarvan zeer spoedig kennis kunnen nemen.

Het valt te verwachten dat we te zijner tijd in deze Berichten op het verdere verloop en op nadere details van de te kiezen oplossing terug zullen komen.

Landschapsecologisch onderzoek op de slikken van Flakkee

Dit is het tweede en laatste deel van een samenvattend overzicht over het landschapsecologisch onderzoek op de Slikken van Flakkee, waarvan het eerste deel verscheen in Bericht 66 (november 1973).
Het beschreven onderzoek, dat wordt uitgevoerd vanwege de Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders gezamenlijk, vindt natuurlijk nog steeds voortgang. De mededelingen die we er hierover doen berusten voornamelijk op een medio 1973 verschenen interimrapport aangaande de uitgevoerde werkzaamheden. Er zijn bovendien nog enkele gegevens verwerkt die sedertdien uit het onderzoek naar voren zijn gekomen. In dit tweede deel komen naast de flora en fauna van het gebied tevens de integratie en de evaluatie aan de orde.

Vegetatiekundig kan men, afgaande op de toestand in 1972, de Slikken van Flakkee in enkele hoofdgebieden verdelen, namelijk in voormalige slikken, voormalige schorren, de overgangszone tussen die beide, en de omkade schorren die inmiddels tot weiland of tot cultuurland zijn geworden.
Vóór het wegvallen van het getij door de afdamming van het Brouwershavense Gat kwam op het periodiek overspoelde deel van de *voormalige slikken* voornamelijk Zeekraal (Salicornia Europea) voor, terwijl zich op hier en daar voorkomende kleine verhogingen Schorrekruid (Suaeda maritima) had gevestigd. De bedekkingsgraad van beide soorten was doorgaans zeer gering. Op de niet overspoelde gedeelten van de Slikken werd daarnaast ook Engels slijkgras (Spartina x towsendii) aangetroffen.
Om verstuiving te voorkomen werd een deel van de slikken sedert de vorming van het Grevelingenmeer geëgd en ingezaaid met een mengsel van gras- en graanzaden. Daarbij zijn in deze terreinen naast de ingezaaide granen en grassen ook verscheidene onopzettelijk van elders aangevoerde zaden tot ontkieming gekomen. Het moet nog afgewacht worden of de nieuw aangetroffen soorten hier of elders in het terrein een geschikt milieu zullen vinden, en er zich zullen kunnen handhaven. Dat geldt ook voor plantensoorten die in opgestoven zand zijn ingevangen en daar vervolgens ontkiemden. Mogelijk zullen ze geschikte standplaatsen vinden in het veranderde basismilieu. De *overgangszone* tussen voormalige slikken en schorren wordt vooral gekenmerkt door zogenaamde spartinaduintjes, pollen Engels slijkgras waaruit door instuivend zand kleine duintjes zijn ontstaan. Op en tussen deze duintjes bleken bij de tellingen van 1972 ongeveer 60 plantensoorten ontkiemd te zijn, voornamelijk Zulte of Zeeaster (Aster tripolium), Stomp kweldergras (Puccinellia distans), Gewoon kweldergras (Puccinellia maritima), Klein kruiskruid (Senecio vulgaris) en Engels slijkgras.
In 1973 veranderde de soortensamenstelling in deze zone, zoals ook verwacht werd; er waren nu 25 soorten verdwenen, en 20 andere soorten bijgekomen. De meest voorkomende planten waren in aantal sedert 1972 weinig veranderd. Slechts een aantal grassoorten en voornamelijk aangeplante helm en biestarwegras zijn grotere oppervlakten gaan innemen dan voorheen.
Een andere vegetatiegroep met duidelijk verschillende samenstelling vindt men in dit gebied op het primaire schor. De belangrijkste soorten zijn echter ook hier Gewoon kweldergras, Zeeaster en Engels slijkgras; ook komt er algemeen Zeekraal voor.
De voormalige schorren waren voor de afsluiting kenbaar aan hun rijke variatie aan vegetatietypen; de noordelijke schorren vertoonden daarbij een nog dichtere mengeling dan de zuidelijke.
Vele voor dit gebied nieuwe soorten, die overigens nog bijna nergens overheersen, zijn hier in het jaar na de afsluiting ontkiemd en tot wasdom gekomen. Ook in 1972 droeg de vegetatie nog de kenmerkende trekken van een schorrenflora.
Enkele soorten zijn op een geleidelijke terugtocht, onder andere Engels slijkgras. Andere soorten zoals Zulte, Schorrekruid en Strandkweek, breidden zich in 1972 nog uit. Het schorrenkarakter van de vegetatie was dan ook in 1973 nog duidelijk her-

kenbaar. Door de veranderde milieu-omstandigheden, zoals ontzilting van de bodem, verschenen er nieuwe soorten: Bergbasterdwederik (Epilobium montanum), Kleine klis (Arctrum minus), Riet (Phragmites australis), Boswilg (Salex caprea) en Lijsterbes (Sorbus Spec.) Naarmate deze veranderingen zich voortzetten, zal ook de successie – dat is de verandering van de ene vegetatiesoort in de andere – voortgaan.
De vegetatieverschillen vóór de afsluiting werden niet alleen veroorzaakt door de getijomstandigheden, maar ook door andere verschillen, zoals variaties in bodemsamenstelling. Dit rechtvaardigt de verwachting dat, waar de bodem ongelijksoortig blijft, ook een behoorlijke variatie zal blijven bestaan in de plantengemeenschappen.
De oorspronkelijke vegetatie wordt echter benadeeld door egalisatie en landbouwkundige werkzaamheden als eggen en ploegen. Soorten als Fioringras (Agrostes Stolonifera), Rood zwenkgras (Festuca rubra) en Engels raaigras (Lolium perenne) die hier worden ingezaaid, of Akkerdistel (Cirsium arvense) en Brandnetel (Urtica dioica), die zich hier goed thuisvoelen, verdringen dan de aanvankelijke flora. Het gevaar is niet denkbeeldig dat door bovengenoemde grondbewerking, bespuiting en bemesting, aanzienlijke vegetatieve waardeverliezen zullen optreden. De Zulte heeft zich in dit gebied al dan niet kunnen uitbreiden, afhankelijk van de mate van beweiding. Op een onbeweid deel van de zuidelijke schorren heeft de Zeeaster zich aanzienlijk uitgebreid.

Daar waar door aanleg van kaden *zomerpoldertjes* zijn gevormd, is slechts weinig van de oorspronkelijke vegetatie overgebleven. Het Halsgors en het Stellegors zijn veranderd in bouwland, voornamelijk voor bietenteelt in gebruik. In de Polder van Struyck zijn nog interessante grasland-vegetaties aanwezig, waarin de wisselwerking tussen de natuurlijke variatie van het gebied en het kleinschalig en gedifferentieerd ingrijpen van de mens op aantrekkelijke wijze tot uiting komt. Plantensoorten die hier opvallen: Engels raaigras, Fioringras, Zilte rus (Juncus gerardii), Kattedoorn (Ononis Spinosa), Gewoon en Stomp kweldergras. Veranderingen die optreden als gevolg van de afsluiting zullen in dit soort gebieden waarschijnlijk langzamer verlopen dan in de niet-bekade schorren. Werden in 1972 op het gehele gebied van de Slikken van Flakkee 140 soorten aangetroffen – waarbij de representanten van het zilte slikken- en schorrenmilieu de grootste oppervlakte besloegen –, in 1973 bedroeg het aantal soorten



Op de achtergrond Wilgenroosje, op de oeverwal Obione en Engelwortel

Fig. 1. Vegetatie-eenheden op de voormalige schorren en slikken. De vegetatie-eenheden zijn genoemd naar de soorten die er domineren (abundantiecijfer 4 of 5)

Salicornia europaea
zeekraal

Suaeda maritima
schorrekruid met of zonder
Salicornia europaea (1) en/of

Spartina townnsendii (engels
slijkgras), met of zonder
Suaeda maritima (2)

Mozaïek van Suaeda maritima
en Spartina townsendii

Aster tripolium (zeeaster),
met of zonder Halimione
portulacoides (6) of Suaeda
maritime (2)

Puccinellia maritima (gewoon kweldergras), met of zonder Salicornia europaea (1), Suaeda maritima (2), Spartina townsendii (3), Aster tripolium (4), Halimione portulacoides (6), Atriplex hastata (9), of Spergularia media (15)

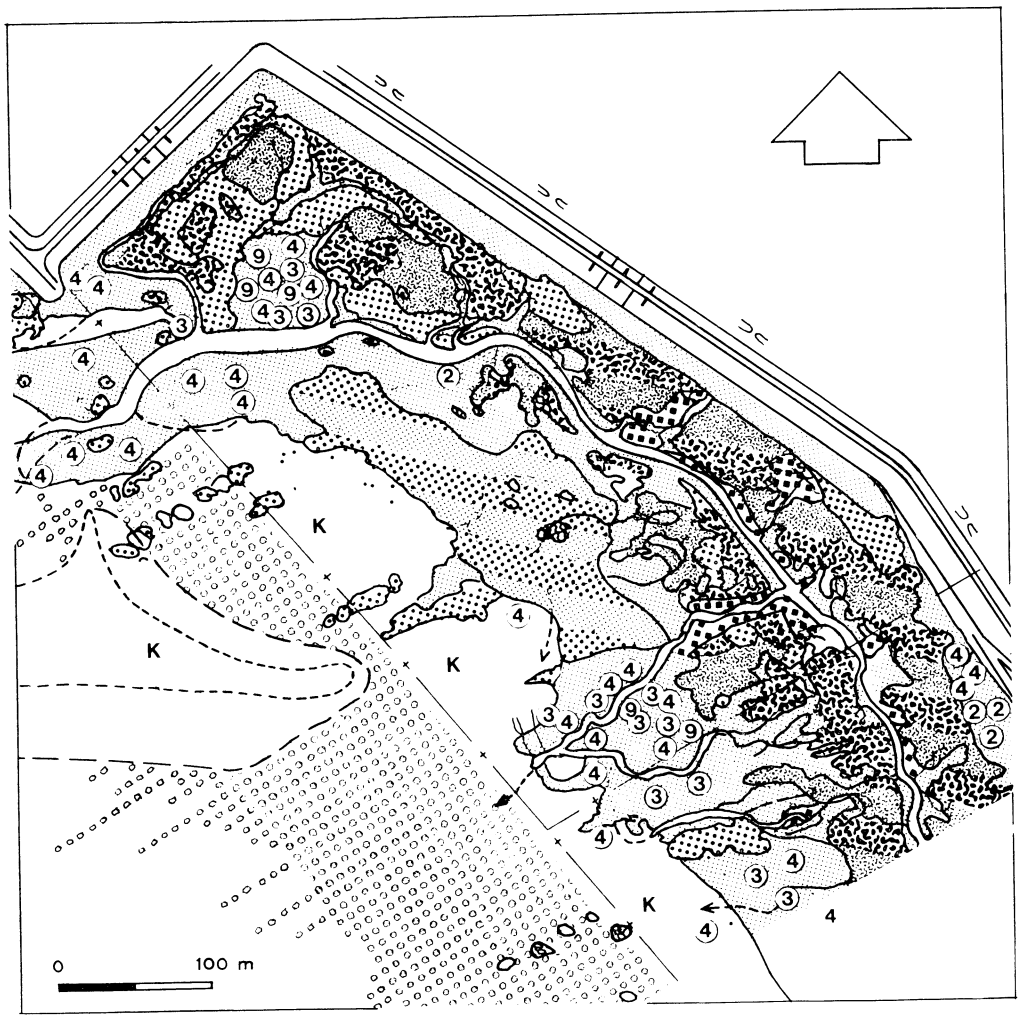
Mozaïek van Aster tripolium
en Puccinellia maritima

Halimione portulacoides
(obione of zoutmelde)

Gedeeltelijk begroeid met
Suaeda maritima (2)
Aster tripolium (4), of Atriplex
hastata (9)

Vrij algemeen begroeid
echter bedekking < 1%
Salicornia europaea (zeekraal)
en Suaeda maritima (klein
schorrekruid)

Kaal





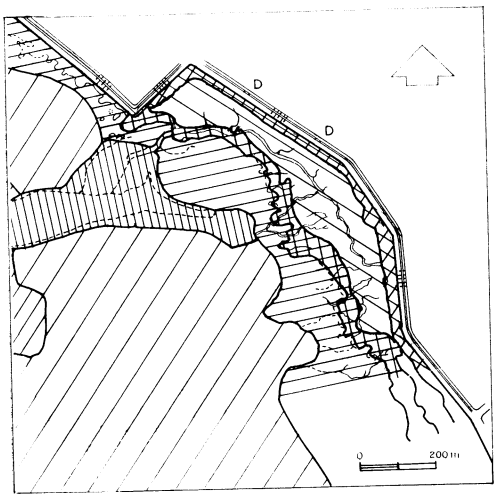
al bijna 180. Achteruitgang moest worden geconstateerd voor sommige halofyten, als Schorrekruid en Kweldergras. Verschillende zoutmijdende soorten, waaronder houtige gewassen en riet, en ook storingsplanten als Brandnetel en Akkerdistel zijn sterk in opkomst.

Vogels

Uit evaluatie van de voor het gebied verzamelde ornithologische gegevens blijkt dat de oevergebieden in het algemeen, en het oevergebied bij het zanddepot in het bijzonder, van zeer grote betekenis zijn als pleisterplaats voor steltlopers, eenden en Rotganzen. De voormalige slikken hebben in de afgelopen winter veel betekend voor zwemeenden die er foerageren in de zeekraalvelden, en voor de Brandganzen die foerageerden niet alleen op met Zeekraal begroeide terreinen, maar ook op ingezaaide stukken. Het overgangsgebied, met zijn vele Spartinaduintjes, is als broedbiotoop van belang voor onder meer Strandplevier en Kluut. Op de voormalige schorren treft men geheel verschillende vogelbevolkingen aan in de beweide en de niet-beweide gedeelten. De beweide gebieden zijn aantrekkelijk voor weidevogels als Grutto, Tureluur, Scholekster, Kievit en Kluut. De onbeweide delen zitten vol muizen: daar treft men veel jagende roofvogels, waaronder uilen. Verwacht mag worden dat de oevergebieden ornithologisch van grote betekenis zullen blijven zolang de oeverzone tussen land en water maar voldoende breed is, en geheel onafhankelijk van de vraag of het Grevelingenmeer zout blijft, dan wel op de lange duur zal verzoeten.
De slikken en schorren kunnen bij beweiding van betekenis blijven voor weidevogels, en tegelijk dienen als pleister- en foerageerplaats van eenden en ganzen in de winter. Bij spontane of gestimuleerde ontwikkeling van de vegetatie kunnen ze door hun uitgestrektheid en rust tevens van betekenis zijn voor uilen en dagroofvogels. Een drassige bodem zal voor meer vogels aantrekkelijker zijn dan een droge.

Insecten

De aandacht van de entomologen in het onderzoeksgebied heeft zich vooral gericht op het onderzoek naar de verspreiding van loopkevers. Enerzijds werd de loopkever gekozen omdat over deze insectensoort vrij veel bekend is, en aan de andere kant omdat het voorkomen van deze dieren iets zegt over de stabiliteit van de ecologie.
Uit de eerste gegevens is gebleken dat met vangschermen te weinig exemplaren werden onderschept om er conclusies aan te kunnen verbinden. Met trechtervallen bereikt men betere resultaten.
De loopkevers (Carabidae) vormen enkele oecologische groepen, namelijk oever-, akker-, heide- en bosloopkevers. Oever- en akkerkevers horen van nature thuis in relatief onstabiele milieus, bos- en heidekevers vindt men in stabielere omgevingen.
Uit de vangsten is gebleken dat de meerderheid van de individuen behoort tot de oever- en akkergroep. Bij een indeling in ongevleugelde soorten, gevleugelde soorten en dimorfe soorten – waarbij dan zowel ongevleugelde als gevleugelde exemplaren voorkomen – valt op dat de vangsten vooral bestaan uit representanten van gevleugelde of dimorfe soorten. Met andere woorden:



Voormalig schor

Oud hoog voormalig schor.

Middenschor, het gebied met kommen, kreken en oeverwallen.

Schorrand.

Voormalig slik

Gebied met spartinaduintjes en primair schor (overgangsgebied).

Vlak (flauw hellend) slik, verder van het water af, relatief hoog.

Vlak (flauw hellend) slik, dicht bij het water, relatief laag.

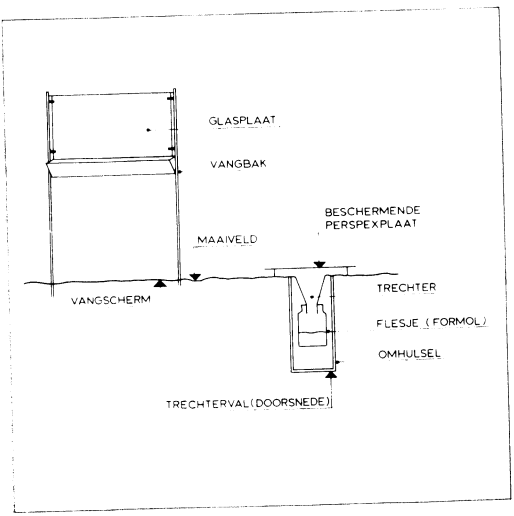
D Geulen en prielen.

Dijklichaam

Fig. 2. Integratiekaart van het gebied volgens grote landschapseenheden

Links. Begroeiing van een duintje voor de schorrand, bestaande uit Akkerdistel, Canadese fijnstraal, Wilgenroosje. Op de voorgrond Zeekraal

Fig. 3. Schema van de opstelling voor de vangst van loopkevers



soorten die zich uitsluitend lopend verspreiden zijn het gebied nog niet of nauwelijks binnengedrongen. Bij de meeste dimorfe soorten zijn de gevleugelde exemplaren in de meerderheid.
Over het algemeen is het aantal gevangen kevers echter gering. Dat komt gedeeltelijk doordat de bemonsteringsperiode nog maar kort is geweest, gedeeltelijk door het geringe aantal vangtrechters. Dit bemoeilijkt een goede vergelijking tussen de vangsten op verschillende plaatsen. De uitkomsten kunnen dan ook voorlopig nog alleen globale indrukken geven van de stand van zaken.

Zoogdieren

Het zoogdierenbestand op de Slikken van Flakkee wordt voornamelijk geschat op grond van de inhoud van uitgezette klapvallen en van het onderzoek van schedels en schedelresten die worden aangetroffen in de systematisch verzamelde braakballen van uilen en dagroofvogels. Voor en kort na de afsluiting van het Brouwershavense Gat was de Noordse woelmuis buiten de omkade delen van de schorren waarschijnlijk het enige zoogdier. Na de afsluiting heeft deze soort zich sterk uitgebreid. Het is echter te verwachten dat de Noordse muis, die men in onze streken eigenlijk beschouwt als een relict uit de ijstijd, verdrongen zal worden door de Veldmuis, zoals dat ook elders in Nederland is geconstateerd. Alleen op enkele zeer vochtige en met halofyten begroeide delen zal deze soort zich misschien kunnen handhaven. Andere soorten waarvan het voorkomen op de Slikken van Flakkee is vastgesteld zijn: Aardmuis, Huismuis, Bosmuis, Dwergmuis, Huisspitsmuis, Bosspitsmuis en Dwergspitsmuis. Te ver-

Obione op de oeverwal en verspreid Aster tripolium. In de kreek Zeekraal



wachten is dat al deze soorten zich meer of minder sterk zullen uitbreiden, afhankelijk van voor hen geschikte biotopen en de intensiteit van predatie. In de braakballen werden ook af en toe schedels aangetroffen van Zwarte rat, Woelrat en Wezel. Wezels werden ook herhaaldelijk in het veld waargenomen, evenals konijnen en hazen. Voorts is de aanwezigheid gemeld van reeën.

Integratie van de landschapscomponenten

Na verzameling en bewerking van de gegevens per landschapscomponent – geomorfologie, bodemgesteldheid, hydrologie, zouthuishouding, vegetatie en fauna – is een poging gedaan tot integratie van deze aspecten en landschapseenheden. Met die integratie wordt nog geëxperimenteerd, en er is nog geen afdoende oplossing gevonden voor de manier waarop ze moet verlopen.
Om wat meer greep te krijgen op de problemen die zich hierbij voordoen en om aan te geven in welke richting het onderzoek verloopt, zijn voor de voormalige schorren en de voormalige slikken enigszins verschillende integratiemethodes toegepast, zodat twee integratiekaarten ontstonden; een voor de slikken, schaal 1 : 10 000, en een voor de schorren, schaal 1 : 5000. Pas in een later stadium zijn deze twee kaarten weer samengebracht op één kaart, schaal 1 : 10 000. Waarin verschillen nu de twee gevolgde integratietechnieken?
Voor de schorren is een meer theoretische weg gevolgd, waarbij de kleinste aanwezige eenheden trapsgewijs tot grotere eenheden werden samengevoegd die op de kaart konden worden ingetekend. De kaart van de slikken is langs meer pragmatische wegen verkregen, namelijk door de verschillende basiskaarten op elkaar te leggen en ze dan met behulp van de veldkennis die men had, met elkaar te laten versmelten. Er is nog veel onderzoek nodig, voordat een goed bruikbare integratiemethode voor dit soort gebieden zal zijn gevonden.

Evaluatie

Tenslotte werden de beschikbare gegevens zo bewerkt en beschouwd dat er volgens bepaalde normen waarderingen konden worden toegekend aan het gebied als geheel, aan deelgebieden afzonderlijk, aan relaties tussen de delen en aan processen die zich er afspelen, waaronder mee begrepen het menselijk handelen.
Al vaker is in Nederland getracht te komen tot een kwantitatieve waardering van natuurgebieden en natuurfacetten. De elders ontwikkelde technieken bleken toch geen van

alle zonder meer binnen de doelstellingen van het onderzoek in het Grevelingengebied toepasbaar te zijn. Evenmin als de gebruikte integratiemethoden zijn de op het gebied toegepaste evaluatietechnieken bevredigend doordacht. Ze dienen derhalve te worden beschouwd als voorbeelden, die een indruk geven van de wijze waarop dit onderzoek verloopt en waarop het zich richt. Er zijn twee verschillende evaluatieprocedures toegepast: een biologische evaluatie, en een algemene landschapsecologische.

De biologische methode is een poging tot kwantitatieve evaluatie. Ze komt neer op de biologische waardering van een aantal fysische factoren. Het onderzoeksgebied is daartoe volgens een vierkantennet in een groot aantal deelgebieden onderverdeeld. Binnen deze vakken zijn volgens een bepaald rangordesysteem aan de abiotische factoren bodem, hydrologie en zouthuishouding waarden toegekend die iets zeggen omtrent hun biologische relevantie. De rangordecijfers worden daarna per vak opgeteld.

De algemeen landschapsecologische waardering kent nog geen kwantitatieve methode. Ze baseert zich in laatste instantie op het totaal-oordeel van de onderzoeker in een zeker stadium van zijn onderzoek.

Wat nu het onderhavige gebied betreft, er is een evaluatie gemaakt van de patronen die voor de afsluiting zijn ontstaan en van de biotische en abiotische processen die na de afsluiting vooral bepalend bleken voor de ontwikkeling van het landschap. Ook is het menselijk handelen langs deze weg gewaardeerd, en heeft men getracht de relatieve aantrekkelijkheid van het gebied mede te hanteren als parameter van de waardering.

De waarde van de patronen die voor de afsluiting zijn ontstaan, is afgemeten naar drie maatstaven: allereerst in hoeverre ze een uitgangspunt vormen voor nieuwe landschappelijke ontwikkelingen. Daarbij is van grote betekenis dat het geheel van geomorfologische patronen, in combinatie met de bodemsamenstelling en de flora en fauna een gevarieerd milieu heeft opgeleverd, op basis waarvan zich een scala van nieuwe levensgemeenschappen zal kunnen ontwikkelen. Voorts wordt bezien welke natuurhistorische waarde ze vertegenwoordigen. De patronen weerspiegelen namelijk de wordingsgeschiedenis van het landschap. Tenslotte worden ze gewaardeerd volgens hun waarde als studieobject, onder meer omdat daar nieuwe ontwikkelingsmethoden op kunnen worden getoetst.

Wat de processen betreft kan worden gesteld dat zij hoger worden gewaardeerd naarmate zij de variatie binnen het landschap verhogen. Dit maakt het wenselijk dat binnen het onderzoeksgebied terreinen voorkomen waarvan in het ene geval de variatie in de ruimte groot mag, en die in de tijd groot moet zijn – dynamische systemen dus –, terwijl in het andere geval de variatie in de ruimte groot moet zijn en die in de tijd gering: stabiele systemen. Deze combinatie leidt tot vergroting van het aantal gradiëntsituaties.

Menselijke ingrepen dienen, willen ze hoog gewaardeerd worden, de variatie binnen het gebied te waarborgen of te verhogen. Volgens deze maatstaf bestaat er een hoge waardering voor inactiviteit van de kant van de mens, omdat dat nogal zeldzaam is, en op lange termijn de beste kans biedt voor de ontwikkeling van geheel aan het milieu aangepaste levensgemeenschappen. Recreatief aantrekkelijk zijn vooral terreinen van grote uitgestrektheid, omdat die van belang zijn voor actieve vormen van recreatie en de nu reeds aanwezige landschappelijke afwisseling in ruimtelijke zin het beste kunnen waarborgen. Landschappelijke variatie is van betekenis voor allerlei vormen van natuurbeleving en natuurstudie.

Een eerste stap is dus gezet op weg naar landschapsecologische kennis en waardering, beide voorwaarden voor verantwoorde inrichting en goed beheer. Veel vragen zijn echter nog onbeantwoord gebleven en de leemtes in kennis zijn nog groot. In deze eerste fase zijn het duidelijkst vorderingen gemaakt in de inventarisatie der landschapspatronen. De processen en ontwikkelingen in de ecosystemen zullen nog veel onderzoek vereisen, evenals het zoeken naar goed bruikbare integratie- en evaluatiemethoden. Mede daarom is het raadzaam bij de ontwikkeling van het gebied de weg der voorzichtigheid en der geleidelijkheid te bewandelen, stelt men zich althans ten doel, de integratie van de mens in de natuur harmonisch te laten verlopen, de actuele en potentiële waarde van het gebied te waarborgen en de natuurlijke recreatie optimale kansen te bieden.

Een voortdurende dialoog is nodig tussen inrichter en onderzoeker om de wenselijkheden en de mogelijkheden op elkaar af te stemmen, zodat op tijd maatregelen genomen kunnen worden die de optimale ontwikkeling van het milieu mogelijk maken.

A. De werken van het Deltaplan

Dichtheidsonderzoek in de Oosterschelde

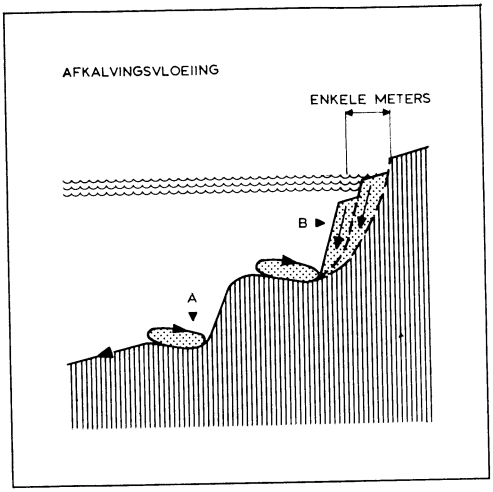
Het doel van het dichtheidsonderzoek dat in de Oosterschelde wordt uitgevoerd, is onder meer een antwoord te vinden op de vraag op welke plaatsen in de omgeving van de afsluitingswerken het bodemzand een losse pakking heeft en het risico van een zettingsvloeiing bestaat. In feite worden hier twee vragen gesteld, ten eerste: Waar komt losse pakking voor? en ten tweede: Als er losse pakking voorkomt, hoe groot is dan de kans dat er een zettingsvloeiing optreedt?

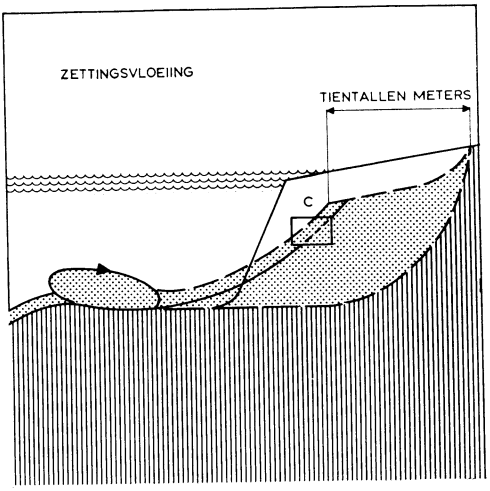
Men kan zeggen dat de eerste vraag pas echt belangrijk wordt, als de tweede bevredigend is beantwoord. De praktijk heeft dat wel uitgewezen. Waar het optreden van zettingsvloeiingen kon leiden tot schade aan de afsluitingswerken of aan nabijgelegen oevers, en waar het leggen van uitgebreide bodembeschermingen mogelijk was, wordt zonder meer rekening gehouden met het optreden van zettingsvloeiingen; daarbij wordt dan het zogenaamde 1 : 15-criterium gehanteerd (zie Bericht 56, mei 1971). Toch blijven er vele situaties over waar zulke bezinkingen niet praktisch zijn, en waar duurdere maatregelen moeten worden genomen. In die gevallen is het van groot belang, de voor zettingsvloeiing gevoelige zones zo exact mogelijk te lokaliseren.

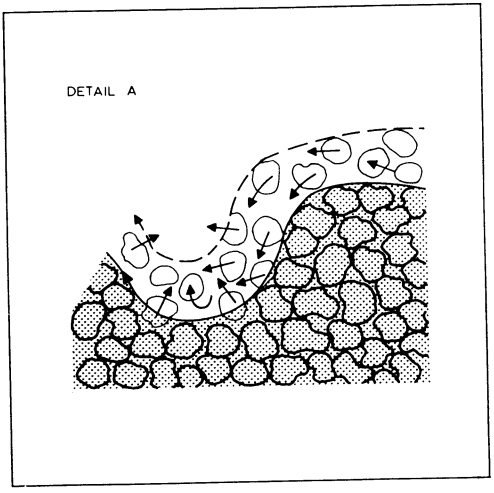
Daarom wordt in het eerste deel van dit artikel ingegaan op de tweede vraag, en pas in het vervolg op de eerste. Uit de gestelde vraag vloeien meteen al een aantal andere voort, zoals: Wat is een zettingsvloeiing eigenlijk; en in samenhang daarmee: Wat is het verschil tussen een zettingsvloeiing en een afkalvingsproces van schollen zand, zoals bij het spuiten en zuigen van zand wordt waargenomen in zowel los als vast gepakt zand? Wat is de maximale scholdikte die ooit bij een zettingsvloeiing is waargenomen? Welke andere factoren hebben behalve losse pakking invloed op het verschijnsel zettingsvloeiing?

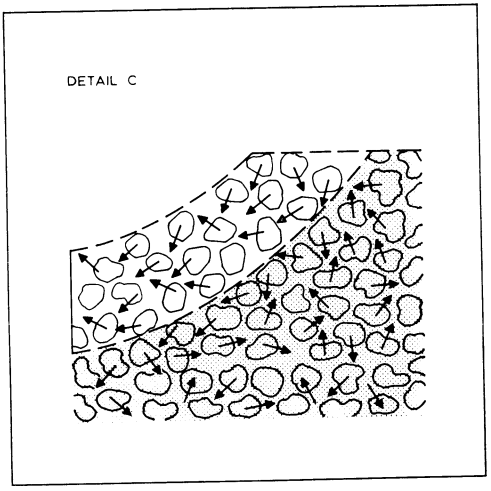
Het is in dit verband van belang, te komen tot een ruimere begripsvorming aangaande het begrip 'losse pakking'. Er zijn twee scholen: de Amerikaanse school, die het begrip losse pakking alleen verbindt aan zand dat vloeibaar blijft nadat de korrelstructuur verbroken is; en een Nederlandse school, die iedere pakking als los beschouwt waarbij zand vloeibaar kan worden, ook al herwint dit zand weer stijfheid na enige beweging. Hoe conservatief dat criterium kan zijn kan men zich voorstellen als men bedenkt dat ook een vat met vastgepakt zand door trilling tijdelijk vloeibaar kan worden. Ook de Amerikaanse school heeft overigens wel vloeiingen geconstateerd in zand dat volgens haar eigen definitie een vaste pakking vertoonde. Dat de waarheid in het midden ligt, blijkt uit het feit dat vallen niet in alle zanden voorkomen. Bestond het dichtheidsonderzoek aanvankelijk alleen uit dichtheidsmetingen in het terrein en kritieke dichtheidsproeven op kleine grondmonsters in het laboratorium, sinds enige jaren worden bovendien pogingen gedaan de zettingsvloeiingsverschijnselen met

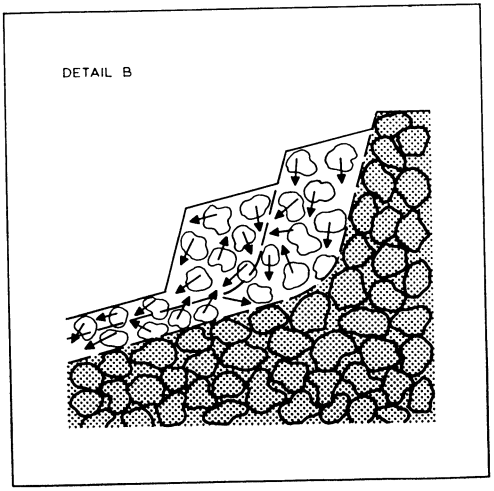
Fig. 1. Schematische voorstelling van het mechanisme van vloeiingsverschijnselen.
A stelt een zandregen voor.
B een afkalvingsvloeiing.
C een zettingsvloeiing

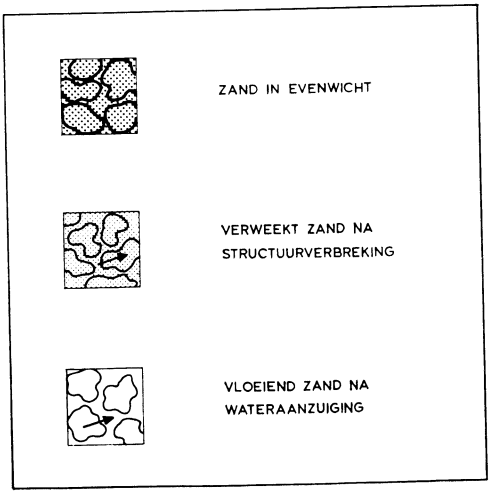

AFKALVINGSVLOEIING
ENKELE METERS
B
A


ZETTINGSVLOEIING
TIENTALLEN METERS
C


DETAIL A


DETAIL C


DETAIL B


ZAND IN EVENWICHT
VERWEEKT ZAND NA
STRUCTUURVERBREKING
VLOEIEND ZAND NA
WATERAANZUIGING

behulp van modelproeven in het Waterloopkundig Laboratorium na te bootsen, en er nieuwe berekeningsmethoden, zoals het CONSOL-programma, op toe te passen (zie Bericht 61, augustus 1972).
Dit jaar heeft men ook geprobeerd een zettingsvloeiing op ware grootte uit te lokken, en daar een dijkval uit te laten voortkomen. De proef werd ondernomen in de bouwput voor de uitwateringssluis in het werkeiland Noordland. Er was dus geen echte waterkering mee gemoeid. Dat we nog steeds niet voldoende inzicht hebben in deze materie bleek wel daaruit, dat de zettingsvloeiingen in de modelproeven en de uitgelokte dijkval in de bouwput achterwege bleven, terwijl anderzijds met grote frequentie dijk-, oever- en plaatvallen blijven optreden in het Deltagebied, zonder dat we in staat zijn, ze te voorspellen. Hetzelfde geldt ten aanzien van onvoorziene vloeiingen bij baggerwerk, zoals te constateren viel in de bouwput op Noordland, in de werkhaven Sophiapolder, bij de bodembescherming in het Brouwershavense Gat, langs de werkeilanden en bij de aanzet van de Oosterscheldedam op Noord-Beveland.

Zettingsvloeiing

In het woord zettingsvloeiing zit al opgesloten dat er ook andere soorten vloeiing bestaan. En inderdaad, bij het zuigen van zand, wanneer er van zetting dus geen sprake is komt er te midden van het vastgepakte zand ook vloeibaar zand te voorschijn. Figuur 1 laat zien hoe het zand aan de oppervlakte van een te steil talud van vastgepakt zand water kan opzuigen en vervolgens als een vloeibaar mengsel naar beneden stromen; daarbij ziet men ook mengselsprongen optreden.
Boven water kan men daarbij scholvormige afschuivingen waarnemen van enkele meters breedte. Zo'n vloeiing in vastgepakt zand zou men een 'oppervlaktevloeiing' of 'zandregen' kunnen noemen, om hem te onderscheiden van een zettingsvloeiing in losgepakt zand. Het tweede deel van fig. 1 laat zien hoe een zettingsvloeiing zich voordoet en zich onderscheidt van een oppervlaktevloeiing: het is eenzelfde vloeiingspatroon, maar met een dikker uitgezakte schol. Het verschil ligt in het feit dat in de dikkere schol zand een zogenaamde 'vloeistructuur' aanwezig is, zonder dat het water opgezogen heeft. De dikke schol kan daardoor als een pudding in elkaar zakken en na al dan niet extra water te hebben opgezogen, langs het talud naar beneden stromen.
Deze voorstelling van het vloeiingsproces is afgeleid uit een serie modelproeven schaal 1 : 20, waarbij geprobeerd werd vloeiingen te forceren door zand weg te zuigen. De taluds waren daarbij steeds steiler dan het natuurlijk talud. Er is inmiddels een nieuwe proevenserie begonnen, schaal 1 : 5 ditmaal, waarbij men zettingsvloeiingen tracht uit te lokken in zand dat in losse pakking is gebracht. Een schuif die aan het einde van het zandlichaam staat onder een helling van 2 : 1 wordt omhooggetrokken, met de bedoeling dat de schuifspanning zo snel zal toenemen, dat een zettingsvloeiing volgt met een evenwichtshelling flauwer dan 1 : 2, dat is het natuurlijk talud. Ondanks de volgens het dichtheidsonderzoek aanwezige losse pakking van het materiaal ontstond tot nu toe slechts een oppervlaktevloeiing met een evenwichtshelling gelijk aan het natuurlijk talud.
De wateroverspanningen waren kort na het lichten van de schuif plaatselijk gelijk aan de bovenbelasting. Op grond daarvan mocht verwacht worden dat een groot verweekt gebied zou afschuiven. Voordat er echter beweging zichtbaar werd liepen de wateroverspanningen alweer terug, en veranderden op sommige plaatsen zelfs in onderspanningen. Het talud bleef dan ook aanvankelijk staan. Pas toen er water was binnengezogen in het talud ontstond er een oppervlaktevloeiing, maar niet zo'n sterke dat een eindtalud werd bereikt met een flauwere helling dan 1 : 2. De valproef die in de zomer van 1973 werd gedaan op het werkeiland Noordland, verliep al met niet meer succes. Aan het binnentalud van de bouwput voor de ontwateringssluis wilde men een natuurlijke helling baggeren van 1 : 2 tot 12 m beneden N.A.P., en daarna een zettingsvloeiing inleiden, die dan zou overgaan in een 'dijkval'. Zoals fig. 2 laat zien ontstond er al een vloeiing op een veel te vroeg tijdstip bij een talud van 1 : 4 tot N.A.P. – 7 m. Hoewel de vloeibaarheid van het zand zich volgens de waterspanningsmeters niet verder uitbreidde dan een schol van hooguit enkele meters, kwam er bij de oppervlaktevloeiing zoveel zand los, dat de zandstroom tot ver achter de cuttermond doorvloeide, met een evenwichtshelling van 1 : 10. Ook ontstond er aan de voorkant een flinke bres in de dijk, echter niet voldoende groot om de dijk verder te doen afschuiven.

Oever-, dijk- en plaatvallen

Op grond van het boven opgemerkte zou men de vraag kunnen stellen of plaat-, oever- en dijkvallen soms ook door oppervlaktevloeiingen worden veroorzaakt. Dat ze niet worden ingeleid door een baggerwerktuig, maar door een plaatselijke afschuiving met voldoende

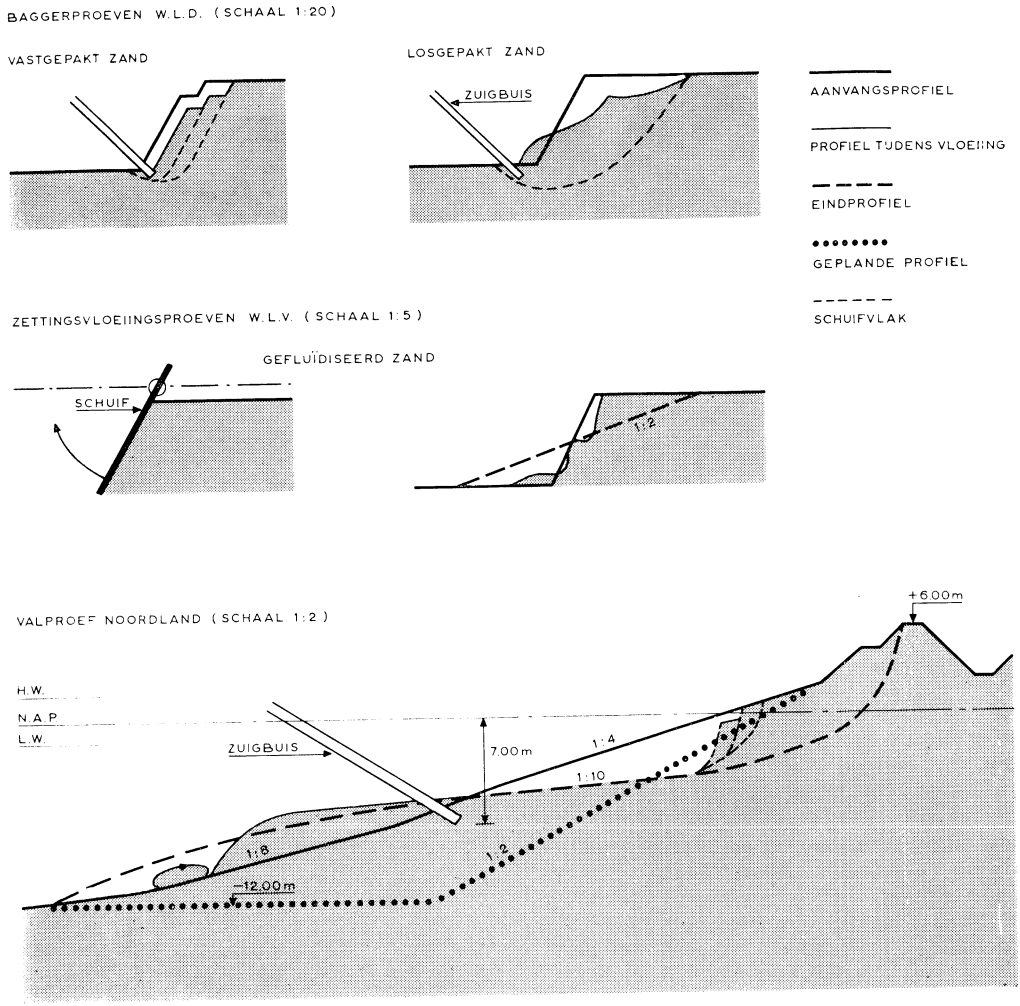
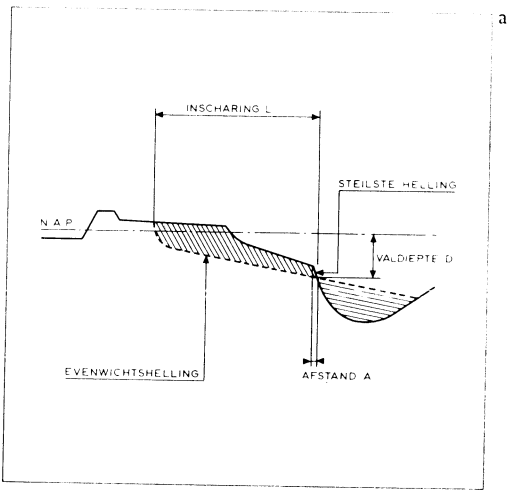


Fig. 2. Waargenomen vloeiingsverschijnselen bij recente proefnemingen

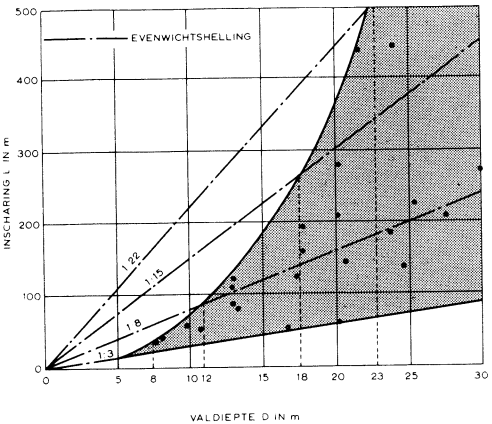
massa om de vloeiing in te leiden, is misschien niet zo'n wezenlijk verschil. Dat zou overigens betekenen dat dergelijke vallen ook kunnen optreden in vast gepakt zand, als er maar voldoende valdiepte is, en het talud een zekere steilte bereikt.

Treden er alleen maar oppervlaktevloeiingen op, dan kan dat betekenen dat een eenmaal aangebrachte oeverbezinking beter dan men tot nu toe dacht in staat is om een eventuele val tegen te houden. Immers, slechts de inleidende afschuiving hoeft dan tegengehouden te worden, en niet een of ander uitgestrekt verweekt gebied. Een dijkval zou volgens deze redenering het resultaat zijn van een langdurig afkalvingsproces. Bij voldoende bewaking zou er dus altijd tijd genoeg gevonden moeten kunnen worden voor herstel. Hoe staat het nu met de waarneming van

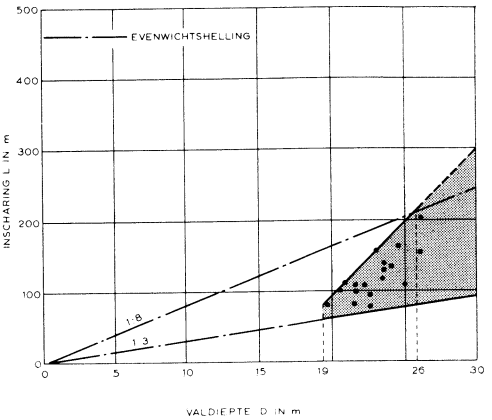
oever- en dijkvallen? Om het effect van andere factoren dan de losse pakking te kunnen nagaan is in het verleden een 'vallenboek' geopend, en werd er een begin gemaakt met het opstellen van een vallen-statistiek. Goede statistische interpretatie zou voorlopig al tot betere criteria voor de oever- en dijkbewaking kunnen leiden. Grondmechanische overwegingen zouden in een later stadium tot verdere verfijning kunnen bijdragen.
Slechts in een enkel geval is er in het vallenboek iets vastgelegd over valverschijnselen boven het waterniveau. Zo werd in de vorige eeuw bij een oeverval in de Vlietpolder een opeenvolging van schollen geconstateerd, met een maximale dikte van 1 m en een voortschrijding van de val van ongeveer 50 meter per uur.
De dijkval van 1943 in de Wilhelminapolder op Zuid-Beveland moet ongeveer met dezelfde snelheid zijn verlopen, als men bedenkt dat ze 12 uur na een extreem laag water op 500 m van de geul pas zichtbaar werd. De dijk zelf schoof bij die gelegenheid ook scholsgewijs de diepte in, alleen bleef de voortgang daar beperkt tot ongeveer 10 m per uur, vanwege de grotere weerstand van de grond. Een inderhaast achter de dijk opgeworpen grondlichaam verdween op dezelfde manier in de diepte. Beter ware het geweest de dijk nog te trachten te redden door grof materiaal te storten, zoals enige maanden geleden bij de dijkval in de Weversinlaag op Schouwen met succes is gedaan. Schollen van tientallen meters breedte of complete dijkafschuivingen zijn voor zover bekend nergens beschreven. Er bestaan slechts geruchten over. Kenmerkend is in dit verband het geval met de dijk van de Leendert Abrahampolder, die in 1966 's nachts zonder dat iemand iets gezien had, over grote lengte verdwenen bleek. De grootste werkelijk waargenomen schol was die van de geforceerde afschuiving in de Auvergne-polder, november 1971 (Bericht 61, augustus 1972).
Wèl veel informatie is er over de evenwichtshellingen na het optreden van een val. Voor de beoordeling van de standzekerheid van zeeweringen wordt meer en meer het zogenaamd 1 : 15-criterium gehanteerd, zijnde de onderbegrenzing van de mogelijke evenwichtshelling bij vallen in jong zeezand of jong holoceen zand (zie Bericht 43, februari 1968). Statistische interpretatie van waarnemingen in het verleden heeft namelijk uitgewezen dat de eindhelling bij 90 % van deze vallen 1 : 15 of steiler was. Bleek bij oevermetingen dat de geuldiepte en de lengte van het voorland zodanig waren dat de hoogwaterkering bij het optreden van een oeverval met eindhelling 1 : 15 gevaar zou gaan lopen, dan concludeerde men daaruit dat de oever uit voorzorg beschermd moest worden. Daarbij gold geen verdere beperking dan de voorwaarde dat de val zou moeten plaatsvinden in jong zeezand. Sedert de afsluiting van het Brouwershavense Gat wordt dit criterium ook toegepast op de stabiliteit van bodembeschermingen (zie Berichten 56 en 58, februari en november 1971).
In een van de vorige Berichten werd er reeds op gewezen dat de flauwst waargenomen helling afhankelijk was van de valdiepte, en daarmee van de geuldiepte. Figuur 36 laat zien dat de eindhelling in de Leendert Abrahampolder toenam van 1 : 5 bij 8 m valdiepte, via 1 : 10 bij 15 m en 1 : 15 bij 18 tot 1 : 22 bij 23 meter valdiepte. Een lagere valdiepte kwam



daar niet voor. Men zou hieruit kunnen afleiden dat het proces vooral beheerst wordt door hydraulische wetmatigheden, namelijk door de massatraagheid van het vloeiende zandwater. Grotere valdiepte kan daarbij aanleiding geven tot grotere vloeiende massa's en daarmee tot flauwere evenwichtshellingen.
Toch toont fig. 3 ons ook dat de eindhelling nadat de val eenmaal is ingeleid in één vallengebied bij dezelfde valdiepte nog aanzienlijk kan verschillen. In de Leendert Abrahampolder werd bij 18 m valdiepte een flauwste helling van 1 : 15 en een steilste helling van 1 : 3 gemeten. Grote verschillen zijn er ook tussen de onderscheidene vallengebieden. Bij de val van Oud Kemperhofstede op Tholen zijn geen flauwere hellingen waargenomen dan 1 : 8, ondanks het feit dat de valdiepte



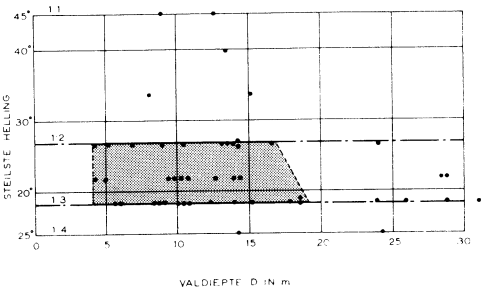
b



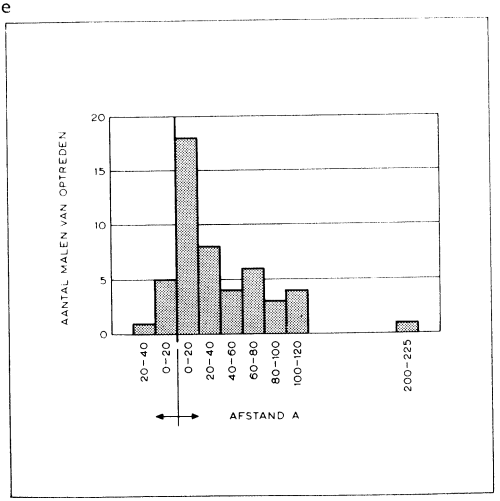
c

Fig. 3. Vallenstatistiek in het Deltagebied:
a. verklaring der termen
b. hellingen na vallen langs de Leendert Abrahampolder
c. hellingen na vallen langs de Oud Kemperhofstedepolder
d. hellingen van het steilste talud voor de val
e. lokatie van het steilste talud voor de val
f. vergelijking van de frequentie van optreden van stormen, oostenwinden en vallen in de verschillende maanden van het jaar

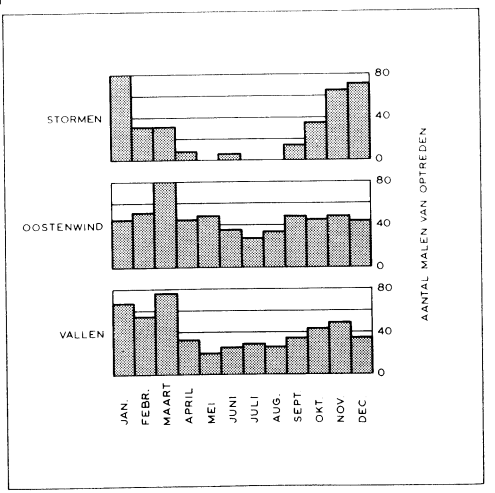
d



e



f



daar nog iets groter was. Moet hier de invloed van de grondsoort waarin de val plaatsvindt, in rekening gebracht worden?
Het enige wat dienaangaande op het ogenblik met zekerheid gezegd kan worden is dat een val vrijwel altijd optreedt in jong zeezand, veelal doorspekt met kleilenzen en soms bij schorren afgedekt met een laag jonge zeeklei. Ligt achter het vallengebied een gebied met ondiepe holocene veen- en kleilagen, dan kan dat een afremmende werking op de val uitoefenen en een steilere evenwichtshelling doen ontstaan. Of de val-afremmende werking veroorzaakt wordt door de samenhang van het veen of door vastere pakking van de oude wadzanden daaronder, valt nog te bezien. Tot nu toe zijn er weinig dichtheidsgegevens bekend die hier een verklaring voor zouden kunnen geven. Sinds enige jaren wordt daarom bij iedere nieuwe val van enige betekenis dichtheidsonderzoek verricht, in de hoop dat hier later meer over kan worden gezegd. Bij de waarneming dat vallen niet optreden waar de oever helemaal uit wadzand met een oud-holocene bovenlaag is opgebouwd, kan worden aangetekend dat in zo'n geval weliswaar een begin van een val kan ontstaan onder in de geul, maar dat die gesmoord wordt zodra de aantasting de klei- of veenlaag bereikt.
Het feit dat het 1 : 15-criterium wordt toegepast ongeacht de helling van de oever voorafgaand aan het optreden van een val en ongeacht de hydrologie van de oever getuigt ervan dat men onzeker is aangaande de invloed die de taludhelling en de hydrologie uitoefenen op de inleidende afschuiving. Afbeelding 3d geeft een overzicht van de steilste gemeten hellingen in de laatste peiling voorafgaand aan het optreden van verschillende vallen langs de Noordbevelandse oever. Daaruit blijkt dat de grootste kans op vallen bestaat bij hellingen van 1 : 2 à 1 : 3. Soms komen ze ook voor bij flauwere hellingen, soms bij steilere.
In de oud-holocene zandafzettingen, die zijn afgedekt met veen en klei, zijn hellingen van 1 : $1^1/_2$ nog stabiel bevonden; hoogstens gaven ze aanleiding tot geleidelijke afbrokkeling van de oever. Omdat de veenlaag ondoorlatend was kon er bovendien geen water-uitwisseling plaatsvinden; schadelijke uitwaarts gerichte grondwaterverhangen bleven daardoor achterwege. De flauwere hellingen treden voornamelijk op bij jong-holocene afzettingen. Hellingen flauwer dan het natuurlijk talud (1 : 2) kunnen niet afschuiven zonder de hulp van uitwaarts gerichte grondwaterverhangen ten gevolge van kwelstromen. Hier moet de

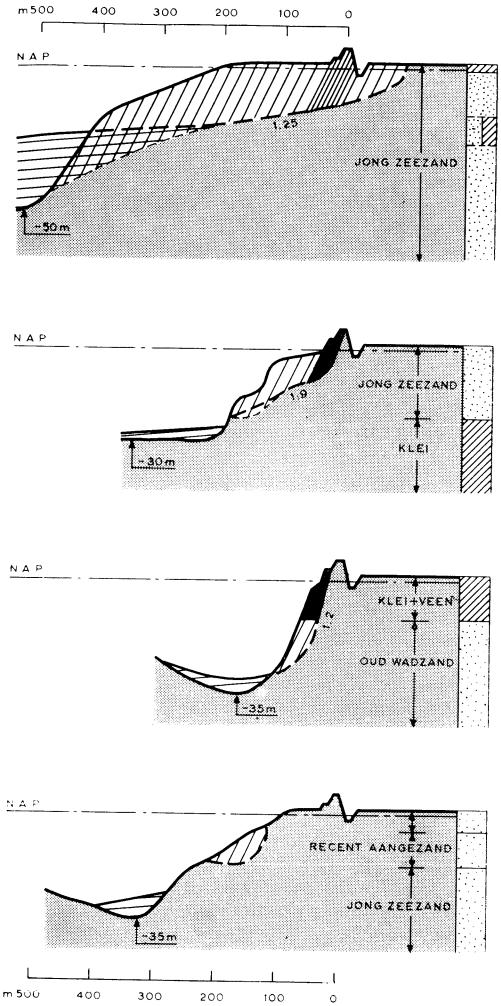
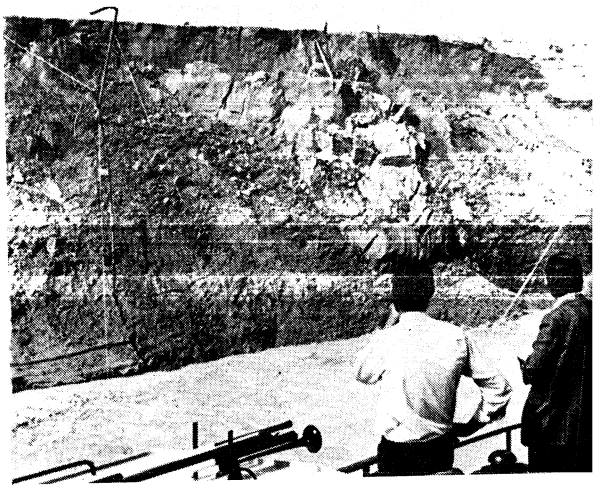
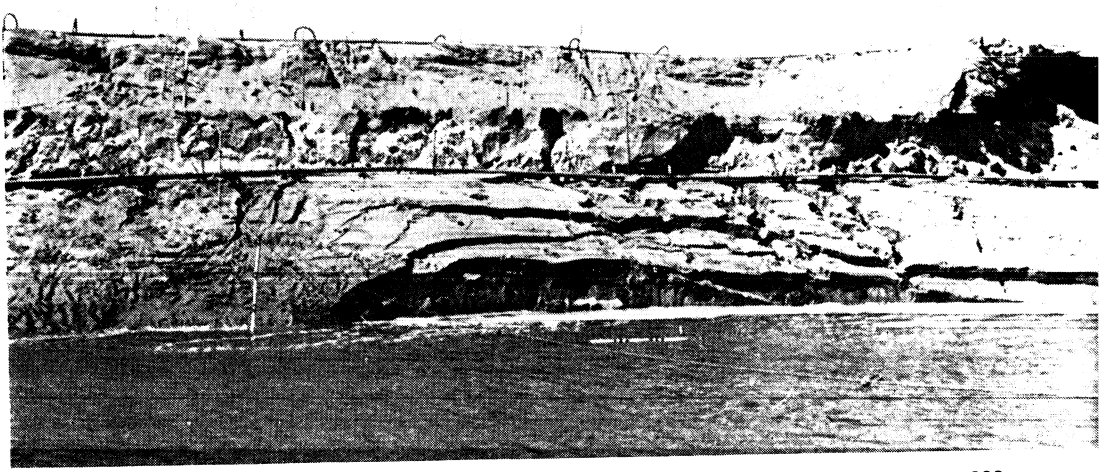


Fig. 4. Invloed van de grondsoort op de hellingen na een val

hydrologie van de oever dus een beslissende factor zijn. Afbeelding 3f geeft bovendien aan dat de meeste vallen optreden bij oostenwind en bij stormen, dat wil zeggen bij extreme getijstanden en versterkte kwel.
Over de invloed van de hydrologie van de oever op de inleidende afschuiving of op het verdere verloop van de val bestaan vele theorieën. Reeds lang voordat de oorzaak van een vloeiing werd gezocht in een combinatie van taludsteilheid en pakking van het zand – dat gebeurde voor het eerst in 1938 – werd ze toegeschreven aan steile taluds en uitwaarts gerichte grondwaterverhangen. De naam 'kwelafschuivingen' herinnert daar nog aan. Afb. 5a brengt er een in beeld. Het bezwaar van de theorie der kwelafschuiving is echter dat ze veronderstelt dat de afschuiving zal plaatsgrijpen in het ondiepe gedeelte van de geul omtrent de laagwaterlijn. Dit zijn vaak niet de plaatsen waar de steilste hellingen worden aangetroffen (zie fig. 3e). De inleidende afschuivingen schijnen echter in de eerste plaats te worden veroorzaakt door taludversteiling en pas in de tweede plaats door de hydrologie. Wat betreft de recente vallen moet dan verondersteld worden dat de stormen van januari en februari eerst hebben geleid tot schadelijke taludversteilingen en dat de extreme laagwaters ten gevolge van de oostenwinden in maart gezorgd hebben voor het laatste duwtjes in de rug. Of dit laatste duwtje een extra taludversteiling was of een groot grondwaterverhang, blijft echter een onderwerp voor nadere studie. Dat een afsluitende laag jonge zeeklei bovenop het jonge zeezand een zettingsvloeiing minder waarschijnlijk maakte, moest volgens die



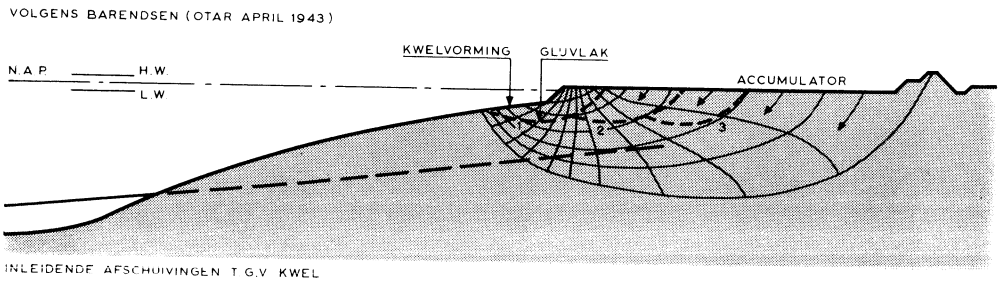
Afkalving van het dijkvak bij de valproef op Noordland

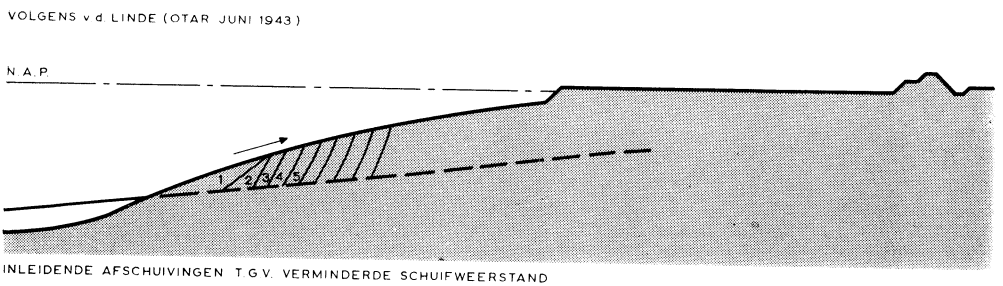


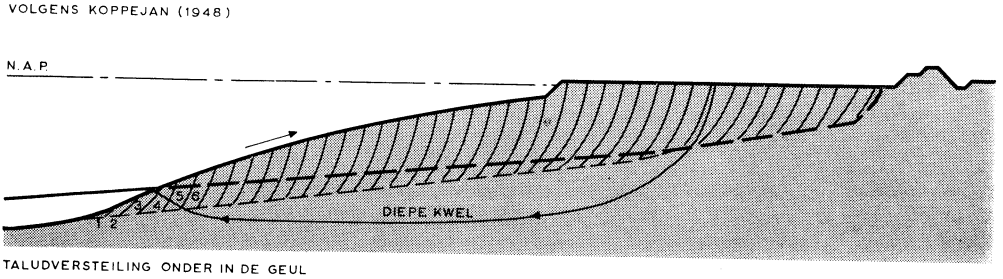
theorie daardoor verklaard worden, dat de zeeklei de vorming van een steil uitwaarts gericht verhang onmogelijk maakte. In de opvulling van oude vallen vindt men vaak zulke kleilagen. Een volgende val zou dus eerder naast dan in de oude val kunnen optreden; 'geen val in de val', luidt dan ook het gezegde.

De voorbeelden waarbij de oude val een nieuwe veroorzaakt, zijn echter even talrijk. In welke gevallen de samenstelling en de dichtheid van het bodemmateriaal daarvoor verantwoordelijk is en in welke gevallen de groter geworden geuldiepte en taludsteilheid, dient nader te worden bestudeerd. Dichtheidsmetingen hebben reeds uitgewezen dat de pakking van deze recente opvullingen veel losser is dan die van de bodem in de onmiddellijke omgeving. Waar geen klei aan-

Fig. 5. Vergelijking van theorieën over de inleiding tot het optreden van zettingsvloeiingen.
Van boven naar beneden:
Kwelafschuivingen boven in het geultalud;
inleidende afschuivingen halverwege het geultalud;
inleidende afschuivingen onder in het geultalud.









Afkalvingsvloeiing in het zijtalud van de bouwput in Noordland

wezig is, blijken de kritieke taludhellingen voor de nieuwe val kleiner te zijn. Er is dan een geringere toeneming van de schuifspanningen vereist om een nieuwe val in te leiden. Onderzoekingen langs de aanzet van de Oosterscheldedam op Noord-Beveland duiden erop dat recente aanzandingen om dezelfde reden extra gevoelig kunnen zijn voor het optreden van vallen zonder daarbij het onderliggende voorbelaste jonge zeezand mee te nemen. Nadere onderzoekingen in deze richting zouden kunnen leiden tot een betere becijfering van de benodigde hoeveelheid bodembescherming in zo'n gebied. Ook de uitwerking van het opspuiten en klappen van zand zou wat dit betreft nader moeten worden onderzocht. Zulk zand zou jong jong zeezand genoemd kunnen worden ter onderscheiding van het oudere voorbelaste jonge zeezand.

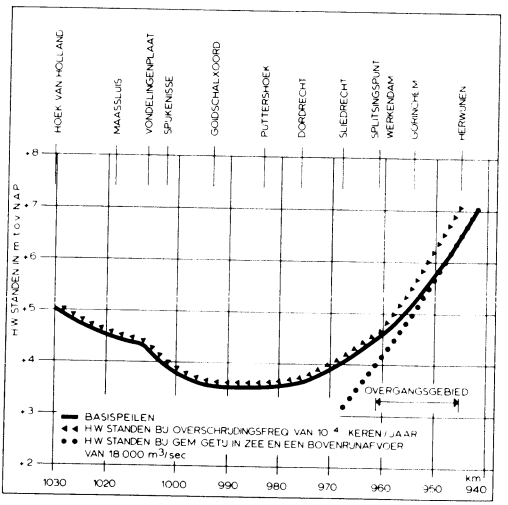
Behalve losse pakking van het bodemmateriaal blijken er dus wel degelijk andere factoren van invloed te zijn op het ontstaan en het verloop van (zettings)vloeiingen. Het is daarom gewenst bij de bespreking van de invloed van losse pakking – en daarover handelt het tweede deel van dit artikel, in het volgende Bericht – steeds de samenhang te blijven zien met de factoren die genoemd zijn in dit eerste deel.

Alvorens plannen tot verbetering van de hoofdwaterkeringen kunnen worden opgesteld, aldus het Eindverslag van de Deltacommissie, is het nodig de stormvloedstanden vast te stellen, die als uitgangspunt moeten dienen voor de bepaling van de hoofdafmetingen van die waterkeringen.

Basis- en ontwerppeilen in het benedenrivierengebied

De commissie heeft verschillende onderzoekingen doen uitvoeren naar de kans van optreden van stormvloeden van verschillende hoogten langs de kust en de zeegaten. Op grond van deze onderzoekingen meende zij de overschrijdingsfrequentie van de waterstand te Hoek van Holland van N.A.P. + 5 m te mogen stellen op ongeveer 1% per eeuw, of een tienduizendste per jaar. Een stormvloedstand met een zo geringe overschrijdingsfrequentie leek de commissie een voldoende veilig uitgangspunt voor haar verdere beschouwingen. Sindsdien worden dan ook het peil van N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland en de daarmee gelijkwaardige peilen op andere punten – dat zijn dus de peilen met een gelijke overschrijdingsfrequentie – basispeilen genoemd.

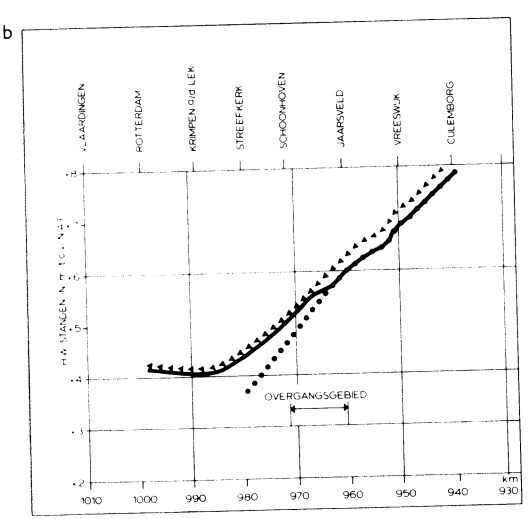
Voor een groot aantal plaatsen langs de kust en de zeegaten werden deze peilen vastgesteld. Zij zijn echter niet meer dan algemene normen en mogen op zichzelf nog niet als enig uitgangspunt worden genomen voor de uit te voeren versterkingen. De door de hoofdwaterkeringen beschermde belangen lopen namelijk in betekenis zeer uiteen. Het maakt groot verschil, wat de omvang en het karakter is, in het bijzonder welke de hoogteligging is, van het achter enige hoofdwaterkering gelegen gebied. Daarom is de commissie ertoe overgegaan, uit de basispeilen zogenaamde ontwerppeilen af te leiden, die als uitgangspunt zullen moeten dienen voor de verbetering van de hoofdwaterkeringen. Voor hoofdwaterkeringen die zeer vitale belangen beschermen zou kunnen worden overwogen, met het ontwerppeil nog iets boven het basispeil uit te gaan. Zijn de belangen beperkt, dan zal het verantwoord zijn een



iets minder grote veiligheid te aanvaarden, en voor het ontwerppeil een hoogte beneden het basispeil aan te houden.

Dergelijke beschouwingen hebben de commissie er tenslotte toe gebracht, een lijst op te stellen van ontwerppeilen voor het gehele kustgebied. Voor het zuidwesten des lands, dat in kleine, elk afzonderlijk door hoofdwaterkeringen beschermde gebieden is verdeeld, zijn ontwerppeilen vastgesteld die een ongeveer 2,5 maal zo grote kans op overschrijding hebben als de ter plaatse geldende basispeilen. Hun overschrijdingskans is dus ongeveer 1/4000. Het verschil met de basispeilen bedraagt ongeveer 30 cm. Deze aftrek staat bekend als de 'economische reductie'. Tenslotte is er dan nog een correctie aangebracht om de onder invloed van de afsluitingswerken iets verhoogde stormvloedstan-

den in de omgeving der Deltadammen te compenseren.
Na de voltooiing der afsluitwerken zullen hoge stormvloeden in het achter de dammen gelegen gebied tot het verleden behoren. De wateren benoorden de Volkerakdam zullen echter via de Rotterdamse Waterweg met de zee in open verbinding blijven.
De vloedgolf die bij westelijke storm de Waterweg binnenloopt, zal evenwel naar binnen toe snel in hoogte afnemen als gevolg van de sterke afzuigende werking van het Haringvlietbekken, waaronder te verstaan zijn het Haringvliet en het Hollands Diep, met aansluitende wateren. Welke hoogste waterstanden er in zo'n geval op het Haringvlietbekken worden bereikt, hangt in sterke mate af van het verloop van de stormvloed en van de grootte van de rivierafvoer. De duur en het karakter van de stormvloed zijn van invloed op de tijd waarin de lozing van het opperwater wordt opgehouden. Voor de waterberging op het Haringvlietbekken is niet alleen de oppervlakte van het bekken van belang, maar ook het peil dat bij de aanvang van de stormvloed en de stremming van de opperwaterafvoer op het Haringvliet aanwezig was. Dit peil zal samenhangen met de hoogte van het peil op zee, in het bijzonder het laagwaterpeil, voorafgaand aan de storm, van het daarbij gevolgde lozingsprogramma van de Haringvlietsluizen, en van de wijze waarop het aflaten van water via het Volkerak naar het Zeeuwse Meer wordt geregeld.
Bij haar beschouwingen is de Deltacommissie er destijds van uitgegaan dat de Hollandse en Brabantse Biesbos en het gebied van Dongemond en Oude Maasje stormvloedvrij



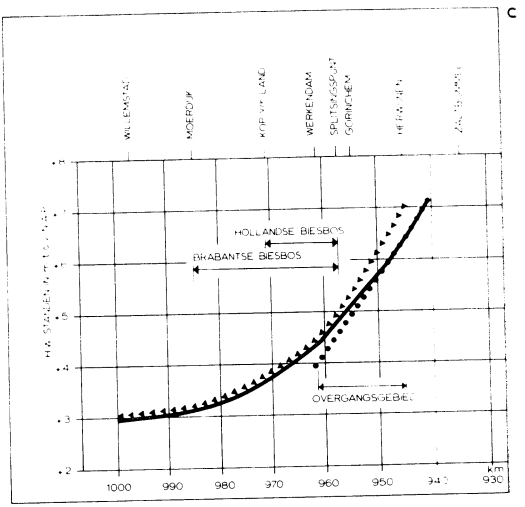


Fig. 1. Basispeilen in het benedenrivierengebied

a. langs Nieuwe Waterweg–Oude Maas–Beneden Merwede–Boven Merwede

b. langs Nieuwe Maas–Lek

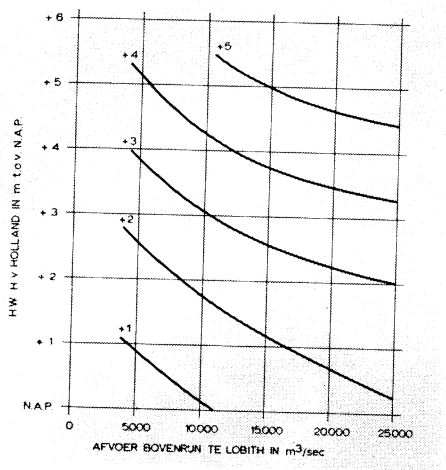
c. langs Haringvliet–Hollands Diep–Nieuwe Merwede–Boven Merwede

zouden zijn. Ten aanzien van de bediening der Haringvlietsluizen is ervan uitgegaan dat ze bij het opkomen van de vloedstroom zouden worden of zijn gesloten gedurende het aan het eigenlijke stormvloedgetij voorafgaande getijde en dat ze tot aan het einde van de stormvloed gesloten zouden blijven. Verder is slechts in beperkte mate rekening gehouden met het karakter van de stormvloed.
Uit de verrichte berekeningen bleek dat een bepaalde hoge waterstand kan ontstaan als gevolg van verschillende combinaties van stormvloeden en opperwaterafvoeren. Wenst men te weten hoe groot de kans is dat een bepaalde waterstand wordt bereikt of overschreden, dan zal men alle mogelijke combinaties die tot die toestand kunnen leiden dienen te beschouwen, en de kansen van voorkomen van alle combinaties moeten

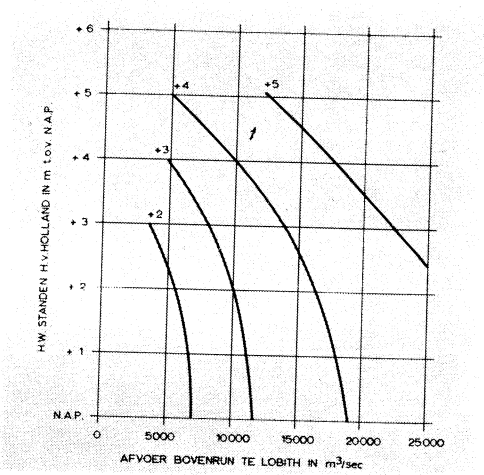
optellen. De resultaten van de door de Deltacommissie uitgevoerde berekeningen zijn, voorzover ze het benedenrivierenstelsel betreffen, eenvoudshalve in tabellen samengevat.
Toen de Deltacommissie haar onderzoekingen uitvoerde, bestond er nog onzekerheid inzake de maximale afvoer die de Bovenrijn zou kunnen bereiken. Pas in 1968 is, op grond van een hernieuwd onderzoek naar de maatgevende waterstanden op de Rijn en zijn vertakkingen en het aansluitende benedenrivierengebied, gebleken dat de maximale afvoer van de Bovenrijn aanzienlijk groter kan zijn dan de tot dan toe aangenomen 17.500 m^3/sec. Tengevolge daarvan moesten de basispeilen voor Schoonhoven en Werkendam worden herzien.

onderzoek naar de basispeilen op de Maas en het aangrenzende benedenrivierengebied is nog gaande.
Uit het voorgaande blijkt wel, dat voor het bepalen van basispeilen in het benedenrivierengebied en het bovenrivierengebied uitgegaan wordt van verschillende frequentiebegrippen. In het benedenrivierengebied overheerst de getijbeweging, waarin tweemaal per dag een hoogwaterstand voorkomt. In het bovenrivierengebied treden afvoergolven op die in het algemeen van veel langere duur zijn dan een getijcyclus. De overschrijdingsfrequentie wordt in het benedenrivierengebied dan ook uitgedrukt in het aantal keren per jaar dat een bepaalde H.W.-stand wordt overschreden; in het bovenrivierengebied wordt de overschrijdingsfrequentie van een bepaalde afvoer, die dagelijks gemeten

a



b



Basispeilen in het overgangsgebied

De bepaling van de basispeilen in het bovenrivierengebied geschiedt op een andere wijze dan hiervoor beschreven werd voor het benedenrivierengebied. Er wordt voor het bovenrivierengebied uitgegaan van maatgevende rivierafvoeren, dat zijn rivierafvoeren met een overschrijdingskans van 1/3000 dagen per jaar. Uit verschillende onderzoekingen is gebleken dat voor de Rijn bij Lobith een afvoer van 18.000 m^3/sec bij die overschrijdingsfrequentie behoort. Er zijn stroombaanberekeningen uitgevoerd naar het peilverloop langs de Rijn en zijn vertakkingen bij deze maatgevende Rijnafvoer. Voor het aan de benedenrivieren grenzende gedeelte van de bovenrivieren zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven in fig. 1. Een

wordt, uitgedrukt in aantallen dagen per jaar. In dat geval ontbreekt echter informatie omtrent de duur van overschrijding van deze afvoer. Daarom wordt tevens een frequentieverdeling opgesteld van de topafvoeren

Fig. 2. Correlatie van hoogwaterstanden met bovenrijnafvoer en H.W.-stand te Hoek van Holland voor

a. Dordrecht

b. Werkendam

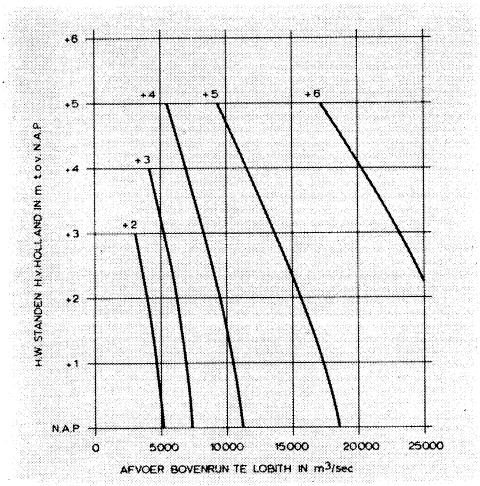
c. Gorinchem

d. Herwijnen

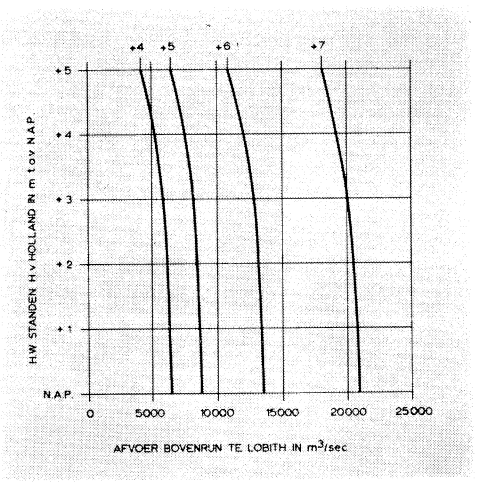
tijdens de afvoergolven. Deelt men de dagoverschrijdingsfrequentie door de topoverschrijdingsfrequentie, dan heeft men de gemiddelde duur in dagen van de overschrijding van een bepaalde afvoer. Voor de Rijn te Lobith blijkt bij een afvoer van 18.000 m^3/sec de gemiddelde overschrijdingsduur één dag te zijn, hetgeen betekent dat de top- en de dagoverschrijdingsfrequentie aan elkaar gelijk zijn. Uitgaande van deze gegevens kan gesteld worden dat de bijbehorende H.W.-stand op de bovenrivier, wanneer bij de maatgevende afvoer een geringe getijbeweging aanwezig zou zijn, 1 keer per 1666 jaar overschreden zou worden.
De consequentie hiervan is, dat tussen het benedenrivierengebied en het bovenrivierengebied een overgangsgebied moet worden ingelast, om de verschillen in uitgangspunt

Hoek van Holland en de grootte van de Rijnafvoer te Lobith. Deze berekeningsresultaten hebben er mede toe geleid dat het overgangsgebied op de Boven Merwede is gesitueerd tussen het splitsingspunt bij Werkendam (km 961.000) en de peilschaal te Herwijnen (km 945.325). Op de Lek ligt het overgangsgebied tussen de peilschaal te Schoonhoven (km 971.610) en de peilschaal te Jaarsveld (km 961.615).
Uit de betrekkingslijnen zijn de overschrijdingsfrequenties van de H.W.-standen op verschillende stations volgens de eerder aangegeven methode berekend. Deze gegevens hebben, in combinatie met de uitgevoerde stroombaanberekeningen op de Rijn en zijn vertakkingen, geleid tot de in fig. 1 aangegeven basispeilen langs verschillende riviertrajecten.

c



d



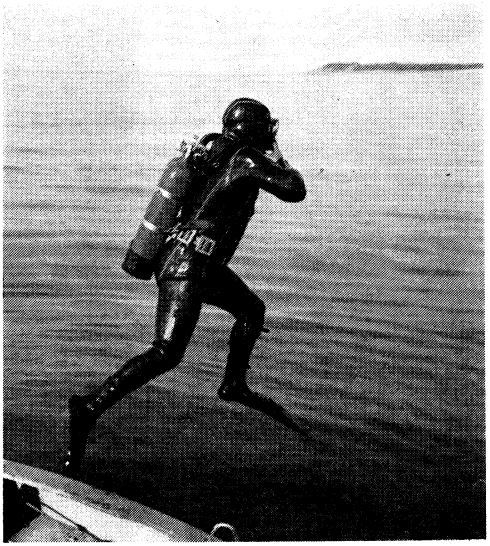
met betrekking tot de basispeilen te overbruggen. De grens van het overgangsgebied zal aan de zijde van het benedenrivierengebied moeten liggen op een punt waar de stormvloeden het basispeil in overwegende mate bepalen. Aan de bovenrivierzijde zal de grens zich op een punt moeten bevinden waar de bovenrivier vrijwel uitsluitend het basispeil bepaalt. Gebruik makend van de nieuwste inzichten met betrekking tot het afvoerregime van de Rijn heeft men de optredende hoogwaterstanden in het benedenrivierenstelsel opnieuw berekend voor verschillende combinaties van stormvloeden en rivierafvoeren. Enige resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in fig. 2, waarin betrekkingslijnen te zien zijn voor de hoogwaterstanden te Dordrecht, Werkendam, Gorinchem en Herwijnen, de hoogte van de stormvloed te

Op grond van het voorgaande zijn in augustus 1971 de ontwerppeilen vastgesteld langs de Bovenrijn en zijn takken, inclusief de overgangsgebieden. In de toelichting wordt vermeld dat in het benedenstroomse gedeelte van de overgangsgebieden overeenkomstig het advies van de Deltacommissie ten aanzien van de beveiliging van de gebieden buiten centraal Holland, een economische reductie van 30 cm op de basispeilen is aangebracht.

In de overgangsgebieden wordt de economische reductie geleidelijk tot nul verminderd, zodat de ontwerppeilen op de bovenrivieren gelijk worden aan de basispeilen. Daarmee wordt tevens bereikt dat de ontwerppeilen in het overgangsgebied en in het bovenrivierengebied vrijwel een gelijke overschrijdingsfrequentie hebben.

Duiken voor de Deltawerken

Bij de uitvoering van de afsluitingswerken, maar ook bij het langzamerhand omvangrijke milieu-onderzoek in het Deltagebied, wordt nogal dikwijls een beroep gedaan op duikers. Een belangrijk deel van de kustwaterbouw speelt zich immers onder water af, en in veel gevallen bestaat er behoefte om na te gaan, wat er van het werk geworden is. Dit klemt temeer, naarmate men er toe overgaat nieuwe werkmethoden en nieuwe materialen toe te passen, die het experimentele stadium nog maar nauwelijks te boven zijn. En het is bekend dat de ongekende schaal van de Deltawerken meermalen noodzaakt tot het gebruik van nieuwe methoden.
Bij verscheidene werkonderdelen, zoals bodembeschermingen is het bovendien van vitaal belang, dat de uitvoerenden *snel* onderricht worden over het resultaat van hun werk. In het algemeen zal voor het verzamelen van gegevens betreffende constructies onder water, bodemdiepten en dergelijke meer gebruik gemaakt worden van echoloodmetingen vanaf speciaal daarvoor ingerichte peilschepen waarmee men de waterdiepte van plaats tot plaats of in brede banen kan opmeten. Niet altijd echter zijn de op deze manier verzamelde gegevens voldoende om de gestelde vragen te beantwoorden. Zo blijkt bijvoorbeeld niet of op een bepaald bodemgedeelte stenen van een bestorting liggen of alleen maar zand; evenmin blijkt duidelijk in welke toestand een bestorting zich bevindt. Dit kan alleen worden vastgesteld met behulp van onmiddellijke, optische waarneming door een ter zake kundige. Vandaar de behoefte om bij de bouw van de dammen naast het gebruikelijke toezichthoudende personeel, ook personeel aan te stellen voor inspectie onder water. Een dubbele bekwaamheid wordt dus van dit personeel gevraagd: enerzijds moeten het geoefende duikers zijn, van een optimale lichamelijke en psychische conditie, en gehard tegen de weinig comfortabele omstandigheden van temperatuur en druk die het duiken meebrengt, anderzijds echter ook in de waterbouw zoal niet geschoolde, dan toch enigszins wegwijs geworden technici, die gebreken aan een constructie kunnen vaststellen, of apparatuur voor grondmechanische en hydraulische studie kunnen plaatsen en afstellen.
Reeds in de beginjaren van de uitvoering der afsluitingswerken werd een waterbouwtechnisch ervaren duiker in dienst genomen, aan wie naar behoefte particuliere duikers werden toegevoegd. Wanneer bepaalde technieken eenmaal ingang gevonden hebben, blijken er echter toepassingsmogelijkheden ook voor andere dan de oorspronkelijke doeleinden. De taken van de duikers worden gemakkelijk uitgebreid met toevallige karweitjes: het verwijderen van een draad uit een scheepsschroef, het ophalen van een overboord gevallen stuk gereedschap.
Dat het duikwerk zich meer en meer uitbreidde, is echter niet alleen te danken aan deze losse werkzaamheden. De behoefte aan de inspectie van gemaakt werk nam toe met het in uitvoering komen van verscheidene Deltawerken tegelijkertijd, en zo breidde de duikersploeg haar activiteiten in het midden van de jaren zestig uit over het gehele Deltagebied. Nu het aantal tegelijk uitgevoerde afsluitingswerken weer sterk terugloopt, blijft evenwel de behoefte aan duikers onverminderd bestaan: het onderzoek naar de kwaliteit van bodem en water in de afgesloten bekkens,



Duiker gaat te water in nat kikkerpak

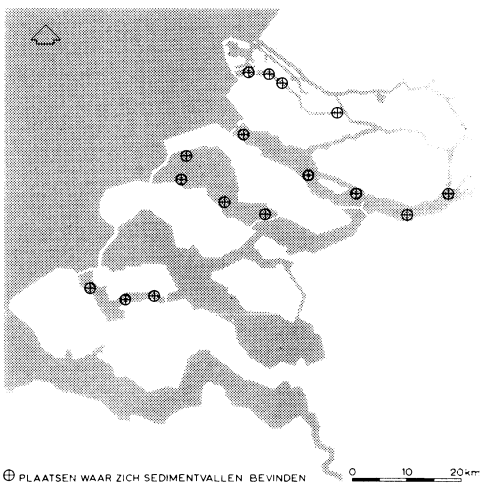
dat inmiddels op gang gekomen is, vereist herhaaldelijk de hulp van duikers, mede om het wel en wee van de planten- en dierengemeenschappen in de Deltawateren in ogenschouw te nemen. En ook in de verdere toekomst, wanneer de afsluitingswerken zullen zijn voltooid, blijft inspectie onder water gewenst voor het onderhoud van de gereedgekomen dammen en sluizen, evenzeer als voor de studie der geomorfologische ontwikkelingen, met name de bestudering van het zandtransport langs de verkorte Noordzeekust. Duikeronderzoek blijft ook nodig voor het milieu-onderzoek, dat ervoor zal moeten blijven zorgen dat het waterbeheer in het Deltagebied op verantwoorde wijze wordt uitgeoefend, zich aanpassend aan steeds wisselende omstandigheden.

Het valt niet moeilijk in de tot nu toe verschenen driemaandelijkse Berichten beschrijvingen te vinden van werkzaamheden waaraan duikers een belangrijk aandeel hebben gehad.

Bij de ontwikkeling en beproeving van nieuwe bodembeschermingsconstructies zijn de duikers vanaf een vroeg stadium betrokken geweest. De totstandkoming van semi-klassieke zinkstukken van polypropeendoek en hout en van moderne constructies zoals beschermingen van asfaltmastiek en steenasfalt-, grindworsten- en betonblokmatten, het is alles mede dankzij duikwerk gerealiseerd.

Bij de proeven op ware grootte heeft inspectie onder water steeds onmisbare inlichtingen verschaft over het gedrag van de beschermingsconstructies onder water, over de wijze waarop de proefstukken zich zouden aanpassen aan de bodem, en over de vraag of ze door overdrukken werden opgetild of ver-

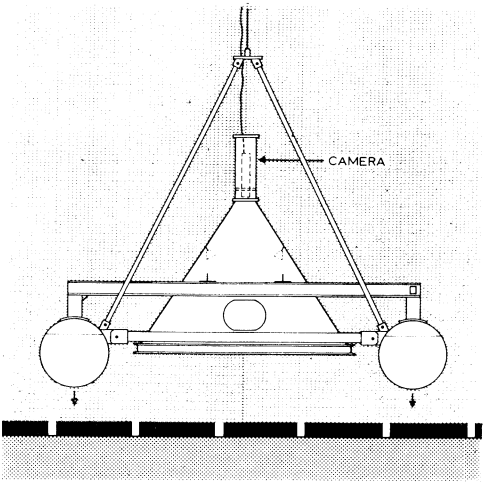
Fig. 1. Plaatsen van sedimentvangers in het Deltagebied

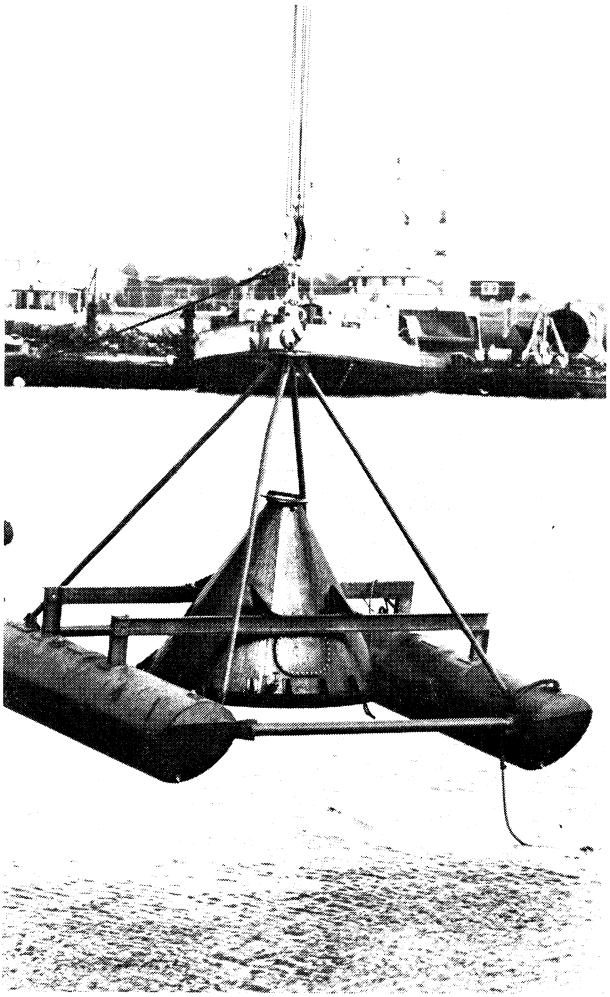


nield. Daarbij kwam nog het onderzoek onder water naar het gedrag van de beproefde bestortingsmaterialen, zoals zeegrind, fosfor-, staal- en loodslakken.

Onderwatertoezicht in het experimentele stadium is echter niet het omvangrijkste onderdeel van het werk dat de duikers hebben aan de bodembeschermingen in het Deltagebied. Zeer dikwijls moeten ze naar beneden voor het onderzoek van de bezinkvelden in de omgeving van de sluitgaten der afsluitingswerken. Daarbij geldt het onderzoek vooral de randen van zo'n bezinkveld, het ontstaan van ontgrondingskuilen, en de wijze waarop de randen zich aanpassen aan de zich wijzigende bodemfiguratie. Een andere controlerende taak die veelal ten dele aan de duikers wordt opgedragen, is het nagaan van de juiste ligging van zinkstukken; de duikers

Fig. 2. Onderwatercamera voor de inspectie van bodembeschermingen
Op de foto: tewaterlating van de slede. De camera zelf ontbreekt nog





dienen zich er dan mede van te vergewissen dat de stukken elkaar voldoende overlappen en dat de bestortingsmaterialen op een juiste manier over de beschermingsmatten zijn verdeeld. Ook bij de opbouw van dammen en sluitkaden wil de uitvoerende dienst van de duikers vernemen welke profielen met name nieuwe dambouwmaterialen onder water aannemen. Hun wordt dan gevraagd, een onderzoek in te stellen naar de vorm van en de eventuele beschadigingen aan dammen van zandasfalt en betonblokken, maar ook wel van mijnsteen of grind. Bij een caissonsluiting laat men op soortgelijke manier wel de werking van de afsluiters controleren. Ten behoeve van grondmechanische en hydraulische studies moeten de duikers grondmonsters nemen, meetapparatuur onder water plaatsen en onderhoudswerkzaamheden verrichten aan eenmaal geplaatste drukdozen, waterspanningsmeters en instrumenten voor de registratie van getij- en golfbewegingen. Na dijk-, plaat- en oevervallen is het soms nodig de gegevens uit peilingen aan te vullen met een onderwaterschouw van de grondverplaatsingen.
Het milieu-onderzoek voegde aan dit toch al omvangrijke takenpakket nog het een en ander toe. Op de bodem van de afgesloten Deltabekkens moeten periodiek sedimentvangers worden geplaatst en gelicht. In deze monsterbussen, aangeschaft op voorbeeld van het milieu-onderzoek in de grote meren van Noord-Amerika, worden gedurende 1 à 2 maanden achtereen in het water bezinkbare stoffen opgevangen. Na afloop van de bezinkperiode worden de opgevangen hoeveelheden stoffen gemeten en geanalyseerd. Uit deze gegevens kan men, in combinatie met de

resultaten van grondmonsters en foto's van de bodem een beeld opbouwen van de mate waarin en de snelheid waarmee ter plaatse sedimentering optreedt. Soortgelijke werkzaamheden verrichten de duikers bij het onderzoek naar de gelaagdheid van het water in diepe gedeelten van de Deltameren en bij het bestrijden van deze ongewenste stratificatie.
Hoezeer duikers in de Deltawateren van alle markten thuis moeten zijn blijkt wel daaruit dat van hen ook de vervaardiging van kleurenfoto's en -films onder water wordt verlangd. Van de levensomstandigheden op de vooroevers van dijken en in sommige diepe geulen en putten tracht men zich uit deze dia's en films, uit grondmonsters en uit de ooggetuigenverslagen van de duikers zelf een beeld te vormen. Worden deze verkenningen regelmatig uitgevoerd, dan kan op den duur een goed inzicht verkregen worden in de wijzigingen die de leefgemeenschappen ondergaan als gevolg van veranderingen in het aquatisch milieu.
De duikers wordt tenslotte ook nog gevraagd hun duikuitrusting periodiek op betrouwbaarheid te beproeven en nieuwe vindingen op het gebied van het onderwaterverblijf in de praktijk te testen. Onlangs heeft men bijvoorbeeld een onderwaterscooter beproefd en een onderwatercamera voor televisie, die men wellicht nodig zal hebben om de enorme overlaplengten van de bezinkingsvelden in de Oosterschelde effectief te controleren. De totale naadlengte zal daar namelijk 120 km bedragen, en al die naden moeten onder water lopend of zwemmend worden gecontroleerd. Ook hebben de duikers een observatietank voor het visueel registreren van zandtransporten in het water op zijn bruikbaarheid onderzocht.

In het Deltagebied opereren thans twee Rijksduikers, de een vanaf het duik-werkschip 'Zuidvliet', de ander van het duik-werkschip 'Hillechien'. De 'Zuidvliet' is de in 1962 voor de duikerij omgebouwde voormalige voetveerboot tussen Noord-Beveland en Walcheren.
De 'Hillechien' is een in 1943 gebouwde zogenaamde 'Monopolbot' van het Duitse Wasserbauamt, die als sleepboot heeft dienst gedaan op de Duitse binnenwateren. Het schip kwam naar Nederland over in het bezit van de aannemer die met de 'Jan Heymans' bodembeschermingen maakt van asfaltmastiek. In 1970 werd het omgebouwd tot overslagschip voor vulstof en als hulpboot voor sleepdiensten en personenvervoer. Ten behoeve van de ontwikkeling van steenasfaltmatten is deze boot nogmaals omgebouwd, nu tot duik-werkschip met voorzieningen om reparaties te verrichten aan de 'Jan Heymans', aan welk fabrieksschip de 'Hillechien' in voorkomende gevallen ook elekrische energie kan leveren.
De uitrusting van beide schepen verschilt over het geheel genomen niet zoveel: zowel de 'Zuidvliet' als de 'Hillechien' zijn uitgerust met apparatuur voor radiocommunicatie en echolodingen. Er zijn aan boord verhaallieren, een bergingspomp, een giek voor het overslaan van materialen, een generator voor het opwekken van elektriciteit en een compressor. De compressor voedt de duikeruitrustingen en de recompressietank.
Op beide schepen zijn drie verschillende typen duikeruitrusting aanwezig. Allereerst het standaard-luchtpak met koperen helm, en loden schoenen. Dit pak wordt gebruikt bij zwaar werk, en wanneer vooral een goede communicatie met het schip noodzakelijk is. Dan heeft men er kikvors-uitrustingen. Deze duikerpakken kunnen gevoed worden met lucht vanaf het schip, of vanuit cilinders die de duiker op zijn rug draagt. Men gebruikt ze bij redelijk hoge watertemperaturen en voor onderzoek dat een grote actieradius vereist. De constant-volume-uitrusting tenslotte, is een 'droog' kikkerpak, waarin de duiker wollen onderkleding draagt. Met zo'n pak kan men het enige tijd uithouden in koud water, en dus in het algemeen op wat grotere diepte.
De 'Zuidvliet' en de 'Hillechien' beschikken ook allebei over een recompressiekamer, zij het van verschillende grootte. Men kan er onaangename decompressieverschijnselen mee bestrijden. Onder water wordt een meer dan normale druk uitgeoefend op het lichaam van een duiker. Ten gevolge daarvan neemt zijn lichaam verhoudingsgewijs veel stikstof op. Heeft hij zich enige tijd op een bepaalde diepte bevonden, en komt hij vervolgens te snel op, dan heeft de extra opgenomen stikstof niet de gelegenheid om het lichaam te verlaten; in de bloedbaan blijven dan stikstofbellen achter. Dit verschijnsel heet decompressieziekte en het kan in een ernstig geval blijvende invaliditeit tot gevolg hebben. Om de stikstof voldoende gelegenheid te geven om het lichaam te verlaten, is het noodzakelijk de duikers na bepaalde duiken – afhankelijk van diepte en tijdsduur van de duik – in etappes omhoog te halen. Doen er zich desondanks symptomen voor van decompressieziekte, die gelukkig meteen herkenbaar zijn aan een soort duizeligheid en misselijkheid, dan wordt de 'zieke' duiker

in de recompressiekamer weer onder druk gezet, en daarna in etappes weer teruggevoerd naar de normale druk boven water. Deze recompressiekamers heeft men natuurlijk ook nodig wanneer ongelukken onder water zouden optreden. Ook wordt het ophalen in etappes wel eens bewust achterwege gelaten, bijvoorbeeld bij duiken op grote diepte, bij een lage watertemperatuur, of bij hoge stroomsnelheden. Men heeft dan meer vertrouwen in oppervlaktedecompressie die, mits onmiddellijk toegepast, volledig gelijkwaardig kan worden geacht aan het etappegewijs boven komen.

De recompressietank van de 'Zuidvliet' kan vier tot zes mensen bevatten, die van de 'Hillechien' maar één. De tank van de Zuidvliet' bevat ook een druksluis, zodat

Interieur van recompressietank met zuurstofmasker

Rechtsonder: de duik-werkschepen 'Zuidvliet' en 'Hillechien'

Verschillende duikeruitrustingen. Van links naar rechts: standaardpak (tweemaal), constant-volumepak en nat kikkerpak





daar bijvoorbeeld een dokter in en uit kan gaan.
De duikeruitrustingen op de schepen worden verder gecompleteerd met duikertelefoon, polskompas, dieptemeter, horloge, reddingvest, duikermes, onderwaterverlichting en de nodige voorschriften.
Behalve van de genoemde vast aangestelde duikers en de apparatuur in eigen bezit, maakt men ook nog gebruik van de diensten van duikbedrijven. Voor het milieu-onderzoek werkt men samen met het Duikgenootschap Nederland. Dit duikgenootschap maakt film- en foto-opnamen van de leefgemeenschappen op de bodem en langs de dijkglooiingen. De Rijksduikers zijn opgeleid bij de Koninklijke Marine of op de Vaar- en Duikerschool van de Genie. Hun waterbouwkundige, waterloopkundige, werktuigkundige en nautische kennis hebben ze door zelfstudie en door ervaring verkregen. De afdeling milieu-onderzoek te 's Heer-Arendskerke brengt aan de sportduikers de nodige biologische scholing bij voor het onderscheiden van organismen en soorten in flora en fauna.
De werkomstandigheden van de Deltaduikers wisselen sterk. De duikers hebben te maken met zout, brak en zoet water, getijgebieden met verschillende getijamplitudes en met wateren van een nagenoeg constant peil. Zij ontmoeten deining en golfslag, van tijd en plaats afhankelijke stroomrichtingen en stroomsnelheden, hogere en lagere temperaturen, helder en troebel water. Ze moeten, afhankelijk van de kenteringstijden, nu eens 's nachts, dan weer overdag werken. De duikers moeten opereren in diepe geulen, op door kreken doorsneden minder diepe plaatsen, op vooroevers van dijken, en op slikken. De bodem waarlangs ze zich moeten voortbewegen kan zeer verschillend van samenstelling zijn: losgepakt zand, slib, veen of vaste klei.
Op de bodem van het uitgestrekte watergebied is oriëntatie slechts mogelijk op het duikerkompas.
In tegenstelling tot hun collega's boven water kunnen de onderwater-opzichters hun werksituatie of het geheel van een waterbouwkundige constructie niet globaal overzien. Ze moeten altijd oordelen en werken vanuit details. Een systeem van trapsgewijs toezicht bestaat onder water niet. De duikers dragen individueel een grote verantwoordelijkheid, voor het werk, en voor de veiligheid van henzelf en hun collega's.



De eerste ervaringen die zijn opgedaan met het waterbeheersingssysteem dat door de ingebruikstelling van de Haringvlietsluizen in het noordelijk Deltagebied werd mogelijk gemaakt, vindt men beschreven in Bericht 57 (augustus 1971). Doel en werking van dit systeem van waterbeheersing werden daarvoor al beschreven, in Bericht 52 en 53 (mei en augustus 1970).

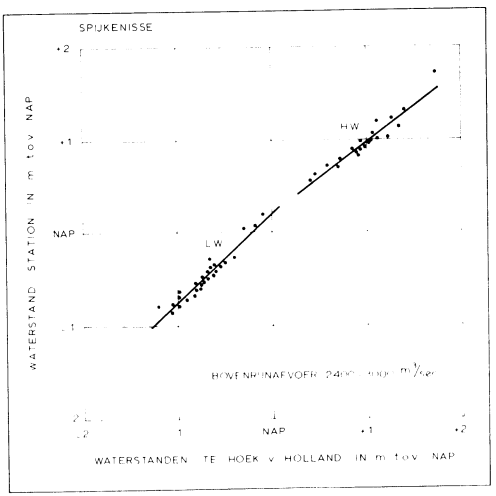
De waterbeweging in het noordelijk Deltagebied sinds de afsluiting van het Haringvliet

Inmiddels is het inzicht in de mate waarin de waterbeweging voldoet aan de voorspellingen belangrijk gegroeid doordat op uitgebreide schaal natuurmetingen zijn verricht, zowel vanaf vaartuigen als met continu registrerende meetopstellingen. In hoeverre de voorspellingen kunnen worden getoetst, hangt in sterke mate af van de opgetreden variatie in de randvoorwaarden van getij in zee en afvoer van de grote rivieren Rijn en Maas. In de periode sinds de afsluiting van het Haringvliet heeft de getijbeweging sterke schommelingen ondergaan, onder meer door frequent optredende stormen.

De rivierafvoer daarentegen heeft gedurende deze periode relatief weinig gevarieerd; er zijn slechts enkele perioden met hoge – en dan nog niet eens zeer hoge – afvoeren voorgekomen. Het gevolg hiervan is dat er nog steeds maar een beperkt inzicht bestaat in de mate van overeenstemming tussen meting en berekening bij hogere Rijnafvoeren dan de middelbare waarde.
Voorts is getracht de mogelijkheden te verruimen om op operationele basis in het systeem in te grijpen. Met dit doel zijn relaties ontwikkeld tussen een hydraulische parameter en in het noordelijk Deltagebied optredende waterloopkundige verschijnselen. De in de Dordtsche Kil optredende hoge stroomsnelheden, die de veerdienst tussen 's-Gravendeel en Wieldrecht in moeilijkheden brachten, zijn een belangrijke stimulans voor deze ontwikkeling geweest.
Zoals in eerder genoemde Berichten reeds vermeld is, wordt de waterbeweging in het noordelijk Deltagebied in sterke mate beïnvloed door het aan de grootte van de rivierafvoer gekoppelde lozingsprogramma voor de Haringvlietsluizen.
Bij Rijnafvoeren tot 1700 m^3/sec blijven de sluizen vrijwel gesloten, terwijl ze eerst bij een Rijnafvoer van 6000 m^3/sec volledig geopend worden tijdens de L.W.-periode in zee. Naarmate de afvoeren oplopen tussen 1700 en 6000 m^3/sec worden de sluizen geleidelijk steeds verder geopend.
De verticale getijbeweging in het noordelijk deltabekken wordt zoals gezegd door dit spui-regime beïnvloed; daarnaast spelen de sterkte van de via de Rotterdamse Waterweg binnendringende getijgolf en de mate waarin water op het Haringvlietbekken geborgen wordt een belangrijke rol.
De mate waarin de verticale getijbeweging door de drie genoemde factoren beïnvloed wordt is afhankelijk van de plaats; zo zal nabij de mond van de Rotterdamse Waterweg de getijbeweging in zee een overheersende rol spelen terwijl op het Haringvlietbekken het spui-regime de getijbeweging voornamelijk bepaalt (zie fig. 1). Uit de figuur blijkt dat de H.W.- en L.W.-standen te Spijkenisse direct samenhangen met de getijbeweging in zee, terwijl de andere factoren in mindere mate een rol spelen. Te Moerdijk bepaalt het spuiregime de H.W.- en L.W.-standen; maar ook de vulling en lediging van het Haringvlietbekken, bijvoorbeeld tijdens en na stormen, heeft hier een belangrijke invloed. Een gevolg hiervan is dat er een vrij zwakke correlatie bestaat met de H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland. De genoemde invloeden kunnen dus, dat blijkt wel uit de figuur, afhankelijk van de plaats sterker of zwakker zijn.
Om toetsing mogelijk te maken van de voor gemiddeld getij in zee bepaalde voorspel-

lingen zijn voor een groot aantal plaatsen dergelijke correlaties van H.W.- en L.W.-standen vastgesteld. Uit deze correlaties is het verloop van de H.W.- en L.W.-standen op een bepaalde plaats bij gemiddeld getij in zee als functie van de Bovenrijnafvoer bepaald. In fig. 2 wordt voor een aantal meetstations een vergelijking getrokken tussen het aldus bepaalde verloop in werkelijkheid en volgens de voorspellingen. Het blijkt dat er een redelijke overeenstemming bestaat tussen voorspelling en werkelijkheid.
Voorts zijn uit de verrichte natuurwaarnemingen frequentieverdelingen samengesteld van de H.W.-standen in het noordelijk Deltagebied. Wanneer de natuurwaarnemingen sinds de afsluiting van het Haringvliet hiertoe direct worden toegepast, dient bedacht te worden dat we statistisch gezien met betrekkelijk weinig waarnemingen te maken hebben. De vraag dient zelfs gesteld te worden in hoeverre een steekproef van 2 à 3 jaar waarnemingen representatief is. Om hier een indruk van te krijgen zijn tevens frequentieverdelingen getekend van de H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland en van de Bovenrijnafvoer te Lobith voor de genoemde periode. Deze frequentieverdeling kan dan vergeleken worden met die over een veel langere periode (zie fig. 3). Dan blijkt dat de H.W.-standen te Hoek van Holland een systematische verandering hebben ondergaan, die wellicht kan worden toegeschreven aan de uitvoering van de Europoortwerken. Hiernaast is het echter niet uitgesloten dat de door de afsluiting van het Haringvliet veroorzaakte verhoging van de opperwaterafvoer langs de Rotterdamse Waterweg in dit verschijnsel een rol speelt.

Het onderzoek naar de oorzaken van de systematische veranderingen in de verticale getijbeweging te Hoek van Holland duurt nog voort. Daarbij zal ook een mogelijke rijzing van de gemiddelde zeespiegel in de beschouwingen betrokken moeten worden. Uit een vergelijking van beide frequentieverdelingen van de Bovenrijnafvoer blijkt dat de Rijnafvoer sinds de afsluiting van het Haringvliet aanzienlijk lager is geweest dan statistisch gezien mocht worden verwacht.
Beide verschijnselen doen zich gevoelen in de voor de H.W.-standen samengestelde frequentieverdelingen (zie fig. 4).
Die stations die onder directe invloed staan van de situatie bij het station Hoek van Holland, vertonen ook dezelfde systematische afwijkingen. Stations die directer beïnvloed worden door de Rijnafvoer, vertonen afwij-



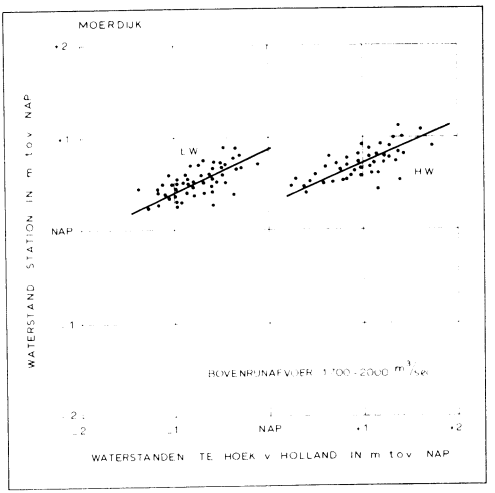


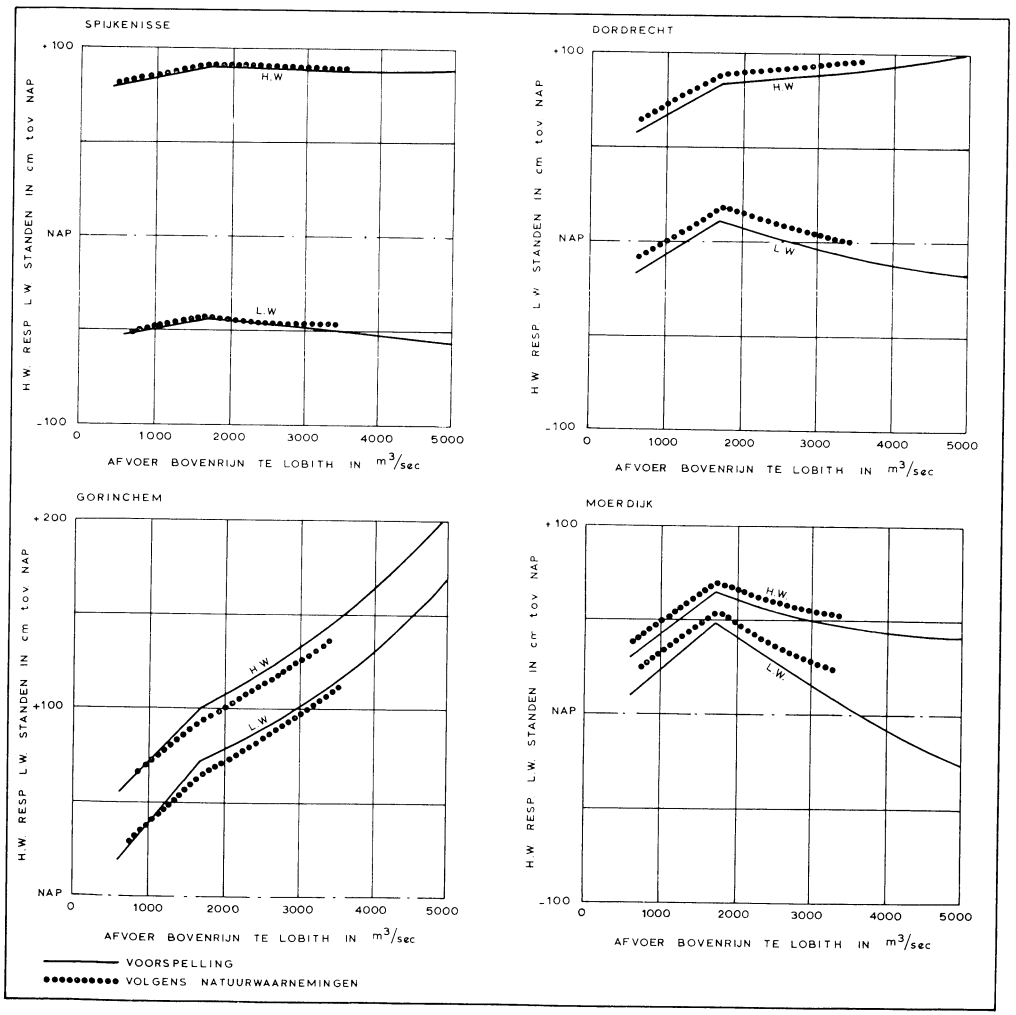
Fig. 1. Correlaties tussen de H.W.- en L.W.-standen Spijkenisse en Moerdijk en de H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland

kingen doordat de afvoeren overwegend laag geweest zijn. Een en ander betekent dat het nog niet mogelijk is om met de thans beschikbare natuurwaarnemingen betrouwbare frequentieverdelingen samen te stellen.

De horizontale getijbeweging

Sedert de afsluiting van het Haringvliet zijn in het noordelijk Deltagebied een aantal stroom- en getijmetingen uitgevoerd op splitsingspunten van rivieren. De resultaten van deze metingen dienen vergeleken te worden met de voorspellingen, teneinde te kunnen nagaan in welke mate de nagestreefde verdeling van het aangevoerde rivierwater in de praktijk gerealiseerd wordt. In fig. 5 wordt zo'n vergelijking voor een splitsingspuntmeting bij de Berenplaat gegeven. Het blijkt dat er in het algemeen een goede overeenstemming tussen meting en voorspelling bestaat; wel moet bedacht worden dat de voorspellingen betrekking hebben op een gemiddelde getijbeweging in zee. In werkelijkheid zal de getijbeweging van het gemiddelde afwijken, en daaruit zijn de verschillen tussen voorspelling en meting voor een belangrijk deel te verklaren.

In de afgelopen jaren zijn ook metingen verricht met continu registrerende meetopstellingen voor de stroomsnelheid bij Spijkenisse in de Oude Maas, bij Alblasserdam in de Noord en bij 's-Gravendeel in de Dordtse Kil. Bij al deze meetopstellingen zijn ijkingsmetingen verricht om een relatie te kunnen vaststellen tussen de gemeten snelheidswaarden en de gemiddelde snelheden in het doorstroomprofiel. Voor de Noord en de Dordtse Kil bleek de ijkfactor vrijwel gelijk aan



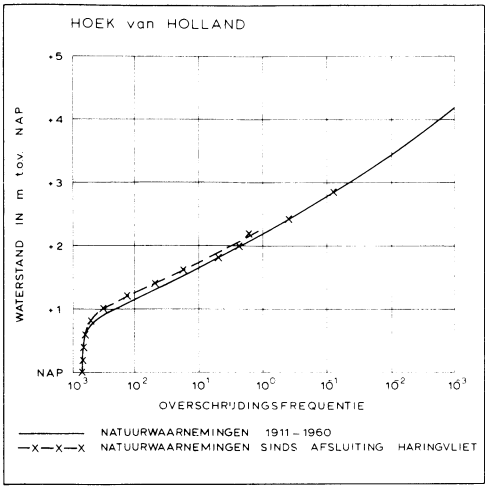


Fig. 3. Frequentieverdelingen van de H.W.-standen te Hoek van Holland en de Bovenrijn-afvoer te Lobith

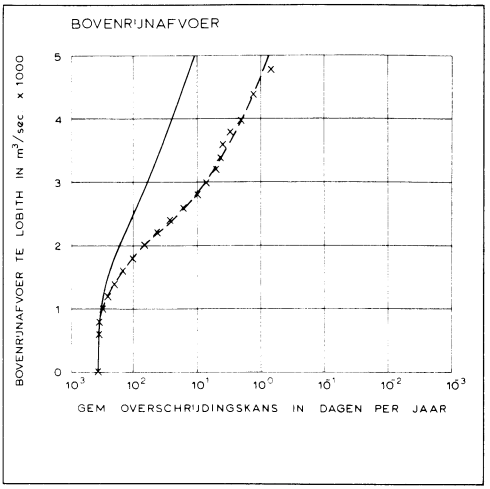
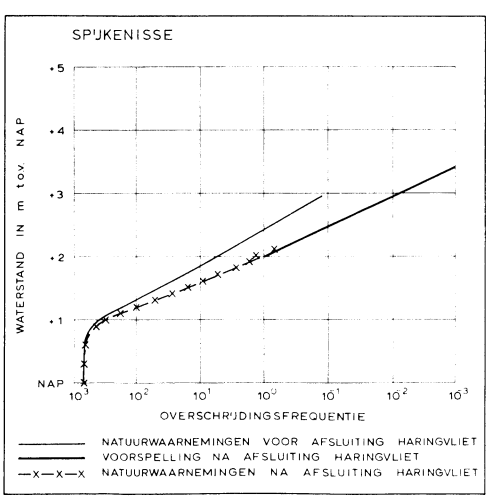
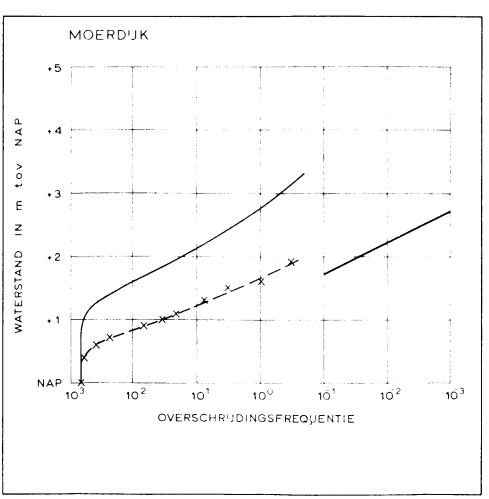


Fig. 2. H.W.- en L.W.-standen bij gemiddeld getij in zee als functie van de Bovenrijn-afvoer

één, zodat de metingen direct met de voorspellingen vergeleken kunnen worden. Voor de Oude Maas is het nog niet gelukt om een betrouwbare factor vast te stellen.
Uit het verrichte onderzoek is gebleken dat ook de stroomsnelheden in het rivierenstelsel in principe bepaald worden door de bij de beschrijving van de verticale getijbeweging genoemde factoren: getijbeweging in zee, rivierafvoer en stand van het Haringvlietbekken. Deze laatste factor wordt mede bepaald door beide eerstgenoemde factoren en het spuiregime van de Haringvlietsluizen.
Getracht is een parameter te ontwikkelen waarin de genoemde factoren verzameld zijn, en waaraan relevante stromingsverschijnselen gecorreleerd kunnen worden. Het onderzoek heeft tenslotte geresulteerd in de in figuur 6 gedefinieerde vervalparameters.

Fig. 4. Frequentieverdelingen van de H.W.-standen te Spijkenisse en Moerdijk





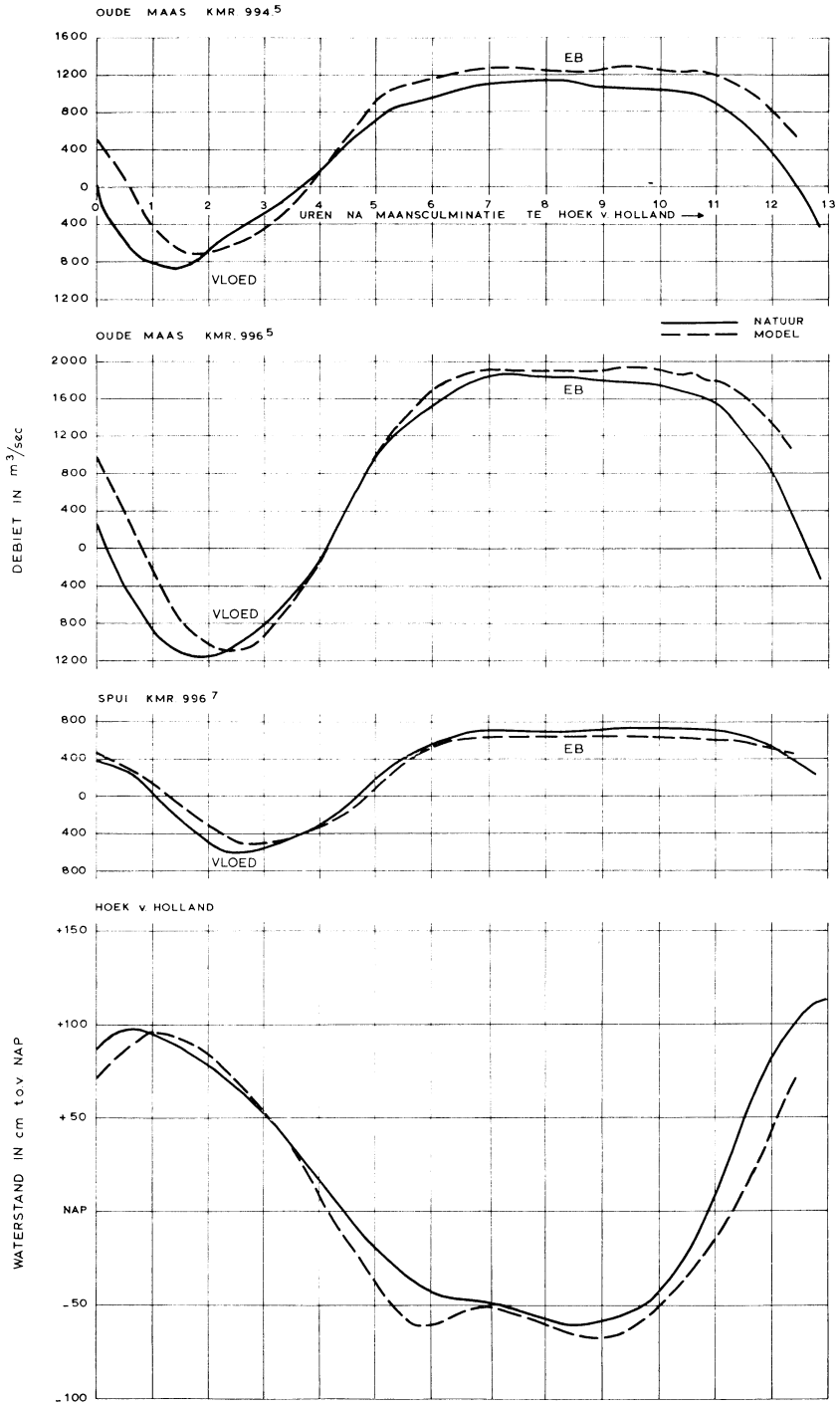

OUDE MAAS KMR 994.5
EB
VLOED
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
UREN NA MAANSCULMINATIE TE HOEK v HOLLAND
NATUUR
MODEL
OUDE MAAS KMR. 996.5
DEBIET IN m³/sec
SPUI KMR 996.7
HOEK v HOLLAND
WATERSTAND IN cm t.o.v NAP
+150
+100
+50
NAP
-50
-100

Fig. 5. Vergelijking van de resultaten van de splitsingspuntmeting 'Berenplaat' met de voorspelling bij gemiddeld getij

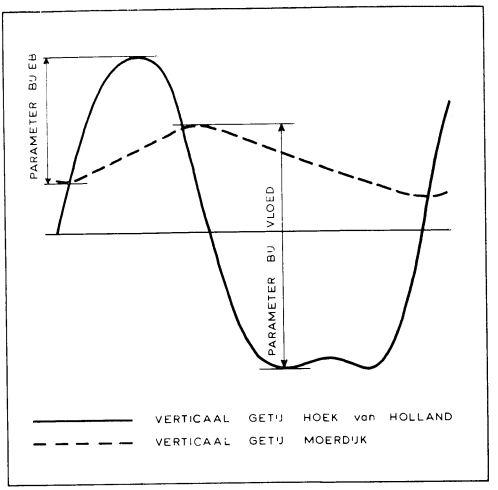
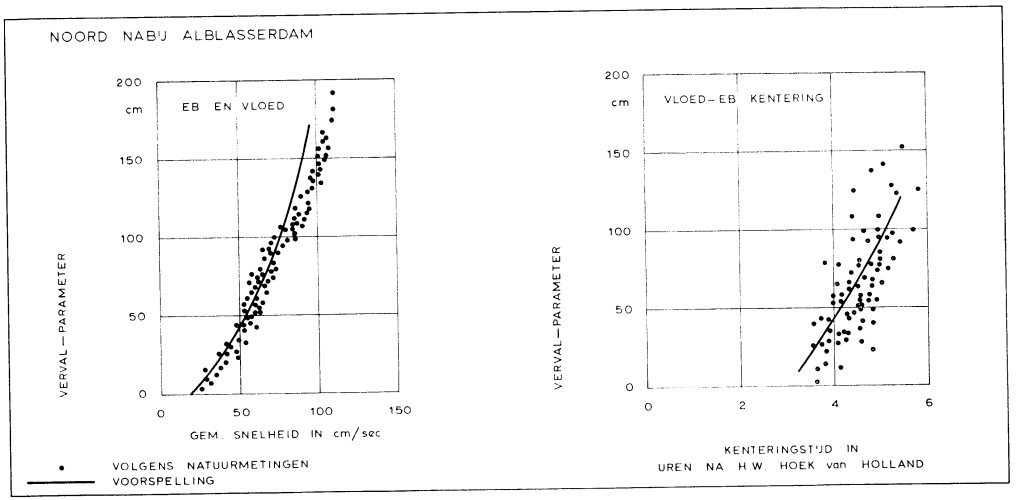


Fig. 6. Definiëring van de vervalparameters door correlatie met hydraulische verschijnselen

Fig. 7. Correlatie van de vervalparameters met de maximale snelheden en kenteringstijdstippen in de Noord



Aan deze parameters zijn de voorspelde en de gemeten maximale stroomsnelheden gecorreleerd voor die gevallen waarin de Haringvlietsluizen vrijwel gesloten zijn (zie figuur 7 t/m 9). Rekening houdend met de eerder omschreven ijkfactoren kan geconstateerd worden dat een redelijke overeenstemming tussen voorspelling en meting aanwezig is, wanneer althans wat de Oude Maas betreft de ijkfactor 1,3 wordt aangehouden.
De gemeten ebsnelheden in de Dordtsche Kil zijn wat lager dan de voorspelde waarden, terwijl de gemeten vloedsnelheden iets hoger zijn. Het bleek ook mogelijk met behulp van bovengenoemde parameters een correlatie op te stellen voor het tijdsverschil tussen het kenteringstijdstip van vloed naar eb en het tijdstip van H.W. te Hoek van Holland. Vergelijking van gemeten en voorspelde waarden bij gesloten Haringvlietsluizen doet ook in deze correlaties een redelijke overeenstemming blijken.

De operationele waterbeheersing

De beschreven parameters laten zich goed toepassen in de operationele waterbeheersing wanneer het gaat om de regeling van hydraulische en daaraan gerelateerde verschijnselen, zoals maximale stroomsnelheden, kenteringstijdstippen, tijverschillen, en eb- en vloedvolumina. Om ze te kunnen bepalen dient men de beschikking te hebben over voorspellingen van de verticale getijbeweging in zee en van de getijbeweging op het Haringvlietbekken. De eerstgenoemde voorspellingen worden geleverd door het K.N.M.I. Het bleek daarnaast mogelijk om de H.W.- en L.W.-standen op het Haringvlietbekken te voor-

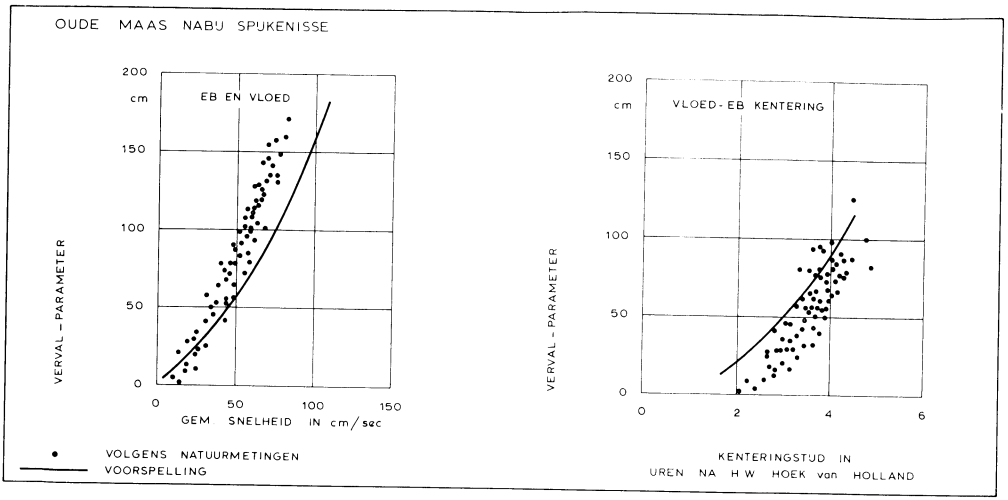
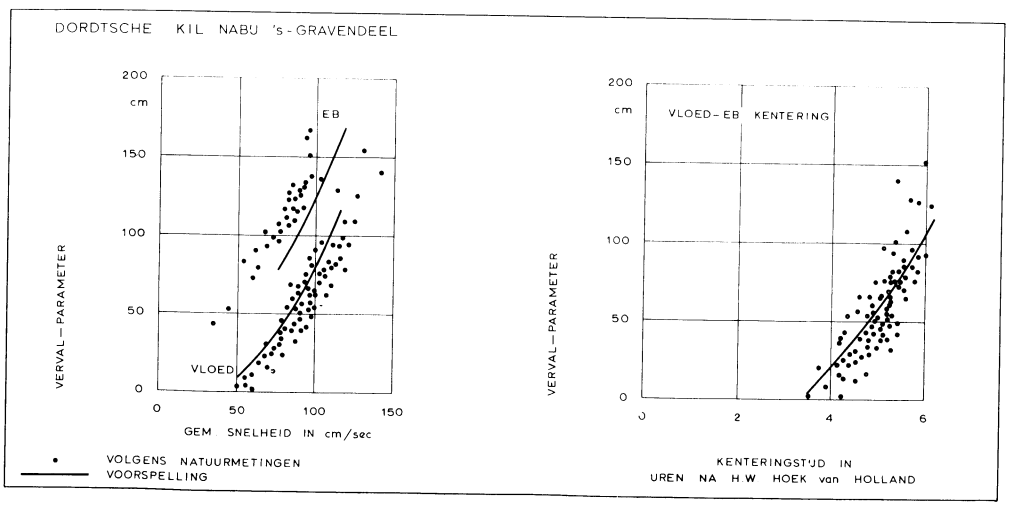


Fig. 8. Correlatie van de vervalparameters met de maximale snelheden en kenteringstijdstippen in de Oude Maas

spellen door de rijzing en daling van de waterstand te correleren aan de eerdergenoemde vervalparameters.
Met behulp van bovenvermelde gegevens wordt het mogelijk de vervalparameters en de daaraan gerelateerde verschijnselen enige tijd vooruit te voorspellen. Thans is het systeem gereed en bruikbaar voor situaties waarin de Haringvlietsluizen gesloten blijven. Het onderzoek naar situaties waarbij met de Haringvlietsluizen gespuid wordt en alle daarbij optredende variaties in de afvoer van de grote rivieren, wordt nog voortgezet. Wanneer ook dit onderzoek gereed is, staat een systeem ter beschikking waarmede het mogelijk wordt op operationele basis in het waterbeheersingssysteem in te grijpen, wanneer dit ingrijpen althans gericht is op eerdergenoemde hydraulische verschijnselen.

Fig. 9. Correlatie van de vervalparameters met de maximale snelheden en kenteringstijdstippen in de Dordtse Kil



Fotogrammetrische kusthoogtemetingen langs de Nederlandse Noordzeekust

Het is dit voorjaar uit dagbladberichten wel gebleken dat de Nederlandse kust geenszins in rust verkeert – grote stukken strand en zelfs duin worden bij storm weggeslagen, en bij rustiger weer treedt vaak weer massale aanzanding op. Ook bij de uitvoering van het Deltaplan komen problemen voor die betrekking hebben op de kustontwikkeling. Het leek daarom op zijn plaats, in deze Berichten kort verslag te doen van de nieuwe ontwikkelingen in de kusthoogtemeting.

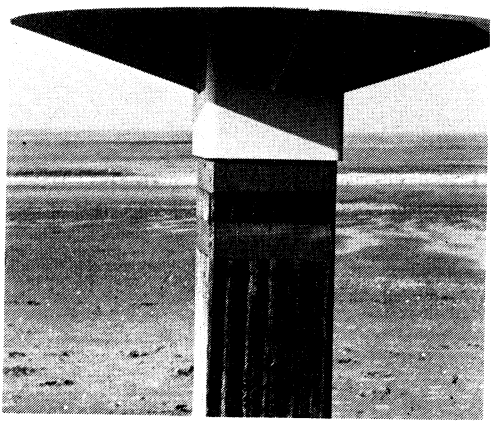
Volgens de 'Instructie kustmetingen Rijkswaterstaat 1963' moet de Nederlandse Noordzeekust jaarlijks worden bemeten in meetraaien op een onderlinge afstand van 200 m; dit geldt alleen voor kustgedeelten die niet door strandhoofden worden verdedigd. Zijn er wel strandhoofden aanwezig, dan geschiedt de vaststelling der raaien afhankelijk van de ligging der strandhoofden: de meetraaien zijn geprojecteerd in het midden tussen twee hoofden en aan beide zijden op 20 m uit de as van een hoofd. De instructie schrijft verder voor dat de hoogtemetingen in een meetraai landwaarts moeten worden verricht vanuit het nulpunt tot 25 m voorbij de top van de voorste duinregel; dit gebied staat bekend als de zeereep. De meetafstanden bedragen op het strandgedeelte 5, 10 of 20 m. In het duinterrein zijn ze beperkt tot 2,5 m. De dieptemetingen strekken zich vanuit het nulpunt 800 m, of bij zeer brede stranden, 600 m zeewaarts uit.

De instructie van 1963 betekende een zeer grote intensivering van de kustbemeting. Gedurende de 80 à 100 jaar voorafgaande aan dat jaar werd slechts de afstand van drie punten tot het nulpunt in de raai bepaald, en wel die van het gemiddeld laagwater, het gemiddeld hoogwater en de duinvoet. De hoeveelheid meetwerk langs onze 340 km lange Noordzeekust is in vergelijking daarmee enorm toegenomen. Vooral de kusthoogtemetingen, die moesten worden gedaan in 3000 meetraaien, namen zeer veel mankracht en tijd in beslag. Men werkte met een waterpasinstrument en een meetband, of met een zelfreducerende tachymeter, waarin de twee vorige apparaten als het ware gecombineerd zijn. Maar omslachtig en langdurig werk bleef het. Het lag daarom voor de hand, om te zien naar een meetmethode die sneller en efficiënter tot het doel zou leiden, en bovendien de mogelijkheid zou bieden de stortvloed van gegevens in zo'n vorm te krijgen dat hij automatisch zou kunnen worden verwerkt. Een kans daartoe leek de luchtfotogrammetrie te bieden.

In samenwerking met de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat zijn proefnemingen verricht in vijf meetraaien bij het Wassenaarse Slag. De raaien werden zowel terrestrisch als fotogrammetrisch meermalen bemeten. De vlieghoogte bij de fotovluchten bedroeg ongeveer 600 m; de camera had een brandpuntsafstand van 15 cm. Daarmee werd een opnameschaal verkregen van 1 : 4000. In de vliegrichting overlapten de fotobeelden elkaar voor 60%. Na zorgvuldige analyse van de meetuitkomsten bleek de luchtfotogrammetrische meting nauwkeuriger te zijn dan de terrestrische meting, vooral in het heuvelachtige duinterrein. Na dit opvallend goede resultaat kon worden besloten tot het massaal gebruik van luchtfotogrammetrie voor de kusthoogtemeting, ter vervanging van de gebruikelijke terrestrische metingen.

Voor een kuststrook 'vliegklaar' is, moeten er





Kleurverdeling en opstelling van paspunten

een paar permanente paspunten in worden opgesteld, die op de luchtfoto van het terrein gemakkelijk herkenbaar zijn en waarvan hoogte en ligging exact bekend zijn. Op Vlieland zijn in 1967 en 1968 langdurige proeven gedaan met paspunten van verschillende soorten materiaal. Uiteindelijk is gekozen voor een houten paal met een paspuntplaat van slagvast plastic. De plaat, die horizontaal wordt opgesteld, is rond en heeft een doorsnee van 80 cm. Het middenstuk van de plaat is donkergrijs: daaromheen loopt een lichtgrijze rand van 15 cm. Deze lichte rand is noodzakelijk gebleken om te voorkomen dat de apparatuur van de Meetkundige Dienst bij het aanmeten van de hoogte van de plaat van de wijs gebracht zou worden door de kleur van het zand.
Na uitvoerige verkenning van de kust werden de plaatsen van de paspunten vastgesteld.

Daarbij moest rekening worden gehouden met de eis dat voor de absolute oriëntering van het ruimtemodel in de apparatuur van de Meetkundige Dienst vier punten per model in hoogte ten opzichte van het N.A.P.
en in ligging ten opzichte van het geografisch coördinatenstelsel bekend moeten zijn. Bij een stereoscopische overlapping van 60%, een plaatformaat van 23 x 23 cm en een opnameschaal van 1 : 4000 heeft een ruimtemodel een lengte van 528 m, terwijl de breedte ervan voor het overgrote deel van de kust toereikend is. Alleen bij zeer brede stranden moet op twee of meer vliegstroken worden gerekend. Aangezien de meetafstand tussen de raaien van de terrestrische metingen 200 à 250 m bedroeg, kon gemakkelijk aan de bovengestelde eis worden voldaan door de paspunten te projecteren in het bestaande raaienstelsel.
De kust wordt gefotografeerd bij een lage laagwaterstand, zodat een zo groot mogelijke strandbreedte wordt bemeten. De dieptemetingen daarentegen worden verricht bij een hoge hoogwaterstand; op die manier sluiten de twee soorten metingen per gebied het beste op elkaar aan.
In 1972 werd een begin gemaakt met fotogrammetrische kusthoogtemeting van Zeeuws-Vlaanderen, Goeree en Voorne. In 1973 werd in aansluiting daarop de kust van Walcheren, Schouwen en Noord-Holland benoorden IJmuiden fotogrammetrisch opgemeten. Dit jaar komt het vak IJmuiden–Hoek van Holland aan de beurt, en volgend jaar tenslotte de Waddeneilanden.
Daarmee zal de fotogrammetrische kusthoogtemeting dan langs de gehele Nederlandse Noordzeekust zijn ingevoerd.

Dit artikel vormt een vervolg op en is een nadere uitwerking van de bijdrage 'Aanpassingswerken in het noordelijk deel van het Deltagebied' in Bericht 65 (augustus 1973). Werd daar in algemene zin gesproken over de noodzaak en de opzet van de aanpassing van waterstaatswerken in het noordelijk Deltabekken, deze keer willen we een van die aanpassingswerken nader bezien.
Het betreft hier de aanpassing van het gemaal de 'Witte Brug', in het staatje op pag. 253 van Bericht 65 aangeduid als 'object A 3/14'.

Het gemaal 'Witte Brug' te Goedereede

Dit gemaal is in 1955 gesticht door een aantal polders rondom het oude Hanzestadje Goedereede. In 1963 werden deze polders verenigd in de Goereese Polder. De 'Witte Brug' bezit een pomp met een capaciteit van 100 m^3/min. die uitslaat op het Spuikanaal te Goedereede. Het Spuikanaal en het aansluitende Havenkanaal vormen samen het 3,4 km lange afwateringskanaal van het gemaal. Op dit afwateringskanaal, dat als boezem fungeert, wordt een peil aangehouden van N.A.P. – 20 cm, met een maximumstand van N.A.P. + 1 m. Middels een uitwateringssluis staat het in verbinding met de Zuiderdiepboezem.
De Zuiderdiepboezem op zijn beurt loost via een uitwateringssluis op de buitenhaven van Stellendam, die in open verbinding staat met het mondingsgebied van het Haringvliet, en dus met de Noordzee.
De scheiding tussen het Spuikanaal en het Havenkanaal wordt gevormd door de Waaiersluis te Goedereede, een sluisje dat tot 1957 deel heeft uitgemaakt van de hoofdwaterkering van Goeree. In 1957 werd de hoofdwaterkering echter verlegd naar Goedereede-Havenhoofd, waar toen een afsluitdam werd gelegd in het Havenkanaal, met daarin een afwateringssluis. In 1967 veranderde de waterloopkundige situatie opnieuw. Toen werd de Haringvlietdam aangesloten op de kust van Goeree zodat de hoofdwaterkering opnieuw zeewaarts werd verlegd; daarachter werd de Zuiderdiepboezem gevormd. In het gedeelte zeedijk dat tevens de zuidwestelijke grens vormt van de Stellendamse buitenhaven, werd een nieuwe uitwateringssluis opgenomen.
Krachtens een overeenkomst met de Goereese polder werd het oostelijk deel van de meer westwaarts op Goeree nabij Ouddorp gelegen polder Het Oude Land van Ouddorp al vanaf 1955 bemalen door het gemaal 'Witte Brug'. Het westelijke deel van Het Oude Land van Ouddorp, 700 ha groot, heeft tot aan de afsluiting van het Brouwershavense Gat vrij kunnen lozen op deze zeearm, via een suatiesluis nabij de haven van Ouddorp. Na de afsluiting in mei 1971 is de getijbeweging in het afgesloten Brouwershavense Gat echter komen te vervallen. In het nieuw gevormde Grevelingenmeer wordt zoveel mogelijk een vast peil aangehouden, dat hoger ligt dan de voorheen optredende laagwaterstanden en het aangehouden polderpeil. Vrije lozing was daarmee voor het westelijke deel van Het Oude Land van Ouddorp onmogelijk geworden; er moest worden overgegaan tot bemaling van het betreffende poldergebied.
Natuurlijk waren deze ontwikkelingen door de verantwoordelijke polderbesturen en de diensten van de Rijks- en Provinciale Waterstaat voorzien. In een vroeg stadium werd dan ook een studiegroep ingesteld om de waterhuishoudkundige situatie op Goeree te bestuderen. Dientengevolge was in 1968 een goed overzicht beschikbaar van de factoren die een aanpassingsplan voor de afwatering van het westelijk deel van Het Oude Land van Ouddorp zouden moeten bepalen. Op grond van deze factoren werden drie mogelijkheden aangegeven voor de aanpassing van het onderhavige polderdeel, namelijk:
I. Een gemaal aan de haven van Ouddorp, uitslaande op het Grevelingenmeer;
II. Een gemaal aan de Grevelingen op een punt 830 m ten westen van de haven van Ouddorp;
III. Een gemaal aan het Spuikanaal te Goedereede, met lozing op de Zuiderdiepboezem.

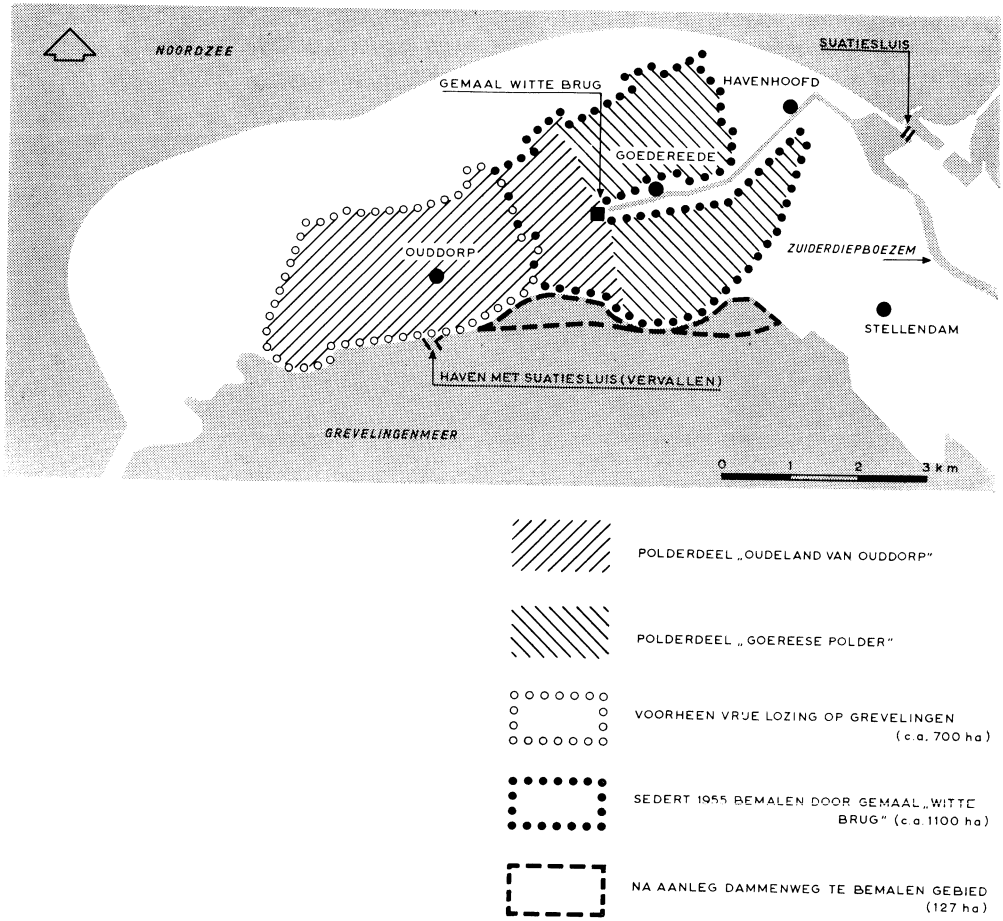


Fig. 1. Bemaling van de polder-gebieden in de kop van Goeree

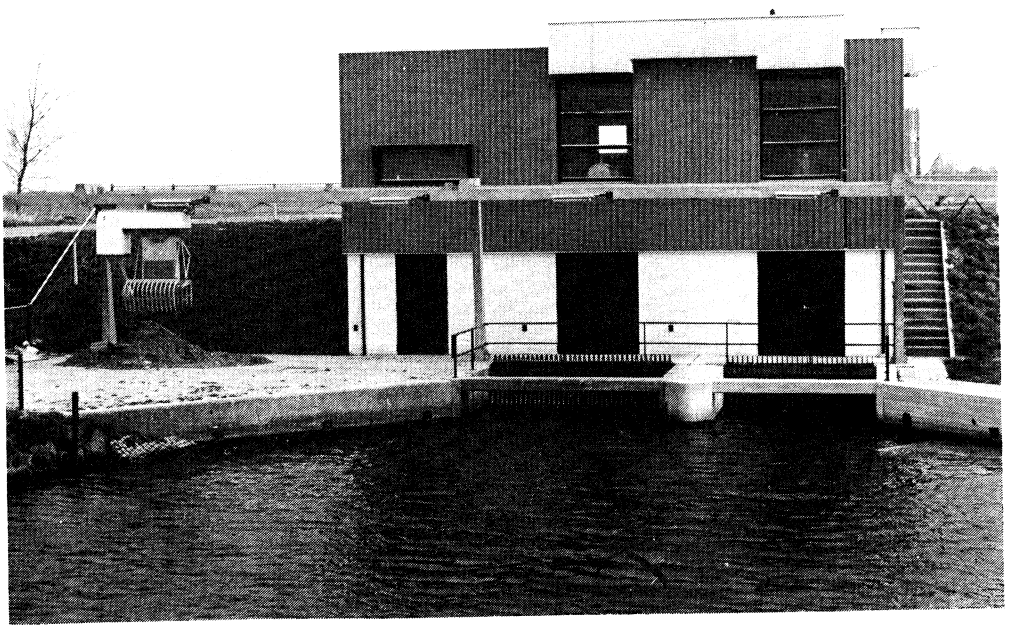
Voor- en nadelen, mede in verband met de aan te leggen Dammenweg werden nauwkeurig tegen elkaar afgewogen, maar de doorslag gaf tenslotte de overtuiging dat het ontoelaatbaar zou zijn, te lozen op het afgesloten Grevelingenmeer. Daarmee vielen mogelijkheden I en II af.

Inmiddels had verdere concentratie plaatsgevonden van de polders op Goeree: op 1 april 1967 waren ze alle opgenomen in één polder, de 'Polder Goeree'. Bij realisering van een aanpassingsplan volgens mogelijkheid III zou het grootste deel van het gebied van Goeree afwateren op de Zuiderdiepboezem en het Haringvliet.

Het inmiddels uitgevoerde aanpassingsplan omvat de volgende werken:
allereerst uitbreiding van de capaciteit van het gemaal 'Witte Brug' door het bijplaatsen van een elektrisch aangedreven schroefpomp met een capaciteit van 77 m^3/min. Het bemalingsgebouw moest daartoe worden vergroot. Voorts wijziging van het afwateringsstelsel in de polder, waartoe 3300 m hoofdwatergang moest worden gegraven dan wel verruimd, en een paar kunstwerken moesten worden gebouwd. Verder bevat het plan de verlenging van de duiker in de provinciale weg bij het gemaal, de aanleg van een tweede duiker aldaar en het maken van aandrijvingswerken met automatische regeling voor de

bediening op afstand van de schuiven in de uitwateringssluis te Goedereede-Havenhoofd. De capaciteit van de nieuwe bemalingsinstallatie is zo gekozen dat enige gebieden die door de aanleg van de Dammenweg wellicht geïsoleerd zouden komen te liggen, zonder bezwaar bij het bemalingsgebied kunnen worden getrokken. Het bemalingsgebied is thans 1800 ha groot; het polderpeil ligt op N.A.P. – 1,30 m. De kosten van de uitgevoerde werken, ongeveer f 1 900 000,–, zijn op grond van de Deltawet door het Rijk vergoed tot een bedrag van f 1 700 000,–. In januari 1971 werd met de uitvoering begonnen. Ondanks de ingrijpende verbouwing heeft het bestaande gemaal steeds kunnen werken. Het bemalingsgebouw is niet alleen vergroot, maar ook verfraaid. Er is een gevelbekleding van gecorrodeerd-rode aluminiumplaten aangebracht, waardoor het gebouw, dat geheel vrijstaat in het poldergebied van Goeree, en van alle kanten op grote afstand zichtbaar is, thans een esthetische aanblik biedt. De nieuwe bemaling is op 23 juni 1972 in gebruik genomen.

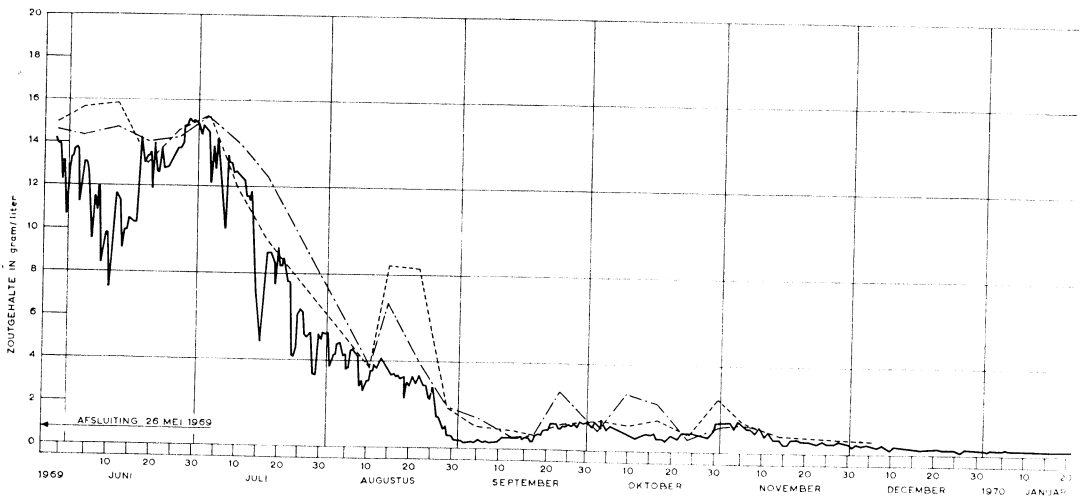
Frontaal aanzicht van het gemaal 'De Witte Brug'



In twee voorgaande artikelen in het Driemaandelijks Bericht werden belicht de ontwikkeling van de vissershaven (mei 1972) en de recreatie (augustus 1972) in het Lauwerszeegebied. Enige facetten van de inrichting en de natuurlijke ontwikkeling van het drooggevallen gebied komen thans aan de beurt.

De ontzilting van het Lauwersmeer

Toen de Lauwerszee in 1969 werd afgesloten, bleef er 60 miljoen m^3 zeewater in achter. Zeewater bevat hier per liter ongeveer 25 gram keukenzout, overeenkomend met ongeveer 15 gram chloride. De verwachting was dat het meer betrekkelijk snel zou ontzilten, zodat binnen enkele jaren de eindtoestand zou worden bereikt. De werkelijkheid was nog gunstiger: reeds na een half jaar werd een zoutgehalte gemeten dat vrijwel overeenkwam met dat van het op de boezem uitgelaten water.
Gelet op de grote mate van doorstroming van het meer is dat niet verwonderlijk. Via Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp wordt meer dan de helft geloosd van het overtollige water van de Friese boezem. Samen met het overtollige water uit Groningen en Drente en het uit de directe omgeving rechtstreeks op het meer uitgeslagen water is dat jaarlijks ruim 1 miljard m^3 water, dat door de spuisluizen van Lauwersoog naar de Waddenzee wordt afgevoerd. De inhoud van het meer wordt per jaar dus bijna 20 maal 'uitgewisseld'.
Sinds de afsluiting is het chloride-gehalte regelmatig op diverse plaatsen van het Lauwersmeer bemonsterd. In deze metingen vormt Oostmahorn een centraal punt; de resultaten van de metingen aldaar zijn in fig. 1 weergegeven voor het gehele eerste jaar na de afsluiting. Het tweemaal daags bepaalde chloride-gehalte van het oppervlaktewater wordt in die grafiek vergeleken met de gegevens van een minder frequente bemonstering op 12 meter diepte en met de bemonstering van 18 meter diepte nabij het sluitgat.
Reeds na ruim 3 maanden blijkt het chloride-



FOSFAATGEHALTE

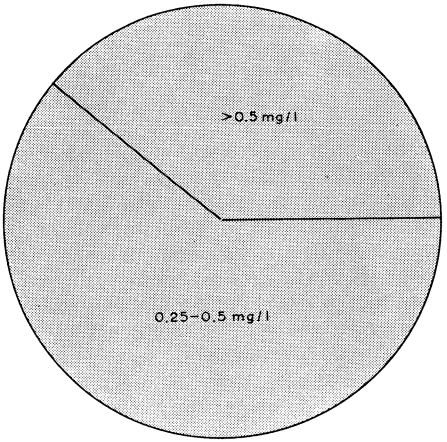


Fig. 2. Waterkwaliteit in het Lauwersmeer (analyse R.I.Z.A. van monsters genomen bij de spuisluizen)

ZUURSTOFVERZADIGINGSPERCENTAGE

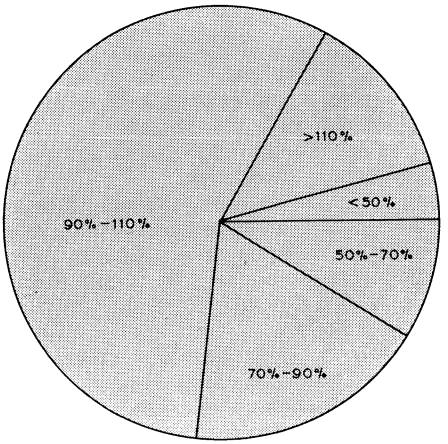
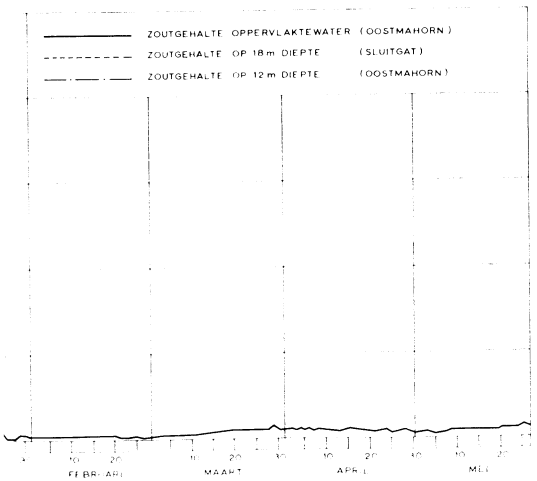


Fig. 1. Verloop van het zoutgehalte op verschillende plaatsen en waterdiepten in het Lauwersmeer sedert de afsluiting



gehalte van 15 g/l gedaald te zijn tot minder dan 1 g/l. In het najaar van 1969 worden waarden bereikt beneden 0,5 g/l en nadert het zoutgehalte dat van het vanaf het oude land gespuide water. In de droge zomer van 1970 kon het reeds worden benut voor suppletie van aangrenzende landbouwgronden. Een zouttong valt ook dicht onder de afsluitdijk bij het sluitgat niet te constateren. Wel komt in de metingen op deze plaats een enkele maal een uitschieter voor (zie vooral augustus 1969). Deze stijgingen van het zoutgehalte moeten zijn veroorzaakt door instroming van zout water via de spuisluizen. Ze vormen het leergeld voor de eerste bediening van de sluizen, waardoor bij niet tijdig sluiten van de deuren een zoute onderstroom naar binnen kan komen wegens onvoldoende tegendruk van het zoete water. De cijfers van november laten op de verschillende plaatsen vrijwel identieke waarden zien. Hieruit valt af te leiden dat vooral bij winderig weer een welhaast volledige menging optreedt. De wel eens geopperde vrees voor een ongunstige ontwikkeling in de diepere gedeelten lijkt ongegrond. Tijdens droge perioden en bij rustig weer werd op deze plaatsen gedurende de volgende zomers een verhoging van het zoutgehalte vastgesteld tot maximaal 2 g/l.

Het kwaliteitsbeheer van het Lauwersmeer berust sinds 1972 bij de provincies Friesland en Groningen, die al vanaf 1970 hun meetprogramma daarop hebben afgestemd. Daarnaast wordt de waterkwaliteit ten dienste van de landbouw en het recreatieve gebruik van het meer in het oog gehouden door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Het Ministerie van Landbouw en Visserij stelt

jaarlijks een onderzoek in naar de visstand en betrekt daarin eveneens de kwaliteit van het water. Tenslotte heeft het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater een meetpunt opgenomen nabij de sluizen van Lauwersoog, als onderdeel van zijn meetprogramma op de Waddenzee.
Uit de verkregen meetgegevens valt af te lezen dat het zuurstofgehalte van het meer nogal fluctueert. Naast goede constante waarden in de koudere jaargetijden treden zomers grote schommelingen op. Dit is mede een gevolg van het hoge fosfaatgehalte als surplus afkomstig van huishoudelijk afvalwater (voornamelijk wasmiddelen) en meststoffen uit de landbouw. De mestwaarde ervan is nog zo groot dat vooral bij rustig en warm weer een te sterke algenbloei optreedt, die na een periode van overproduktie van zuurstof, bij het afsterven veel zuurstof uit het water opneemt, zodat onderverzadiging optreedt. Voor de visstand zijn deze schommelingen niet gunstig. Weliswaar kon de afgelopen jaren een goede visstand worden waargenomen – voorn, brasem, spiering, stekelbaars – maar er zit een ongunstige tendens in de ontwikkeling. Hoewel bij het geleidelijk in gebruik nemen van zuiveringsinstallaties mag worden verwacht dat de kwaliteit van het water in het algemeen zal verbeteren, blijft het hoge fosfaatgehalte aandacht vragen. Het lijkt gewenst dat de grotere zuiveringsinstallaties op niet te lange termijn met een zogenaamde derde trap worden uitgebreid.
Maar ook de huidige kwaliteit kan niet anders dan gunstig afsteken bij wat het gevolg zou zijn geweest als de afvoer van het afvalwater van de beide Groninger suikerfabrieken en

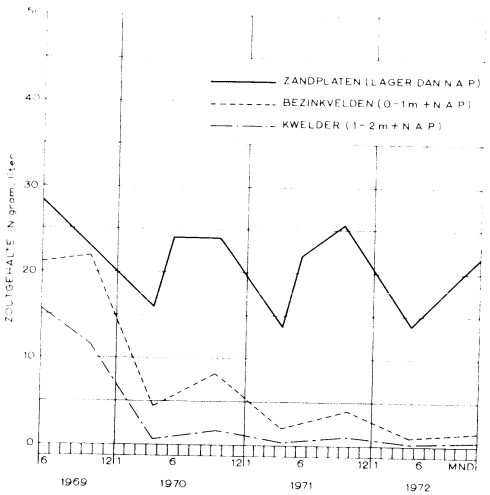


Fig. 3. Verloop van het zoutgehalte van het bodemvocht in de bovenlaag van de drooggevallen platen (5–20 cm onder het maaiveld)

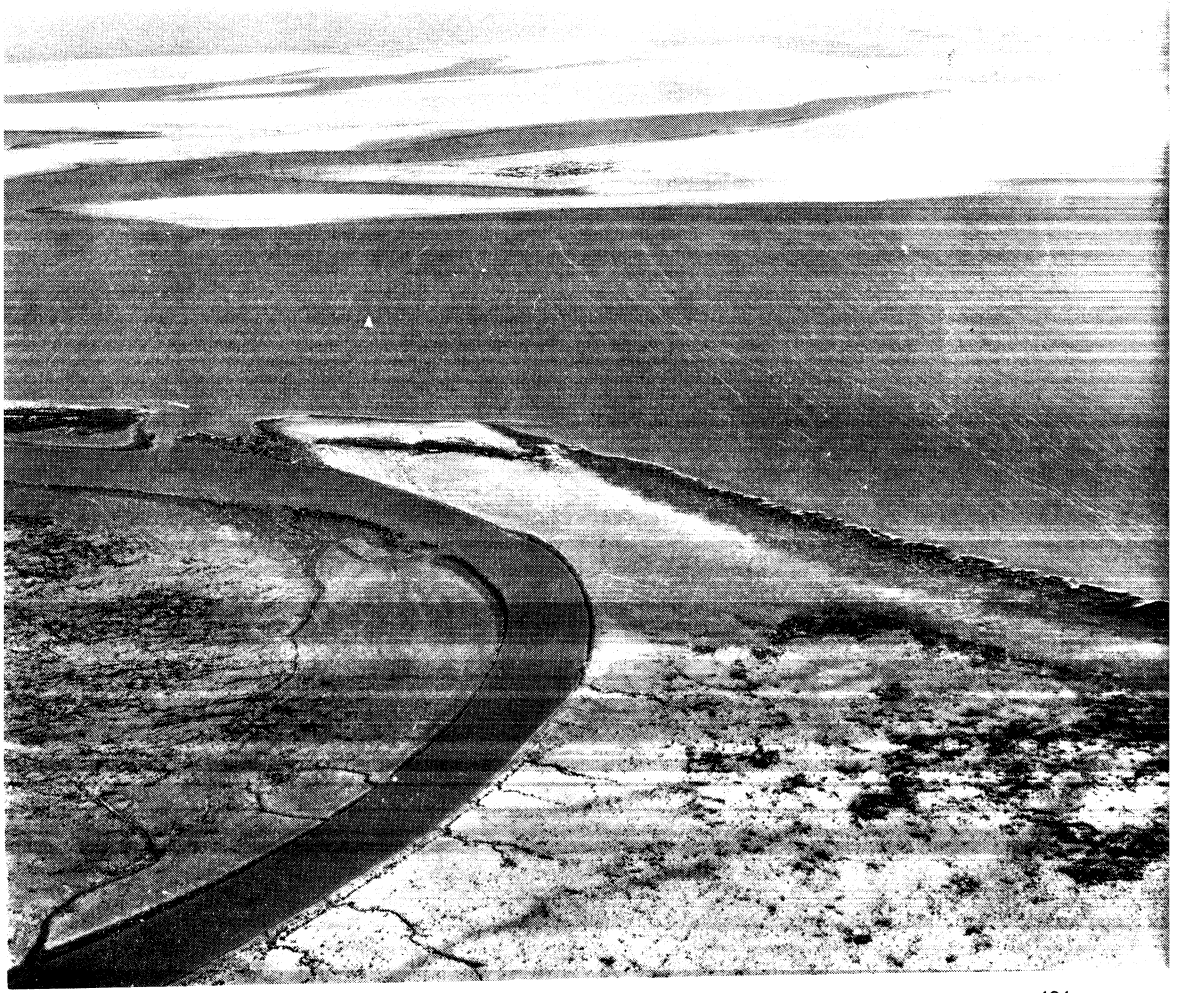


Een zoet Lauwersmeer, met zoute zandvlakten en zoete kwelders

de nabijgelegen strokartonfabriek via de Groninger kanalen op het Lauwersmeer was voortgezet. Dit water, dat thans via de persleiding op het Groninger Wad wordt geloosd, bevat zoveel afbreekbaar organisch materiaal, dat een vergaande uitputting van het zuurstofgehalte van het Lauwersmeer het gevolg zou zijn geweest.

Verloop van de ontzilting der drooggevallen gronden

In tegenstelling met de gunstige ontwikkeling op het meer verloopt de ontzilting van de drooggevallen gronden veel minder snel dan werd verwacht. Er valt hier een markant verschil te constateren met de gang van zaken op de drooggevallen platen van het Veerse Meer, zoals de Haringvreter. Zoals daar was aangetoond mocht ook hier worden verwacht dat het regenwater – of in het algemeen gezegd de neerslag – door de zandgronden naar beneden percoleert en ondergronds naar prielen en geulen afvloeit. Tegen de verwachtingen in verloopt dat proces in de drooggevallen gronden van de Lauwerszee veel trager. Een cumulatie van geringe verschillen vormt daarvan de verklaring.
Allereerst zijn de gronden hier fijner van korrel (ca. 100 mu) en iets slibrijker, en hebben dus een kleiner poriënvolume en een grotere capillaire werking. Bovendien is de onderlinge afstand tussen de afwaterende geulen of prielen hier enkele keren zo groot; ook ligt het maaiveld gemiddeld lager ten opzichte van het peil van het meer. Deze factoren maken samen dat de zandgronden in de Lauwerszee vrijwel geen berging hebben, waardoor de gevallen neerslag grotendeels



bovengronds afvloeit. Verdamping doet het zoute grondwater capillair opstijgen waardoor het zoutgehalte van de bovenste laag (tot 20 cm onder het maaiveld) thans soms hoger ligt dan oorspronkelijk het geval was.
Op de hoger gelegen zwaardere gronden is ook zonder menselijke ingreep wel vrij snel ontzilting opgetreden. Vooral de hoge kwelders, boven N.A.P. + 1,00 m zijn voor wat betreft de bovenlaag reeds binnen een jaar vrijwel maximaal ontzilt. Doordat deze gronden boven de normale vloedstanden lagen en reeds voor de afsluiting begroeid waren, was de aanvangssituatie aanmerkelijk gunstiger. De scheurvorming bevordert in sterke mate de ondergrondse afvoer van in het regenwater opgelost zout. Ook in de lager gelegen bezinkvelden is met behulp van een begreppeling het zout in de bovenlaag grotendeels verdwenen. In de laagst gelegen delen daarvan, waar nog kans bestaat op zoutschade aan landbouwgewassen, moet deze ontwikkeling door een kunstmatige verlaging van de grondwaterstand worden versneld. Voor het versnellen ofwel bereiken van ontzilting is het dus nodig dat de betreffende gronden worden ontwaterd. Begreppeling is daarvoor meestal niet toereikend. Bovendien raken greppels in de stuifgevoelige zandgronden gauw vol. De detailontwatering vindt dan ook veelal plaats door ondergrondse drainage. Met het water voeren de drains grote hoeveelheden metallisch zwavel af, dat vrijkomt bij de reductie van de in de grond aanwezige sulfaten. Het zwavel lost vrijwel niet meer op en tast de betonconstructie van duikers en andere kunstwerkjes nogal aan.
De drains monden in het algemeen uit op open watergangen. In gedeelten van het geplande militaire oefenterrein waar open watergangen de bewegingsvrijheid ontoelaatbaar zouden belemmeren, monden ze uit op een ondergrondse verzameldrain. De open watergangen bestaan in de bosgebieden uit zogenaamde droge sloten, en overigens uit sloten met een minimale waterdiepte van 80 cm.
Omdat de ontwatering binnen de Lauwerszee over grote oppervlakten moet worden toegepast en het ontwerpen van een optimaal systeem geen eenvoudige zaak was, werd in 1970 de 200 ha grote proefpolder Zuidwal ingericht. Daarin zijn verschillende constructies voor zowel de hoofd- als de detailontwatering toegepast. Onderzocht zijn vele typen drains met bijbehorende omhullingsmaterialen. Gekozen werd tenslotte voor de geribbelde

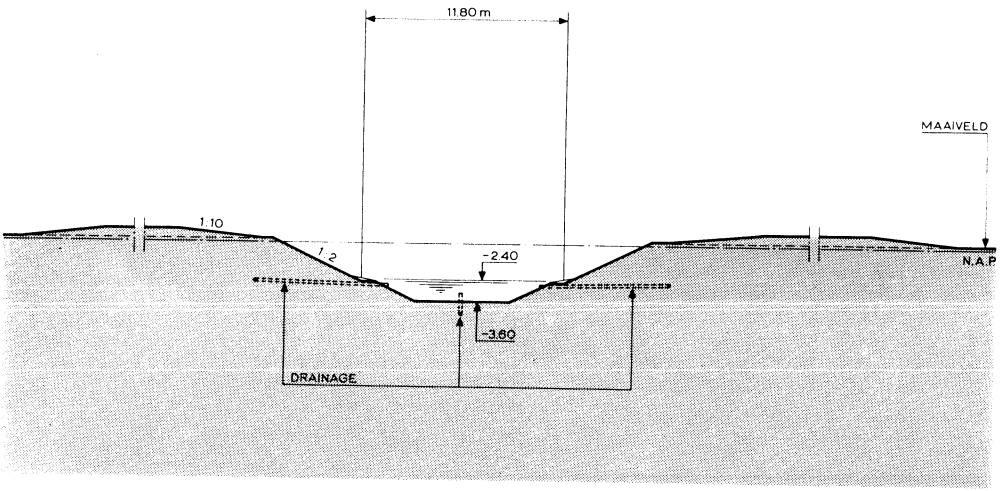


Fig. 4. Dwarsprofiel van een hoofdwatergang

p.v.c.-drain met een vooraf aangebrachte omhulling van kunststofkrammat of turfvezel en thans ook cocos.
De open watergangen zijn van een betrekkelijk groot profiel. De reden daarvan ligt vooral in de diepe ontwatering die de geplande militaire oefenterreinen vragen. Om de voertuigen in hun bewegingsvrijheid niet te belemmeren en 'keren op de plaats' toe te staan, moest rekening worden gehouden met een insporingsdiepte van 50 cm. De grondwaterstand moet daar ruim 50 cm beneden blijven om plasvorming te voorkomen. Rekening houdend met de opbolling van de grondwaterstand tussen en het verhang in de drains betekent dit dat het slootpeil op ca. 2,00 m beneden het maaiveld moet liggen.
Voor de open watergangen zijn een aantal constructietypen onderling vergeleken. Aan de ene kant solide profielen met verdedigingen in de teen en/of op de tussenbermen, waaraan naderhand weinig onderhoud valt te verrichten; aan de andere kant in aanleg eenvoudige profielen, die naar verhouding meer onderhoud zullen vragen. Veelal is gekozen voor een eenvoudig profiel dat in aanleg voordelig is, en dat in de afgelopen jaren toch een redelijke standzekerheid heeft bewezen. Bij de keuze werd overwogen dat de met het oog op stuifgevaar benodigde overmaat van 1 à 2 m^3 nat profiel tijdelijk tevens kan dienen als reserve in geval van een taludval.
Bovendien worden de werken vooreerst niet aan derden overgedragen, zodat iets meer onderhoud kan worden geaccepteerd. Mettertijd zal de stabiliteit van het profiel sterk toenemen door begroeiing. Een goedkope oplossing had ook daarom de voorkeur, omdat van een mager budget binnen enkele jaren 200 km watergang moet worden aangelegd.
Uitvoering van deze profielen bleek alleen mogelijk in den droge, met behulp van een bemaling, waarbij hier gekozen is voor een systeem met horizontale bronbemalingsleidingen. Deze worden ongeveer 75 cm beneden de toekomstige slootbodem gelegd. Door het bepompen van deze drains kan de terreinwaterstand tijdens de uitvoering sterk worden verlaagd. Bij de grotere profielen worden tevens aan weerszijden taluddrains aangebracht, die door uitmonding binnen het profiel blijvend een hoeveelheid drangwater van het talud afleiden.

Begroeiing en aanplant

Als de zandige gronden niet worden ontwaterd blijkt een gevarieerde natuurlijke begroeiing slechts zeer langzaam op gang te komen. De zoutminnende zeekraal, hoewel enigszins gedegenereerd, bedekt nog steeds grote oppervlakten binnen de afgesloten Lauwerszee. Met de ontwikkeling van de 2000 ha drooggevallen oevergebieden maakt de natuur geen haast. Verwacht moet worden dat het tempo van ontzilting in de loop der jaren nog verder zal afnemen. Door extrapolatie van de ontwikkeling in de afgelopen jaren na de afsluiting van de Lauwerszee kan een prognose voor het zoutgehalte van de buitenkaadse zandgronden in de toekomst worden gemaakt. In 1970 – 10 jaar na de afsluiting – wordt in de bovenlaag een keukenzoutgehalte van het bodemvocht in de bovenlaag verwacht van 15 g/l. Door de exponentiële afname in deze ontwikkeling is voor 1994 – 25 jaar na de afsluiting – nog een zoutgehalte van 10 mg/l te verwachten. De gegeven



200 km watergang



De oevers zijn over een grote lengte ingeplant met riet en biezen

waarden zijn globale gemiddelden en sterk afhankelijk van de hoogteligging van de platen. Alleen zouttolerante plantensoorten kunnen hierbij gedijen, en meer opgaande plantensoorten kunnen in dit milieu niet bestaan.
De geschetste ontwikkeling blijft ver achter bij de visie van het streekplan dat in 1969 door de provincies Friesland en Groningen in samenwerking met de dienst Lauwerszeewerken werd opgesteld. Men voorzag de ontwikkeling van 'een rijk gevarieerde begroeiing, een gevarieerd landschap dat zich bij uitstek voor vestiging en verblijf van een rijke fauna leent'. Hoewel een tijdsbestek daarbij niet werd genoemd, mag worden aangenomen dat deze ontwikkeling binnen een redelijke termijn werd verwacht. Het verschil tussen theorie en werkelijkheid ligt echter juist in de snelheid van ontzilting. Over vele decennia zal ook hier wel een opgaande beplanting, een soort moerasbos ontstaan. Maar om ook de huidige generatie nog enig opgaand gewas te bieden pleiten sommigen voor een kunstmatige versnelling van dit proces. Voor veel waterrecreanten vormen de kale zandplaten geen aantrekkelijke omgeving. Een versnelde natuurlijke successie, waarbij kleinere gedeelten van het gebied worden ontzilt en ingeplant zou in het hart van het Lauwerszeegebied een aantal welkome verticale elementen opleveren. Anderen zijn tegenstanders van een dergelijke menselijke ingreep en zijn meer geïnteresseerd in de spontaneïteit van de natuur zelf. Voorlopig is de keuze nog niet bepaald.

De verder van het Lauwersmeer gelegen gronden worden overeenkomstig de inrichtingsplannen thans bekaaid en ontwaterd. Daarvan is thans 2000 ha gereed, waarvan 400 ha werd ingeplant. Ten opzichte van het geringe bosareaal van de provincies Groningen en het noordelijk deel van Friesland betekent deze toeneming reeds een grote verruiming van de recreatieve mogelijkheden.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Het heiwerk voor de pijlers van de overbrugging van de derde sluis en de jachtensluis is voltooid. Het landhoofd aan de Brabantse zijde en een gedeelte van de pijlers zijn gestort. Begonnen is met het aanbrengen van voorgespannen liggers.
De stortebedden en de vleugelwanden aan de Hollands-Diepzijde van de inlaatsluis werden verder opgebouwd. Begonnen werd met het aanbrengen van de staalconstructie voor de schuifgeleiding.
De wanden van de kolkmoot in de jachtensluis zijn nu helemaal gestort. Men is begonnen aan de opbouw van de sluishoofdwanden. Een paar vleugelwandvloeren werden al gestort.
Het betonwerk van het benedenhoofd van de derde schutsluis is geheel gereed. Aan beide zijden van de sluis ging men verder met het maken van keerwanden. Er werden voorts stalen en betonnen palen geheid voor de fuikmoten. Het heiwerk voor het bedieningsgebouw is voltooid. Voor het zogenaamde gebouw 'G' is de bekisting gesteld.
In februari 1974 is begonnen met een nieuw werk, het maken van geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortebedden voor de inlaatsluis en de jachtensluis. Aan het eind van de verslagperiode was reeds 250 000 m^3 zand uit de winplaats in de havendammen verwerkt, waarop 6000 m^2 zinkstuk werd neergelegd.
Begonnen is met het baggeren van een talud in de toeleidingsgeul aan de zuidzijde van de inlaatsluis. Een aanvang is gemaakt met de aanvoer van de door het rijk aan de aannemer ter beschikking gestelde stortsteen, rijsmaterialen en riet.

Oosterschelde

In de haven bij het werkeiland Noordland werden, na een stille periode, opnieuw staalslakken aangevoerd en in depot opgeslagen. In de werkhaven Sophiapolder werd de aanvoer van stortsteen en de opslag ervan gewoon voortgezet. Op het werkterrein bij de haven Schelphoek werd filterdoek en wapeningsnet aangevoerd voor de vervaardiging van steenasfaltmatten.
De afwerking van de bermen en van de taluds van het werkterrein Schouwen en van de toegangswegen naar dit terrein, kwam in de verslagperiode gereed.
Het asfaltschip 'Jan Heyman' werd geheel afgebouwd. Een begin werd gemaakt met het maken en leggen van steenasfaltmatten. In de fabriek op het terrein van de haven Schelphoek worden de wapeningsnetten samengesteld; met het filterdoek en de benodigde zand- en steenslag, worden ze daarna afgevoerd naar het schip.
Na het leggen van enkele proefzinkstukken met vaste betonballast, werd op 29 januari de eerste betonblokkenmat in de Roompot neergelegd.
De bouwput in het werkeiland Noordland kwam op 16 januari wat het cutteren betreft gereed. Daarna werd de oostelijke ringdijk opengegraven om de cutterzuiger doorgang te verlenen naar buiten. Onmiddellijk daarna werd de dijk weer gesloten.
De werkzaamheden aan de bouwput werden nog in deze verslagperiode voor de eerste keer opgeleverd.
In de Hammen werden de twee nog ontbrekende palen voor de kabelbaan geheid. In de Schaar van Roggenplaat werden drie palen ingeheid. Al deze palen werden afgebouwd.
Op 21 maart werd begonnen met het inheien van de eerste paal in de Roompot. Deze paal is 57 m lang, weegt 320 ton, en heeft een middellijn van 4,80 m. De waterdiepte bedraagt ter plaatse ruim dertig meter.
Alle onderdelen voor de verdere opbouw van deze en de resterende palen zijn aangevoerd in Dintelmond.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Eems

In 1973 werd de vernieuwing van de uitwatering van het waterschap Fivelingo te Delfzijl voortgezet. Dit werk bestond uit de bouw van een gemaal en de verzwaring van de zeedijk aan de mond van het Damsterdiep te Delfzijl. Voor bijna tweederde, ofwel een bedrag van ruim negen miljoen gulden, is het een Deltawerk.
De dijkverzwaring tussen Hevekesvalge en Oterdum is het afgelopen jaar vrijwel gereedgekomen. Het werk wordt uitgevoerd in het kader van de werkverruiming. Ter vervanging van het oude dijkgemaal te Oterdum werd de bouw ter hand genomen van twee binnengemalen, één aan het Verlengde Oosterhoornkanaal en een aan het Termunterzijldiep. Voor 95% geldt dit werk als Deltawerk. Te zijner tijd zal het oude dijkgemaal worden opgeruimd; daarmee zal dan ook weer een gedeelte dijkverzwaring gepaard gaan.
De verzwaringswerken aan de provinciale zeedijk tussen Oterdum en Termunterzijl, met inbegrip van een onderhoudsweg op de binnenberm, zijn gereedgekomen.

Dollard

Op de landpunt van Reide wordt een sluizencomplex gebouwd, als onderdeel van de uitvoering van het Dollardplan. Het werk is bijna klaar.

Eems en Wadden

De werken tot verzwaring en verhoging van de provinciale zeedijk tussen Delfzijl en Vansum zijn voor driekwart gereed. Dit werk wordt uitgevoerd in het kader van de werkverruiming.
In 1970 werd een begin gemaakt met de aanleg van de Eemshaven. Op 1 februari 1974 werd het werk voltooid opgeleverd.
In de uitvoering van de eerste fase van dit project is een Deltabijdrage verleend van f 10,65 miljoen, omdat de verzwaring van 7,1 km dijk erdoor overbodig werd gemaakt. Het grondonderzoek voor de verhoging van de dijk tussen het Lauwersmeer en de Emmapolder, in beheer bij het waterschap Ommelandedijk, is afgelopen. Gedeeltelijk zijn de resultaten al uitgewerkt. Binnenkort zal worden begonnen met de aanleg van een paar toegangswegen, die de toekomstige onderhoudsweg moeten verbinden met het achterliggende gebied. Deze wegen lopen langs het Noordpolderkanaal, noordelijk van Kloosterburen en door de L. Homanpolder.

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten onderhandse overeenkomsten

DED-1432 2 mei 1972

Het ter beschikking stellen van bergingsvaartuigen t.b.v. het verrichten van metingen in de wateren van Z.W.-Nederland en in het aangrenzende kustgebied
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Smit Tak Internationaal Bergingsbedrijf N.V. te Rotterdam

DED-1433 7 maart 1972

Het bedrijfsvaardig opstellen van een brandstofopslaginstallatie c.a. en het leveren van helicopterbrandstof op het terrein van de werkhaven Schelphoek onder de gemeente Westerschouwen
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Esso Nederland N.V. te 's-Gravenhage

DED-1435 23 februari 1972

Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten t.b.v. bezinkingen voor de Oosterscheldewerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Produktie en Handelmaatschappij Gouderak N.V. te Gouderak

DED-1439 12 januari 1972

Leveren van rijsmaterialen t.b.v. werkeiland Noordland
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1347a 28 april 1972

Wijziging van overeenkomst DED-1347, huur en verhuur v.e. ingericht directiekantoor te Burghsluis
Aannemer: N.V. Aannemingsmaatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1440 21 januari 1972

Leveren van rijsmaterialen t.b.v. werkeiland Noordland
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1441 25 mei 1972

Leveren van betonartikelen t.b.v. de damaanzet tegen de noordkant van N.-Beveland en het damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje Jans in de Oosterschelde
Aannemingssom: f 1 461 131,50
Aannemer: N.V. Betonfabriek Haringman te Goes

DED-1443 22 juni 1972

Het opruimen van de werkweg over de buitendijkse gronden tussen de Haringvlietdam en de werkhaven te Hellevoetsluis
Aannemingssom: f 191 356,–
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1444 20 september 1972

Aanbrengen en onderhouden van een beplanting op de Brouwersdam onder de gemeenten Middenschouwen en Goedereede
Aannemingssom: f 42 000,–
Aannemer: Walcherse Aannemingsmaatschappij N.V. te Middelburg

DED-489a 30 maart 1972

Wijziging van overeenkomst DED-489 voor het maken en leveren van eenheidscaissons en opzetstukken
Aannemer: N.V. van Hattum en Blankevoort te Beverwijk

DED-1426a 31 maart 1972

Wijziging van overeenkomst DED-1426 voor het verrichten van schoonmaakwerkzaamheden in het gebouw van Alkemadelaan 400 te 's-Gravenhage
Aannemingssom: f 9747,26
f 316,67
Aannemer: N.V. v/h Senft en Co. te 's-Gravenhage

DED-1446 6 november 1972

Het verrichten van moderniseringswerkzaamheden aan de motorvlet 'Vosvliet' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 63 500,–
Aannemer: Scheepswerf en Machinefabriek v/h H. J. Koopman N.V. te Dordrecht

DED-1447 18 oktober 1972

Huur en verhuur van de motorsleepboot 'Zuidvliet', mede t.b.v. de uitvoering van duikwerk.
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. C. P. Noordhoek en Zoon te Kortgene

DED-1448 4 december 1972

Het verrichten van aanpassingswerkzaamheden aan de motorvlet 'Ventjager' van de Deltadienst

Aannemingssom: f 57 020,–
Aannemer: B.V. Scheepswerf en Machinefabriek v/h H. J. Koopman te Dordrecht

DED-1441a 18 december 1972

Wijziging van overeenkomst DED-1441, leveren betonartikelen t.b.v. de damaanzet tegen de noordkant van N.-Beveland en het damvak tussen de werkeilanden Noordland en Neeltje Jans in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Betonfabriek Haringman te Goes

DED-1452 24 april 1973

Raamovereenkomst betreffende de uitvoering van de werken ter voltooiing van de afsluitdam in de mond van de Oosterschelde tussen de eilanden Schouwen-Duiveland en N.-Beveland
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1453 24 november 1972

Leveren en aanbrengen van geleideconstructies op de Brouwersdam onder de gemeenten Midden-Schouwen en Goedereede
Aannemingssom: f 82 500,–
Aannemer N.V. Handelmaatschappij H. A. J. M. Vermolen te 's-Gravenhage

DED-1454 17 augustus 1972

Leveren rijsmaterialen t.b.v. damaanzet N.-Beveland en damvak Geul
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1455 18 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N. V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1456 13 september 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. G. van Weversdijk en Zn. te Zijderveld

DED-1457 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. J. A. Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1458 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. G. J. Versluis te Lexmond

DED-1459 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: M. E. Steenbakkers te Schijndel (N.-B.)

DED-1460 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. T. den Otter en Zn. te Meerkerk

DED-1461 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad (N.-B.)

DED-1462 24 augustus 1972

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Gebr. H. en J. van Esch te Schijndel

DED-1426b 11 september 1972

Wijziging van overeenkomst DED-1426 en 1426a, het verrichten van schoonmaakwerkzaamheden in het gebouw van Alkemadelaan 400 te 's-Gravenhage
Aannemingssom: f 10 332,10
f 335,67
Aannemer: N.V. v/h Senft en Co. te 's-Gravenhage

DED-1463 12 mei 1973

Samenbouwen van acht drijvers tot een boorponton.
Aannemingssom: f 62 000,–
Aannemer: Havehasta fabrieken N.V. te Stadskanaal

DED-1464 22 juni 1973

Aanpassen van twee bovenstukken voor getijmeetpalen
Aannemingssom: f 29 600,–
Aannemer: Konstruktiebedrijf 'Hellevoet' B.V. te Hellevoetsluis

DED-1465 21 mei 1973

Vervaardigen en leveren van twee onderstellen voor getijmeetpalen
Aannemingssom: f 40 000,–
Aannemer: Havehasta fabrieken N.V. te Stadskanaal

DED-1468 6 december 1972

Lossen en opschelven van rijsmaterialen t.b.v. afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1469 16 maart 1972

Aan- en verkoop van een houten directiekantoor met inventaris staande bij West-Repart onder de gemeente Midden-Schouwen
Aannemingssom: f 46 625,–
Aannemer: N. V. Aann. Mij. 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1470 6 juni 1973

Huren van een scheepvlet t.b.v. de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Scheepswerf Damen te Hardinxveld-Giessendam

DED-1471 19 juli 1973

Beschikbaar stellen van een vrachtauto met chauffeur en extra personeel t.b.v. de gladheidsbestrijding en het sneeuwruimen op gedeelten van de Volkerakwerken in de gemeente Willemstad
Aannemer: A. Hordijk, Transportbedrijf te Willemstad

DED-1472 12 maart 1973

Aan- en verkoop van twee houten directiekantoren met inventaris, op het haventerrein van de werkhaven Sophia en op het werkeiland Noordland in de Oosterschelde
Aannemingssom: f 72 000,–
Aannemer: Combinatie N.V. Baggermij. Bos en Kalis; Aann. bedr. Oosterwijk N.V. – Dirk Verstoep Nederland N.V. te Papendrecht

DED-1474 27 juni 1973

Ter beschikking stellen van bergingsvaartuigen t.b.v. het verrichten van metingen in de wateren van Z.W.-Nederland en in het aangrenzende kustgebied
Aannemer: Smit Tak Internationaal Bergingsbedrijf B.V. te Rotterdam

DED-1452-1 12 september 1973

Maken v.e. werkterrein met toegangswegen en werkweg op Schouwen-Duiveland en het

uitbreiden van het werkterrein op het werkeiland Roggenplaat. met bijkomende werken in de gemeente Westerschouwen
Aannemingssom: f 4 300 000
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1476 23 januari 1973

Leveren van rijsmaterialen t.b.v. afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1477 23 januari 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: B.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1478 23 januari 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. G. van Weverswijk en Zn. te Zijderveld

DED-1479 23 januari 1973

Leveren van rijsmaterialen t.b.v. afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. T. den Otter en Zn. te Meerkerk

DED-1480 17 mei 1973

Huur en verhuur v.e. pand te Zierikzee t.b.v. de opslag van materieel van de afd. Waterhuishouding van de Deltadienst
Aannemer: L. J. van der Houten te Zierikzee

DED-1484 8 juni 1973

Vervaardigen en leveren van een Fahrenholz-Flächenpeilsysteem
Aannemingssom: DM. 539 600,–
Aannemer: Dr. Fahrenholz te Kiel (Dld.)

DED-1490 26 juni 1973

Leveren van fosforslakken t.b.v. de afsluitingswerken in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Pelt en Hooykaas-Vlissingen B.V. te Rotterdam

DED-1491-1 31 mei 1973

Vervaardigen en leveren van polypropeenmatten t.b.v. bezinkingen voor de afsluitingswerken in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. Robusta te Genemuiden

DED-1491-2 31 mei 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Gouderak B.V. te Gouderak

DED-1491-3 31 mei 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Zakkencentrale N.V. te Schiedam

DED-1493 22 juni 1973

Verrichten van onderhoudswerken en leveringen aan en t.b.v. de drijvende bok 'Ursus' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 59 455,–
Aannemer: Boele's Scheepswerven en Machinefabriek B.V. te Bolnes

DED-1452-2 12 september 1973

Aanbrengen v.e. bodembescherming in de sluitgaten van de Oosterschelde met bijkomende werken in de gemeenten Westerschouwen, Veere en Wissenkerke
Aannemingssom: f 9 112 500,–
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1452-4 21 september 1973

Maken van de bouwput met ringdijken en bijkomende werken op het werkeiland Noordland in de Oosterschelde onder de gemeenten Veere en Wissenkerke
Aannemingssom: f 6 900 000,–
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1497 4 juli 1973

Vervaardigen en leveren van polypropeenmatten voor randverzwaring aan bezinkingen voor de afsluitingswerken in de Oosterschelde
Aannemingssom: f 131 920,–
Aannemer: Fa. Robusta te Genemuiden

DED-1452-3 12 september 1973

Vervoeren en verwerken van ter beschikking gestelde fosforslakken naar en in de afsluitingswerken in de Oosterschelde
Aannemingssom: f 10 450 000,–
Aannemer: Combinatie Dijksbouw Oosterschelde te Rijswijk (Z.-H.)

DED-1426c 8 mei 1973

Wijziging van overeenkomst DED-1426, het verrichten van schoonmaakwerkzaamheden in het gebouw van Alkemadelaan 400 te 's-Gravenhage
Aannemer: Senft en Co. B.V. te 's-Gravenhage

DED-1499 23 juli 1973

Leveren en verwerken van grof grind en palen t.b.v. de vastlegging van de oevers van de Hompelvoet en andere platen in het Grevelingenbekken
Aannemingssom: f 1 394 900
Aannemer: N.V. Utroma te Arnhem

DED-1500 23 mei 1973

Leveren rijsmaterialen t.b.v. de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Gebr. H. en J. van Esch

DED-1501 15 mei 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: B.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1508 2 juli 1973

Leveren rijsmaterialen t.b.v. afsluiting Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: B.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

DED-1509 2 juli 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. T. den Otter en Zn. te Meerkerk

DED-1510 2 juli 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1511 4 juli 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: M. E. Steenbakkers te Schijndel

DED-1512 10 juli 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. G. van Weverwijk en Zn. te Zijderveld

DED-1518 23 augustus 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: C. van Schrik te Langbroek

DED-1519 23 augustus 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: E. H. van Hoff te Woerden

DED-1520 23 augustus 1973

Idem
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. Versluis te Lexmond

DED-1521 31 augustus 1973

Leveren rijsmaterialen en riet te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: B.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

Verantwoording van de foto's

Rijkswaterstaat	380	382	384	393	394
	402	404	405	414	417
Berger Haamstede	401				
Bart Hofmeester	420				
Han de Vries	423	424			

Driemaandelijks Bericht
nummer 69, augustus 1974

Inhoud

Aquatische ecosystemen 433

Waterkwaliteitsbeheer en saneringsbeleid in het Deltagebied 439

Het Aardbeieneiland, spontane ontwikkeling in een veranderend milieu 446

Oevertypen in het Grevelingenmeer 456

De stormen in het najaar van 1973 465

A. De werken van het Deltaplan

De bouwput voor de doorlaatsluis in de Brouwersdam 476

Een nieuwe Delta-expo te Stellendam 480

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuws-Vlaanderen

Verzwaring van de zeewering op Zuid-Beveland 483

Vorderingen 484

Aquatische ecosystemen

In deze Berichten werden reeds verscheidene bijdragen gewijd aan de bespreking van de ecologische processen die zich afspelen in de Deltabekkens en langs de oevers ervan. Het gaat er daarbij om de relaties die organismen onderhouden met hun omgeving, te leren kennen en de ingewikkelde en moeilijk waarneembare processen waarin die relaties vorm krijgen, te beschrijven.
De grote verscheidenheid van de processen die in deze keten optreden vergt een studie op een haast even grote verscheidenheid van vakgebieden. Zowel de biologie als de chemie, de bodemkunde, de biochemie, de geochemie, de hydrologie en de hydrografie komen er aan te pas. Deze complexiteit weerspiegelt zich in het team van deskundigen dat bij een ecologisch onderzoek dient te worden betrokken. Elke deskundige opereert vanuit zijn eigen discipline en gebruikt daarbij vaak ook een eigen vakjargon. De coördinatie van dergelijk onderzoek en de communicatie binnen het team is daarom welhaast even ingeingewikkeld als het onderwerp van studie zelf.
Maar dit bemoeilijkt uiteraard ook een duidelijke, begrijpelijke verslaggeving aan derden die ter zake niet deskundig mogen worden geacht. De samenstellers van deze Berichten onderkennen dit probleem, en zijn er zich tevens van bewust dat de mededelingen ter zake zoals ze in de Driemaandelijkse Berichten verschijnen, niet steeds in voor ieder begrijpelijke taal zijn vervat.
Toch kan nauwelijks worden vermeden dat er herhaaldelijk wetenschappelijke termen in worden gebezigd, die voor de deskundige weliswaar een duidelijke betekenis hebben, doch die de leek niet erg aanspreken; woorden als fotosynthese, fytoplankton, hypolimnion, die herhaaldelijk in deze Berichten paraderen, kunnen slechts een kleine groep lezers zonder meer aanspreken. Daar komt bij dat de mededelingen inzake ecologisch onderzoek die in deze Berichten verschijnen veelal deelaspecten betreffen van het systeem dat zij beschrijven. De betekenis ervan kunnen we dus eigenlijk pas goed begrijpen wanneer ze in verband met het geheel worden geplaatst. Gelet op het grote belang van het ecologisch onderzoek en de daaruit voortvloeiende resultaten voor de gevolgen die het Deltaplan – in welke vorm dan ook – met zich meebrengt, lijkt het nuttig en gewenst de lezers naast de regelmatig weerkerende zakelijke verslagen van onderdelen van het ecologische onderzoek bovendien in een serie aritkelen meer in grote lijnen vertrouwd te maken met de processen en verschijnselen die in de stof- en energiehuishouding van waterbekkens in het algemeen en bij de Deltabekkens in het bijzonder een belangrijke rol spelen. Doel van deze reeks is dus een wat gemakkelijker te begrijpen beeld te geven van hetgeen onder een aquatisch ecosysteem wordt verstaan.

In dit eerste artikel zal in grote lijnen de opbouw van een aquatisch ecosysteem worden geschetst, met zijn hoofdkenmerken. We zullen er dan, mogelijk ten overvloede, mee moeten beginnen het begrip ecosysteem nader te verklaren. Dit woord hangt samen met het woord 'ecologie', hetgeen letterlijk vertaald 'huiskunde' betekent. In dit verband heeft 'huis' dan een wat wijdere betekenis; het kan hier het beste door 'omgeving' worden vertaald. Ecologie is de wetenschap die de relaties tussen organismen onderling en

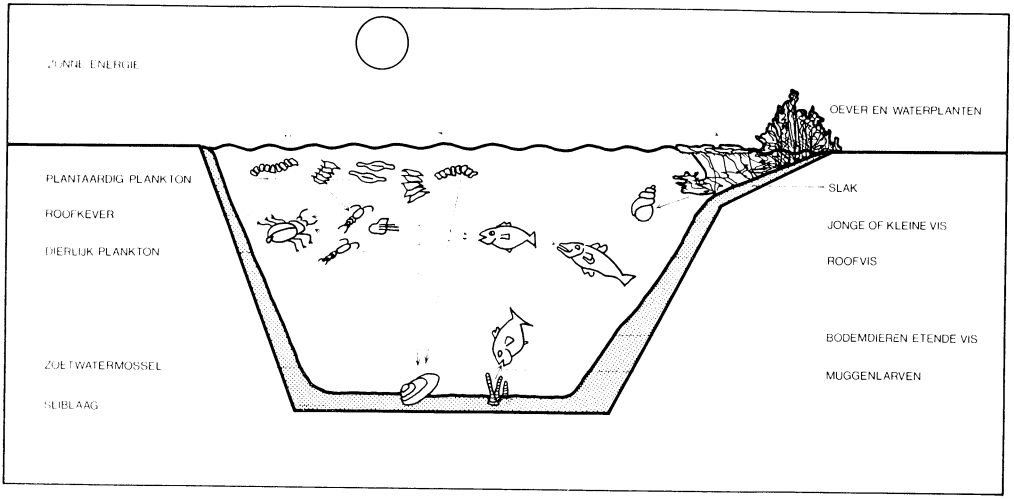


Fig. 1. Voedselketen in een vijver

hun niet levende omgeving bestudeert. Voordat we nu een ecosysteem proberen te definiëren is het nuttig een omschrijving te geven van het begrip 'systeem'. Een systeem bestaat uit een aantal elementen die onderlinge relaties vertonen en die op een bepaalde manier georganiseerd zijn. Systemen zijn onder te verdelen in subsystemen op verschillend niveau en deze weer in kleinere deelsystemen. Elk systeem van een bepaald integratieniveau heeft eigenschappen die niet aanwezig zijn op een lager integratieniveau, dat wil zeggen bij de subsystemen.
Bezien we nu een ecosysteem, dan zien we dat het is samengesteld uit een niet-levende component, de zogenaamde abiotische omgeving, en een levensgemeenschap. De levensgemeenschap zelf is weer samengesteld uit populaties van verschillende soorten planten, dieren en micro-organismen. Een populatie is opgebouwd uit een meer of minder groot aantal individuen van één soort van verschillend geslacht en uiteenlopende leeftijd. Een individu is opgebouwd uit verschillende organen en die weer uit cellen. Cellen zijn opgebouwd uit organellen en deze weer uit groepen macromoleculen. Men kan deze reeks voortzetten tot op het niveau van atomen en delen daarvan. Steeds blijkt dat de eigenschappen die men aantreft op een laag integratieniveau slechts ten dele de eigenschappen op een hoger niveau bepalen.
Uit de kennis van atomen en moleculen waaruit een mens is opgebouwd zal men zeker niet zijn gedrag kunnen verklaren of voorspellen. Wel kan men bepaalde, en dan met name fysische en chemische eigenschappen van een mens verklaren uit de kennis van zijn atomen en moleculen. Een ander voorbeeld: een populatie van dieren heeft een geboorte- en sterftecijfer maar die eigenschappen zijn niet van toepassing op individuen van die populatie, hoewel die individuen geboren worden en sterven. Het belangrijke hierin is, dat men een systeem kennelijk kan onderzoeken zonder alle eigenschappen van de lagere integratieniveau's te kennen. Wel is het natuurlijk zo dat aangrenzende integratieniveau's belangrijker zijn dan verder weg liggende.
In de voorbeelden was tot nu toe steeds sprake van een biologische integratiereeks; maar analoge reeksen bestaan ook in het niet levende deel van een ecosysteem, al zijn ze daar eenvoudiger.
De subsystemen van het ecosysteem zijn weer verdeeld in functionele groepen van soort-

populaties van de levensgemeenschap enerzijds en bij voorbeeld stoffen, een medium en een substraat voor het niet levende milieu anderzijds.
Met deze systeembeschrijving weet men nog niet hoe een ecosysteem werkt. Een systeem kan alleen maar werken en in stand blijven als er energie wordt toegevoerd. Dat geldt natuurlijk ook voor een ecosysteem. De belangrijkste energiebron voor de ecosystemen op aarde is het zonlicht. De zonneenergie wordt gebonden door planten, algen en andere zogenaamde primaire producenten en omgezet in plantaardig weefsel of cellen. Planten en algen worden gegeten door plantenetende organismen, die in het systeem fungeren als consumenten, maar tegelijk als secundaire producenten. Deze herbivoren kunnen immers op hun beurt weer gegeten worden door carnivoren. Alle dode organismen, zowel planten als dieren, worden door micro-organismen – bacteriën en schimmels – afgebroken tot anorganische verbindingen. De oorspronkelijke zonneënergie wordt dus via planten, herbivoren en carnivoren en micro-organismen doorgegeven en uiteindelijk wordt alle door de primaire producenten gebonden energie omgezet in warmte. Een dergelijke energiestroom noemt men een voedselketen; de stadia in de voedselketen noemt men trofische niveau's. De termen primaire, secundaire en tertiaire producenten slaan dus op de plaats die deze organismen innemen in de voedselketen.
Planten en algen hebben voor hun opbouw niet alleen energie maar natuurlijk ook bouwstoffen nodig, zoals fosfor, stikstof en koolstof. Zij nemen deze stoffen op uit hun directe omgeving. Dieren die planten eten krijgen dus behalve energie die bij de vertering vrijkomt ook deze bouwstoffen naar binnen. Uiteindelijk wordt echter alle dode organische stof afgebroken door micro-organismen en dan komen die bouwstoffen weer vrij voor opname door planten en algen. Zulke kringlopen noemt men stofkringlopen. Na gesproken te hebben van de hiërarchische organisatie, de energiestroom en de stofkringlopen komen we nu op een vierde belangrijk kenmerk van ecosystemen, namelijk hun homeostasis, dat is hun gelijk blijven in de tijd, hun zichzelf instandhouden.
Ecosystemen en hun subsystemen kunnen zichzelf instandhouden doordat op alle integratieniveau's zogenaamde terugkoppelingsmechanismen voorkomen.
Dat wil zeggen dat een bepaald proces ge-

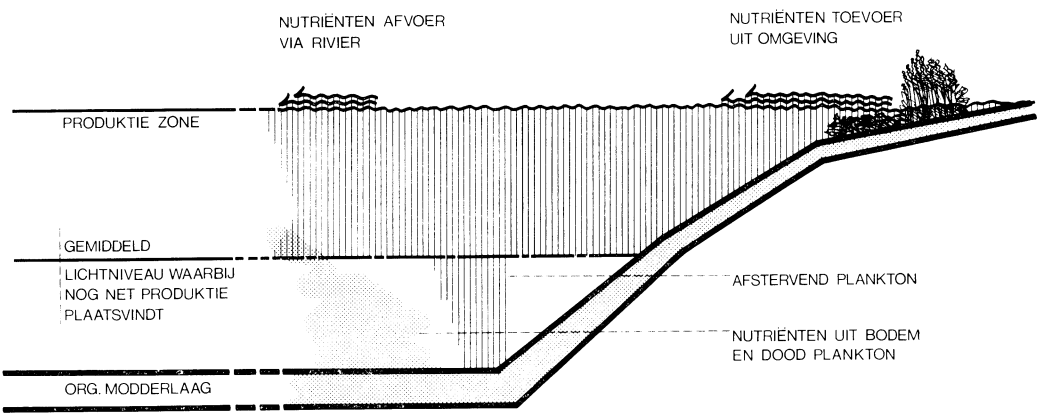


Fig. 2. De nutriëntenkringloop in een meer. De afbraak van dode organische stof vindt zowel in het water als in de bodem plaats

corrigeerd wordt door een tegengesteld proces omdat het anders te ver doorloopt. In het dagelijks leven is de thermostaat van de verwarming daar een goed voorbeeld van. Een voorbeeld van een terugkoppeling in een ecosysteem wordt gevormd door de stofkringloop. Zonder micro-organismen zouden alle bouwstoffen op den duur in dode organische stof opgeslagen zijn en zou het ecosysteem ophouden te functioneren. Ook op andere integratieniveau's treden terugkoppelingsprocessen op. Als een diersoort toeneemt zonder dat zijn voedsel toeneemt, dan gaat het voedsel beperkend werken op de snelheid waarmee die diersoort kan toenemen. Zoals hierboven al is besproken, vormt het zonlicht de belangrijkste energiebron voor ecosystemen. In de diepere lagen van een aquatisch ecosysteem, waar onvoldoende licht doordringt, kan derhalve geen produktie van algen plaatsvinden. Wel zal hier dood of levend plankton terechtkomen, dat bezonken is. Wanneer dit plantaardige plankton niet meer door turbulentie van het water naar de oppervlakte wordt gestuwd, zal het afsterven en door bacteriën afgebroken worden tot anorganische stoffen. Deze afbraak is echter niet altijd volledig, veelal zal er een sliblaag op de bodem van het meer ontstaan die rijk is aan organische stof afkomstig van dode algen. Het lot van de vrijkomende nutriënten hangt voor een belangrijk deel af van de hydrografie van het meer. Is het meer relatief diep ten opzichte van de oppervlakte dan zal zich een zogenaamde stratificatie kunnen ontwikkelen. Stratificatie ontstaat als de diepere lagen van een water niet meegaan in de menging die meestal wordt veroorzaakt door de wind. Door opwarming in het voorjaar neemt de dichtheid van de bovenlaag sterker af dan die van de onderlaag; dit toenemend dichtheidsverschil maakt vermenging van boven- en onderlaag tijdens de opwarmingsperiode steeds moeilijker; koud water heeft namelijk een groter soortelijk gewicht dan warm water.

Voor de kritische diepte waarboven systeemscheiding plaatsvindt, is geen vaste, scherpe maat te geven. Dit hangt mede af van andere factoren, zoals vooral de meteorologische omstandigheden. Staat het betreffende waterbekken frequent aan sterke wind bloot dan zal bij overigens gelijke diepte de menging van de gehele watermassa ook frequenter en intenser zijn dan bij een waterbekken dat in een tamelijk windvrij gebied is gelegen. Door het bezinkende dode plankton wordt zuurstof

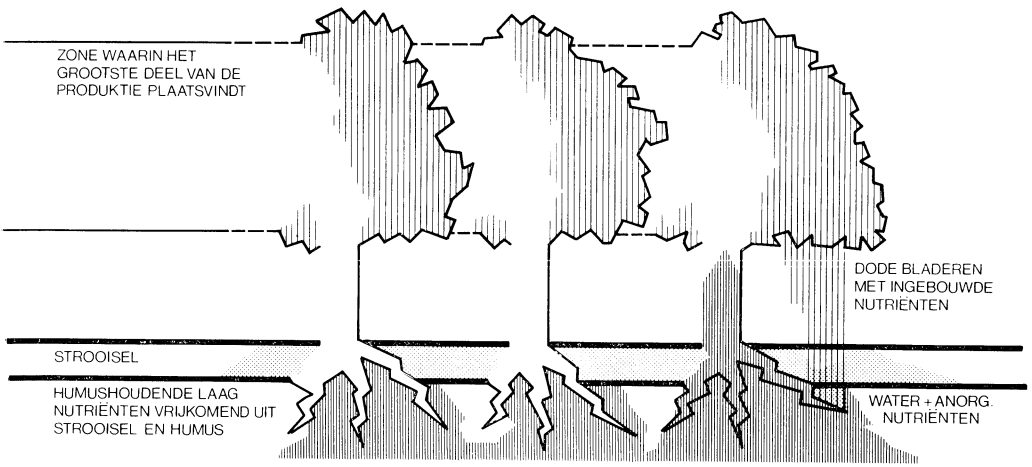


Fig. 3. De nutriëntenkringloop in een bos. De bodem vormt de afbraakzone van dode organische stof

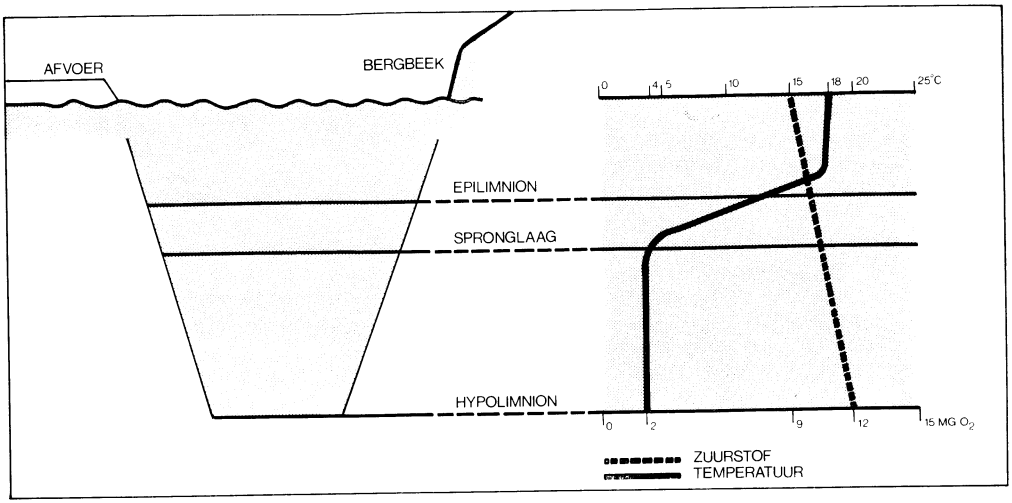


Fig. 4. Schematische voorstelling van een gestratificeerd voedselarm bergmeer in de zomer

onttrokken aan de onderlaag, het zogenaamde hypolimnion (letterlijk vertaald: onder-meer), en er komen voedingsstoffen vrij. Deze voedingsstoffen komen gedurende de zomer vanwege de stratificatie niet meer ter beschikking van plantaardig plankton in de bovenlaag (het epilimnion of boven-meer). Wanneer de mengdiepte klein is en de lichtdoordringing groot, dan kan het voorkomen dat er in het bovenste deel van het hypolimnion nog net voldoende licht voorkomt om algengroei toe te staan. Deze algen profiteren dan van de voedselrijkdom, maar moeten aangepast zijn om te leven met weinig licht en met een lagere temperatuur. Het is dan ook niet te verwonderen dat hier andere algensoorten leven dan in de bovenlaag van een meer.
Er zijn nu enkele fundamentele eigenschappen genoemd van ecosystemen en er is een zeer summiere beschrijving gegeven van het ecosysteem van een meer. Het zou interessant zijn ter vergelijking nu ook een geheel ander type ecosysteem in onze beschouwing te betrekken. Op grond van het visuele voorkomen voor de mens lijkt een bos misschien wel een uiterste tegengestelde van een meer. Toch werkt dit ecosysteem op analoge wijze. Lichtenergie wordt hier door de bomen, struiken en kruiden vastgelegd. Herbivoren eten daarvan en ook hier volgt een hele voedselketen. De dode organische stof – voornamelijk bladeren; vergelijk in een meer de dode algen – wordt afgebroken door micro-organismen. Er heeft dus ook een energiestroom plaats en er is ook een nutriëntenkringloop. Een bos blijft jarenlang bestaan; er moet dus homeastasis zijn; ook de hiërarchische opbouw der integratieniveau's vindt men terug.
Ook in ruimtelijke zin bestaat er gelijkenis. Beide systemen hebben een bodemlaag met veel dode organische stof.
De gelaagdheid die kan optreden in een meer en die er toe leidt dat verschillende soorten primaire producenten worden aangetroffen op verschillende diepte is in bossen regel. Men vindt daar doorgaans een moslaag, een kruidlaag, een struiklaag en een boomlaag. Het belangrijkste verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de belangrijke primaire producenten in een meer en een bos enorm verschillen in grootte, in levensduur en in de lengte van hun levenscyclus. In een bos zijn bomen de belangrijkste primaire producenten; hun ruimtelijke uitgestrektheid wordt geteld in meters, ze leven tientallen tot honderden jaren en de duur van hun levenscyclus vanaf de kieming van het zaad tot de eerste produktie van zaad is vele jaren.

De orde van grootte van algen ligt tussen enkele en enkele honderden micrometers (1 micrometer = 1/1000 millimeter). Hun levensduur ligt in de ordegrootte van dagen, maar is moeilijk te meten omdat de voortplanting bij algen meestal door deling geschiedt. De levenscyclus ligt in de zomer in de ordegrootte van 1 dag. Door deze korte levenscyclus zijn algen in staat zeer snel te reageren op veranderingen van het milieu, bijvoorbeeld door opeens sterk in aantal toe te nemen. Verstoringen, zoals een sterke verrijking met voedingsstoffen, kunnen dan ook snel een algenbloei tot gevolg hebben. Een bos reageert zeker ook op een dergelijke verrijking, maar het zal veel langer duren voordat de levensgemeenschap verandert. De eerste veranderingen zullen ook hier optreden bij de organismen met de kortste levenscyclus (bijvoorbeeldl bacteriën). Veranderingen in het bodembestand kunnen wel optreden als de verstoring aanhoudt, maar bij een kort durende verandering zal het bodembestand niet veranderen.

De verschillen in grootte en in de duur van de levenscyclus worden bepaald door biologische wetten. Grote organismen hebben een lange levenscyclus en kleine een zeer korte. Grote organismen hebben ook meer interne organisatie dan kleine. Dit is zeer begrijpelijk als men bijvoorbeeld vergelijkt, welke eisen er worden gesteld aan de transportmechanismen in een alg en in een boom. Een alg is meestal een eencellig organisme dat z'n anorganische voedingsstoffen direct opneemt door de celwand. Daar hij in het water leeft is de watertoevoer ook geen probleem. De aan bepaalde stoffen gebonden energie kan dan door eenvoudige diffusie in de cel op alle plaatsen waar die nodig is terechtkomen. Geheel anders is dit bij een boom; hier bestaan speciale kanalen om water en anorganische voedingsstoffen over aanzienlijke afstanden van de wortels naar de bladeren te vervoeren en om de energie bevattende stoffen naar alle delen van het organisme te leiden. Doordat een boom zo groot is en hij bovendien niet door water ondersteund wordt, heeft hij veel steunweefsel nodig, hetgeen bij algen ontbreekt. Een boom heeft dus een eigen transportsysteem voor zijn nutriënten. Een alg is voor zijn nutriëntentoevoer in principe aangewezen op waterbeweging, die altijd meer of minder sterk optreedt.

We hebben tot nu toe alleen gesproken over het inwendige mechanisme van het systeem. Belangrijk zijn echter ook de relaties die het onderhoudt met de omgeving; ieder ecosysteem maakt immers op zijn beurt deel uit van een groter complex van deelsystemen die samen weer als een groter ecosysteem kunnen worden beschouwd. Het wel en wee van een ecosysteem kan in belangrijke mate afhangen van wat er in zijn omgeving gebeurt en het kan dus slechts tot op bepaalde hoogte op zichzelf worden beschouwd, afhankelijk van de mate van isolatie ten opzichte van de omgeving. Het systeem zal zich zoveel mogelijk instellen op en aanpassen aan de invloeden van buiten; de kwaliteit en de stabiliteit van het systeem hangen er dus in belangrijke mate van af, in hoeverre het daarin slaagt.

Zo wordt de ecologie van een waterbekken mede in belangrijke mate bepaald door zijn plaats in het hydraulische systeem waarvan het deel uitmaakt, bijvoorbeeld als bergmeer in de bovenloop van een rivier of als estuarium aan zijn monding in zee; daarnaast oefent de hydrologische situatie van het direct omringende gebied mede een grote invloed uit. Vooral voor de stofhuishouding kan dit van belang zijn. Het ligt immers voor de hand dat het gebeuren in een ecosysteem in belangrijke mate zal kunnen worden beinvloed, indien aan dat systeem van buiten nieuwe stof wordt toegevoegd of eruit wordt afgevoerd. In een bos is dit meestal nauwelijks het geval. De hoeveelheid stof van verschillende aard die is opgesloten in humuslaag, hout en bladerdak blijft meestal vrijwel constant. Anders is dit bij een waterbekken dat meestal nieuwe stof krijgt toegevoerd met het erin afstromende water. Zonder deze watertoevoer was het bekken in de meeste gevallen niet eens ontstaan. Indien de toevoer van stoffen de afvoer overtreft, hetgeen bij vijvers en meren veelal het geval zal zijn, kan het bekken op de lange duur geheel verlanden. Voor rivieren, die uiteindelijk hun stoflast in zee kunnen kwijtraken, geldt dit niet, en evenmin voor sommige baaien en estuaria waarin het geulenstelsel zich zeewaarts verdiept, zodat het overschot aan materiaal daarheen kan worden afgevoerd. Sommige estuaria en baaien kunnen op de duur desondanks verlanden door verzanden en aanslibben; de wordingsgeschiedenis van Nederland kent hier vele voorbeelden van.

Waterkwaliteitsbeheer en saneringsbeleid in het Deltagebied

Bij de zorg voor goed water en een goed natuurlijk milieu in het zuidwestelijk deel van Nederland vormen de waterkwaliteit van de zee en van de rivieren Rijn, Maas en Schelde alsmede de belasting met afvalwater, vervuild polderwater en vervuilde watergangen nu en in de toekomst een ernstige bron van zorg. In verband hiermede werd bij de beschikking van de Minister van Verkeer en Waterstaat van 2 februari 1973 de werkgroep 'Sanering zuidelijk Deltabekken en Westerschelde' ingesteld. De daarbij aan de werkgroep opgedragen taak werd als volgt omschreven: 'De bestudering van het vraagstuk van de verontreiniging van de zuidelijke Deltawateren, omvattende de inventarisatie van de bestaande afvalwaterlozingen, het verkrijgen van een inzicht in de aard en de omvang van de verontreinigingsbronnen en, rekening houdende met de verkregen gegevens en inzichten, het aangeven van richtlijnen omtrent de meest efficiënte wijze van handelen, teneinde deze wateren te saneren. Daarbij dient rekening te worden gehouden met de in de toekomst in dit gebied te verwachten ontwikkelingen'. De verslaggeving van de verrichte werkzaamheden bevindt zich thans in een vergevorderd stadium.
In dit artikel wordt een aantal hoofdlijnen van het waterkwaliteitsbeheer en saneringsbeleid weergegeven. Voorts wordt nader ingegaan op de problematiek van belasting met brak water, voedingsstoffen en toxische stoffen.

Waterkwaliteitsbeheer

De waterkwaliteit bepaalt in sterke mate de waarde van een oppervlaktewater zowel uit een oogpunt van gebruiksmogelijkheden als van milieu in eigenlijke zin. De waterkwaliteit in een bekken is in het algemeen afhankelijk van de kwaliteit en kwantiteit van het in en uit te laten water, het verontreinigingsniveau van lokale belastingen zoals huishoudelijk of industrieel afvalwater, vervuild polderwater en vervuilde watergangen en anderzijds van de in het bekken optredende zelfreinigingsprocessen. Treden in een bekken zeer lange verblijftijden op dan zal ook het resultaat van de zelfreinigingsprocessen verbeteren en zal de waterkwaliteit in het bekken in vele opzichten minder afhankelijk worden van de kwaliteit van het in te laten water.
Het is uit het voorgaande duidelijk, dat het accent bij het waterkwaliteitsbeheer van afgesloten bekkens in het Deltagebied komt te liggen op zelfreiniging en niet op verversing. Een langere verblijftijd heeft ook in hydrobiologisch opzicht grote voordelen: de aanwezige groepen organismen hebben dan meer tijd beschikbaar om levenscycli in het bekken te doorlopen, zodat in het bekken eigen populaties ontstaan die onafhankelijk zijn van de aanvoer van plantaardige en dierlijke organismen in het in te laten water.
Zelfreiniging voltrekt zich door middel van verschillende processen. De kwaliteitsverbetering die er het gevolg van is komt tot uitdrukking in verscheidene parameters. Voor parameters als het biochemisch zuurstofverbruik (BOD of BZV), het reuk- en smaakgetal, de kleur, de ammonium en de fenolen zal een lagere waarde worden waargenomen, die in meerdere of mindere mate verklaard kan worden door bacteriologische processen; voorts ontstaan verbeteringen door het ontwijken van opgeloste gassen en vluchtige stoffen naar de atmosfeer. Voor het grootste

deel komt de zelfreiniging echter tot stand via sedimentatie met als gevolg accumulatie van aan slib gebonden stoffen in de bodem. Voor een deel van deze stoffen is het niet uitgesloten, dat ze via bacteriën en bodemorganismen opgenomen zullen worden in de voedselketen.
Het is duidelijk dat over het gehele bekken gerekend de belasting aan stoffen die opgenomen worden in de voedselketen, bij een gering inlaatdebiet afneemt. De accumulatie van toxische stoffen en metalen in bodemslib en organismen wordt aldus sterk afgeremd.
Bij een lange verblijftijd zal de invloed van de kwaliteit van het inlaatwater afnemen, maar daarnaast de invloed van de lokale belastingsbronnen op de waterkwaliteit van het bekken toenemen (fig. 1). Voor de bescherming van een goed aquatisch milieu in het bekken moet dus gestreefd worden naar beperking van de hoeveelheid in te laten water, en naar beperking van de lokale belasting met verontreinigingen.

Sanering

De tot dusver verschenen saneringsrapporten die voor een aantal rijkswateren in Nederland zijn opgemaakt, hadden in hoofdzaak betrekking op oppervlaktewateren die reeds in belangrijke mate verontreinigd waren.
Soms waren die wateren in hygiënisch-esthetisch opzicht aangetast, soms had de verontreiniging zelfs een zodanige omvang aangenomen, dat door het optreden van stank van hinder of overlast kon worden gesproken. Weer andere wateren verkeerden in een toestand die ze minder bruikbaar maakte als grondstof voor de bereiding van drinkwater. Ook was menig water ongeschikt als levensmilieu voor aquatische organismen.
Bij het opstellen van de te treffen saneringsmaatregelen stond in die gevallen steeds als doel voorop: te verzekeren dat het oppervlaktewater ten dienste van de mens zou kunnen worden gebruikt, wat dan meteen inhield dat onder alle omstandigheden een redelijke visstand was verzekerd. Deze saneringsplannen omvatten dan een pakket van technische maatregelen om de vereiste verbetering te bereiken.

In tegenstelling tot de hierboven bedoelde rijkswateren verkeert het zuidelijk Deltabekken in de unieke positie dat de huidige kwaliteit ervan in grote delen zeer goed is. Het water veroorzaakt hinder noch overlast en het is zeer geschikt voor het vervullen van een aantal functies ten behoeve van de mens. De goede kwaliteit is mede een gevolg van de gewijzigde situatie na de voltooiing van de eerste fase van de Deltawerken, te weten de afsluiting van Volkerak en Haringvliet. Vooral de huidige kwaliteit van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer is in ecologisch opzicht zeer goed; Veerse Meer, Keeten, Krammer en Volkerak bevatten water van een in ecologisch opzicht mindere kwaliteit, maar in milieu-hygiënisch opzicht is ook dit water voor de mens aanvaardbaar. Alleen in het oostelijk deel van de Westerschelde vindt men water van minder goede tot slechte kwaliteit terwijl het water in bacteriologisch opzicht te wensen overlaat in het westelijk deel langs de oevers. Toenemende recreatiedruk, urbanisatie, industrialisatie en infrastructurele veranderingen in het Deltagebied maken bescherming van het aquatisch milieu noodzakelijk.
De eventuele afsluiting van de Oosterschelde of onderdelen daarvan zou een plotselinge verandering betekenen, die ingrijpt in de oorspronkelijke levensomstandigheden van nagenoeg alle organismen in het open estuarium. Na deze eenmalige schok zou in het dan gevormde bekken een aquatisch milieu ontstaan waar zich tijdens de herstelperiode nieuwe verhoudingen tussen de elementen van flora en fauna gaan instellen; een dergelijke ontwikkeling is thans gaande in het zoute afgesloten Grevelingenbekken.
In deze periode van herstel zal men continu optredende storingen zoals lozingen van ongezuiverd huishoudelijk of industrieel afvalwater, vervuild polderwater of afstromende vervuilde watergangen en extra hoeveelhelen verversingswater zoveel mogelijk dienen te elimineren.
Voorlopige voortzetting van bestaande lozingen na een eventuele afsluiting van de Oosterschelde zou het aquatisch milieu van het zuidelijk Deltabekken in ongunstige zin beïnvloeden.
Afgesloten meren functioneren namelijk in tegenstelling tot open getijdewateren of rivieren als accumulatoren van verontreinigingen. Wanneer achteraf saneringsmaatregelen worden uitgevoerd, dan hebben deze verontreinigingen zich toch al in het bodemslib opgehoopt en blijven ze het water vanuit het verontreinigde bodemslib nog lange tijd in ongunstige zin beïnvloeden. Het herstel van deze negatieve beïnvloeding zal zich, voorzover het al mogelijk is, slechts langzaam manifesteren.
De sanering van het zuidelijk Deltabekken en Westerschelde is derhalve gebonden aan vier voorwaarden, te weten:

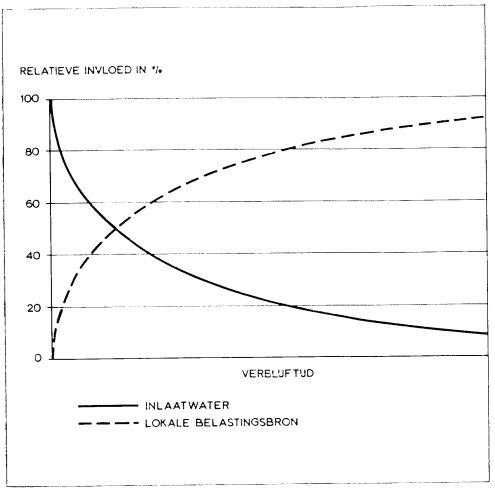


Fig. 1. Relatieve invloed van het inlaatwater en de lokale belastingbronnen op de kwaliteit van het water in het bekken als functie van de verblijftijd

Bescherming van de huidige kwaliteit van de zuidelijke Deltawateren; bescherming van het aquatisch milieu tijdens de herstelperiode na een eventuele afsluiting en bescherming van de kwaliteit van de Deltawateren op lange termijn; sanering van de wateren die op de zuidelijke Deltawateren afwateren; en verbetering van de waterkwaliteit van de Westerschelde in samenwerking met België.
Algemeen uitgangspunt van het saneringsbeleid in het zuidelijk Deltabekken is de gedachte, dat gestreefd moet worden naar het scheppen van een zo goed mogelijk aquatisch milieu in relatie tot de nader te bepalen bestemmingen, en wel zo dat producenten (planten), consumenten (dieren) en destruenten (bacteriën) goede levensvoorwaarden hebben en op efficiënte wijze hun functie binnen het systeem kunnen uitoefenen.
Bij het formuleren van doelstellingen en richtlijnen kan onderscheid gemaakt worden tussen drie mogelijke typen van bekkens, te weten een zout getijdewater, een zout semi-stagnant water en een zoet semi-stagnant water. Tevens moet rekening worden gehouden met de verschillende functies die de Deltawateren zouden kunnen vervullen in de waterhuishouding van zuid-west Nederland; te denken valt aan scheepvaart, huishoudelijke en industriële watervoorziening, koelwatervoorziening ten behoeve van elektriciteitscentrales en industrieën, agrarische watervoorziening, recreatie, zowel op, aan, als in het water, natuurbehoud en visserij.
De eisen die men aan de verschillende wateren denkt te stellen zullen doorgaans afhangen van de functies van deze wateren, met de daaraan verbonden risicofactoren. In de praktijk zal dit voor de Deltawateren kunnen betekenen dat men met betrekking tot het kwaliteitsbeheer één algemene doelstelling hanteert, die al naar de omstandigheden wordt toegepast met de nodige variaties doch bij de uitvoering het accent legt op de prioriteiten. De hoogste prioriteit zou dan moeten worden gegeven aan wateren met functies ten behoeve van recreatie, natuurbehoud en of watervoorziening, zoals het Grevelingenmeer, het eventuele toekomstige Zeeuwse Meer en het Veerse Meer. In het oostelijk deel van het Zeeuwse Meer en het Veerse Meer zal echter ook de scheepvaart betekenis hebben.

Belasting met brak water

Behalve van verontreinigingen die nauw samenhangen met de activiteiten van de mens in dit gebied, is de belasting met brak water vooral afkomstig van het door de polders geloosde water, dat een aanzienlijke hoeveelheid opgeloste zouten bevat. Na de vorming van zoete meren of zoete compartimenten zullen de daaraan gelegen brakke gebieden gaan verzoeten, waardoor het chloridegehalte in het geloosde water af zal nemen. Maar dit is een proces dat zeer langzaam verloopt, en het effect ervan zal dan ook pas op langere termijn zichtbaar worden.
Op het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en het eventueel toekomstige Zeeuwse Meer wordt via gemalen en suatiesluizen het overtollige oppervlaktewater geloosd van 200 000 ha polders en hoge gronden.
Lozing van brak water zou op een zoet meer verzilting en op een zout meer verzoeting tot gevolg hebben. In beide gevallen zou de dominerende ecologische factor, het zoutgehalte, afhankelijk van de hydrometeorolo-

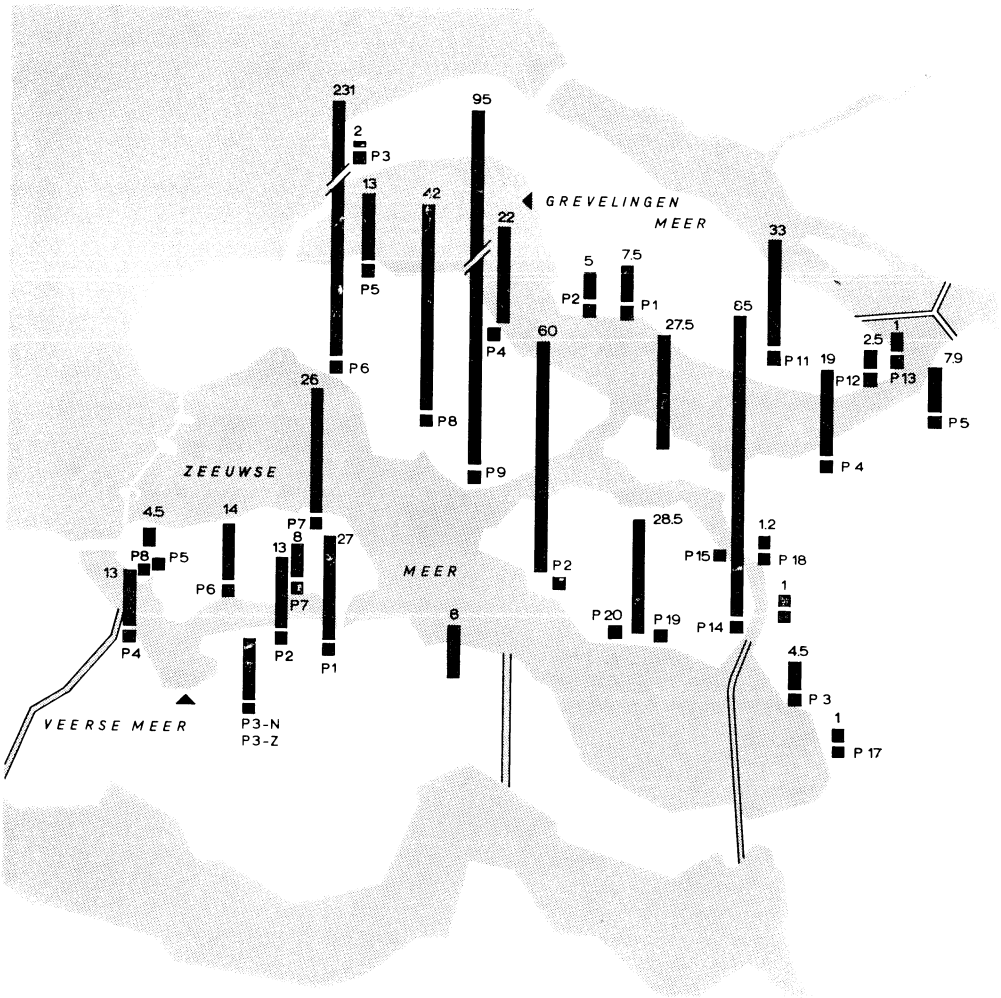
gische omstandigheden sterke variaties gaan vertonen. Het is daarbij onvermijdelijk dat dan in het gehele bekken een in hydrobiologisch opzicht belangrijke grens van 16 000 mg Cl/l in zout water en 300 mg Cl/l in zoet water wordt onderschreden, dan wel overschreden. Zowel de variaties van korte duur als de veranderingen op lange termijn hebben nadelige gevolgen voor de bestaande levensgemeenschappen.

Met name de soortenrijkdom en de stabiliteit van het aquatisch milieu zullen er ernstig onder lijden. Bovendien zullen in een verziltend zoet meer de gebruiksmogelijkheden van het water sterk teruglopen.

De nadelige effecten van de lozingen van brak water zijn in beginsel wel tegen te gaan met verversing van de bekkeninhoud met een overvloed van zoet water. Het is echter denk-

Fig. 2. Zoutbelasting op het Grevelingenmeer, het Zeeuwse en het Veerse Meer in 1972, uitgedrukt in duizenden tonnen

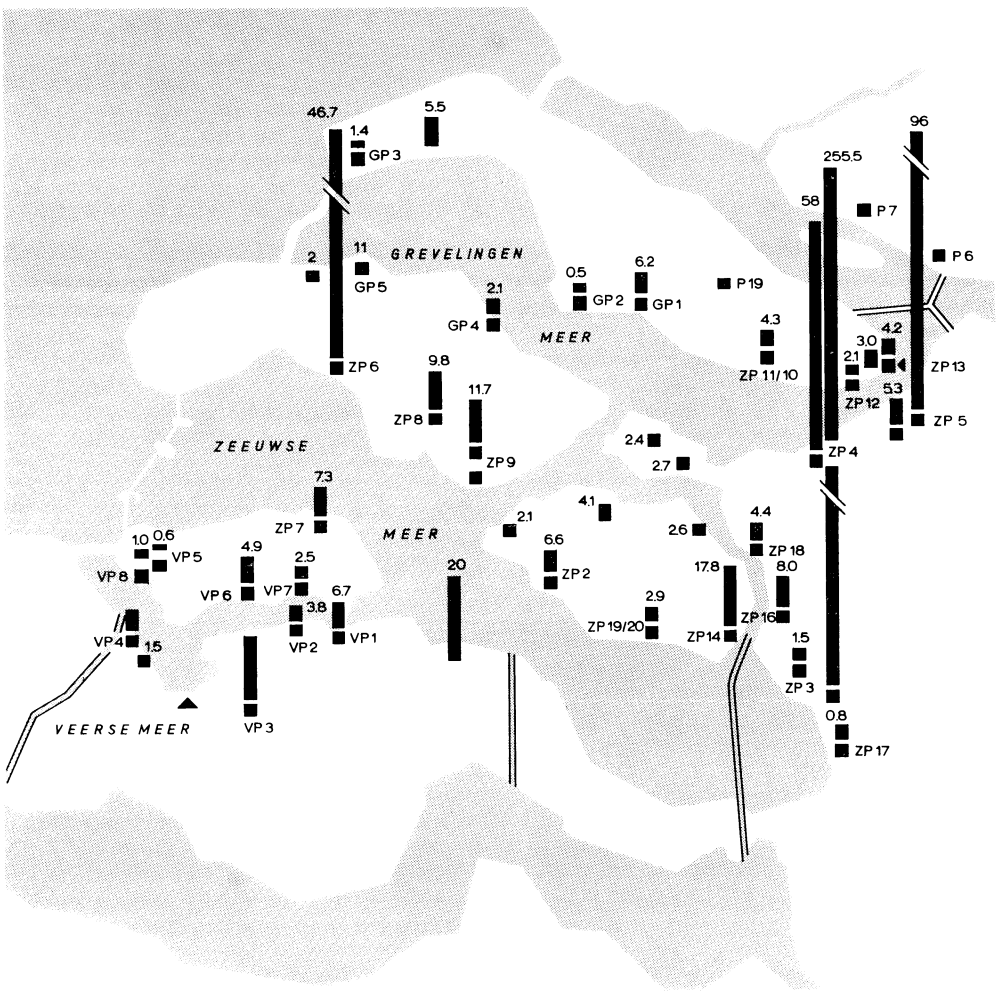
Fig. 3. Fosfaatbelasting op het Grevelingenmeer, het Zeeuwse en het Veerse Meer in 1972, uitgedrukt in tonnen



baar dat er onvoldoende doorspoelwater beschikbaar zal zijn. Bovendien laat de kwaliteit ervan te wensen over, zodat de vergroting van het inlaatdebiet enerzijds betaald moet worden met een verkorting van de verblijftijd en daarmede een vermindering van de zelfreiniging, anderzijds met een toenemende belasting aan verontreinigingen. Bovendien zal een doorspoelingssysteem bij voorbaat de mogelijkheid verminderen van selectieve inlaat op grond van kwaliteitscriteria. Zo'n oplossing is dus in strijd met de grondbeginselen van het saneringsbeleid.
De enige juiste oplossing voor deze problemen is het afleiden van een aantal onaanvaardbare lozingen van brak water naar wateren met een betere opnamecapaciteit voor brak water. Een aantal van zulke afleidingen zijn inmiddels met overheidssubsidie gerealiseerd.

Nutriëntenbelasting

Het ziet er naar uit dat de trofiegraad in de toekomst wellicht bepalend zal zijn voor de kwaliteit van het aquatisch milieu in het zuidelijk Deltabekken. Een omschrijving van het eutrofiëringsproces, de symptomen en de consequenties vindt men in Berichten 55 (februari 1971) en 67 (februari 1974).
Daar wordt onder meer duidelijk gemaakt dat het eutrofiëringsproces direct afhankelijk is van het lichtklimaat in het water en van de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen of nutriënten. Die stof waarvan de concentratie het dichtst gelegen is bij een kritisch minimum vormt de beperkende factor. De toevoer van deze nutriënt bepaalt in hoge mate de primaire produktie van organismen.
In dit artikel gaan we er, zonder de argu-



menten die men daarvoor aanvoert te bespreken, vanuit dat fosfor in het zoete zuidelijke Deltabekken de beperkende doch ook de meest beheersbare nutriënt zal zijn. In het algemeen kan gesteld worden dat voor 0,01 tot 1 mg fosfor per liter en voor 0,1 tot 15 mg stikstof per liter de omvang van de eutrofiëringsverschijnselen een functie is van de concentratie aan nutriënten. Mede gezien de te verwachten fosforconcentratie in het eventueel toekomstige zoete Zeeuwse Meer zal elke vermindering van de fosforbelasting dan ook een vermindering van de eutrofiëring tot gevolg hebben. In tegenstelling tot zoete wateren is er met betrekking tot de eutrofiëring en de groeibeperkende factoren in zoute wateren weinig algemene informatie beschikbaar.
Uit onderzoek van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek en de Deltadienst blijkt dat anorganische stikstof zowel in het zoute Grevelingenmeer als in het brakke Veerse Meer in het voorjaar en de zomer nagenoeg afwezig is. Fosfor lijkt daarentegen in overmaat aanwezig. In beide meren is het niet uitgesloten dat silicium groeibeperkend is voor diatomeeën, die zich voornamelijk in het vroege voorjaar ontwikkelen. In de Westerschelde lijkt het op grond van onderzoeksresultaten niet waarschijnlijk dat stikstof een groeibeperkende rol speelt. De situatie is in het kustwater voor wat betreft de groeibeperkende invloed van stikstof of fosfor erg gecompliceerd.
Het lijkt vooralsnog niet mogelijk hierover met enige zekerheid een uitspraak te doen. Wel is het zeer waarschijnlijk dat silicium tijdens de opbloei van diatomeeën een groeibeperkende rol speelt in het kustwater en in de Oosterschelde.

De belasting met toxische stoffen

Toxische stoffen kunnen in biologisch opzicht worden verdeeld in niet accumulerende en accumulerende. Onder niet accumulerende toxische stoffen worden verbindingen verstaan die in een bepaalde concentratie en bij een zekere expositietijd schadelijke effecten veroorzaken in organismen, maar waarvan de gevolgen dus in geen oorzakelijk verband staan met accumulatie op langere termijn of via voedselketekens. Deze stoffen oefenen hun werking doorgaans uit in opgeloste toestand; als voorbeelden kunnen genoemd worden: ammoniak, zwavelwaterstof en de groep cyaniden. Hun toxische werking kan worden beïnvloed door andere waterkwaliteitsparameters als zuurgraad, temperatuur en hardheid. Voor een beoordeling of een voorspelling van hun effect zijn maximaal toelaatbare concentraties in het water maatgevend. Daarbij dient rekening te worden gehouden met eventuele andere toxische stoffen in het oppervlaktewater. Het is mogelijk dat de gezondheidschadende effecten van verschillende stoffen cumulatief werken, of elkaar zelfs versterken. In beide gevallen kunnen minder dan dodelijke concentraties van deze stoffen dodelijke gevolgen hebben.
Onder accumulerende toxische stoffen worden verbindingen verstaan die onder bepaalde omstandigheden schadelijke effecten veroorzaken in organismen. Hun schadelijkheid wordt niet alleen veroorzaakt door hun concentratie in het water en de expositieduur, maar ook door hun accumulerende eigenschappen, die bepaald worden door hun oplosbaarheid in vet. De accumulatie geschiedt hetzij direct, hetzij via een voedselketen.
Accumulerende gifstoffen bevinden zich in het algemeen slechts korte tijd in het water, aangezien zij snel door organisch materiaal in het bodemslib – plankton en andere aquatische organismen – uit het water opgenomen worden. Als voorbeelden van deze groep toxica kunnen worden genoemd een groot aantal pesticiden waaronder DDT, en zware metalen waaronder kwik. De toxische werking op korte termijn van deze stoffen kan op zichzelf al zeer sterk zijn. Ze wordt door de genoemde accumulatieverschijnselen nog zeer versterkt.
Minder dan dodelijke concentraties in het oppervlaktewater kunnen derhalve met vrij grote zekerheid leiden tot dodelijke uitwerking op de lange duur. Daarom is voor deze groep stoffen vooral de totaal in het aquatisch milieu aanwezige hoeveelheid van belang.
Het behoort tot het saneringsbeleid, de belasting met deze stoffen zoveel mogelijk tegen te gaan. Deze belasting is voornamelijk afkomstig van lokale lozingen van industrieel afvalwater en het in te laten water.

Beperkingen van de belasting door industrieën kan geschieden middels interne saneringsmaatregelen en door stringente bepalingen op te nemen in de lozingsvergunningen. Wil men de belasting via het in te laten water beperken, dan zal men voorlopig aangewezen zijn op maatregelen als bijvoorbeeld het minimaliseren van het inlaatdebiet.
Op lange termijn echter zal beperking van de belasting via het inlaatwater gezocht moeten worden in sanering van het stroomgebied van de grote rivieren en rechtstreekse lozingen in

het kustwater. Enig optimisme in dezen is wel gerechtvaardigd: tijdens de ministersconferentie over bescherming van de Rijn tegen verontreiniging op 4 en 5 december 1973 te Bonn hebben de ministers onder meer de zogenaamde zwarte, grijze en beige lijsten goedgekeurd. In deze lijsten worden respectievelijk de stoffen opgesomd waarvan het lozen dient te worden verboden, beperkt of aan bepaalde voorwaarden onderworpen. In de zwarte en grijze lijsten zijn met name bovenvermelde toxische stoffen opgenomen.

Samenvatting

Op grond van de hierboven besproken principes zullen richtlijnen worden opgesteld waarbij het optimaal functioneren van het aquatisch milieu in het zuidelijk Deltabekken en de Westerschelde centraal staat. In praktisch opzicht houdt dit in dat voor beide wateren gestreefd moet worden naar een zo groot mogelijke vermindering van de lokale belasting met verontreinigingen. Mede in verband met het specifieke karakter van de sanering van het zuidelijk Deltabekken zal onderscheid gemaakt worden tussen verschillende categorieën richtlijnen. Afzonderlijke richtlijnen zullen gelden ten aanzien van de lozing van huishoudelijk afvalwater, van industrieel afvalwater, en van belangrijk verontreinigde watergangen. Daarnaast zijn specifieke richtlijnen te verwachten ter beperking van de belasting met verontreinigingen vanuit de agrarische sector, vanaf beroeps- en pleziervaartuigen, en vanuit het inlaatwater. In dit artikel gaan we op de uitwerking van de verschillende richtlijnen niet in.
We volstaan met het uitspreken van de verwachting dat een saneringsbeleid, gerelateerd aan een waterkwaliteitsbeheer dat gebaseerd is op wetenschappelijk gefundeerde criteria, een grote bijdrage zal kunnen leveren in het tegengaan van negatieve en het stimuleren van positieve ontwikkelingen in het aquatisch milieu van zuidwest Nederland.

Bijlagen van de tekst van het communiqué dat gepubliceerd is na afloop van de te Bonn op 4 en 5 december jl. gehouden Ministeriële Conferentie over de verontreiniging van de Rijn

Stoffen, waarvan de lozing in de wateren van het Rijnbekken de volksgezondheid kan beïnvloeden of een gevaar daarvoor kan opleveren

(Niet-limitatieve lijsten welke periodiek herziening behoeven)

Lijst I (zwarte lijst)

De zwarte lijst omvat de volgende stoffen:

Organische halogeenverbindingen, organische siliciumverbindingen, welke zodanige stoffen in het water kunnen doen ontstaan, organische fosfor- en tinverbindingen (pesticiden), met uitzondering van die welke zich snel in het water in biologisch onschadelijke stoffen omzetten.

Stoffen waarvan de kankerverwekkende aard wetenschappelijk is erkend.

Kwikzilver, cadmium en verbindingen van deze metalen.

Lijst II (grijze lijst)

De lozing van de volgende stoffen in de wateren van het Rijnbekken dient streng te worden beperkt:

Stoffen, welke een slechte smaak en een slechte reuk kunnen veroorzaken zomede verbindingen, welke tot de vorming van zodanige stoffen in het water kunnen leiden.

Minerale oliën.

Metalen, metalloïden en hun verbindingen, zoals:

zink	seleen	tin	vanadium
koper	arseen	barium	
nikkel	antimoon	beryllium	
chroom	molybdeen	borium	
lood	titaan	uraan	

- Cyaniden en fluoriden.
- Biociden en hun derivaten, voor zover zij niet onder de bepalingen van lijst I vallen.

Lijst III (beige lijst)

Stoffen welke nadelige veranderingen in het water teweeg brengen en voor welke het noodzakelijk is, de ontwikkeling zeer oplettend te volgen en het gehalte langzamerhand te verminderen.

- Stoffen welke de zuurstofhuishouding beïnvloeden:

  Ammoniak, nitrieten.
- Nitraten.
- Stoffen, welke bij intensief gebruik in staat zijn de kwaliteit en het benutten van het water, waarin zij worden toegevoerd, ernstig in gevaar te brengen:

  Calcium- en magnesiumsulfaat, calcium- en magnesiumchloride, fosfaten.

De Deltawerken zijn oorzaak van tal van veranderingen in de natuurwaarden in het gebied der vroegere zeegaten; natuurwaarden die zijn ontstaan door een samenspel van menselijke activiteiten en spontane ontwikkelingen.

Het Aardbeieneiland, spontane ontwikkeling in een veranderend milieu

Menselijke ingrepen in de vorm van kustverdedigings- en landaanwinningswerkzaamheden beïnvloedden ook vroeger de aanwezige natuurwaarden. Men was zich daarvan nauwelijks bewust; men had in de strijd om het bestaan trouwens wel andere dingen aan het hoofd. Bovendien herstelde de natuur zich na kortere of langere tijd van elke ingreep, doordat de nieuwe situatie aanleiding gaf tot spontane ontwikkelingen waarbij de levende en levenloze natuur weer nieuwe, vergelijkbare natuurwaarden voortbrachten. De werken waren doorgaans kleinschalig en van niet meer dan lokale betekenis.

Door de Deltawerken is een deel van de estuaria thans reeds buiten invloed van het getij en het zeewater komen te liggen, waardoor oorspronkelijke natuurwaarden voor een deel verloren zijn gegaan. Tegelijkertijd echter ontstaat er op de droogvallende zandplaten en oeverlanden een geheel nieuwe situatie met vele mogelijkheden.

Hoewel het wegvallen van hoog gewaardeerde estuarine milieu's te betreuren valt, dient men zich te realiseren, dat tegelijkertijd ook nieuwe ontwikkelingsmogelijkheden ontstaan. De levensomstandigheden in het water en op het land veranderen, hetgeen veelal een verarming maar soms ook een verrijking kan inhouden. Of dit laatste het geval kan zijn hangt in sterke mate af van het te voeren beleid en de wijze van inrichten en beheren. Omdat er na het wegvallen van de getijbeweging en de invloed van het zeewater nieuwe mogelijkheden ontstaan gaat het keuze-element een belangrijker rol spelen; de nieuwe natuurwaarden zijn in belangrijke mate afhankelijk van de wijze waarop men de natuurlijke hulpbronnen benut. Geschiedt dit minder dan optimaal, dan moet men stellig achteruitgang van de natuurwaarden tegemoet zien.

Een optimaal beleid zal gedragen moeten worden door de volgende drie uitgangspunten:

Ten eerste: De landschapsvorming moet zo natuurlijk mogelijk zijn en aansluiten op de mogelijkheden.

Ten tweede: Men moet er naar streven zoveel mogelijk zelfregulerende systemen tot ontwikkeling te laten komen. En tenslotte:

Het landschap zal bruikbaar moeten zijn voor verschillende functies. Dit kan leiden tot functieverdeling. Hierbij moet men in de eerste plaats uitgaan van de mogelijkheden die het landschap biedt en daarbij de eisen en wensen uit de maatschappij zo goed mogelijk aanpassen.

Meer in het bijzonder houdt dit in, dat men na het wegvallen van de getijbeweging en de invloed van het zeewater gebruik maakt van de waardevolle milieu-variatie die men aantreft, deze behoudt en tot verdere ontwikkeling brengt. Men zal gebruik kunnen maken van de verschillende landschappelijke patronen en processen waaruit een zo natuurlijk mogelijk nieuw karakteristiek landschap kan ontstaan. Tevens zal men streven naar maximale diversiteit in abiotische en biotische zin door in principe gebruik te maken van de natuurlijke variatie in ruimte en tijd en de spontane ontwikkelingsmogelijkheden. Tenslotte zal men de mens invoegen naar draagkracht van het gebied.

De natuurwaarden die men aldus verkrijgt zullen dus in belangrijke mate afhankelijk zijn van de wijze waarop men de natuur en haar hulpbronnen gebruikt. Vandaar de algemene stelregel:

maak bij de inrichting en het beheer gebruik van de mogelijkheden van het terrein en de spontane ontwikkeling om te komen tot een nieuw hoog te waarderen milieu; langs deze weg is het onder andere mogelijk dat hetzelfde gebied een grotere diversiteit krijgt dan het voorheen onder getij-omstandigheden had. Maar wat moet men doen om de mogelijkheden van spontane ontwikkeling goed te benutten? Hoe en wanneer ontstaan de nieuwe natuurwaarden? Krijgt men wel hogere natuurwaarden als men iets doet of nalaat? Dit soort vragen vormen onderwerpen van studie van de afdeling Milieu-Onderzoek van de Deltadienst. In het kader van deze studies is in 1973 een onderzoek uitgevoerd naar de vegetatie van het Aardbeieneiland, een zandplaat waarop sinds de afsluiting van het Veerse Meer in 1961 een vrijwel spontane ontwikkeling heeft plaats gevonden.

Het Aardbeieneiland

Het Aardbeieneiland is ongeveer 4,7 ha groot. Het hoogste punt ligt op N.A.P. + 45 cm. De lengte-as van het eiland is 375 m lang en loopt in Noord-Zuid richting. De grootste breedte van het eiland bedraagt 150 m.
Het eiland wordt omgeven door een brede ondiepe vooroever. Er is geen oeververdediging aangebracht. Het meerwater rondom het eiland is brak, het chloridegehalte varieert van 10–15 $^{0}/_{00}$ Cl.
Het waterpeil ligt 's winters op N.A.P. – 70 cm en van april tot november ongeveer op N.A.P.
De bodem is zeer homogeen van samenstelling; hij bestaat uit voedselarm, kalkrijk zand met een zeer gering lutumgehalte. De aëratiegrens ligt op 80 cm. Op deze zandige bodem wordt thans een humuslaagje gevormd. Sinds de afsluiting in 1961 hebben op het eiland spontane ontwikkelingen plaatsgevonden. Er is zand verstoven en elders weer afgezet; het zoute zand is ontzilt; de bodem is gerijpt en de vegetatie heeft een bepaalde successie doorlopen. De algemene aanblik van het eiland wordt in 1973 bepaald door een wilgenstruweel van 4 tot 7 m hoog en een rietzoom langs grote delen van de oever. De zoetwatervegetatie kon ontstaan dank zij een zoetwaterbel die zich na de afsluiting ontwikkelde. De grens met het zoute water bevindt zich momenteel onder het eiland op 4 tot 5 m beneden N.A.P.
Het vermoeden bestaat dat de zoetwaterlens zich pas enige jaren na de afsluiting kon beginnen te ontwikkelen, aangezien de

Fig. 1. Situatie van het Aardbeieneiland in het Veerse Meer

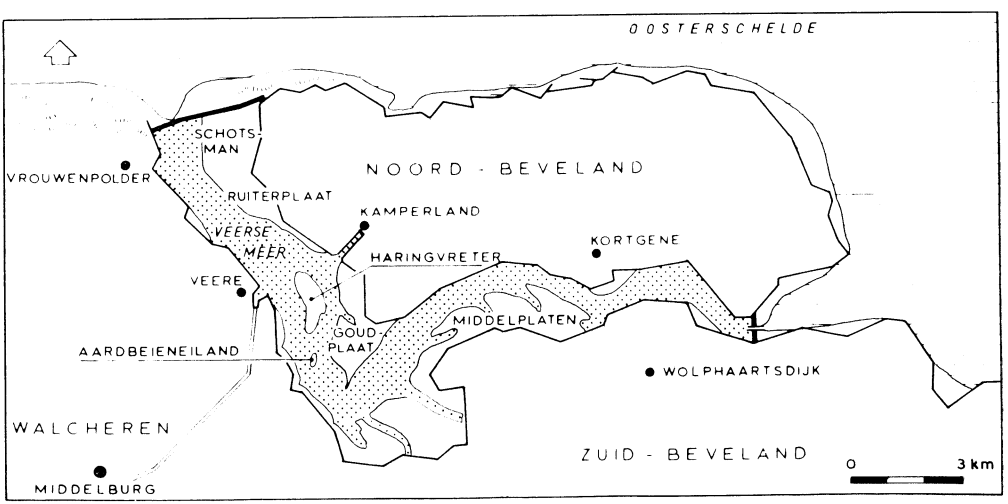
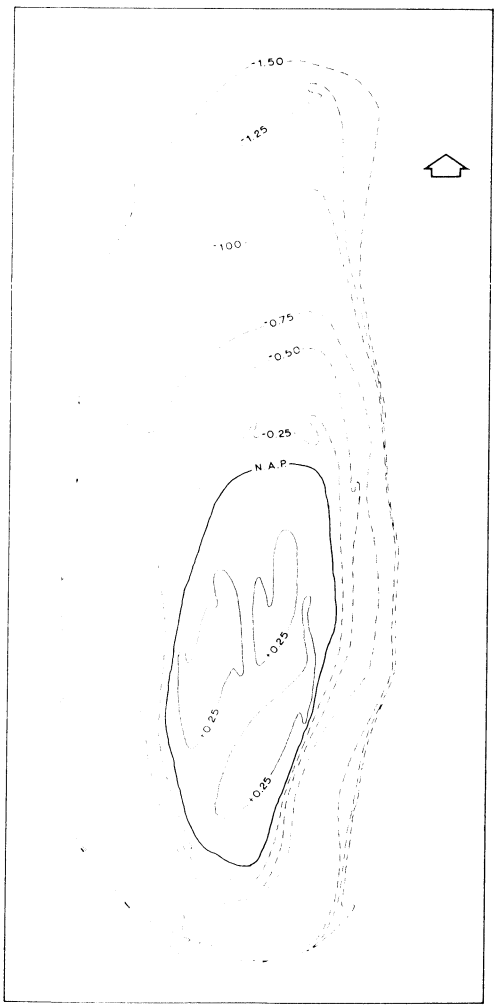


Fig. 2. Hoogtekaart van het Aardbeieneiland



ontzilting van dit soort lage platen aanvankelijk slechts zeer langzaam verloopt. De ontziltingssnelheid is natuurlijk vergroot, doordat na de afsluiting ieder jaar een winterpeil van N.A.P. – 70 cm wordt nagestreefd. Beziet men de vegetatie na 13 jaar ontwikkeling dan valt direct op, dat ondanks de ogenschijnlijke geringe milieu-variatie toch reeds duidelijke differentiatie in de vegetatie is opgetreden, die tot uitdrukking komt in grovere en fijnere vegetatiepatronen. De differentiatie in de vegetatie ontstaat door factoren van fysisch-chemische en biologische aard zoals brak meerwater, wind, minieme verschillen in zoutgehalte, vochthuishouding en bodemsamenstelling, en verder door factoren van plantaardige, dierlijke en menselijke oorsprong.

Voor de vegetatie geldt dat kleine verschillen in milieu grote gevolgen kunnen hebben. Hierna zullen enkele van de milieu-differentiërende factoren nader worden toegelicht. Door het wegvallen van het getij is de *invloed van het omringende water* op het eiland aanzienlijk verminderd. Hierdoor kon ontzilting optreden van het centrum uit naar de randen van het eiland. In de loop van de tijd vormde zich een zoetwaterlens onder het eiland; thans is die laag 4–5 m dik. Het ligt voor de hand dat de invloed van het zoute meerwater op de oevers van het eiland het grootst is. De ontziltingssnelheid verschilt van plaats tot plaats en daar zijn nu nog sporen van terug te vinden in de vegetatie. Door golfslag en stroming ontstonden langs de oevers plaatselijk steile randen. Hierop vestigde zich een specifieke vegetatie, die zich voor een belangrijk deel handhaaft. Het geërodeerde materiaal werd meestal op betrekkelijk korte afstand gedeponeerd, waardoor een lichtglooiende vooroever ontstond. Elders langs de oever en vooral op de noordelijke en zuidelijke koppen ontstonden lage 'oeverwalletjes' die een achterliggend deel van het eiland afsloten van het meer. Door overslaande golven en door spat- en stuifwater ontstonden hier drasse zilte delen, waarin zoutplanten nog een geschikt milieu vinden.

Het water voert ook diasporen aan. Dit zijn delen van planten die voor de voortplanting van de soort dienen, zoals zaden, wortelstokken, vruchten en takken. Doordat de kiemkracht van deze diasporen tijdens het transport in het brakke meerwater kan worden aangetast, gaat van deze wijze van transport een selecterende werking uit. Enkele soorten die via het water verspreid kunnen worden zijn Riet, Fioringras, Scherpe boterbloem, Watermunt en Rode ganzevoet.

Het brakke meerwater is mede de oorzaak van de afwezigheid van zaadplanten in de ondiepe vooroever; het werkt tevens sterk selecterend op het ontstaan en het al of niet instandblijven van een rietkraag rond het eiland.

De *wind* nivelleerde aanvankelijk de oppervlaktevormen van de plaat doordat een deel van de bovengrond verstoof.
Anderzijds zorgde de wind voor aanvoer van veel plantenzaden. De meeste samengesteldbloemigen, zoals Aster, Kruiskruidsoorten, Margriet, Distelsoorten en Koninginnekruid, maar ook Wilgeroosje, Basterdwederiksoorten en bomen zoals Wilgen, Populieren, Berken, Essen en orchideeën zijn door de wind naar het eiland overgebracht. De overheersende windrichting heeft voor een deel een afvlakkende invloed gehad op de hoogtegroei van de vegetatie. Soorten die in de wind-schaduw stonden konden, profiterend van de luwte, iets hoger opschieten en op hun beurt weer beschutting verlenen aan andere planten. De microklimaatverschillen die hierdoor ontstonden hebben de differentiatie belangrijk bevorderd.

Hoewel *bodemkundige verschillen* in textuur, structuur en samenstelling door het bodemkundig onderzoek dat in 1973 door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders is uitgevoerd niet zijn aangetoond, blijkt de vegetatie toch op kleine verschillen te reageren, die bijvoorbeeld zijn ontstaan door verschillen in stikstofgehalte van de bodem, ontstaan in afhankelijkheid van de aanwezigheid van organismen die vrije stikstof uit de lucht

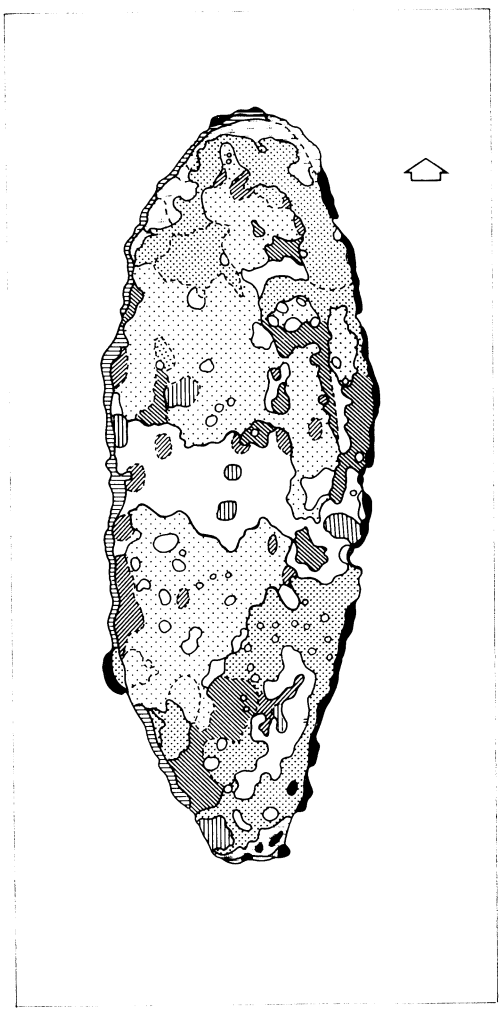


Fig. 3. Vegetatiekaart van het Aardbeieneiland

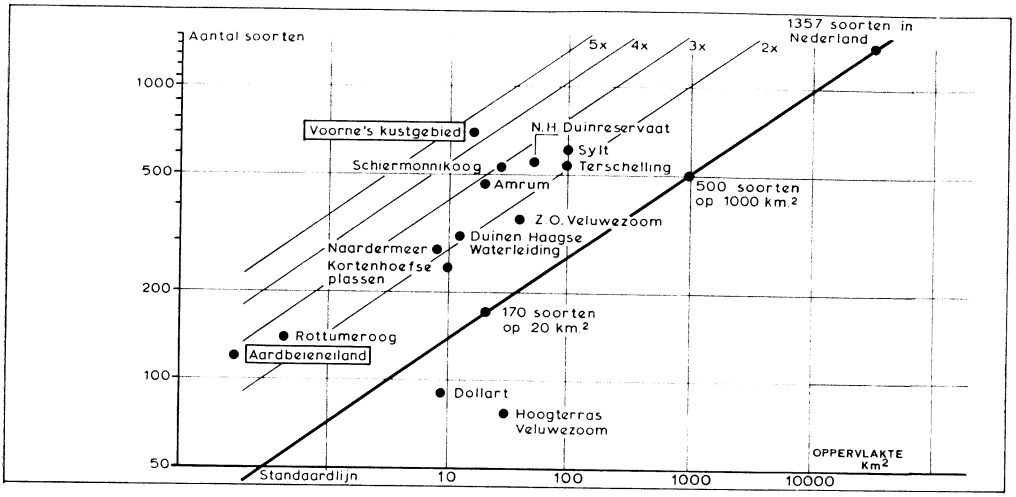


Fig. 4. De soortenrijkdom van verscheidene natuurgebieden vergeleken met de standaardlijn voor de soort-oppervlakterelatie in de Nederlandse flora (uit: 'Voorne in de branding', 1968)

kunnen binden of door verschillen in samenstelling van de humus. Daarnaast traden toch ook kleine verschillen op in zoutgehalte en vochthuishouding en in de mineralenrijkdom van de bodem. In het algemeen kan gesteld worden dat een voedselarm, doch kalkrijk milieu de uitgangssituatie vormde voor de nieuwe ontwikkelingen.
Aanspoelen van organisch materiaal of strooisel van gevestigde *planten* vormt een kiembed voor diverse soorten en werkt bovendien mee aan de bodemvorming door de vorming van humus.
Planten als Duindoorn kunnen atmosferische stikstof in wortelknolletjes binden. Deze stikstof komt bij afsterven van de wortelknolletjes geleidelijk in voor planten opneembare vorm vrij, zodat andere plantensoorten ervan kunnen profiteren.

De eerste pionierplanten geven buitendien beschutting aan soorten die zich in een later stadium vestigen. Naarmate de vegetatieontwikkeling verder gaat, zal concurrentie gaan optreden tussen planten of groepen planten. Diep wortelende planten zoals Duinriet kunnen zich tijdens een periode van relatieve droogte handhaven en zelfs uitbreiden ten koste van meer vochtminnende soorten als Riet. Houtige gewassen zijn op hun beurt weer in staat Duinriet te verdringen doordat ze een belangrijk deel van het licht wegvangen.
Na het ontstaan van struwelen en bossen kunnen sommige plantensoorten zich vestigen, die als typische bosplanten hun korte levenscyclus in het voorjaar voltooien, voordat de schaduw te groot is geworden.

Een niet onbelangrijk deel van de aanwezige flora is aangevoerd of verspreid door *dieren.* Vooral vogels dragen plantendelen aan, hethij met hun veren of poten hetzij via hun uitwerpselen en kunnen zo één of meer voor een bepaald gebied nieuwe soorten introduceren. Vruchtdragende soorten als Aardbei, Meidoorn, Duindoorn en Bramen zijn zelfs grotendeels op deze verspreidingsvorm aangewezen. In mindere mate geldt dit ook voor Brunel, Strandzoutgras en Zeebies. Het aandeel van andere diergroepen bij de verspreiding van diasporen is aanzienlijk geringer dan dat van vogels. Plaatselijk kan door concentratie van uitwerpselen, bijv. op een slaapplaats van duiven of spreeuwen, een stikstofminnende vegetatie opschieten. Van hun kant profiteren vogels en andere dieren ook van de nieuwe situatie, die voedsel, rust- en nestelgelegenheid biedt (zie ook tabel I).

De invloed van de *mens* op het Aardbeieneiland is relatief gering en zeker niet bepalend voor de ontwikkeling en hoedanigheid van de vegetatie. Door zijn minder gemakkelijke bereikbaarheid wordt het eiland weinig bezocht. De aanwezigheid van de mens blijkt voornamelijk in betreding, waardoor het overgrote deel van de smalle, kronkelende paadjes is gevormd en waardoor er een betredingsgradiënt optreedt, die waardevol kan zijn omdat ze mede differentiërend kan werken op de vegetatie.
De aanwezigheid van de mens uit zich ook op minder gewenste manieren, door het deponeren van faecaliën, plastic zakken en andere ongerechtigheden, door vernielingen en het stoken van kampvuurtjes. De grootste concentratie van deze menselijke activiteiten op het eiland is te vinden in de nabijheid van enige plaatsen waar veelvuldig wordt aangelegd.
Een eveneens opvallend verschijnsel is de aanwezigheid van sommige tuinplanten, zoals Maskerbloem, Brandende liefde en Tuinmargriet, waarvan vermoed wordt dat de mens ze al dan niet met opzet heeft aangevoerd. Het veelvuldig voorkomen van de Tuinaardbei waaraan het eiland zijn naam ontleent, is echter naar alle waarschijnlijkheid niet aan de mens, maar aan vogels te danken.

Flora en vegetatie

In 1973 zijn op het Aardbeieneiland 126 soorten zaadplanten aangetroffen. Voor de oppervlakte van het eiland – 4,7 ha – is dit een niet gering aantal. Hieronder zijn 21 soorten houtige gewassen begrepen, waaronder de 10 wilgensoorten, die aspectbepalend voor het eiland zijn. Behalve de wilgensoorten telde men onder de houtige gewassen nog Duindoorn, Meidoorn, Liguster, Es, Gelderse roos, Ruwe berk, drie soorten Populieren en enkele bramensoorten. De mossen zijn niet in de studie betrokken geweest. In de huidige vegetatie zijn op grond van in het veld duidelijk waarneembare verschillen enkele vegetatiegroepen onderscheiden: groepen van rietvegetaties, lage zilte oevervegetaties, lage grasachtige vegetaties en vegetaties met struwelen.
Langs de oostelijke oever worden begroeiingen aangetroffen die vooral gevormd worden door een 1 tot 1½ m brede rietkraag die z'n uitlopers tot in het brakke meerwater heeft. Het Riet profiteert hier van de zoetwaterbel die in de loop der jaren onder het eiland is gevormd. Langs de west-, noord- en zuidoever ontbreekt het Riet nagenoeg geheel. Hier is een lage zilte oevervegetatie aanwezig, mede ontstaan dank zij het spat- en stuifwater van het Veerse Meer. Ze bestaat voornamelijk uit een dichte mat van zouttolerante grassen, zoals Rood zwenkgras, Fioringras en Kwelder-grassoorten, waartussen zoutplanten als Zilte rus, Zeeaster, Strandzoutgras, Melkkruid en Schijnspurriesoorten groeien. Aansluitend op deze vegetatiegroep vindt men in het noorden en zuiden van het eiland enkele drassige rietlanden met een ondergroei van zout- of zouttolerante planten. Ze zijn ontstaan onder invloed van stagnerend brak water dat over een oeverwal is geslagen en niet weggezegen. Tussen het hier aanwezige Riet groeit veel Zilte rus en verder Zeeaster, Melkkruid, Hertshoornweegbree, Zeebies, Strandzoutgras en diverse grassen als Veldbeemgras, Rood zwenkgras, Fioringras, Kruipend struisgras en Rietzwenkgras. De zoutinvloed neemt er geleidelijk af. Hierdoor verschijnen in de ondergroei tussen het Riet meer brakwater- en zoetwaterplanten als Waterpunge, Selderij, Kattestaart, Heelblaadjes, Koninginnekruid en Harig Wilgeroosje.
Op twee plaatsen, te weten aan de zuidwestoever en aan de oostelijke oever, komen volgroeide Duindoornhorsten voor tot aan de waterkant. Het wortelstelsel biedt goed weerstand tegen oeverafslag. Beide horsten vertonen in het centrum tekenen van natuurlijke afsterving. Van de vrijkomende voedingsstoffen, waaronder gebonden stikstof, profiteren in dit beschutte milieu diverse plantensoorten als Brandnetel en Harig wilgeroosje, maar ook bomen, zoals Schietwilg, Grauwe wilg, Waterwilg, Populier en Berk. Ditzelfde verschijnsel van afsterving wordt bij de meer landinwaarts groeiende Duindoorngroepen

Tabel I. Overzicht van de aantallen paren broedvogels die op 21 mei 1973 op het Aarbeieneiland werden aangetroffen.

Fitis	5	Meerkoet	1
Spotvogel	2	Rietgors	2
Tuinfluiter	2	Houtduif	1
Waterhoen	1	Grasmus	2
Kleine karakiet	2	Merel	2
Ekster	1	27 juni aanvulling:	
Knobbelzwaan	1	Fazant	een wijfje
Koekoek	1		met pullen
Wilde eend	12	Bosrietzanger	1

waargenomen. De Duindoorn blijkt de concurrentie tegen de hogere bomen vrij snel te kunnen verliezen en in vitaliteit achteruit te gaan. Slechts aan de randen van de hogere struwelen kan hij zich handhaven. De grassenvegetaties die aansluiten op de oever- en rietlanden zijn, gezien het aandeel van de nog aanwezige riethalmen in deze vegetatietypen zeer waarschijnlijk ontstaan uit een rietvegetatie. In de lage graslanden is Duinriet veelal aspectbepalend, maar een groot aantal andere grassen zoals Ruw beemdgras, Smalbladig beemdgras en Witbol en ook kruiden zoals Fraai duizendguldenkruid, Klein hoefblad, Zilverschoon, Aardbei en andere geven een gevarieerde en mozaïekachtige begroeiing. Ook in de huidige riet- en lage grasachtige vegetaties hebben zich enkele houtige gewassen gevestigd. Tussen het Riet zijn dit meestal Schietwilg, Grauwe wilg, Waterwilg en Kruipwilg, in de lage grasachtige vegetaties is ook Meidoorn, Wilde liguster, Hondsroos en Braam aangetroffen.

Een groot deel van het centrum van het Aardbeieneiland wordt ingenomen door wilgenstruwelen. Men kan ze globaal verdelen in twee stadia: een relatief hoog, gesloten struweel in het centrum en een relatief laag, open struweel ten noorden en ten zuiden ervan. Deze struwelen bestaan naast enkele berken en populieren uit een groot aantal wilgen.

Door concurrentie ten aanzien van water en voedingsstoffen, maar vooral van licht is de ondergroei minder soortenrijk en wat ijler dan in de gras/kruidenvegetaties. Op de vele open plekken in het bosgedeelte is de flora van de kruidlaag echter weinig afwijkend van wat elders werd aangetroffen. In het struweel beginnen zich de eerste 'bosplanten' te vestigen, zoals het Bosvergeet-me-nietje. In de mantel van het struweel wordt vaak Kruipwilg aangetroffen. Kruipwilg kan zich op deze standplaats handhaven omdat er nog genoeg licht is.

Successie

Gegevens over de eerste stadia van de ontwikkeling der levensgemeenschappen op het Aardbeieneiland ontbreken helaas. Waarnemingen op andere zandplaten in het Veerse meer maken het waarschijnlijk dat zich in eerste instantie zoutminnende planten vestigden. Aanvankelijk voornamelijk Zeekraal, later gevolgd door Schorrekruid, Spiesmelde, Strandmelde en Valse voszegge, die zich



Overzicht van de zuidoostelijke oever van het Aardbeieneiland met Rietkraag, aanlegplaats, Duindoornhorst en Wilgenstruwelen

Pad langs de westoever van het eiland, tussen een Kruipwilgenstruweel en een Rietvegetatie op de voorgrond, en door een lage, zilte oevervegetatie op de achtergrond

vestigden op plaatsen waar door mineralisatie stikstof vrijkwam, zoals in veekranden. Al spoedig zal zich op de hogere delen Riet hebben gevestigd. Naarmate de ontzilting vorderde breidde het Riet zich uit naar de randen van het eiland, waar het nu nog optimaal voorkomt. Naast de zilte rietlanden langs de oevers heeft zich een rietvegetatie ontwikkeld, waar het aandeel van de zoutminnende planten met uitzondering van Zilte rus, dat er overvloedig voorkomt, nog maar zeer gering is en waar hetzij een begroeiing met uitsluitend Riet, of een type uit het Rietverbond is ontstaan. De plaats van het Riet in het centrum werd langzamerhand voor een deel ingenomen door grassen. Duinriet speelde op de drogere delen een overheersende rol; andere grassen als Veldbeemgras, kregen hun kans bij iets andere milieufactoren, waarbij verschillen in de waterhuishouding en het zoutgehalte een belangrijke rol speelden.



De zoutplanten, die het bij de toenemende ontzilting van het eiland niet meer tegen de 'zoetwater'-planten kunnen volhouden, worden geleidelijk naar de randen verdrongen, waar door de grotere invloed van het meerwater nu nog een voor hen geschikt milieu aanwezig is. Sommige soorten blijken zich echter opvallend lang te kunnen handhaven op standplaatsen die voor een vestiging van de soort reeds langs niet meer geschikt lijken. Zilte rus bijvoorbeeld is nog op vele plaatsen landinwaarts aan te treffen, maar ook Melkkruid en veldjes Slanke waterbies komen nog voor op geheel ontzilte delen.
De grassen- en kruidenvegetaties hebben bijgedragen tot de bodemvorming, waardoor een beter milieu ontstond voor de vestiging van houtachtige gewassen. Alleen uitgesproken pioniersoorten als Kruipwilg, die weinig eisen stelt aan de bodem, en Duindoorn, die een sterk doorlatende, kalkrijke zandbodem prefereert, kunnen al in een zeer vroeg stadium aanwezig zijn geweest. Beide soorten vormden een humuslaag en bacteriën in de Duindoorn-wortelknolletjes legden bovendien atmosferische stikstof vast. Hierdoor werd voor bijvoorbeeld Waterwilg en Katwilg een geschikte vestigingsplaats gevormd. Deze soorten vormen als struiken de eerste hogere begroeiing. Schietwilg is een late pioniersoort die, bij ongestoorde ontwikkeling, zoals op het Aardbeieneiland, de eerste soort is met een boomvorm. Naarmate het boskarakter van de struwelen vordert, zullen ook voor andere, meereisende houtige gewassen de vestigingskansen toenemen. De eerste voorbeelden hiervan zijn de vestiging van Zwarte populier en Es, die reeds in kleine aantallen op het eiland aanwezig zijn.
Hoe de toekomstige ontwikkeling van de vegetatie op het Aardbeieneiland zal verlopen is van vele factoren afhankelijk. Als aangenomen wordt dat de milieuomstandigheden niet wezenlijk veranderen, dan zal de floristische samenstelling van de vegetatie grotendeels afhangen van de verspreidingsmogelijkheden van plantensoorten in de omgeving. Voor planten die door de wind verspreid worden, zoals diverse samengesteldbloemigen en orchideeën, is de vestigingskans groter dan voor planten die op andere verspreidingsmogelijkheden zijn aangewezen. Over het verdere verloop van de successie kan men slechts gissen, omdat er te veel onbekende

factoren zijn. Zo is de huidige bosvegetatie van het Aardbeieneiland nog niet ontwikkeld tot een type dat duidelijk onder te brengen is in een bestaand classificatiesysteem. Voorts wijken de milieufactoren vrij sterk af van die welke elders in Nederland worden aangetroffen. Ook de onzekere toekomstige ontwikkeling van het Veerse meer bemoeilijkt een prognose. Welk gevolg zou het bijvoorbeeld hebben als men het meer ook in de winter op een peil van N.A.P. zou houden, of als men het liet verzoeten? Met het nodige voorbehoud echter zou men zich de successievolgorde zo kunnen denken:
Uit een Wilgenverbond, een pionier-bosvegetatie met voornamelijk Wilgen- en Populierensoorten kan bij rijping een gezelschap uit het Elzen-Vogelkers-verbond ontstaan, een bostype met veel vochtminnende soorten. De



Graslandje met Kruipwilgenopslag aan de rand van relatief hoog wilgenstruweel

boomlaag wordt dan gevormd door Wilgen, Populieren, Essen, soms ook Iepen of Esdoorns en – afhankelijk van aanvoer van zaden – uit Eiken. De kruidlaag is zeer goed ontwikkeld en kan veel soorten tellen. De randen van deze bossen kunnen gevormd worden door mantelgemeenschappen uit het onderverbond met Vlier en Berberis of uit het Sleedoorn-Bramenverbond, struwelen van Meidoorn, Sleedoorn en of Duindoorn, rozen- en bramensoorten met een diverse ondergroei. Na verloop van vele decennia kan, na uitloging van de aanwezige kalkvoorraad als eindstadium van de successie een eikenbostype uit het verbond van Zomer- en Wintereik ontstaan. Dit type komt voor op zuurdere, maar niet extreem voedselarme vochtige zandgronden.
Er kan niet voldoende op worden gewezen dat bovengeschetste ontwikkeling slechts één van de mogelijkheden is. Vele, deels bekende, deels onbekende factoren kunnen de ontwikkeling in een bepaalde richting remmen of zelfs terugvoeren. Ook zijn onverwachte ontwikkelingen door nieuwe milieusituaties mogelijk. Ook moet er rekening mee worden gehouden, dat het kleine oppervlak van het eiland en de betrekkelijk geringe waterberging de successie zouden kunnen bepalen.
De verwachting leeft, dat in de komende tijd het soortenaantal nog zal toenemen. Vervolgens zal er enige teruggang in het soortenaantal kunnen optreden, waarna verdere vergroting van de soortenrijkdom slechts zeer langzaam zal verlopen.
De geïsoleerde ligging van het Aardbeieneiland beperkt de spontane vestiging van bepaalde fauna-elementen.
Slechts soorten die drijvend, zwemmend of vliegend het eiland bereikten en er een gunstig biotoop vonden, hebben zich gevestigd.
In 1973 werd tijdens de broedtijd een broedvogelinventarisatie verricht (zie tabel I).
Behalve als broedgebied fungeert het eiland ook als slaap-, rust- en foerageergebied voor verschillende vogels, waaronder Velduilen.
Door zijn isolement is het eiland arm aan zoogdieren. Met zekerheid zijn waargenomen de Bruine rat en de Noordse woelmuis. Voor de laatstgenoemde soort is het isolement ten opzichte van het vasteland van grote betekennis. Het Aardbeieneiland is voor deze soort nog een van de laatst overgebleven biotopen in Nederland.

Evaluatie

Het vrijwel ongestoord ontwikkelde oecosysteem van het Aardbeieneiland moet om verschillende redenen hoog worden gewaardeerd. De hoge mate van natuurlijkheid van de levensgemeenschappen is voor Nederland zeldzaam. De diversiteit in typen en soorten is, gezien de grootte van het gebied en het successiestadium, relatief hoog. In de soortenlijst van de hogere planten zijn twee hooggewaardeerde soorten aangetroffen, 41 soorten zijn vrij algemeen en 78 zijn in Nederland veel voorkomende soorten. Wel moet worden aangetekend dat de soortenlijst slechts een momentopname is en dat enkele soorten in de loop der tijd zullen verdwijnen; andere zullen zich evenwel vestigen of uitbreiden.
De waarde van de avifauna is moeilijk te taxeren. De meeste soorten komen in Nederland talrijk tot zeer talrijk voor, maar de samenstelling van de avifauna weerspiegelt de veelheid van biotopen op het kleine eiland. Zo zijn Fitis, Tuinfluiter, Spotvogel, Grasmus, Houtduif en Merel broedvogels van struikvegetaties, bossen en bosranden, Kleine karekiet, Rietgors en de Bosrietzanger broedvogels van rietvegetaties. Waterhoen, Knobbelzwaan, Wilde eend en Meerkoet vestigen zich in andere typen oevervegetaties.
Het voorkomen van de Noordse woelmuis is van natuurwetenschappelijk belang.
Over de waarde van andere fauna-elementen is bij gebrek aan gegevens geen uitspraak te doen.
De reeds eerder vermelde natuurlijkheid houdt onder meer in, dat het systeem geheel zelfstandig functioneert en zichzelf reguleert; met andere woorden: noch voor inrichtings- en onderhoudswerkzaamheden noch voor ziektebestrijding is enig menselijk handelen vereist.

In Bericht 62 (november 1972) werd een overzicht gegeven van de maatregelen die na de afsluiting van een zee-arm dienen te worden genomen om de erin en erlangs gelegen oeverpartijen optimaal geschikt te houden voor natuurbescherming en/of recreatie. In dit Bericht wordt thans een gedetailleerde beschrijving gegeven van het rijk geschakeerde patroon van oevertypen dat men in het Grevelingenmeer kan waarnemen.

Oevertypen in het Grevelingenmeer

De oevers vormen in het landschap van de Grevelingen een dynamische zone, omdat de uit het getijdesysteem overgeërfde vormen en patronen niet in evenwicht verkeren met de thans werkzame krachten van wind en golven. Als gevolg daarvan treedt in de huidige oeverzone materiaalverplaatsing op en ontstaan er langs de oevers in het Grevelingenmeer afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden voortdurend nieuwe patronen en vormen zowel door erosie als door accumulatie. De factoren die bij deze processen een rol spelen zijn zeer divers en complex: niet alleen expositie en vorm, bodemsamenstelling, breedte en helling van de vooroevers behoren er toe, maar ook de hoogte en helling van de droge oever, de windrichting en windkracht, de aard en het gedrag van de golven. Over de mate waarin ze werkzaam zijn in de verschillende processen weten we onvoldoende, evenals over het verloop van deze processen in de tijd. Wanneer zich een nieuw evenwicht tussen patroon en proces zal instellen, en hoe dat er uit zal zien, kunnen we derhalve niet voorspellen.

Als resultante van de genoemde processen manifesteren zich nu, enkele jaren na de afsluiting, een groot aantal patronen en vormen, die vooral in kwantitatieve zin vaak zeer veranderlijk zijn. In het onderstaande overzicht gaat het er vooral om een beschrijving te geven van de aard en het voorkomen van de verschillende oevertypen. De ontstaanswijze van de oevers komt niet of slechts in beperkte mate aan de orde. De oevers worden in drie groepen ingedeeld, namelijk natuurlijke, half-kunstmatige en kunstmatige.

De *natuurlijke oevers* hebben zich zowel voor als na de afsluiting spontaan ontwikkeld, buiten direct menselijk ingrijpen om.
Bij de behandeling van deze oevers dient een onderscheid gemaakt te worden in vormen die bepaald worden door het verloop van de oeverlijn en vormen die vooral herkenbaar zijn in dwarsprofiel. De eerstgenoemde groep kan opnieuw worden onderscheiden in algemene vormen en detailvormen. Algemene vormen worden vooral bepaald door het verloop van de oeverlijn, zoals die op de meeste kaarten van het Grevelingenmeer te zien is. Deze oeverlijn is de resultante van de geomorfologie van het overgeërfde getijdesysteem en de huidige gemiddelde waterstand van N.A.P. – 20 cm. Over het algemeen heeft hij een min of meer recht verloop.
Twee gebieden maken hierop een uitzondering, namelijk het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee en de Slikken van Bommenede. In deze gebieden zijn onder het getijde-regiem diepe geulen ontstaan, die nu gedeeltelijk blijvend onder water liggen; zij vormen vrij diepe inhammen in de oeverlijn. Afbeelding 1 geeft een beeld van dergelijke diepe inhammen.
Na de afsluiting zijn binnen het algemene oeververloop door plaatselijke verschillen in onder meer expositie, bodemsamenstelling, helling en hoogteligging verschillende detailvormen ontstaan, onder inwerking van golven en wind.

Een regelmatig golvend verloop van de oeverlijn komt onder andere voor langs de flauw hellende oevers aan de noordwestzijde van de Veermansplaat en langs het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee. De vorm dankt

zijn ontstaan aan minimale hoogteverschillen die zijn overgebleven na de erosie van oude zandribbels die in het voormalig getijdesysteem waren gevormd.
Een onregelmatig getande oeverlijn, zoals te zien op afbeelding 2, komt voor aan de noordkant van de Veermansplaat en aan de zuidwestpunt van de Hompelvoet. Hier wisselen afbraak en opbouw elkaar af. We zien een onregelmatig verlopende oeverlijn met inhammen en een klein steil randje. Hiervóór is een strandrug gevormd, die sommige inhammen geheel of gedeeltelijk afsluit. Ook de strandruggen eroderen, hetgeen blijkt uit de afslagrandjes, die afhankelijk van de waterhoogte op verschillende niveau's voorkomen. Op sommige plaatsen heeft zich op de oppervlakte van de droge oever een enigszins hard algenlaagje gevormd, dat

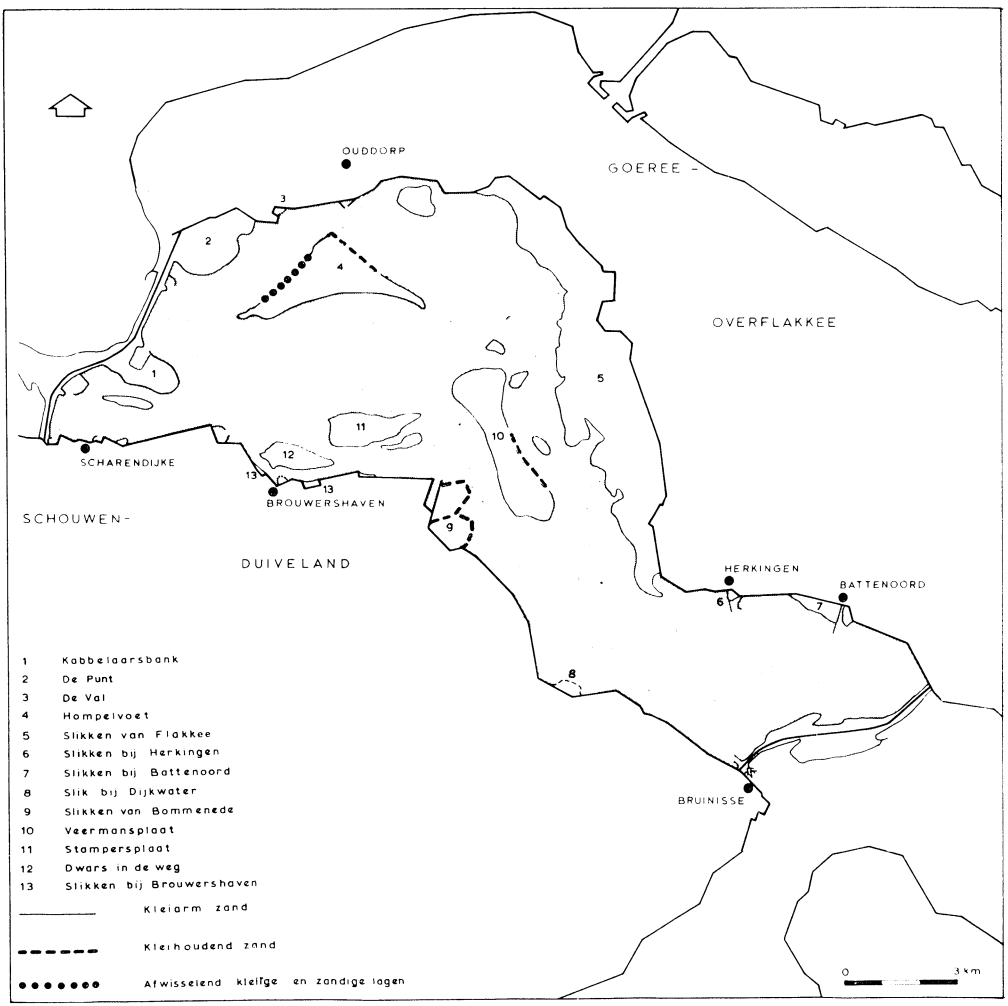
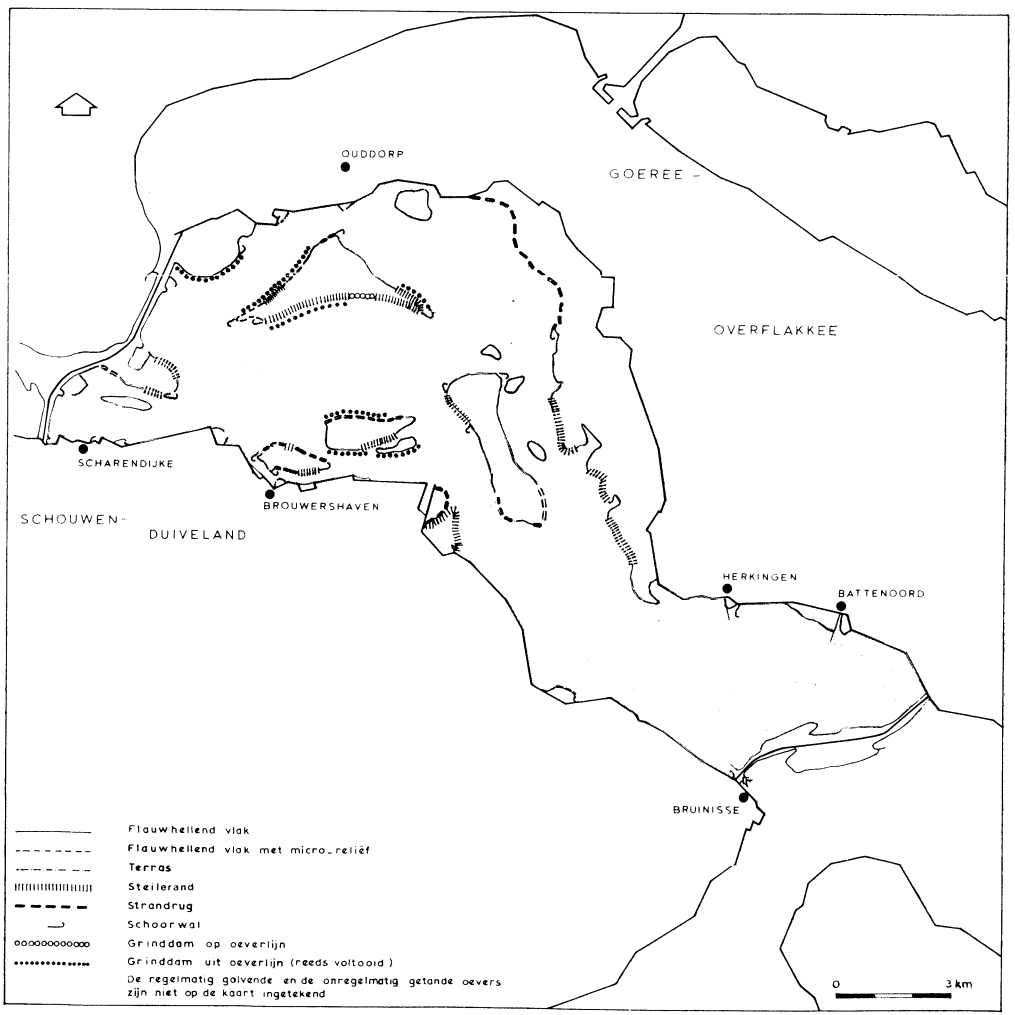


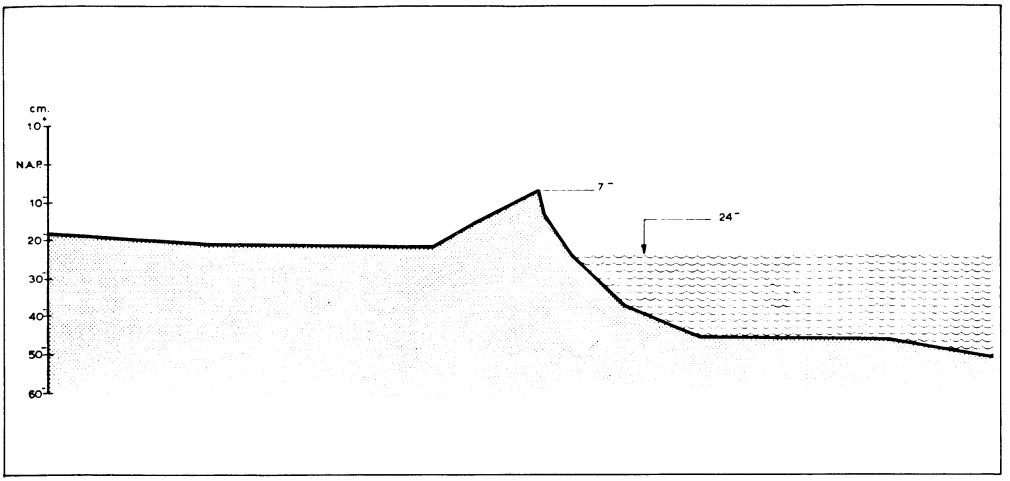
Fig. 1. Topografische kaart van het Grevelingenmeer, met indicaties van de grondsoorten in de oeverstroken

slecht doorlatend is, waardoor het hemelwater niet in de zandige bodem wegzakt maar oppervlakkig afstroomt. Is langs de oeverlijn een geultje gevormd dan verlengt zich dat door terugschrijdende erosie snel landinwaarts, en ontstaan er brede inhammen (zie afbeelding 3). Het steile randje wordt gevormd door de beschermende werking van de harde korst. Op afbeelding 5 is te zien hoe zich vóór de inhammen weer een strandrug met een haf heeft gevormd.
Door schuin oplopende golven kan materiaal dat elders door erosie is losgekomen gedeeltelijk langs de oever worden getransporteerd. Achter een kaap zal het materiaal zich in de luwte afzetten en uitgroeien tot een landtong, schoorwal of 'spit' genaamd.
Zoals op fig. 2 is te zien komen schoorwallen op vele plaatsen voor. Vaak zijn ze vrij

Fig. 3. Dwarsdoorsnede van een strandrug op de Slikken van Bommenede

Fig. 2. Oeverkaart van het Grevelingenmeer





1



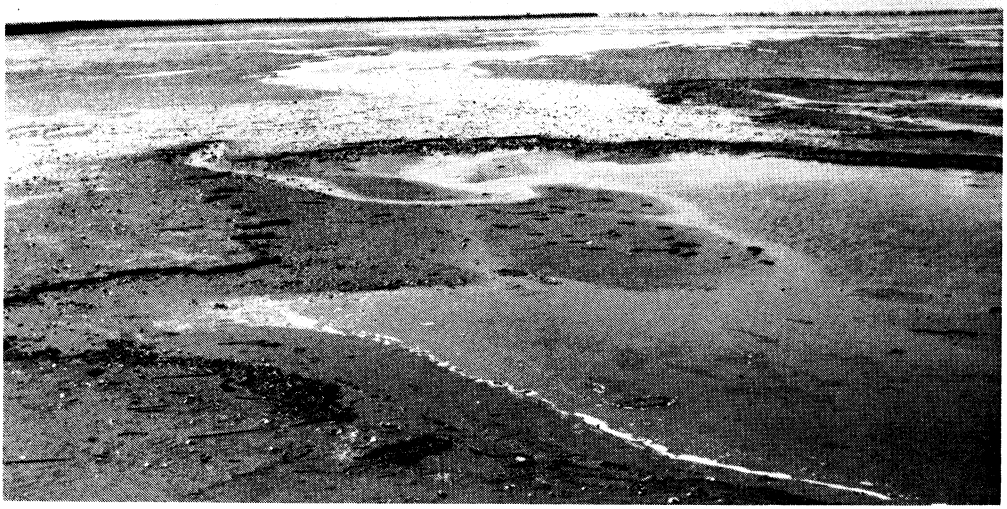
2

Afb. 1. Diepe inhammen in de oever als gevolg van verdronken geulen op het voormalig slik

Afb. 2. Hompelvoet. Een onregelmatig getande oeverlijn met inhammen, steile randjes, strandruggen en haffen

klein, doch op enkele plaatsen komen ook grote en complexe schoorwallen voor, zoals aan de zuidwestzijde van de Veermansplaat (zie afbeelding 4). Het uiteinde van de schoorwal is vaak gebogen in de richting van het land. Bij het aangroeien van de schoorwal kunnen zich verschillende van deze bogen ontwikkelen, zoals op de foto duidelijk is te zien. Soms groeit de boog vast aan het land en ontstaat er een haf.
Aan de zuidoostpunt van de Hompelvoet hebben zich vanuit twee richtingen schoorwallen ontwikkeld, zowel vanaf de noordzijde als vanaf de zuidzijde. Eenmaal samengegroeid vormen zij een complex van schoorwallen en haffen. Het materiaal waaruit de schoorwallen is opgebouwd bestaat meestal uit een mengsel van zand en overwegend schelpen.

3



4



5



Afb. 3. Veermansplaat. Terugschrijdende erosie door oppervlakkige afstroming over een steil randje

Afb. 4. Veermansplaat. Een schoorwal met verschillende strandhaken. Tussen de schoorwal en het vasteland is een haf gevormd

Afb. 5. Hompelvoet. Een strandrug wordt aangetast. Op verschillende niveau's hebben zich kleine afslagrandjes gevormd

Afb. 6. Hompelvoet. Bij erosie vrijgekomen schelpen liggen als een wit lint langs de oeverlijn

Afb. 7. Stampersplaat. Een begroeide steile rand. De erosie vindt plaats in repen parallel aan de inzaairichting

6



7



In het Grevelingenmeer vinden we drie belangrijke *oevertypen 'in dwarsprofiel':* flauw hellende vlakke oevers, strandruggen en steile randen.

Flauw hellende vlakke oevers zijn de minst gecompliceerde die worden aangetroffen, in die zin dat zij sedert de afsluiting niet of nauwelijks zijn veranderd. Dit oevertype komt voor op het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee, de noordoostzijde van de Hompelvoet en de zuidwest- en noordoostzijde van de Veermansplaat. Op sommige van deze flauw hellende oevers vinden we in een zone van enkele tientallen meters rond de oeverlijn een micro-reliëf bestaande uit een groot aantal kleine bultjes, die waarschijnlijk door bodemdieren worden opgebouwd. Afbeelding 1 toont een flauw hellende vlakke oever.

Onder bepaalde omstandigheden kan zich onder invloed van vlakke golven op een flauw hellende oever een strandrug ontwikkelen in de oploopzone van de golven. In de laagte achter de rug vormt zich vaak een zone van water dat af en toe over de strandrug heenkomt. Onder gewijzigde golfomstandigheden kan de strandrug weer worden aangetast. Gaat dit gepaard met een dalend meerpeil ter plaatse dan kunnen zich in de strandrug verschillende niveau's met een afslagrandje ontwikkelen, zoals op afbeelding 5 is te zien. De strandruggen kunnen zijn opgebouwd uit zand of uit schelpen, of ook uit een mengsel van deze twee.

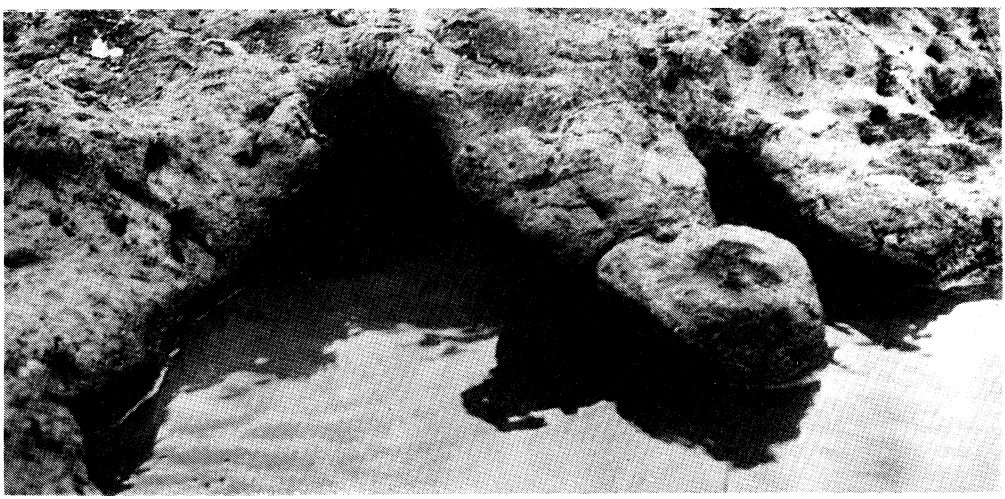
Strandruggen komen onder andere voor langs de voormalige slikken tegen de kust van Schouwen-Duiveland en aan de noordzijde van de Dwars in de Weg en de Stampersplaat.

Een ander veel voorkomend oevertype is de steile rand, een door afslag ontstaan klifje. Steile randen worden aangetroffen zowel langs de zuidzijde van de Hompelvoet, de Dwars in de Weg en de Stampersplaat, alsook langs de Slikken van Bommenede en de Slikken van Flakkee. Zij ontstaan doorgaans daar waar een brede ondiepe vooroever ontbreekt en de droge oever relatief hoog ligt. Afbeelding 6 toont een steile rand. Aan de onderkant ervan is een brandingsnisje gevormd. Wordt dat te diep, dan zakt een deel van de oever weg. Het erosiemateriaal dat dan vrijkomt wordt deels naar dieper water afgevoerd waar het bijdraagt tot verbreding van de ondiepe vooroever en deels langs de oever getransporteerd, zodat het elders weer kan accumuleren en aldus kan bijdragen tot de vorming van bijvoorbeeld een schoorwal.

Afb. 8. Hompelvoet. Een steile rand waarvoor zich een strandrug heeft ontwikkeld



Bevat de geërodeerde bodem veel schelpen dan kan in de loop van de tijd een accumulatie ontstaan van schelpen langs de oever. Schelpen hebben door hun grote mobiliteit in het algemeen een groot aandeel in de processen langs de oevers. Afbeelding 7 toont een steile rand aan de zuidzijde van de Stampersplaat. Men ziet een ingezaaide begroeiing van granen en grassen tot aan de oeverlijn. Blijkbaar is deze begroeiing met zijn ondiepe beworteling niet in staat de erosie te stoppen. Duidelijk is te zien hoe de afslag plaatsvindt in repen evenwijdig aan de inzaairichting. Strandruggen en steile randen komen soms tegelijkertijd voor (afbeelding 8). Een minder vaak voorkomend oevertype is het terras. Terrassen vindt men op een stukje voormalig slik bij Ouddorp, de Val, en op enkele gebiedjes bij Brouwershaven. Ook langs een deel van de noordwestzijde van de Hompelvoet wordt dit oevertype aangetroffen. Het wordt gekenmerkt door het voorkomen van vlakken op verschillende niveau's, door een laag steil randje van elkaar gescheiden. Deze terrassen zijn te danken aan de aanwezigheid van kleiige laagjes in een zandige bodem, die een grotere weerstand bieden tegen erosie.
Zoals op afbeelding 9 duidelijk is te zien vertonen de kleilagen ook in detail erosievormen die men in een zandige bodem niet zal aantreffen. De doorlatendheid van klei is veel geringer dan van zand. Het overspoelingswater stroomt daardoor oppervlakkig af en doet hier een glad, bobbelig oppervlak ontstaan. Tevens kunnen, zoals op de foto is te zien diepe nissen ontstaan die door de grotere stevigheid van de klei niet inzakken.



Afb. 9. De Val bij Ouddorp. Detail van een kleiige oever

Sommige van de oevers waar een sterke afslag voorkomt zijn kunstmatig beschermd. Zij kunnen daarom *half-kunstmatig* worden genoemd. De meest voorkomende vorm van oeverbescherming is een onderwatergrinddam die op enige afstand evenwijdig aan de oeverlijn wordt aangelegd op een diepte van N.A.P. – ± 1 m. De kruin van zo'n grinddam ligt ongeveer gelijk met het gemiddelde waterpeil van N.A.P. – 20 cm. De golven breken op de grinddam en verliezen daardoor het grootste deel van hun energie, zodat de erosie van de oever óf geheel tot stilstand komt, óf sterk wordt verminderd. Op enkele plaatsen, bijvoorbeeld aan de zuidkant van de Hompelvoet, is vanwege een zeer sterke erosie en vooruitlopend op de aanleg van de onderwatergrinddam, een grinddam aangelegd op de oeverlijn. De kruin van deze dam



Afb. 10. Hompelvoet. Oeververdediging bestaande uit een grinddam op de oeverlijn

ligt ongeveer 50 cm boven de omgeving (afbeelding 10).

Vrijwel geheel *kunstmatig* tenslotte zijn die oevers die worden gevormd door de oude dijken en de afsluitdammen. Zowel het verloop als de vorm van deze oevers als de samenstelling van de 'bodem' ervan, zijn bepaald door de mens. De bodem bestaat uit verschillende soorten natuursteen, zoals bazalt, graniet, zandsteen of ook wel beton en asfalt.
Het Grevelingenmeer wordt dus enerzijds begrensd door stabiele, door de mens gemaakte oevers, zoals zeedijken en afsluitdammen; anderzijds echter wordt de oever gevormd door zandige en soms wat kleiige slikken en platen die in het voormalig getijdesysteem zijn ontstaan.

Deze oevers vormen een min of meer brede overgangszone tussen land en water. Door de spontane of natuurlijke ontwikkeling wordt in deze oeverzone een grote verscheidenheid aan vormen opgebouwd, die bijdraagt tot de diversiteit van het landschap, zowel actueel als potentieel. Vooral daar waar in de bestemming van de drooggevallen gebieden het accent op de natuurbescherming en de spontane landschapsontwikkeling ligt, zal men de natuurlijke processen zoveel mogelijk een kans moeten geven. Wil men de ontwikkeling echter bijsturen, dan zal dat dienen te gebeuren op grond van kennis van het systeem. De kennis van de processen die zich in de oeverzone afspelen zal daarom moeten worden uitgediept, opdat de actuele en vooral potentiële natuurwaarde zo goed mogelijk kan worden bepaald en eventuele bijsturende maatregelen, indien nodig, een zo natuurlijk mogelijk karakter kunnen hebben. Vedieping van deze kennis kan ten slotte ook de mogelijkheid openen om met meer zekerheid voorspellingen te doen ten aanzien van ontwikkelingen in overeenkomstige gebieden.

De stormen in het najaar van 1973

Zoals vrijwel ieder jaar zijn ook in de herfst van 1973 verschillende stormen opgetreden die een nadere beschouwing waard zijn. Op 21 oktober trad een storm op waarbij geen bijzonder hoge waterstanden werden waargenomen, maar wel hoge golven. In november zijn met korte tussenpozen gedurende een periode van acht dagen een aantal stormen opgetreden waarbij hoge waterstanden voorkwamen. In december zijn twee stormen voorgekomen, en wel op 6 en 7 en op 13, 14 en 15 december. Deze laatste storm was de belangrijkste in het besproken seizoen, en veroorzaakte de hoogste waterstanden.

Voor een beschouwing van de waterloopkundige gevolgen der stormen in het Deltagebied zijn alleen de stormen van november en december van belang.
In de nacht van 12 op 13 november 1973 trok het frontensysteem van een diepe depressie van noordwest naar zuidoost over ons land. Voor de windsnelheden die daarmee in het Deltagebied gepaard gingen, kiezen we Vlissingen als representatief weerstation. Op 13 november 1973 bedroegen de over 6 uren gemiddelde windsnelheden te Vlissingen

tijd	windsnelheid in m/sec
00.00	18,0
06.00	10,8
12.00	13,9
18.00	14,4
24.00	10,8

In het noorden van het land was de windsnelheid aanzienlijk groter, op Texel zelfs tot 28½ m/sec. De schade aan dijken en duinen is tijdens deze storm in het noorden van ons land dan ook groter geweest dan in het Zeeuwse gebied, waar slechts op het eiland Schouwen duinvoetafslag van 5 m is geconstateerd. De waterstanden liepen echter hoog op.
Door de uitvoering van de Deltawerken zijn in het gebied van Oosterschelde en Volkerak in waterloopkundig opzicht ingrijpende veranderingen veroorzaakt. De afsluiting van het Volkerak heeft het traject Oosterschelde-mond-Zijpe-Volkerak tot aan de Volkerakdam in principe gelijk gemaakt aan het traject Oosterscheldemond-Bergen op Zoom. Het is nu eveneens een bassin met afgesloten achterzijde, en een open verbinding met de Noordzee. Kon de getijgolf zich voor de afsluiting van het Volkerak ongehinderd voortplanten naar het noordelijk Deltagebied, sinds de afsluiting is deze weg door de Volkerakdam afgesneden. Dit veroorzaakt een aanzienlijke versterking van het verticale getij op het Volkerak, omdat de getijgolf nu terug-

Tabel I

datum	windrichting in graden	windsnelheid in meters/sec	sign. golfhoogte in m	gem. periode in sec	waterstands-verhoging in m
november 1972	300	20	4,4	6,7	+ 1,1
april 1973	320	20	4,7	7,8	+ 0,4
oktober 1973	300	22	4,6	6,6	+ 1,3
november 1973	290	18	3,8	6,0	+ 1,5
december 1973	300–320	21	4,7	6,4	+ 1,5



gekaatst wordt door de Volkerakdam. De gemiddelde overschrijdingswaarden van de H.W.-standen zijn dientengevolge voornamelijk op het Volkerak sterk gewijzigd. De gemiddelde jaaroverschrijdingswaarde van 0,5, of anders gezegd het peil dat gemiddeld een maal per twee jaar wordt overschreden, noemt men het 'grenspeil'. Wordt deze H.W.-stand bij overwegend westelijke winden bereikt of overschreden, dan spreekt men van een stormvloed.
In tabel 2 zijn voor verschillende stations in

Tabel 2

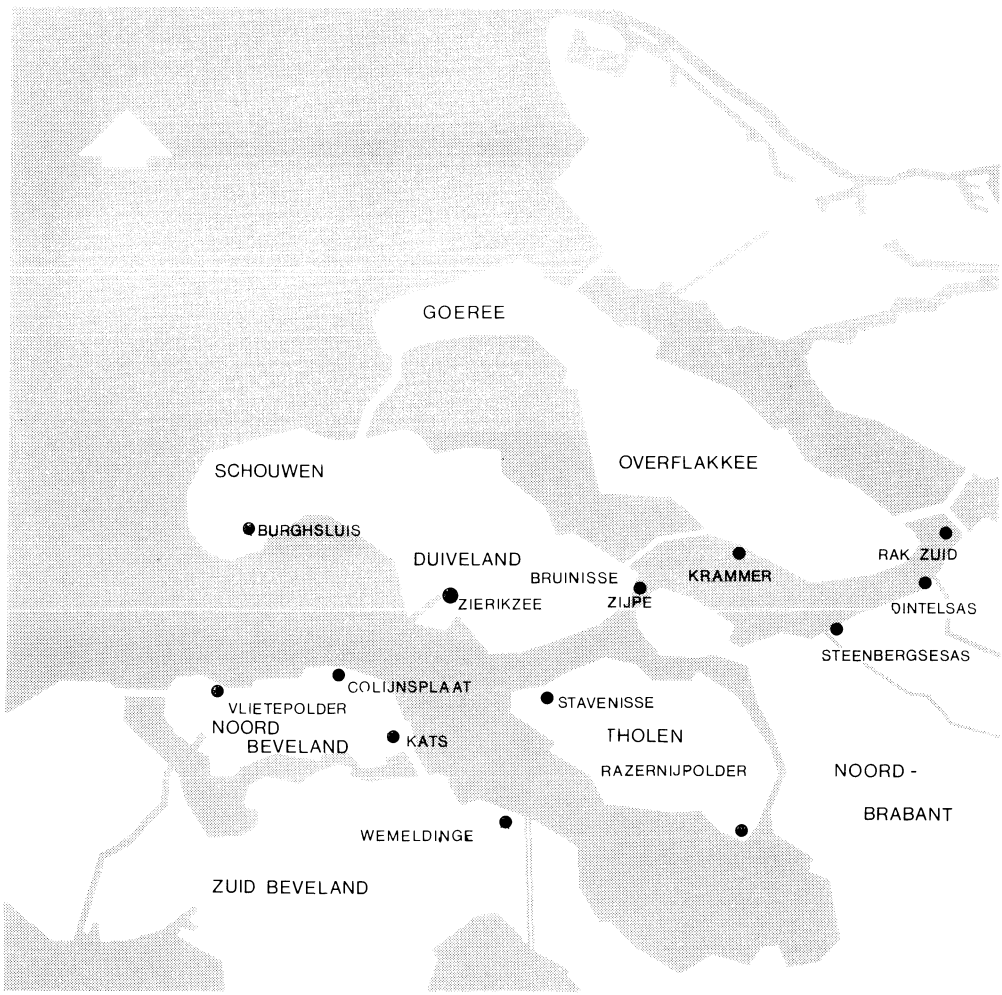
Station	Grenspeil geldend in 1953	Dijkskruinhoogte in 1953	SV-stand 1-2-1953	Grenspeil geldend na afsl. Volkerak in 1969	Dijkskruinhoogte in 1973	SV-stand 13-11-1973	SV-stand 14-12-1973
Noord-Brabant							
Rak Zuid	305		440	375		364	435
Dintelsas	320	510/530	455	372	620/670	362	430
Steenbergse Sas	320	530/580	465	365	570/610	363	426
Overflakkee							
Krammer					620/700	348	413
Schouwen-Duiveland							
Bruinisse (Zijpe)	315	440/500	450	335	510/570	348	414
Zierikzee	290	420/440	432	293	520	275	363
Burghsluis	275	460	420	275	580	286	324
Tholen							
Razernijpolder		640			675	365	434
Stavenisse	305				590	319	391
Zuid-Beveland							
Wemeldinge	330	535		330	680	334	400
Noord-Beveland							
Kats		510/560	± 460		525/760	319	397
Colijnsplaat	285	520	445		655	297	366
Vlietepolder	285	580	435	285	690	291	330

het beschouwde gebied de grenspeilen van voor en na de afsluiting van het Volkerak weergegeven. Bij de storm van 13 november 1973 is het grenspeil slechts op enkele plaatsen overschreden, en dan nog maar met enkele centimeters.

Fig 1. Situatie der meetpunten van tabel 2

Achter een op 14 december 1973 oostwaarts over de Atlantische Oceaan koersende depressie ontwikkelde zich een noordwestelijk stormveld over de gehele Noordzee, dat zijn hoogtepunt bereikte in de nacht van 13 op 14 december, met windsnelheden tot 25 à 30 m/sec. Op 14 december waren de over 6 uren gemiddelde windsnelheden te Vlissingen als volgt:

Fig. 2. Waterstanden in het gebied Oosterschelde-Volkerak voor, tijdens en na de storm van 13 november 1973

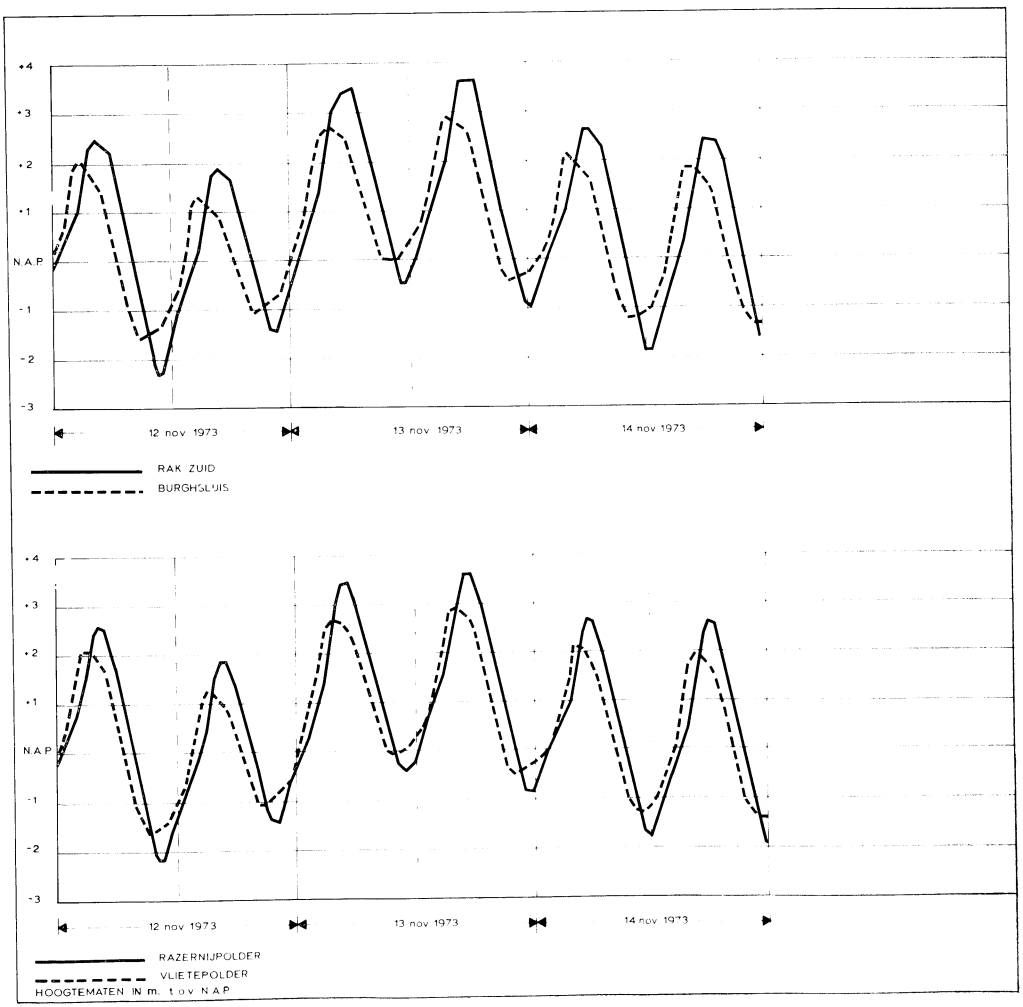


tijd	windsnelheid in m/sec
00.00	13,9
06.00	10,8
12.00	14,4
18.00	16,0
24.00	10,3

Die dag echter kwam er boven Schotland een storing tot ontwikkeling die in zuidelijke richting koerste. De verwachting was dat deze storing zijn zuidelijke koers zou blijven volgen, met als gevolg dat het bijbehorende stormveld zich zou richten op de Belgische kust. Dijkbewakingstelegrammen zijn dan ook niet uitgegaan. De storing veranderde echter vrij plotseling van richting. De koers werd iets oostelijker, waardoor het stormveld juist over Zeeland trok. De dijkbewakingsberichten zijn toen telefonisch gegeven.

Deze storm heeft in het Zeeuwse gebied aanzienlijk meer schade aangericht aan de waterkeringen dan de storm van november. Tijdens de storm van 14 december zijn de grenspeilen in het beschouwde gebied overal aanmerkelijk overschreden. Als men wil zien hoe de waterstanden in het achterwaarts afgesloten bekken steeds verder werden opgezet, bestudere men in tabel I de maximale stormvloedstanden van deze storm in vergelijking met die van 1 februari 1953.

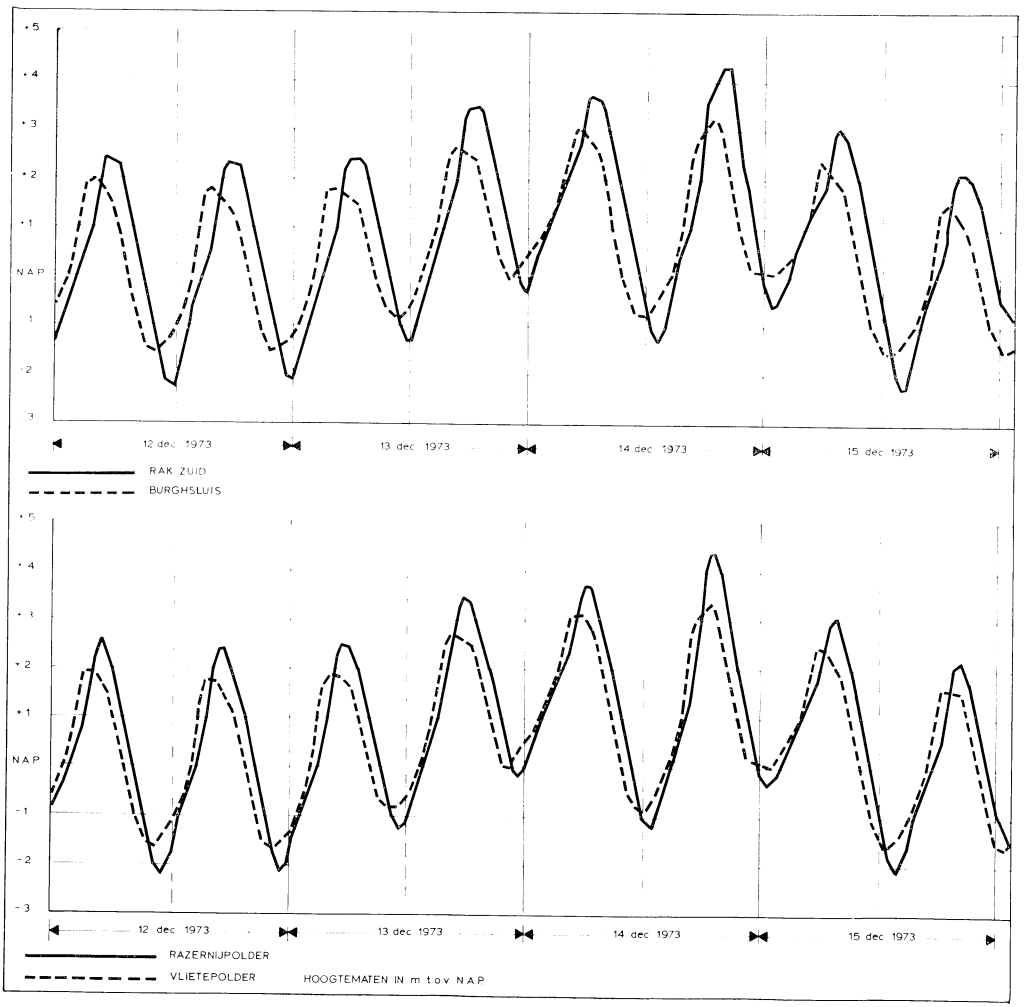
In de mond van de Oosterschelde, nabij Burghsluis, bedroeg het verschil in stormvloedhoogte tussen de stormvloed van 1953 en die van 1973 96 cm. In de richting van de Volkerakdam blijkt het verschil geleidelijk af te nemen. De hoogste stormvloedstand van



1973 nabij de Volkerakdam – meetpunt Rak Zuid – ligt nog maar 5 cm onder het in 1953 bereikte maximumpeil; dit ondanks het feit dat de stormvloed van 1973 als een lage stormvloed moet worden geclassificeerd.
In figuur 4 zijn de verschillen uitgezet tussen de opgetreden waterstanden tijdens de stormvloed van 14 december en de waterstanden die volgens het astronomische getij voor deze dagen waren berekend.
De verschillen zijn niet alleen het rechtstreekse gevolg van de windsnelheid. Er is ook een verschil opgetreden in de manier waarop het astronomisch getij zich landinwaarts voortplantte, en wel ten gevolge van de tijdelijk toegenomen waterdiepte.
De maximale waterstandsverhoging ten gevolge van het schijnbare windeffect binnen het Zeeuwse gebied blijkt nagenoeg overal ruim

Fig. 3. Waterstanden in het gebied Oosterschelde-Volkerak voor, tijdens en na de storm van 14 december 1973

Fig. 4. Opwaaiingseffect in het gebied van Oosterschelde en Volkerak tijdens de storm van 14 en 15 december 1973



200 cm te zijn geweest. Alleen bij de mond van de Oosterschelde, nabij Burghsluis en Vlietepolder, is de verhoging iets minder geweest, ongeveer 175 cm.

In 1965 heeft de Deltadienst een studie gemaakt van het verloop van de H.W.- en L.W.-standen die na de afsluiting van het Volkerak bij gemiddeld springtij, tij en doodtij op het traject Stavenisse-Volkerakdam zouden gaan optreden. De toen gevonden lijnen zijn getekend in figuur 6. In die figuur zijn ook de H.W.-standen tijdens de stormen van 13 november en 14 december 1973 voor dat traject weergegeven. De verschillen tussen de stormvloedlijnen van november en december 1973 en de in 1965 voorspelde H.W.-lijnen zijn nagenoeg constant. Dit zou kunnen betekenen dat het interne windeffect op dit traject tijdens de hier besproken stormvloeden gering is geweest.

Om na te gaan of in de afgesloten Deltabekkens, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer, tijdens de najaarsstormen waterstandsverschillen zijn opgetreden tussen de westelijke en de oostelijke oever, zijn vergelijkingen gemaakt tussen de peilregistraties aan deze tegenoverliggende oevers.
In figuur 5 zijn voor het Veerse Meer de op 14 en 15 december geregistreerde waterstanden te Veere en te Kats (binnen) getekend en voor het Grevelingenmeer de overeenkomstige waterstanden te Brouwershaven en te Bruinisse. Door de verschillen in de waterstanden tussen de betrokken peilschaalstations te tekenen, verkrijgt men een vervalkromme, die de op- en afwaaiing weergeeft

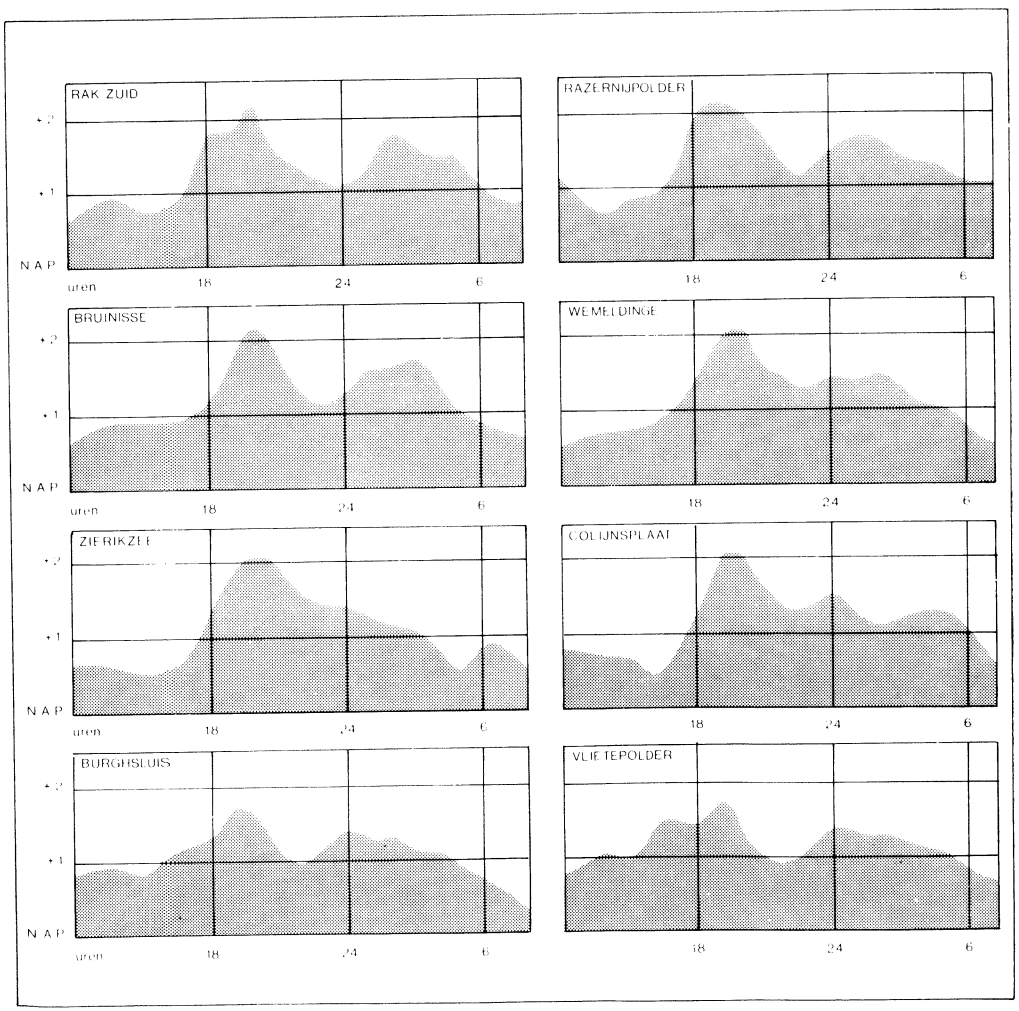


Fig. 6. Verhanglijnen op het traject Burghsluis-Volkerakdam (Rak Zuid)

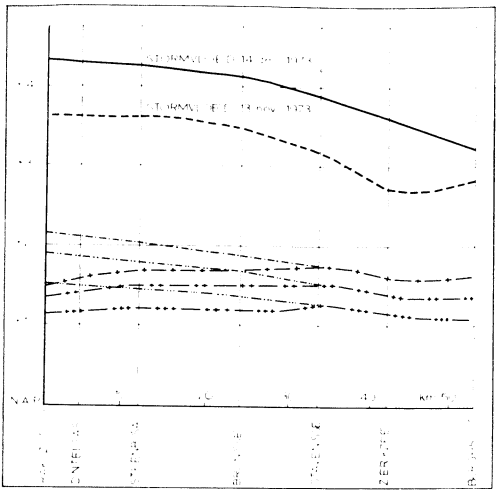
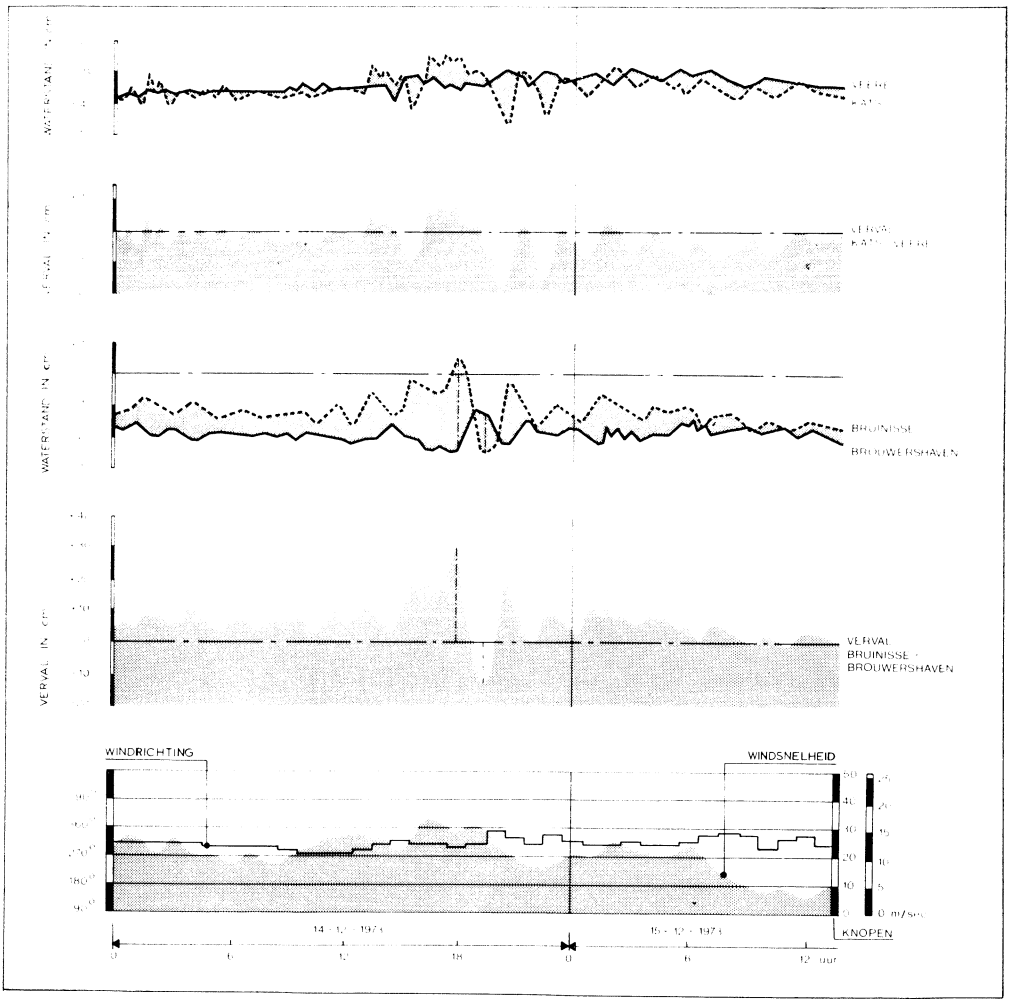


Fig. 5. Waterstanden en windeffecten op het Grevelingenmeer en het Veerse Meer tijdens de storm van 14 december 1973



voor respectievelijk het Veerse Meer en het Grevelingenmeer tijdens de laatste grote storm van 1973. Om de vervalkromme te interpreteren heeft men tevens een voorstelling nodig van het verloop van de windsnelheid en de windrichting. Daarom zijn deze gegevens voor het station Vlissingen onderaan de figuur meegegeven.
Tussen 16 en 17 uur daalde de windsnelheid van gemiddeld 17½ m/sec tot 14½ m/sec om 18 uur. Om 19 uur was de snelheid weer toegenomen tot 16 m/sec. Daarna nam de windsnelheid af tot 8 m/sec om 22 uur. Tevens ruimde de wind toen van NNW naar NW ten Noorden. De stuwende kracht waarmee het water tot dan toe in oostelijke richting was gedreven, viel daarmee gedeeltelijk weg, wat tot direct gevolg had dat de waterstanden te Kats en te Bruinisse scherp daalden, zelfs tot beneden de waterstanden aan de westzijde van beide meren. Op 15 december luwde de storm. Beide meren kwamen toen in een periode van uitslingering, wat vooral aan de vervalkromme van het Grevelingenmeer goed te zien is. Berekeningen en metingen van stroomsnelheden zijn in de beide meren niet uitgevoerd. Uitgaande van de resultaten van vroegere berekeningen en metingen kan vrijwel met zekerheid worden gezegd dat de stroomsnelheden tijdens de hier besproken stormachtige perioden vrij groot zijn geweest, en dat ze de menging in beide meren aanzienlijk hebben bevorderd.

Golfwaarnemingen

Tijdens de stormen van 21 oktober, 13 november en 14 december 1973 zijn hoge golven voor de kust opgetreden. Figuur 7 geeft een overzicht van de verschillende meetstations die tijdens de stormperiode informatie over de golfbeweging hebben verzameld. De meetstations O.S.X., BG II, Ha VI en Ha I staan langs de zeewaartse rand van de onderwaterdelta van de Oosterschelde, het Brouwershavense Gat en het Haringvliet. De twee eerstgenoemde stations op een diepte van N.A.P. – 10 m, en de overige op N.A.P. – 5 m. Daarnaast bevinden zich nog twee stations in de nabijheid van het damtracé van de Oosterschelde op ongeveer N.A.P. – 5 m, één station op 1 km zeewaarts van de Haringvlietsluizen en één meetstation ten zuidwesten van de Maasvlakte. Twee van deze meetstations, Ha VI en Ma III, zijn tijdens de storm van 12 en 13 november omvergegaan, terwijl O.S. X tijdens de novemberstorm defect was. Uit de verkregen golfregistraties is een aantal karakteristieke parameters van het golfbeeld berekend, de gemiddelde golfperiode en de significante golfhoogte, dat is de gemiddelde hoogte van het hoogste derde deel der golven van een waarneming. In het algemeen kan een duidelijke invloed worden vastgesteld van variaties in de windsnelheid. Daarnaast valt, met name voor de meetstations O.S. IX, O.S. IV en E '70, de invloed op van het waterstandsverloop.
Tijdens de storm van 21 oktober zijn de hoogste golven opgetreden omstreeks het hoogwater van 10 uur.
Langs de zeewaartse rand van de onderwaterdelta zijn in de Oosterschelde significante golfhoogten en gemiddelde golfperioden gemeten van respectievelijk 4,6 m en 6,6 sec bij een waterstand van ongeveer N.A.P. + 2 m. In de mond van het Haringvliet zijn wat

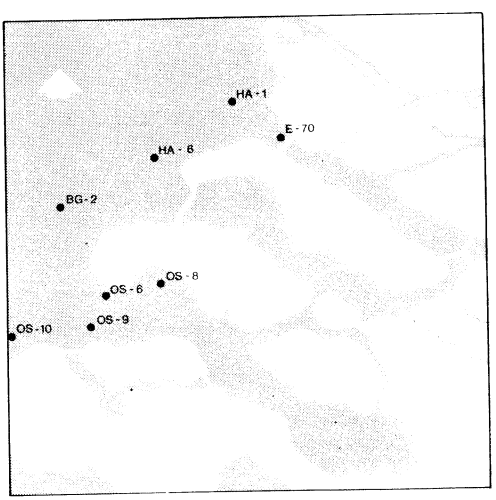
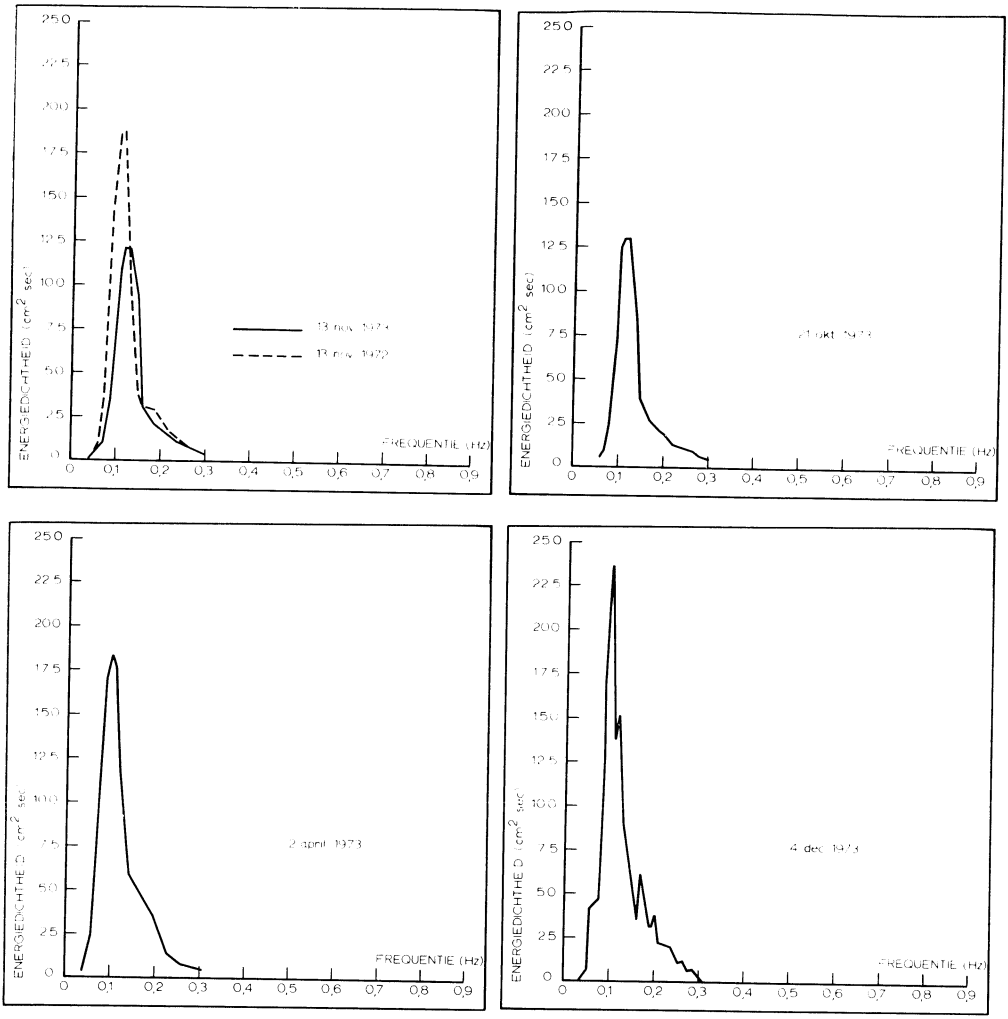


Fig. 7. Plaats van golf- en getijmeetopstellingen in het Deltagebied



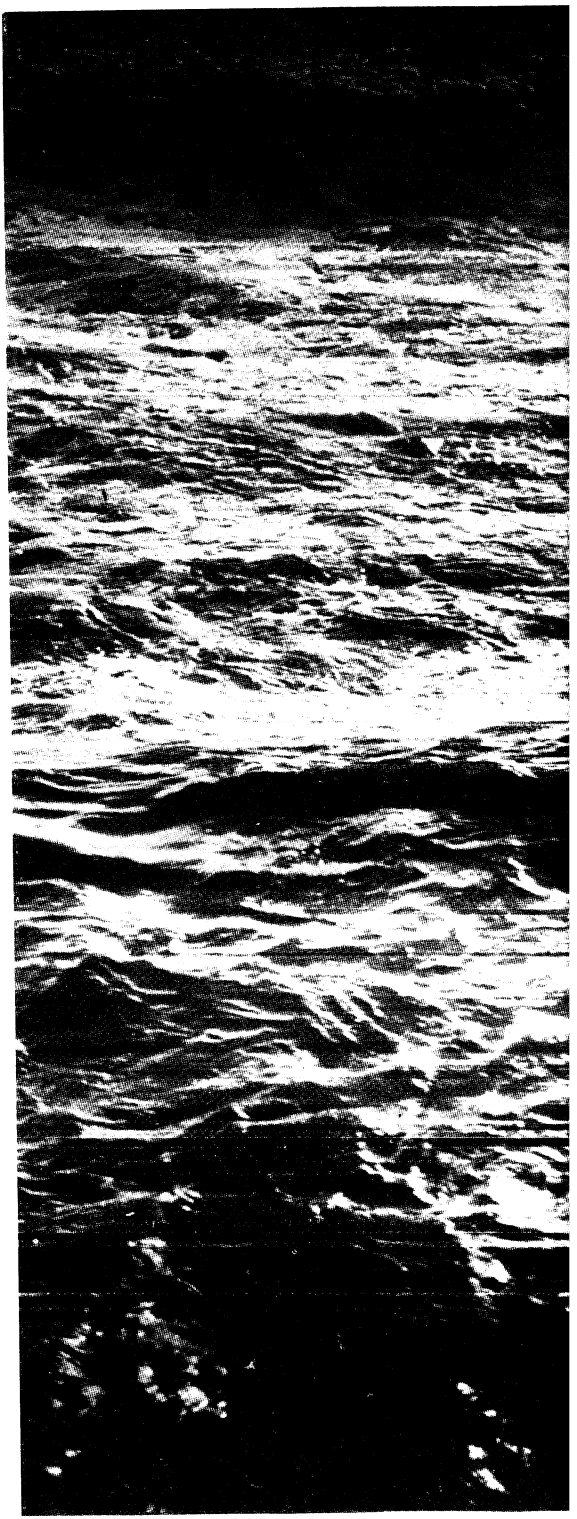
lagere waarden gemeten, respectievelijk 3,6 m en 6,4 sec. Vooral de significante golfhoogte was dus geringer. Deze verlaging is het gevolg van het ondieper liggen van de bodem ter plaatse van de meetstations. De verder landinwaarts gelegen stations tonen nog verder gereduceerde waarden, als gevolg van het energieverlies dat de golven ondervinden terwijl ze via geulen en platen verder de zeearm inlopen.

Ter plaatse van het damtracé in de Oosterschelde liepen de waarden van de significante golfhoogten en van de gemiddelde golfperioden terug tot respectievelijk 2,0 m en 3,8 sec. Op 13 november traden de hoogste waarden op tijdens het hoogwater van 16 uur. De waterstand bedroeg toen ongeveer N.A.P. + 2,4 m. Langs de zeewaartse rand van de onderwaterdelta van de Oosterschelde

Fig. 8. Golfenergiedichtheidsspectra van enkele stormvloeden in de jaren 1972 en 1973

bedroeg de significante golfhoogte 3,8 m, en de gemiddelde golfperiode 6,0 sec. Ter plaatse van het meetstation Ha VI waren de overeenkomstige waarden 3,0 m en 6,0 sec. Bij het meetpunt E '70 bedroegen ze 1,2 m en 4,3 sec. Over het algemeen waren de gemeten waarden wat lager dan tijdens de oktoberstorm. De oorzaak daarvan ligt voornamelijk in de wat lagere windsnelheden.
In december traden weer enkele stormen op, de zwaarste op 14 december. De hoogste golven werden toen gemeten tijdens het hoogwater van 18 uur. Bij een waterstand van N.A.P. + 3,0 m zijn langs de zeewaartse rand van de Oosterscheldemond significante golfhoogten van 4,7 m gemeten. De daarbij behorende gemiddelde periode bedroeg 6.4 sec. Langs de zeewaartse rand van de mond van het Haringvliet bedroegen deze waarden respectievelijk 3,7 m en 7,4 sec. Ter plaatse van het damtracé in de Oosterschelde was de golfbeweging aanzienlijk gedempt, en wel tot waarden van 2,5 m en 5,2 sec. In de mond van het Haringvliet was de golfbeweging ter plaatse van E '70 gereduceerd tot respectievelijk 0,8 m en 4,2 sec.
Uit de bespreking blijkt dat de onderwaterdelta een reducerend effect heeft op de naar binnen lopende golven. Deze reductie wordt voornamelijk veroorzaakt door de breking der golven. Ze heeft tot gevolg dat er bij een bepaalde waterdiepte een bovengrens is aan de mogelijke golfhoogten.
Om er een indruk van te geven in hoeverre de besproken najaarsstormen nu vergelijkbaar zijn met de zeer zware stormen van 12 en 13 november 1972 (Bericht 63, februari 1973) en die van 2 en 3 april 1973, zijn de golfenergiedichtheidsspectra, de significante golfhoogten en de gemiddelde golfperioden van metingen bij gelegenheid van al die stormen in punt BG II weergegeven (fig. 8 en tabel II). Dan blijkt dat de stormen gemeten naar de golven die ze opriepen voor de kust van het Deltagebied, ongeveer even zwaar waren. Alleen de novemberstorm van het afgelopen najaar was iets minder zwaar.

Niet ieder jaar kent een even zwaar stormseizoen. Uit een vergelijking van de overschrijdingsfrequenties van windsnelheden voor de periode september-december van de jaren 1970 tot 1972 met de overeenkomstige waarden voor najaar 1973 blijkt dat 1973 een zeer 'onrustig' stormseizoen heeft gehad. Het aantal stormen waarin windsnelheden van meer dan 18 m/sec voorkwamen, lag in 1973 ongeveer zesmaal zo hoog als in de andere jaren.



A. De werken van het Deltaplan

In Bericht 64 (mei 1973) worden de nodige doorlaatmiddelen in de Oosterscheldedam en de Brouwersdam besproken. Voordat met de bouw van deze doorlaatmiddelen kan worden begonnen, moet echter eerst een bouwput worden gemaakt. Dit artikel handelt over de aanleg van de bouwput voor de sluis in de Brouwersdam.

De bouwput voor de doorlaatsluis in de Brouwersdam

De bouwput is gesitueerd aan de rand van de voormalige diepe geul, het eigenlijke Brouwershavense Gat. De keuze van deze plaats werd allereerst bepaald door de wens om de sluis in de voormalige stroomgeul te leggen, en de stroomgeul dus te gebruiken voor de aan- en afvoer van het passerende water. Dat de sluis niet in het diepste gedeelte maar aan de rand van de voormalige geul komt te liggen vindt zijn oorzaak in het feit dat het uiterst bezwaarlijk is om door de destijds op de diep gelegen geulbodem gelegde bodembescherming met steenbestorting heen de zuigbuizen voor de bronbemaling aan te brengen. De sluis is nu zo geplaatst dat in ieder geval langs één lange zijde, de noordzijde, van de bouwput alle bronnen kunnen worden aangebracht omdat de bodembescherming daar zo hoog ligt dat ze zonder veel moeite verwijderd kan worden. Het ontwerp van de bouwput is gebaseerd op een aantal randvoorwaarden. De bodemafmetingen van de bouwput moeten zodanig zijn dat behalve de twee nodige sluiskokers ook het stortebed aan de zeezijde en een gedeelte van het stortebed aan de meerzijde erin kunnen worden gemaakt en er dan bovendien nog voldoende werkruimte overblijft. De bodem van de bouwput wordt ongeveer 1 m hoger gehouden dan de aanlegdiepte van de te bouwen sluiskokers; de bouwput kan dan later ten behoeve van die bouw dieper worden ontgraven, zodat zekerheid bestaat dat het kunstwerk op ongeroerde grond wordt gefundeerd. De taludhellingen moeten voorts zo zijn, dat de stabiliteit van de bouwput erdoor wordt gegarandeerd. De westelijke ringdijk vormt gedurende de gehele periode die voor de bouw van het kunstwerk nodig is, de hoofdwaterkering. Het profiel van deze ringdijk moet daarom zodanig zijn dat de veiligheid van het werk en de waterkering verzekerd is gedurende de, betrekkelijk korte, tijd waarin de ringdijk dienst moet doen. De ringdijk verkrijgt daarom een zodanig dwarsprofiel en zo'n hoge kruin dat de golfoploop die behoort bij een storm met een kans van voorkomen van 1% per jaar de kruin net niet bereikt. Het verkeer over de oostelijke parallelweg, de hoofdrijbaan en de recreatieweg op de buitenberm moet ook gedurende de bouw van het kunstwerk doorgang kunnen vinden. De bodembescherming die op de vroegere geulbodem is aangebracht en de daarop opgestorte sluitkade van betonblokken moeten in den droge worden verwijderd.

Het ontwerp van de bouwput dat aan de hand van deze voorwaarden werd opgesteld, vindt men in bijgaande tekeningen globaal weergegeven. De westelijke ringdijk krijgt een kruinhoogte van N.A.P. + 8 m en een buitenbeloop onder een helling van 1 : 4, onderbroken door een berm van minimaal 10 m breedte op N.A.P. + 5 m. De weg voor het recreatieverkeer, die langs de gehele zeezijde van de Brouwersdam loopt, kan ook over de buitenberm van de westelijke ringdijk worden doorgetrokken. Pas als de westelijke ringdijk gereed is gekomen, mag in het bestaande damlichaam worden gegraven, onder voorwaarde dat het verkeer over de dam niet wordt onderbroken en de wegen op de dam daartoe intact worden gelaten tot ook de oostelijke ringdijk is voltooid en de wegen daarop zijn overgebracht. Het zand voor de ringdijken wordt gewonnen door aan de meerzijde van de dam reeds een gedeelte

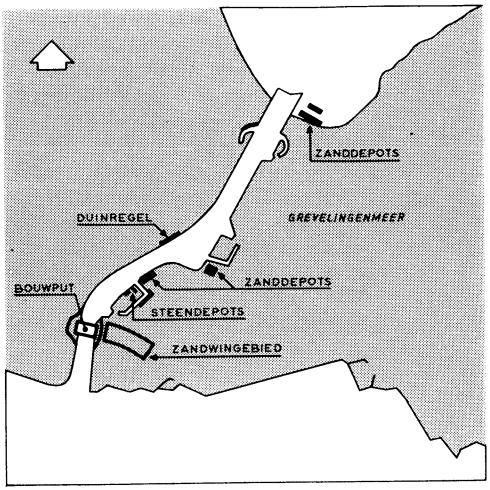
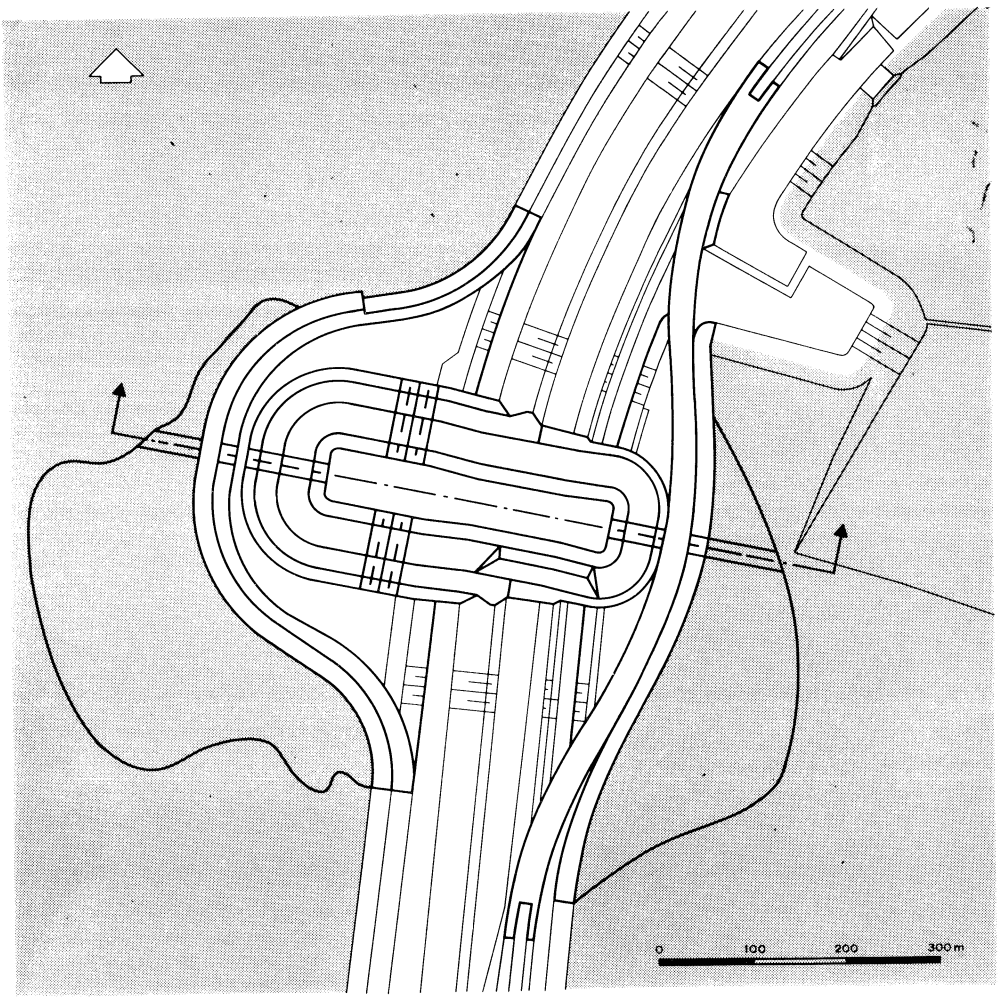


Fig. 1. Situatie van het te maken werk

Fig. 2. Overzicht van de bouwput



van de toekomstige toeleidingsgeul te graven. Het zand dat bij het graven van de bouwput vrijkomt, wordt langs de Brouwersdam in een duinregel verwerkt en verder in verscheidene depots opgeslagen. Twee van deze depots, namelijk die bij Goeree en bij de haven van de Kabbelaarsbank zullen later worden aangesproken voor de uitvoering van inrichtingswerken in het Grevelingenmeer. Het depot bij de Middelplaat is bestemd om later te worden gebruikt voor het aanvullen van de bouwput. Het zand in de duinregel aan de zeezijde van de Brouwersdam dient als versterking van de zich ter plaatse op natuurlijke wijze vormende duinregel en als suppletie voor het strand. De bouwput moet aanvankelijk tot op de steenbestorting van de bezinking en tot op de blokken van de sluitkade worden ontgraven. Het is de bedoeling om daarna de bezinking gedurende een week en de blokkendam gedurende vier weken onaangeroerd te laten liggen. Gedurende die tijd kunnen gegevens over de bodembescherming en de blokkendam worden verzameld. Men kan dan bijvoorbeeld nagaan hoe de ligging van de in 1967 afgezonken zinkstukken thans is, en hoe de stortsteen over de stukken is verdeeld. Ook zullen er gegevens verzameld kunnen worden met betrekking tot de taludhellingen van de blokkendam, de holleruimtepercentages erin, en de mate waarin die ruimten tenslotte zijn gevuld.
Na die onderzoekperiode zullen stortsteen, bezinking en betonblokken worden opgenomen en afgevoerd. De onbeschadigde betonblokken worden naar de werkhaven Schelphoek gebracht om bij de werken in de Oosterschelde te kunnen worden gebruikt; de beschadigde blokken naar de haven die bij het Springersdiep aan de zeezijde van de dam ligt, om de havendam daar te versterken. De stortsteen wordt afgevoerd naar de haven van de Middelplaat en daar in depot opgeslagen. Later kan deze steen worden gebruikt voor het maken van bodembeschermingen in de nabijheid van de sluis. Het moeilijkste werk zal waarschijnlijk nog het opruimen van de klassieke rijshouten zinkstukken zijn. Deze stukken moeten worden afgevoerd en langs de havendam aan de haven van de Middelplaat worden verwerkt. Die havendam wordt namelijk met behulp van bij het graven van de bouwput vrijkomende en voor andere bestemmingen niet meer geschikt geachte materialen verbreed en daarmee voor recreanten – vooral sportvissers – toegankelijk gemaakt. Doordat in de te ontgraven bouwput een

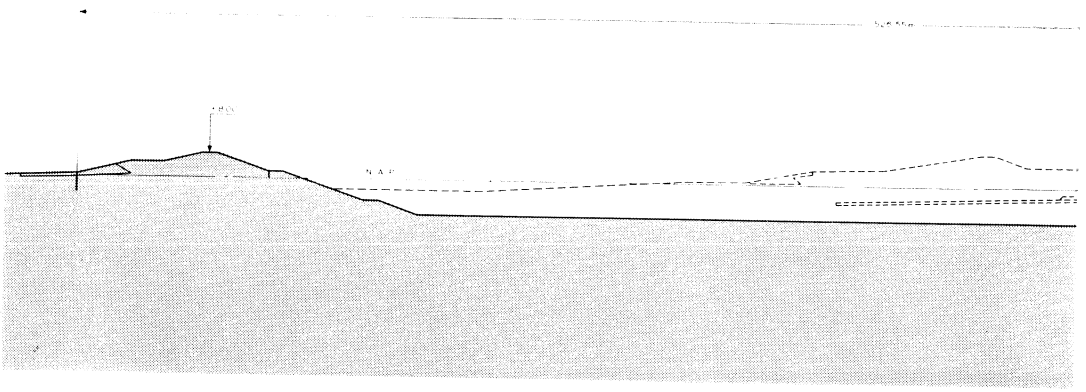
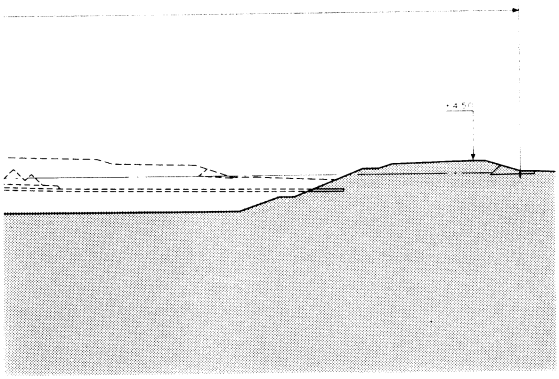


Fig. 3. Doorsnede van de bouwput en het op te ruimen dijklichaam

bodembescherming en een blokkendam voorkomen, is het niet mogelijk eerst het meeste zand in den natte te baggeren, daarna de put droog te pompen en dan in den droge het resterende zand te ontgraven, zoals men gewoon is te doen. Alle of in ieder geval het grootste deel van de ontgraving moet hier in een droge bouwput geschieden. Daarom is in het bestek voor het maken van de bouwput tevens het aanbrengen en exploiteren van de nodige bemalingen opgenomen. Om een indruk te krijgen van het te verwachten waterbezwaar van de bouwput is advies ingewonnen bij het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Dit instituut heeft een aantal pompproeven verricht. Men verwacht de vereiste verlaging van de grondwaterstand te kunnen bereiken door de plaatsing van 40 bronnen met elk een capaciteit van 50 m^3/uur.

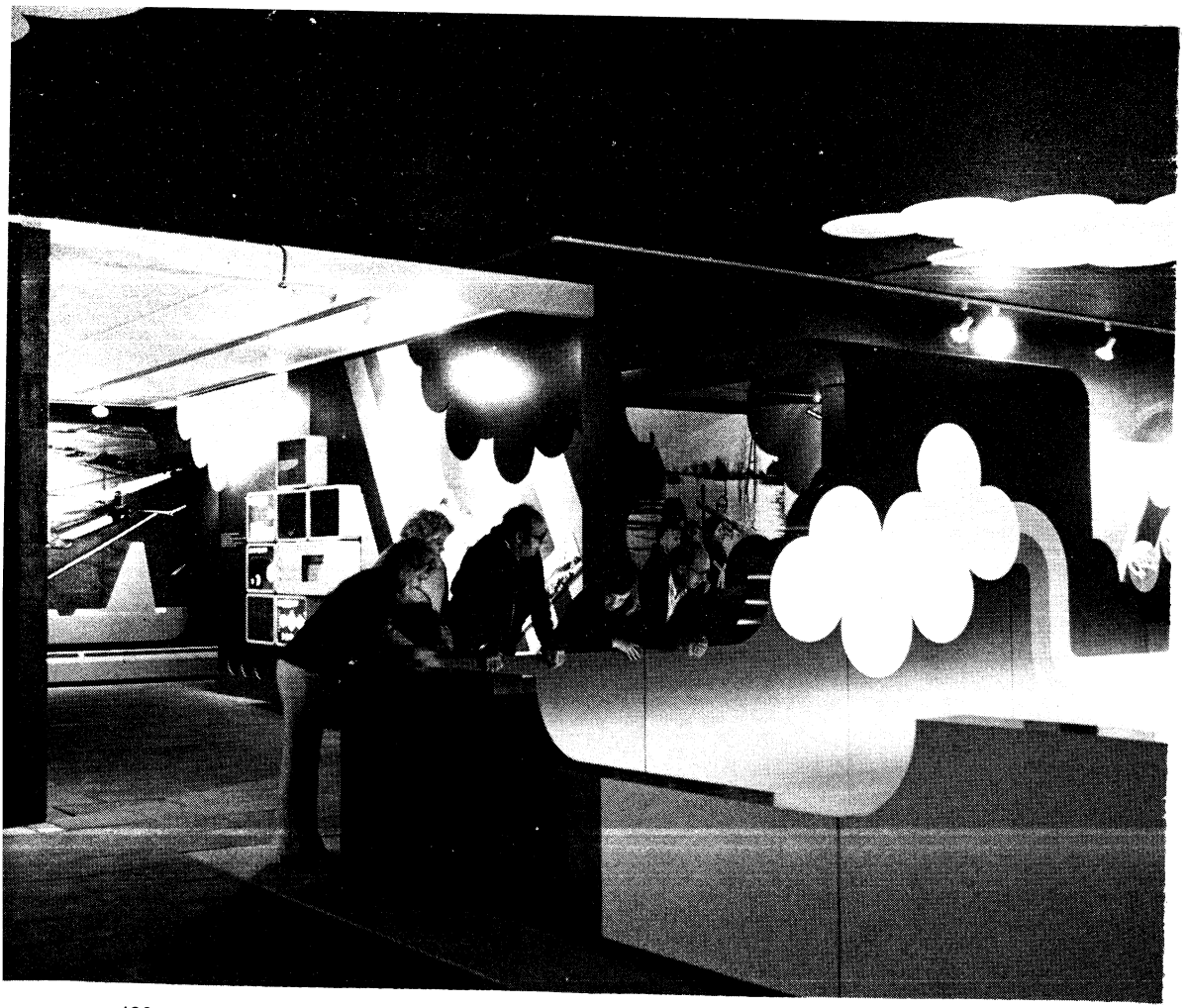


In het berekende waterbezwaar van 1840 m^3/uur is het water dat door de blokkendam heen kan worden aangevoerd, niet begrepen. Over de waterdoorlatendheid van de blokkendam is weinig bekend; om hier wat meer inzicht in te krijgen wordt door de Deltadienst een pompproef verricht. Om nu het water dat de blokkendam doorlaat naar de bouwput te kunnen opvangen wordt daar waar de blokkendam in de bouwput uitmondt, in de op N.A.P. – 7,50 m gelegen berm een bassin gegraven van 1500 m^3 inhoud, van waaruit het water met behulp van een centrifugaalpomp naar buiten de bouwput kan worden gepompt. De zandtaluds van de bouwput worden met een 2 cm dik laagje bekledingsgrond tegen verstuiving beschermd. De bekledingen van de ringdijken zijn nagenoeg gelijk aan de bekleding van de Brouwersdam. De westelijke ringdijk wordt tussen N.A.P. + 0,4 m en N.A.P. + 5 m voorzien van een met gietasfalt gepenetreerde stortsteenglooiing, en op de buitenberm, het binnen- en buitenbeloop en de kruin van een bekleding van asfaltbeton. In de buitenteen van de westelijke ringdijk wordt een gewapend-betonnen damwand aangebracht met daarvóór een bodembescherming. Waar de ringdijk later wordt doorgebaggerd zal de bodembescherming worden gevormd door kraagstukken afgestort met 800 kg stortsteen per m^2; over de overige lengte door met grind gevulde draadkorven met daarlangs een slab van gietasfalt. De oostelijke ringdijk wordt tussen N.A.P. + 0,3 m en N.A.P. + 2 m voorzien van een 15 cm dikke glooiing van betonblokken. In de teen van de ringdijk wordt een houten teenschot aangebracht met daarvoor een bodembescherming van polypropeenweefsel afgestort met een bestorting van 500 kg grind en stortsteen per m^2. Het talud van de oostelijke ringdijk boven de betonglooiing en de bermen langs de wegen worden voorzien van een kleibekleding.

Het maken van de bouwput is op 31 mei 1974 aanbesteed. De laagste inschrijver was de Aannemingsmaatschappij Van Oord Utrecht N.V., aan wie het werk is gegund voor een bedrag van f 7 225 000,–.

Het werk is inmiddels in volle uitvoering.

Een nieuwe Delta-expo te Stellendam



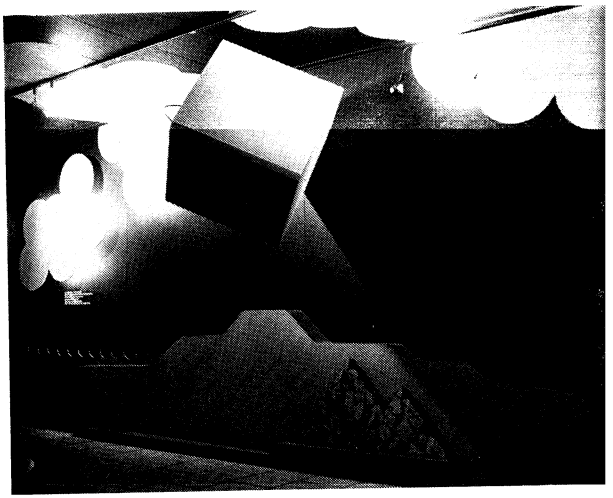
De Deltawerken-in-uitvoering hebben altijd veel bekijks getrokken. De conceptie van het gehele plan en de uitvoering van de verschillende grote werken waaruit het bestaat, hebben niet alleen gesproken tot de verbeelding van technici; ook het grote publiek voelde er zich toe aangetrokken. Dat kwam tot uitdrukking enerzijds in veelvuldige aanvragen om voorlichtend materiaal onder meer bij de Deltadienst in Den Haag, anderzijds in de frequente bezoeken die gezinnen of groepen brachten aan de werken zelf. Het mag geen verwondering wekken dat de uitwateringssluizen in het Haringvliet een groot deel van die aandacht voor zich hebben opgeëist. Het feit dat voor dit kunstwerk eerst een afzonderlijk eiland moest worden gemaakt, de afmetingen van de vaste constructies en bewegende delen, en het technisch vernuft dat erin tot uitdrukking komt, maakten van de sluizen-in-aanbouw een echte bezienswaardigheid.

Wel heeft de Deltadienst van de aanvang af naar vermogen aan de publieksvoorlichting meegewerkt, maar op de werken voelde ze dit niet als haar eigenlijke taak. Ze stelde materiaal en deskundigheid ter beschikking, maar de exploitatie van de publieksvoorlichting op de werken werd zo veel als mogelijk was overgelaten aan derden. Zo ook te Hellevoetsluis. Na een bescheiden begin – een maquette op een café-tafel – heeft de voorlichting te Hellevoetsluis, nadat daarvoor eenmaal de stichting 'Hadex' was opgericht, al spoedig de gedaante aangenomen van een instructieve tentoonstelling, waarvan het hoofddeel gewijd was aan de Haringvlietsluizen.

Vanaf 1966 werd deze voorlichting in een nieuw gebouw van het Rijk te Stellendam voortgezet door de havendienst Spido te Rotterdam. Toen de werken in 1970 gereed kwamen, achtte men bij de Deltadienst de tijd van de publieksvoorlichting voorbij. De sluizen gingen dicht, en de tentoonstelling ook.

Maar na ongeveer een jaar kwam het publiek opnieuw. Eenzelfde ervaring heeft men na de afsluiting van de Lauwerszee te Lauwersoog opgedaan, waar de werken toch heel wat minder spectaculair zijn als bij Stellendam. In november 1972 is de tentoonstelling dan ook op initiatief van de inmiddels opgerichte afdeling Publieksvoorlichting van het ministerie van Verkeer en Waterstaat in aangepaste vorm weer geopend. Het Rijk levert nog steeds het gebouw, richt de tentoonstelling in.

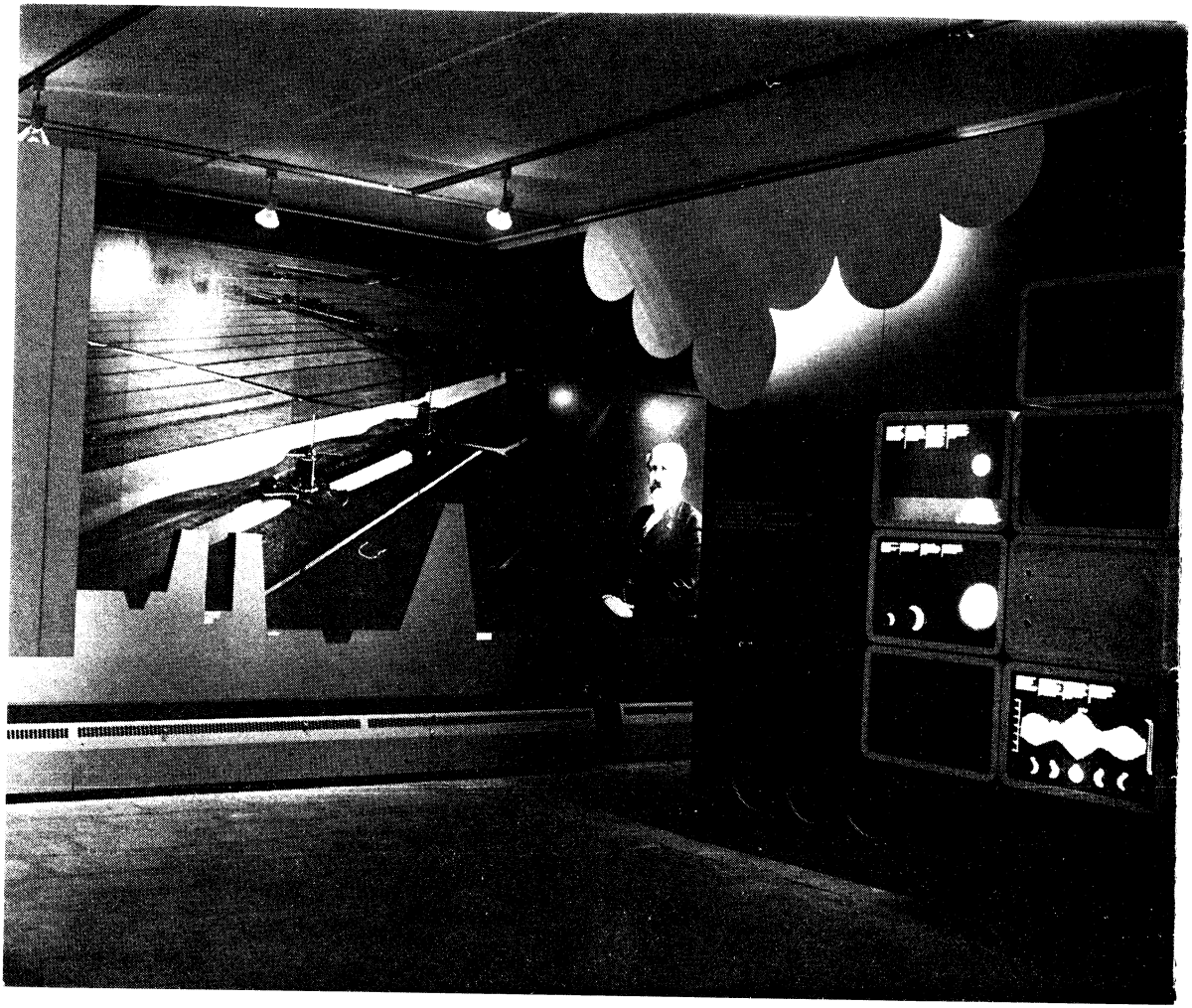
Delta-expo in bedrijf. De bezoekers kijken naar de maquette van de Haringvlietsluizen



Dammenbouw in beeld gebracht

en heeft de supervisie. Exploitatie en promotie worden echter behartigd door het Nationaal Bureau voor Toerisme. De nieuwe expositie trok in anderhalf seizoen 64 000 bezoekers, en was daarmee een doorslaand succes gebleken.

In 1973 is de explosie aanzienlijk uitgebreid. Samen met soortgelijke exposities te Lauwersoog en te Lelystad brengt ze een belangrijk deel van de waterstaatkundige geschiedenis van Nederland en van de tegenwoordige activiteiten van de Rijkswaterstaat in beeld. Men krijgt er aan de hand van kaarten, foto's, maquettes, teksten en dia's een indruk van de landaanwinning en het landverlies van de laatste eeuwen, van de Zuiderzeewerken en – dat is hier de hoofdzaak – van de Deltawerken. Voorgeschiedenis, conceptie, waterloopkundige en technische aspecten, uitvoe-



Waterstaatsgeschiedenis: Ir. Lely naast een klassiek polderlandschap. Rechts: theorie van de getijden

ringsproblemen, afsluittechnieken, milieuproblematiek, dat alles komt aan de orde. Een filmzaaltje in het centrum van de tentoonstelling nodigt tot rusten. Men kan daar, behalve een impressiefilm over de Deltawerken, twee films zien over het ontstaan van Nederland en een documentaire over constructie en functie van de Haringvlietsluizen. Het gesproken commentaar kan worden gegeven in vier talen.

Pronkstuk van de tentoonstelling is een bewegende maquette van de Haringvlietsluizen, schaal 1 : 100.

Men kan de nabijgelegen werkelijke sluizen niet alleen van buiten bekijken, er is ook gelegenheid om in het zuidelijke landhoofd naar binnen te gaan, en een sluismoot en een machinekamer te bezichtigen, terwijl men in de Nablaligger loopt. Bovendien is in het zuidelijk landhoofd een tweede zaaltje ingericht voor lezingen en film- of diavertoningen.

Minister Westerterp heeft de nieuwe tentoonstelling op 10 april 1974 geopend. Tot 1 juli zijn er 20 000 bezoekers geweest.

B. De werken langs de Westerschelde en de kust van Zeeuws-Vlaanderen

Verzwaring van de zeewering op Zuid-Beveland

In juli 1973 werd de verbetering aanbesteed van een stuk zeedijk van de calamiteuze Willem-Annapolder en van een gedeelte van de zeedijk van de Boonepolder van het waterschap 'De brede watering van Zuid-Beveland', beide gelegen langs de Westerschelde. De versterking van de hoogwaterkering van de Willem-Annapolder behoort volgens het urgentieschema 1959 van Gedeputeerde Staten van Zeeland tot de dijkverbeteringen van de derde periode: 1969–1973. Het is een dijkvak van 3300 m, dat aan de oostzijde aansluit op het al versterkte dijkvak langs de polder 'De brede watering bewesten Yerseke', en aan de westzijde op het overige deel van de zeewering langs de Willem-Anna- en Boonepolder, dat ook al versterkt is. Langs de Boonpolder moet nog een dijkvakje worden verhoogd van 300 m lengte. Het is een uitgestelde verzwaring ter plaatse van de uitwateringssluis die tot aan het gereedkomen van het gemaal 'Maelstede' in de Heer Janspolder in gebruik was gebleven. Dat gemaal bemaalt nu echter zowel het afwateringsgebied van de sluis in de Willem-Annapolder als dat van de sluis in de Boonepolder, zodat die beide sluizen hun functie hebben verloren; ze worden derhalve grotendeels gesloopt, en voorzover dat niet gebeurt, in het dijkprofiel opgenomen. Het resterende dijkvakje van de Boonpolder wordt nu maar meteen op Delta-hoogte gebracht, nu de versterking van de zeedijk van de Willem-Annapolder ter hand wordt genomen.
Als het hier beschreven werk voltooid is, zal er, met uitzondering van een kort stukje ter plaatse van de bebouwing van Hansweert, 22 km aaneengesloten zeewering op Deltahoogte zijn verkregen, die elf kilometer westwaarts van Hansweert reikt tot de Baarlandpolder, en elf kilometer oostwaarts tot de Zimmermanpolder.
De verhoging en verzwaring van het dijkvak langs de Willem-Annapolder zal worden uitgevoerd met inachtneming van het bestaande tracé. Een paar panden moeten er voor worden afgebroken. Aan de zeezijde wordt een gedraineerde zandaanvulling aangebracht, en afgedekt met een kleibekleding die op de kruin 80 cm en op andere plaatsen 60 cm dik is. De nieuwe taluds worden afgewerkt onder een helling van 1 : 3, behalve het buitenbeloop beneden de berm, waarvoor een helling van 1 : 4 wordt aangehouden. De kruin wordt 2,5 m breed gemaakt. De bazaltglooiing op het buitenbeloop wordt opgetrokken tot N.A.P. + 4 m, met daarboven een strook van 60 cm Vilvoordse steen, die uit de vorige dijkbekleding komt. Om een goede aansluiting te krijgen van de oude op de nieuwe bekleding, wordt een strook van 2 m opgenomen en opnieuw gezet. De buitenberm, waarvan de breedte verloopt tussen 5 en 7,7 m, komt ongeveer op de hoogte te liggen van de oude kruin. Op de nieuwe binnenberm, die 10 m breed wordt, komt een 3 m brede weg met een gesloten verharding, ter vervanging van de deels onverharde weg die er nu ligt. Er zijn een paar dijkovergangen geprojecteerd.
Een nieuwe dijksloot vormt aan de binnenzijde de grens van de waterkering en verzorgt tevens de afvoer van overtollig hemelwater.
De kruinhoogte bedraagt uitgaande van een stormvloedpeil van N.A.P. + 5,90 m met een golfoploop van 1,25 m, een overhoogte van 0,50 m: N.A.P. + 5,90 m + 1,25 m + 0,50 m = N.A.P. + 7,65 m, afgerond N.A.P. + 7,75 m.
De laagste inschrijving voor het werk werd ontvangen van Aannemers- en Handelsbedrijf Van Oord Werkendam b.v. te Werkendam voor een bedrag van f 2 784 000,– excl. o.b.
In de kosten van uitvoering van de werken, met inbegrip van de kosten van de ter beschikking te stellen materialen en overige bijkomende kosten is een rijksbijdrage van 100% toegekend. Het werk, waarvan de uitvoering in september 1973 ter hand is genomen, moet uiterlijk op 1 juli 1975 worden opgeleverd.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Derde schutsluis, inlaatsluis en jachtensluis in de Volkerakdam

Het betonwerk van de derde schutsluis is nagenoeg voltooid. Voortgegaan werd met de opbouw van twee pijlers van de inlaatsluis tot N.A.P. + 3,50 m, dat is de hoogte die overeenkomt met de bovenkant van de schuif in neergelaten toestand.
Tevens heeft men de opbouw van het benedenhoofd van de jachtensluis en het maken van de vleugelwanden aan beide zijden van de sluis voortgezet. Ook het werk aan de pijlers voor de overbrugging van de schutsluis vordert; er moet nu nog één pijler worden gemaakt, en het westelijke landhoofd. De fabricage van voorgespannen liggers voor deze brug is nagenoeg voltooid. In een aantal velden zijn de liggers reeds aangebracht.
Tegelijkertijd zijn in uitvoering de bij de inlaatsluis, jachtensluis en derde schutsluis behorende geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortebedden. Een begin werd gemaakt met de uitbreiding van de noordelijke voorhaven ten behoeve van de derde schutsluis. De bestaande taludverdediging werd opgenomen en in den droge verwerkt op het nieuw gegraven talud.
Uit de toeleidingsgeulen en de voorhavens is in totaal 594 000 m^3 specie gebaggerd. Ten behoeve van de geleidedammen is 660 000 m^3 zand geklapt, waarop 64 000 m^2 bezinking is aangebracht.
In de verslagperiode is begonnen met de aanvoer en het verwerken van mijnsteen in de perskaden.

Verkeerskokers op het Hellegatsplein

Op 8 maart jongstleden is te Utrecht de bouw aanbesteed van drie verkeerskokers in gewapend beton op het Hellegatsplein. Het werk werd opgedragen aan de laagste inschrijver, de firma Haverkort te Vroomshoop, voor een bedrag van f 3 427 000,–. Voor de bouwvakvakantie zullen alle vloermoten van het meest zuidelijke kunstwerk gereed zijn, en één of twee moten van het opgaande werk. Van het noordelijkste kunstwerk zijn thans vier vloermoten gestort.

Oosterschelde

In de werkhaven Neeltje Jans werd in de afgelopen periode stortsteen aangevoerd en in depot opgeslagen. In de werkhaven Schelphoek werd steenslag aangevoerd voor de steenasfaltmatten, en deels rechtstreeks overgeslagen in elevatorbakken, deels in depot gelost.
In de werkhaven Noordland werden staalslakken aangevoerd, die worden verwerkt op de bodembescherming van betonblokkenmatten in de Roompot. In de fabriek op het werkterrein van de haven Schelphoek worden wapeningsnetten samengesteld voor de randbezinking in de Hammen. Ze worden opgerold en tegelijk met het polypropeendoek en de betonblokken voor de randverzwaring afgevoerd naar het asfaltschip 'Jan Heymans'. Dit schip is in de verslagperiode verder geautomatiseerd, en is thans in vol bedrijf bezig met het produceren en afzinken van steenasfaltmatten voor de bodembescherming in het sluitgat Hammen.
Ook het leggen van betonblokkenmatten in de Roompot werd voortgezet. In deze periode werden 40 stukken afgezonken van 200 x 30 m. Een gedeelte van de matten werd met 200 kg staal- of loodslakken per m^2 nabestort.
Alle pylonen voor de kabelbanen kwamen geheel gereed, uitgezonderd koppelingspyloon 4 in de Roompot, waarop de koppelligger en de kop nog moeten worden gemonteerd.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verzwaring van de omringdijk bij de haven van Oudeschild op Texel

Op vrijdag 11 januari 1974 is het

verzwaren en verhogen van de omringdijk langs de handels- en vissershaven te Oudeschild op Texel aanbesteed. Deze omringdijk sluit aan op de recentelijk voltooide dijk langs de werkhaven van Oudeschild en op de nog te maken dijkwerken langs het dorp Oudeschild. De laagste inschrijver, aan wie het werk ook werd gegund, was de firma de Vries van de Wiel te Sint Maartensvlotbrug, die inschreef voor een bedrag van f 1 218 200,–, exclusief omzetbelasting.

Het werk is in februari 1974 begonnen met het aanvoeren en verwerken van het voor de dijk, de aansluitende en bijbehorende wegen en te maken opslagterreinen benodigde zand. Door het vervallen van drie bestaande coupures moet namelijk ook het wegennet worden aangepast.

Overzicht van de werkzaamheden bij de Volkerakdam. Opname van 10 april 1974



Verantwoording van de foto's

Cees van der Meulen 466

Rijkswaterstaat 452 t/m 482

Slagboom en Peters 485

Driemaandelijks Bericht
nummer 70, november 1974

Inhoud

Aquatisch milieubeheer in het Delta-gebied 489

Drie jaar Grevelingenmeer 496

De natuurwetenschappelijke waarde van de ondiepe gebieden in het Grevelingen-meer 515

A. De werken van het Deltaplan

Versterking van hoogwaterkeringen in het benedenrivierengebied 522

Zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet 527

Ontwikkeling van de Noordbevelandse oever 533

Vorderingen 540

Aquatisch milieubeheer in het Deltagebied

De toestand van het oppervlaktewater in Nederland – en vooral van de grote, door het Rijk beheerde wateren in het zuidwesten des lands – is de laatste jaren steeds meer tot een probleem geworden. Vooral de overmatige belasting met zout en afvalstoffen bedreigt deze wateren. De omzetting van stromende wateren in stagnante bekkens maakt de problematiek niet eenvoudiger. Dit artikel handelt over de vraag op welke wijze het beheer over deze oppervlaktewateren het best kan worden ingericht, en welke doelstelling men daarbij kan nastreven.

Een waterbeheer dat zich niet zonder meer bij de aangetroffen toestand wil neerleggen, zal altijd een normatieve redenering moeten volgen: eerst wordt de vraag gesteld welke toestand van het water men in een bepaald gebied wenselijk en mogelijk acht; daarna wordt de feitelijk voorhanden toestand van het water in ogenschouw genomen. Uit het verschil tussen de nagestreefde norm en de aangetroffen werkelijkheid volgt dan de hoofdlijn van het beheer: vaststelling van de gezamenlijke maatregelen die de gewenste toestand dichterbij brengen en die in stand houden wanneer hij eenmaal bereikt is.
Als algemene regel zou men kunnen stellen: oppervlaktewater moet zodanige eigenschappen bezitten dat het zoveel mogelijk gebruiksfuncties kan vervullen.

Een groot aantal functies kan in principe door alle Deltawateren worden vervuld: vrijwel alle wateren zijn geschikt of kunnen geschikt gemaakt worden voor scheepvaart, waterafvoer, waterberging, watersport, oeverrecreatie en de circulatie van koelwater. Andere functies zijn specifiek voor bepaalde watertypen, hetzij zoet of zout stagnant water, dan wel zout of brak getijwater. Zo kunnen de drinkwatervoorziening, de landbouw- en industriewatervoorziening en de zoetwatervisserij alleen terecht met zoet water, terwijl de schelpdierencultures, de zoutwatervisserij en zekere soorten van natuurlijke omgevingen op zout water zijn aangewezen. De bovengenoemde grondregel geldt evenwel voor alle watertypen, en zeker waar het afgesloten bekkens betreft. Het is verstandig een bekken zo te beheren dat voor de toekomst zoveel mogelijk functies worden opengehouden.

In een dichtbevolkt land als het onze kunnen de functies die men aan een bepaald water toekent zelfs op korte termijn ingrijpend veranderen. Heeft een bepaald Deltabekken echter negatieve effecten in zich verzameld, dan kan zo'n functieverandering misschien niet meer worden gerealiseerd. Het Brielse Meer bijvoorbeeld, waar veel fosfaten in de bodem zijn vastgelegd, zou zelfs na sanering nog jarenlang een hoge fosfaatlast behouden, doordat het fosfaat weer uit het bodemslib wordt vrijgemaakt. Het Brielse Meer lijkt in dit opzicht op een zeker Zweeds meertje waar na sanering van de afvalwaterlozingen ook nog de hele modderlaag van de bodem geschraapt moest worden om het water gezond te krijgen.
Een tweede reden om de waterkwaliteit in alle Deltabekkens te optimaliseren ligt daarin, dat ze veelal onderling gekoppeld zijn. Om het ene bekken zijn gewenste functies te doen vervullen moeten ook aan aangrenzende wateren bepaalde eisen worden gesteld. Aangezien het water in een bekken pas volledig in staat is aan zoveel mogelijk functies te voldoen wanneer het aquatische ecosysteem er goed functioneert, kan het advies voor het waterbeheer ook zo worden geformuleerd: beheer het water zo, dat het ecosysteem er goed functioneert. Deze gedragslijn, waar in de praktijk heel wat haken en ogen aanzitten, vereist voor alles een eenvoudig beheer. Goed functionerende ecosystemen houden immers zichzelf in stand, ze zijn stabiel. Zijn de goede randvoorwaarden eenmaal aanwezig, dan zijn er verder nog nauwelijks beheersmaatregelen nodig om het systeem in stand te houden. Er zullen in zo'n systeem maar kleine fluctuaties

voorkomen in de aantallen van de samenstellende soorten organismen. Plotselinge en geweldige blauwalgenbloei, of een muggenplaag zal men er niet aantreffen. Wel wordt het systeem gekenmerkt door een grote variëteit van organismen, waaronder eventueel zeldzame.

Daardoor heeft het ook waarde als recreatie- en onderzoeksgebied. Van de meeste Deltabekkens is wel redelijk goed bekend welke soorten organismen erin voorkomen, maar van de onderlinge relaties tussen de soorten weet men slechts weinig af. Het valt ook niet te verwachten dat dit inzicht op korte termijn bereikt zal worden aangezien het hier zeer complexe relaties betreft.

De beheerder van het water hoeft door dit tekort aan kennis in de praktijk niet overmatig te worden gehinderd.

In eerste benadering zijn er wel een aantal voorwaarden te geven, die tot een goed aquatisch systeem kunnen leiden. Men moet hierbij voor ogen houden dat de milieufactoren ook in natuurlijke omstandigheden sterk kunnen fluctueren of een ruimtelijke variatie kunnen vertonen, en dat ze daarbij waarden bereiken die lang niet altijd optimaal zijn. Er is dus een bepaalde marge van omstandigheden, waarbinnen het systeem min of meer probleemloos functioneert.

Het gaat er maar om, zodanige grenswaarden voor deze omstandigheden te vinden, dat de organismen zich daarbinnen wel bevinden. Aangezien deze grenswaarden vanwege onze geringe kennis alleen op grond van ervaring benaderd kunnen worden, kan het zijn dat er in de loop van de tijd onder invloed van verbeterde inzichten moet worden bijgestuurd. Dit zal tot de normale procedures dienen te gaan behoren.

Een aantal van deze grensvoorwaarden, zoals die voor de verschillende bekkens in het Deltagebied zouden kunnen worden aangehouden, worden hieronder nader besproken.

Door de Duitse onderzoeker Remane is een relatie vastgesteld tussen het aantal voorkomende soorten organismen en het *zoutgehalte,* uitgedrukt in miligram chloorionen per liter, in het overgangsgebied van de Noordzee en Oostzee. Uit dit onderzoek resulteerde de inmiddels befaamde 'kromme van Remane' (fig. 1), die ook in deze Berichten al eens eerder werd afgedrukt.

We zien dat bij een chloridegehalte van 17 000 mg Cl/l of hoger het soortenaantal van zoutwatergebieden maximaal wordt; voor zoetwaterorganismen wordt dit maximum bereikt bij gehalten kleiner dan 300 mg/l.

Fig. 1. De brakwaterkromme van Remane, aangepast naar Kinne, 1971

Het kleinste soortenaantal wordt gevonden bij een chloridegehalte van 3000–4500 mg Cl/l. Het grootste deel van de bij deze concentraties aangetroffen soorten bestaat uit echte brakwatersoorten. Het aantal soorten brakwaterorganismen is veel kleiner dan het aantal zoetwater- of het aantal zoutwaterorganismen.

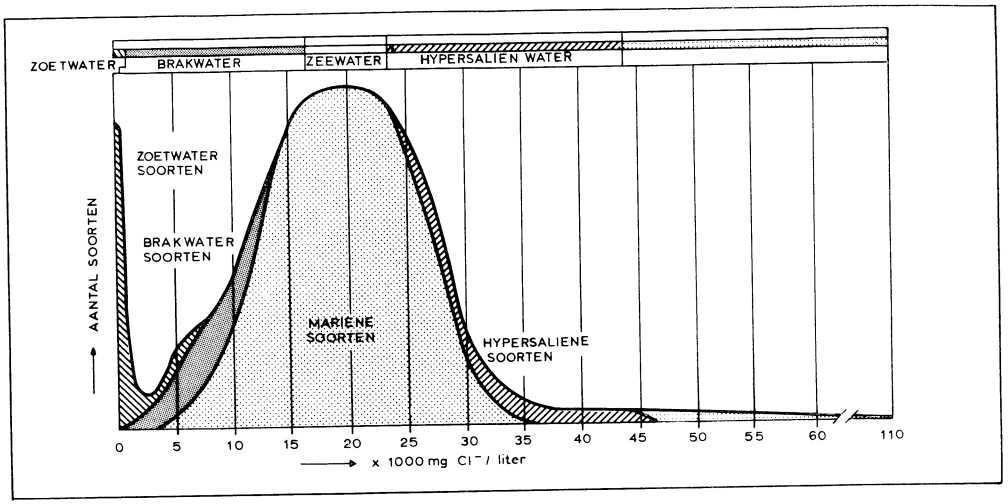
Wanneer soortenrijkdom een belangrijk criterium is, zal men derhalve moeten kiezen tussen zoet water of zout water. De kromme van Remane is opgesteld voor ongewervelde dieren, maar geldt in principe ook voor vissen, waterplanten, algen en zeewieren.

Hoe streng men deze randvoorwaarden in het Deltagebied kan toepassen is moeilijk aan te geven. Het is bijvoorbeeld een feit dat ook voor de afsluiting van het Volkerak de zoutgehalten in de Oosterschelde ver beneden de 16 000 mg Cl/l konden dalen; evenwel was de Oosterschelde ook toen zeer soortenrijk.

Toch wordt voor zoute wateren thans algemeen een minimaal zoutgehalte van 16 000 Cl/l en voor zoete wateren een maximaal zoutgehalte van 300 mg/l wenselijk geacht.

Anderzijds moet men uit de kromme niet concluderen, dat brakwatersystemen uit beheersoogpunt ontoelaatbaar zouden zijn. Zulke estuariene biotopen komen op vele plaatsen in de wereld voor en als zodanig hebben ze hun eigen waarde. Wel moet opgemerkt worden dat het geen soortenrijke stabiele systemen zijn.

Vervuiling door makkelijk afbreekbare stoffen die voorkomen in huishoudelijk afvalwater, veroorzaakt in het Deltagebied problemen door het feit dat er bij de afbraak *nutriënten* vrijkomen die eutrofiëring veroorzaken. De concentratie in een bekken van de belang-



rijkste nutriënten, fosfor en stikstof, wordt voor een belangrijk deel bepaald door aanvoer, afvoer en vastlegging in dat water.
Zoals reeds eerder in deze Berichten is besproken, heeft verhoging van de nutriëntenconcentratie vooral in zoetwaterbekkens een aantal ongewenste gevolgen. Kort samengevat kan eutrofiëring leiden tot de volgende veranderingen. Het zuurstofgehalte gaat sterker fluctueren. Dit wordt veroorzaakt door de toegenomen zuurstofproduktie overdag, maar ook door het toegenomen zuurstofverbruik vanwege de grotere biomassa van de levensgemeenschap.
Er kan zuurstofloosheid optreden in de diepe delen van gestratificeerde bekkens. Dit is op zich al een negatief te beoordelen verschijnsel; maar bovendien worden onder zuurstofloze omstandigheden veel fosfaten uit de bodem vrijgemaakt, die het eutrofiëringsproces versterken.
Er kunnen moeilijk voorspelbare, massale algensterften optreden met als gevolg sterke daling van het zuurstofgehalte, tot zuurstofloosheid toe. Het water wordt troebeler door de algenbloei, waardoor waterplanten op den duur door lichtgebrek verdwijnen. Het verdwijnen van waterplanten veroorzaakt weer het verdwijnen of afnemen van nog meer soorten organismen, die waterplanten nodig hebben voor hun voortbestaan. De levensgemeenschap wordt hierdoor armer. Verder neemt ook het aantal soorten bodemdieren en planktonsoorten af. In zoet water gaan groenwieren en blauwwieren domineren. Vooral de laatsten veroorzaken een reeks van problemen. Ze scheiden stoffen af die een onaangename reuk of smaak aan het water kunnen geven. Verder kunnen ze ook gifstoffen uitscheiden die eventueel vis- en veesterfte kunnen veroorzaken. Verder geven ze esthetisch veel bezwaren omdat ze bij bepaalde omstandigheden gaan drijven. Men krijgt dan op bepaalde plaatsen in het meer opeenhopingen van drijflagen.
Op grond van ervaring heeft men enige algemene normen ontwikkeld voor een toelaatbare en voor een kritische belasting van bekkens met fosfor- en stikstofverbindingen in relatie tot de diepte (zie fig. 2). Deze grafiek geeft slechts de grenzen aan tussen voedselarm, matig voedselarm, en voedselrijk water, maar er wordt geen verdere onderverdeling meer aangebracht in het voedselarme en voedselrijke gebied. Vooral een verdere indeling van het voedselrijke of eutrofe gebied is gewenst, omdat in Nederland de wateren van oudsher al eutroof geweest moeten zijn. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het water in de benedenloop van een rivier, waarmee onze bekkens gevoed worden, van nature reeds voedselrijker is dan hogerop in het stroomgebied. Daarbij komt nog dat de Nederlandse wateren meestal ondiep zijn in vergelijking met de buitenlandse, en dat bij gelijkblijvende nutriëntenbelasting per m^2 een ondiep bekken eerder eutroof zal zijn dan een diep (fig. 2).
De soortenrijkdom als functie van de voedselrijkdom van een bekken zal er ongeveer uitzien zoals weergegeven in figuur 3. In een nutriëntenloos meer kan geen levensgemeenschap bestaan, maar in oligotroof water kan de soortenrijkdom al hoog zijn. Hoewel het soortenspectrum sterk kan veranderen met toenemende voedselrijkdom hoeft dat in het eutrofe gebied niet het geval te zijn. Pas bij een hoge voedselrijkdom gaat de soorten-

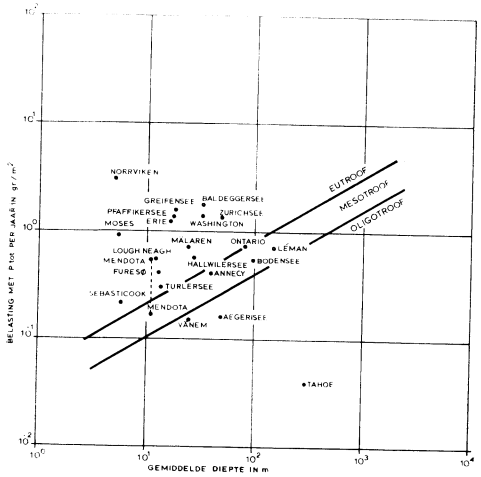


Fig. 2. Fosfaatbelasting en trofiegraad in relatie tot de diepte van een aantal meren

rijkdom afnemen tot een laag niveau. Zeer hoge concentraties van nutriënten, zoals ze in de natuur niet spoedig zullen voorkomen, kunnen zelfs vergiftig zijn. Uit het bovenstaande blijkt dat niet voor alle beheersdoelen bekend is, waar de meest geschikte randvoorwaarde ligt voor de nutriëntenrijkdom. Voor soortenrijkdom is hij nog zeker niet te geven.

Natuurlijk is het vooral belangrijk de randvoorwaarde te kennen van dat nutriënt dat door een technische maatregel, zoals fosfaatverwijdering, beperkend kan worden gemaakt. Over de eutrofiëring van zout water is veel minder bekend dan over die van zoetwaterbekkens. Waarschijnlijk zal er eenzelfde relatie gelden als voor zoet water.

Voorlopig lijken de negatieve effecten van de eutrofiëring van zout water mee te vallen. Nader onderzoek is echter dringend nodig om de grenswaarden te kunnen vaststellen.

De grote rivieren in vele Westerse landen worden vervuild met een zeer groot aantal stoffen, waaronder ook een aantal *gifstoffen.* Deze stoffen komen uiteindelijk in zee terecht, maar belasten ook de in het stroomgebied liggende bekkens en estuaria.

De vergiftigde stoffen kan men op grond van hun gedrag in het milieu in drie groepen indelen: Allereerst zijn er toxische stoffen die omgezet kunnen worden in relatief onschuldige verbindingen, zoals fenol. Dan kent men toxische stoffen die persistent zijn; als voorbeeld gelden sommige zware metalen die niet accumuleren. Ten slotte zijn er ook toxische stoffen die persistent zijn en die zich bovendien ophopen in de weefsels van organismen, zoals bijvoorbeeld gechloreerde koolwaterstoffen.

De effecten van deze stoffen zijn weliswaar goed bekend maar meestal alleen van laboratoriumonderzoek. Gegevens uit veldonderzoek laten zelden eenduidige conclusies toe. Dit maakt het opstellen van grenswaarden tot een zeer moeilijke zaak. Daarbij komt nog dat het om zeer veel stoffen gaat en dat het laboratoriumonderzoek tot nu voornamelijk overlevingsexperimenten heeft uitgevoerd, terwijl experimenteel onderzoek naar de effecten op ontwikkeling, groei en voortplanting veel relevanter is.

De enige richtlijn die men nu kan geven is dat de belasting van een meer met deze stoffen zo gering mogelijk moet zijn. De grootste aandacht moet daarbij uitgaan naar de stoffen die voorkomen op de zwarte en grijze lijsten van de internationale conventies tegen de vervuiling van de Rijn en de Noordzee, afgedrukt in het vorige Bericht, blz. 445. Bij langdurige belasting met persistente gifstoffen of nutriënten kan er een grote accumulatie in een bekken optreden. Neemt de vervuiling daarna af, dan is de kans niet uitgesloten dat een zo sterke nalevering vanuit de bodem gaat optreden, dat het ecosysteem daar nog lang de nadelige gevolgen van ondervindt.

Een bekken dat met zeer kleine hoeveelheden water ververst wordt is tamelijk geïsoleerd van zijn omgeving. Deze isolatie kan gunstig zijn in verband met de belasting met allerlei stoffen, zoals chloriden, nutriënten en toxische stoffen. Een open systeem, zoals dat van een estuarium met uitwisseling vanuit de rivier en naar zee, heeft meer mogelijkheden om invloeden te ondergaan. Dit kan ongunstig zijn, vooral bij grote nutriëntentoevoer, maar ook gunstig, door de mogelijkheid van vesti-

ging van nieuwe soorten of regelmatig optredende migraties van soorten en door de kans op verdunning van zware concentraties van stoffen in het water.
De meeste vissoorten die in estuaria en zeearmen voorkomen, planten zich er niet voort. Wanneer een estuarium wordt afgesloten, zal de zeevisfauna dus ook bij het zout houden van het nieuw gevormde meer sterk verarmen, tenzij men op een of andere manier, bijvoorbeeld met behulp van een voldoende ruim gedimensioneerd doorlaatmiddel, de verbinding met de open zee in stand houdt. In zoetwaterbekkens komen voornamelijk niet trekkende vissoorten voor, zodat wat dit betreft een zekere mate van isolatie niet bezwaarlijk is.

Wanneer na een calamiteit, bijvoorbeeld een uitzonderlijk strenge winter, vele organismen in een zoutwatermeer zouden zijn afgestorven, dan is een goede verbinding met zee noodzakelijk om het herstel te bespoedigen.
Sommige organismen kunnen door aanpassing de *fluctuatie van milieufactoren* binnen zekere grenzen overleven. Er zijn soorten die slechts een kleine marge tolereren naast soorten die minder gevoelig zijn. Het is gebleken dat er betrekkelijk weinig soorten zijn die sterke onregelmatige fluctuaties van milieufactoren verdragen.
Zulke snelle en sterke fluctuaties van milieufactoren veroorzaken dus een soortenarme levensgemeenschap. In vele estuaria waar het zoutgehalte sterk kan fluctueren, is de soortenrijkdom dan ook gering. Dit was bijvoorbeeld het geval in het open Haringvliet. Is soortenrijkdom een belangrijk beheersdoel, dan zal men sterke onregelmatige fluctuaties van milieufactoren zoveel mogelijk moeten vermijden. Anderzijds moet men zich realiseren dat milieufactoren onder natuurlijke omstandigheden altijd fluctueren, maar dan wel gelijkmatig en beperkt. Sommige fluctuerende milieufactoren kan men in afgesloten bekkens beïnvloeden. Zo kan men het zoutgehalte reguleren door inlaat van water van een bepaald zoutgehalte. Andere, zoals zuurstof- en pH-fluctuaties, kunnen direct worden verminderd door de nutriëntentoevoer te beperken. Temperatuur-fluctuaties in ondiep water zijn niet te beïnvloeden, mogelijk wel als ze veroorzaakt worden door lozingen van koelwater.
Waterstandsvariaties kunnen onderverdeeld worden in drie typen: er zijn snelle, sterke en zeer regelmatige waterstandsfluctuaties (het getij); er zijn geleidelijke waterstandsver-

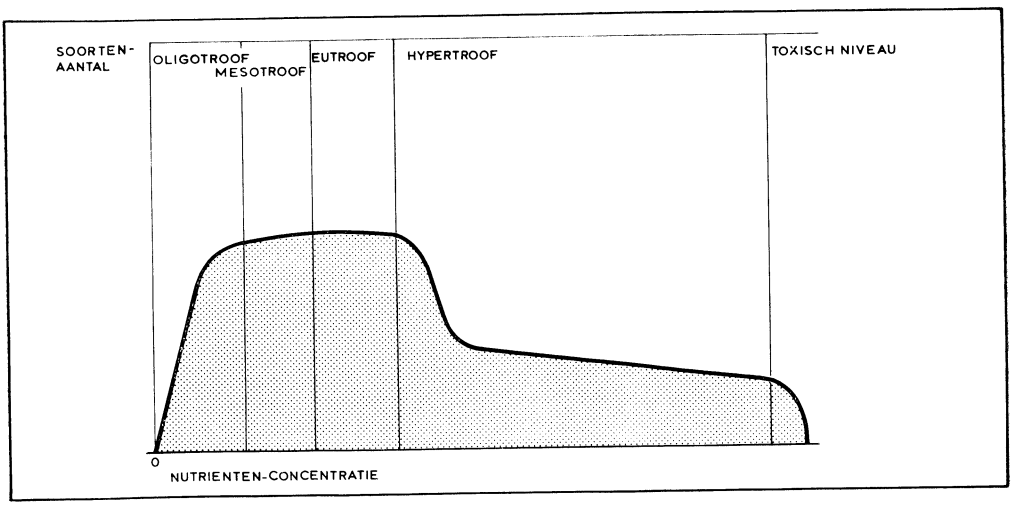


Fig. 3. Veronderstelde relatie tussen soortenrijkdom en concentratie van nutriënten

hogingen in natuurlijke meren in de herfst en de winter en er zijn onregelmatige, zeer kort durende maar sterke waterstandsverhogingen. De levensgemeenschappen in getijgebieden zijn volledig ingesteld op getijbeweging. Ook geleidelijke waterstandsverhogingen hoeven geen wezenlijke schade te veroorzaken en er zijn ook soorten die geïnundeerd land als voedsel- of voortplantingsgebied kiezen. Onregelmatige sterke waterstandsvariaties kunnen in tegenstelling tot de twee andere soorten veel schade veroorzaken aan een levensgemeenschap. Wanneer de waterstand bijvoorbeeld in de voortplantingstijd van karperachtige vissen plotseling stijgt, dan gaan deze dieren in het ondiepe water paaien. Wanneer de waterstand ook weer snel zakt kunnen de visscholen of het kuit daarna droog komen te liggen.
Anderzijds kunnen periodiek voorkomende overstromingen van vlakke oeverlanden, bijvoorbeeld ten gevolge van opwaaiing, een heel specifiek karakter aan de ontwikkeling van bepaalde gebieden geven. Maar dan vormen deze verschijnselen een onderdeel van het systeem.

De kans op *calamiteiten* door menselijk toedoen neemt toe naarmate er intensiever gebruik gemaakt wordt van de wateren. Met name ongelukken in industrie en scheepvaart zijn in dit verband van belang. Het is om deze reden gewenst drukke scheepvaartroutes en industriegebieden zoveel mogelijk te isoleren van hun wijdere aquatische omgeving. Verder zullen er goede bestrijdingsplannen en voorzieningen ter beperking van de gevolgen van calamiteiten nodig zijn, binnen toelaatbare economische grenzen.

De mens kan de aquatische levensgemeenschappen zowel direct als indirect in sterke mate beïnvloeden. Tot de directe beïnvloeding hoort de exploitatie van organismen. Sport- en beroepsvisserij en schelpdiercultuur zijn hier belangrijke voorbeelden van. Visserij betekent exploitatie van wilde populaties. Overbevissing behoort dan tot de mogelijkheden. Daar vissen een zeer belangrijke rol in een levensgemeenschap spelen, is het van belang dat er geen overbevissing van bepaalde vissoorten zal optreden.
Vooral de nog steeds toenemende sportvisserij kan bepaalde vissoorten, afhankelijk van de voorkeur der hengelaars, aanzienlijk bedreigen.
Een beperking van de vangst is dan nodig, of als alternatief het uitzetten van pootvis.

Hoofdlijnen van het aquatisch ecologisch beheer in het Deltagebied

Bij het beheer van zoete bekkens zal men *zoutinfiltratie* moeten bestrijden. De zoutbelasting is voornamelijk afkomstig van brakke polderwaterlozingen, van kwel en van het omzetten van zoet en zout water bij schutsluizen. Men kan haar bestrijden door passende voorzieningen te treffen. Hetzelfde geldt voor een zoutwaterbekken met een zekere brak- of zoetwaterbelasting. Om het zoutgehalte op een gewenst peil van zoet- of ziltheid te houden is het dus wenselijk zo weinig mogelijk èn zo klein mogelijke scheepvaartsluizen tussen zoet- en zoutwaterbekkens te bouwen en de polderwaterlozingen zoveel mogelijk af te voeren naar elders, bijvoorbeeld naar zee.
Men zal zoveel mogelijk moeten proberen de *nutriëntenbelasting* laag te houden. Het is in het praktische beheer essentieel te weten welk nutriënt het eerst beperkend zal worden voor algengroei in een bepaald bekken. Men noemt een nutriënt de beperkende factor als de groei van algen door gebrek aan dit nutriënt gaat afnemen. Zeer vaak zijn stikstof en fosfor beperkende factoren voor de groei van algen, terwijl daar voor de groep van kiezelwieren nog silicium bijkomt. Fosfor wordt in het algemeen beschouwd als de belangrijkste beperkende factor voor algengroei. In de zoute en brakke wateren van het Deltagebied, de Grevelingen, het Veerse Meer en de Oosterschelde, lijkt stikstof de belangrijkste beperkende factor. In het Brielse Meer zou het licht beperkend moeten zijn, omdat stikstof- en fosforverbindingen het hele jaar door overvloedig aanwezig zijn. Fosfor kan betrekkelijk eenvoudig door chemische binding uit afvalwater en ook uit oppervlaktewater worden verwijderd, zulks in tegenstelling tot stikstof en silicium. Alvorens een nutriëntenbeleid te kunnen voeren is het nodig dat er nutriëntenbalansen worden opgesteld.
Men kan zich dan een beeld vormen van de belangrijkste nutriëntenbronnen: afvalwaterlozingen, polderwaterlozingen, afvoer van de West-Brabantse riviertjes en ander getijwater dat van buitenaf het gebied inkomt. Ongeacht welk nutriënt beperkend is, kan men de belasting verminderen door polderwater en afvalwaterlozingen af te leiden en door de hoeveelheid verversingswater te verminderen. Zoutgehaltebeheer en nutriëntenbeheer blijken dan geheel samen te vallen. Hoe minder zout- of zoetbelasting des te minder inlaatwater heeft men nodig en des te

minder is de totale nutriëntenlast die men daarmee inhaalt.
Afleidingen van polderwater en afvalwater naar zee verminderen bovendien de directe nutriëntenbelasting.
Minimalisering van het aantal schuttingen ten behoeve van scheepvaartverkeer tussen zoute en zoete bekkens vermindert de zout- of zoetbelasting en daarmee de noodzaak van extra watertoevoer voor zout- of verzoetingsbestrijding. Naast de tot nu toe genoemde mogelijkheden om de belasting van het water met welke ongewenste stoffen dan ook te verminderen, kan men ook het afvalwater en het rivierwater gaan defosfateren.
Bij een getijdebekken heeft men geen gelegenheid de nutriëntenbelasting vanaf de zeezijde te beperken. Als de concentratie in het kustwater stijgt, neemt ook de belasting in het getijdebekken toe. Het is echter niet juist de belasting door het getij te vergelijken met andere belastingsbronnen. Immers in het zeewater leeft al een algengemeenschap die nutriënten opneemt en vastlegt. De accumulatie van nutriënten zal in een beperkt getijdensysteem groter zijn dan in een normaal getijdengebied.
Hoe men deze accumulatie moet beoordelen is nog niet bekend, maar een adequaat nutriëntenbeleid houdt wel in dat men ook voor een bekken met beperkt getij z'n maatregelen moet nemen voordat het in functie is, om het gevaar van al te grote accumulatie en de daaruit voortkomende mobilisatie naderhand te voorkomen.
De gunstige onbelaste uitgangstoestand moet men zoveel mogelijk behouden.
Beperking van de belasting met *toxische stoffen* kan alleen bereikt worden door verbodsbepalingen en door de vermindering van de waterinlaat in afgesloten wateren.
In getijdenbekkens kan men geen invloed op de belasting uitoefenen. In een gedempt getijdenbekken zal een sterkere accumulatie optreden dan in een normaal getijdengebied vanwege sedimentatie van slib waarin de toxische stoffen geadsorbeerd zitten.

Een waterbeheerder zal proberen zoveel mogelijk belangen te dienen en daarbij tegelijk eventuele toekomstige gebruiksmogelijkheden openhouden. Hij wil dus een ecosysteem dat aan zoveel mogelijk functies kan voldoen. Hoe meer functies een systeem moet vervullen des te moeilijker zal het echter zijn die functies optimaal te laten verlopen. Sommige functies zijn goed verenigbaar met elkaar; andere weer niet of minder. De mate van verenigbaarheid van functies hangt meestal af van de moeite die men moet doen om ze op dezelfde plaats te verenigen.
Een zoetwaterecosysteem biedt het grootste aantal functie-mogelijkheden, vooropgesteld dat het aan hoge milieuhygiënische eisen voldoet. Het kan echter niet voldoen aan die specifieke functies die onverenigbaar zijn met zoet water zoals de schelpdiercultuur, de zoutwatervisserij, en het behoud van bepaalde rijke zoutwatergetijde-levensgemeenschappen.
Wanneer men alle belangen tot hun recht wil laten komen zal het noodzakelijk zijn functiescheiding of verdeling van de ruimte toe te passen.
Dit betekent dat onverenigbare functies in afzonderlijke bekkens moeten worden uitgeoefend. Binnen deze bekkens zullen dan gebruikscompromissen moeten worden bereikt, dat wil zeggen dat de intensiteit van één functie een bepaalde waarde niet mag overschrijden. Het aantal motorboten zal bijvoorbeeld beperkt moeten worden om geen schade toe te brengen aan andere functies, zoals de levensgemeenschap of de oeverrecreatie. Verder moet men bedenken dat met de keuze voor een bepaalde bestemming ook die van andere bekkens min of meer vastgelegd kan worden. Zo is bijvoorbeeld een zoute Oosterschelde niet of slechts zeer moeilijk te combineren met een zoet Veerse Meer.

Drie jaar Grevelingenmeer

In de Berichten 59, 61, 65 en 66 (februari en augustus 1972, augustus en november 1973) werd aandacht besteed aan de ontwikkelingen die het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer doormaakte na de afsluiting van dit water op 1 mei 1971.
Het is de bedoeling om deze ontwikkeling ook in de toekomst verder op de voet te volgen en daarvan regelmatig in deze Berichten verslag te doen. Nu ruim drie jaar verstreken zijn na de afsluiting, begint er ook wat meer tekening te komen in de ontwikkeling van drooggevallen platen, slikken en aangrenzende schorren.
Derhalve zal in het vervolg naast de beschouwingen over het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer ook melding worden gemaakt van de verdere ontwikkelingen van het terrestrische milieu in dit bekken.

Sinds de mededelingen van een jaar geleden hebben zich in het aquatisch milieu wel weer veranderingen voorgedaan, echter niet op grote schaal. Allereerst dient iets te worden gezegd over de stofhuishouding van het meer. Uit de algemene beschouwingen over aquatisch milieubeheer in het eerste artikel van dit Bericht blijkt al wel van hoeveel belang de stofhuishouding is voor de ontwikkeling van een goed aquatisch milieu. Van allerlei kanten kunnen stoffen in het meerwater terecht komen: via polder- en afvalwaterlozingen, opgelost in inlaat- en schutwater en zelfs met de neerslag uit de lucht. De toevoer van deze stoffen noemt men de belasting, uitgedrukt in grammen van een bepaalde stof per m^2 per jaar. Deze stoffen kunnen ofwel in het water opgelost blijven, ofwel door bezinking of anderszins in het bekken achterblijven. Dit laatste noemt men accumulatie, eveneens uitgedrukt in grammen/m^2/jaar. Voedingsstoffen kunnen overigens ook tijdelijk in organismen zijn opgeslagen. Bezonken materiaal kan na kortere of langere tijd weer stoffen aan het bovenstaande water afgeven; dit proces wordt mobilisatie genoemd. Een stofbalans geeft aan hoeveel stoffen naar een bekken worden toegevoerd, eruit verdwijnen er in accumuleren, en dergelijke meer. Tabel 1 en 2 geven een dergelijke stofbalans voor de belangrijkste voedingsstoffen: fosfor (als P-totaal) en anorganische stikstof (als NO_3– en NH_4+) in het Grevelingenmeer. Deze tabellen tonen het merkwaardige feit dat de accumulatie of omzetting der fosfaten in 1972 en die van anorganische stikstof in 1972 en 1973 groter zijn geweest dan de bruto belasting. Er accumuleert dus meer dan er wordt aangevoerd.

Accumulatie van stoffen treedt in elk meer op, maar in een normaal geval altijd in mindere mate dan de bruto belasting bedraagt. Wanneer de accumulatie groter is dan de belasting, moet de concentratie van de betreffende stof in het water afnemen. In grote lijnen blijkt dit ook wel voor de anorganische stikstof, als we de waarden in de winter voor de verschillende jaren bekijken. Het beeld in de grafiek wordt enigszins vertroebeld doordat de gehalten anorganische stikstof ook met de seizoenen variëren.

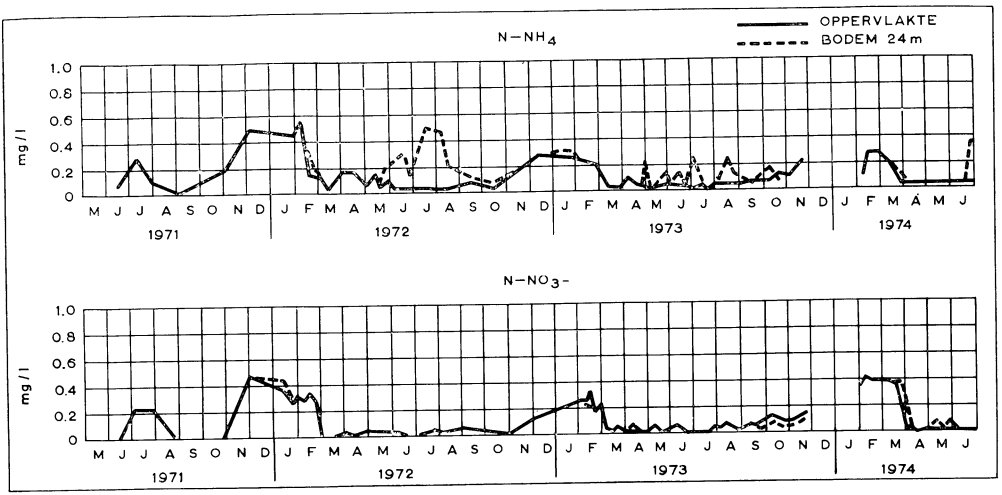
Tabel 1: Balans van alle fosfaten in het Grevelingenmeer

	2e helft 1972	2e helft 1973
bruto belasting (tonnen)	12,0	19,9
bruto belasting per oppervlakte-eenheid (g/m^2/$^1/_2$ jaar)	0,11	0,18
accumulatie (tonnen)	78,0	9,35
accumulatie per oppervlakte-eenheid (g/m^2/$^1/_2$ jaar)	0,72	0,09

Tabel 2: Balans van anorganische stikstof in het Grevelingenmeer

	1972	1973
bruto belasting (tonnen)	100,8	114,0
bruto belasting per oppervlakte-eenheid (g/m^2/jaar)	1,0	1,2
omzetting in tonnen	265,0	153,5
omzetting per oppervlakte-eenheid (g/m^2/jaar)	2,45	1,42

1



2

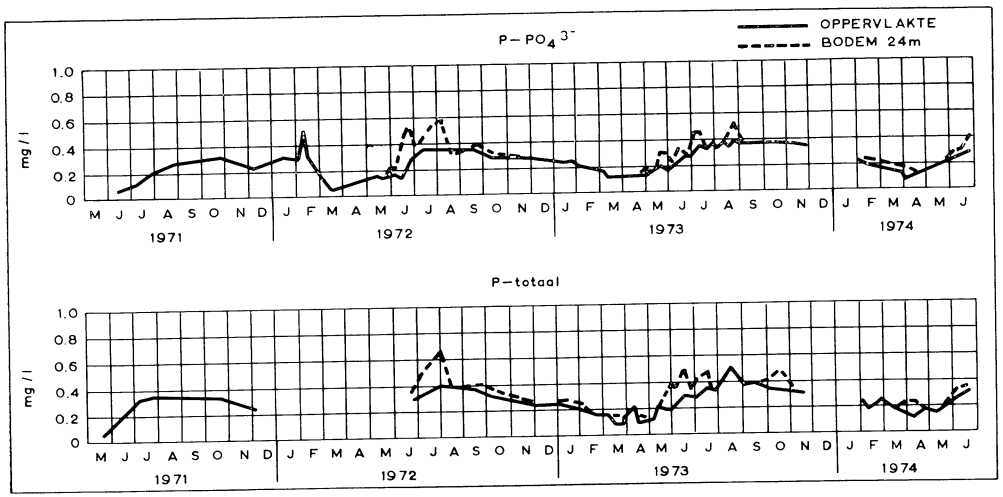


Fig. 1. Verloop van de concentratie van anorganische stikstof in de periode 1971–1974

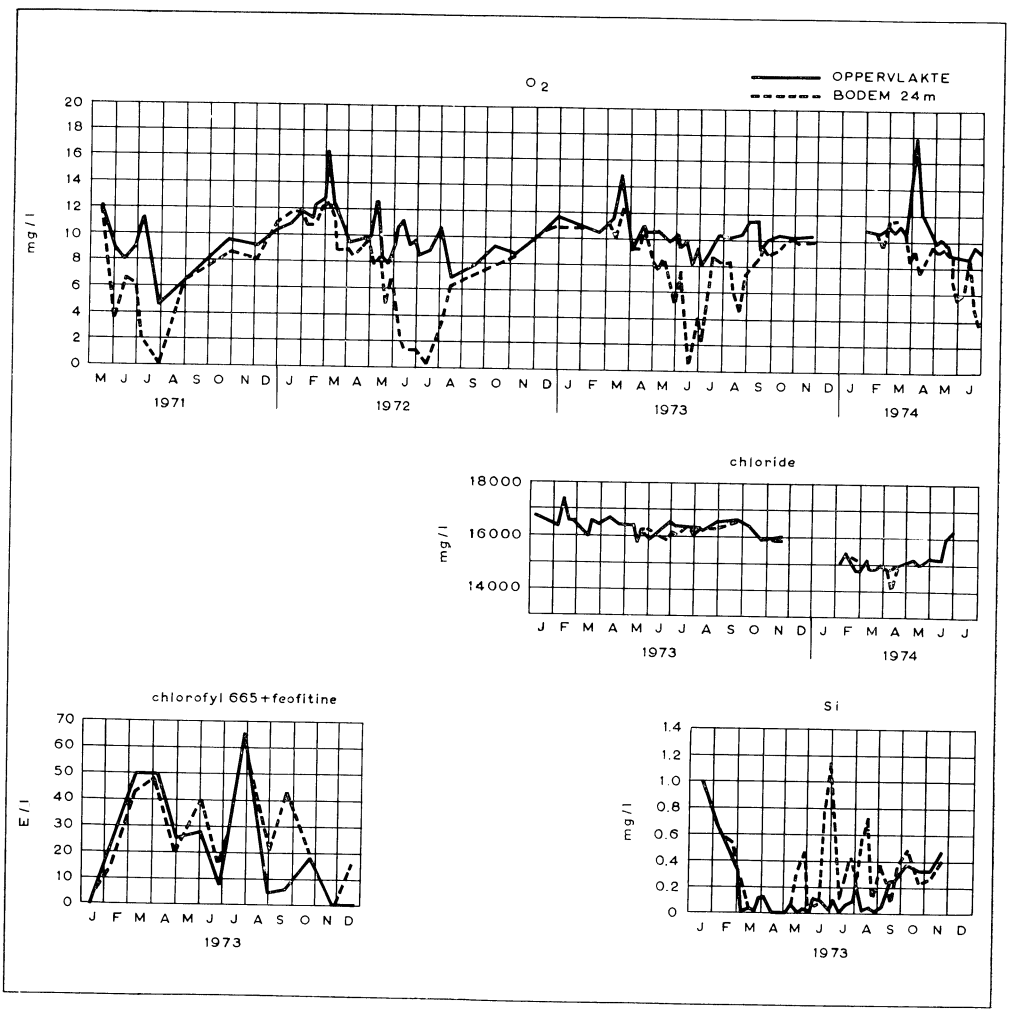
Fig. 2. Verloop van de concentratie van fosfaten in de periode 1971–1974

Reeds in januari begint het anorganische-stikstofgehalte af te nemen om gedurende voorjaar en zomer zeer laag te blijven. Pas in oktober begint het weer toe te nemen. Dit geldt overigens ook voor silicium. Zulke seizoensfluctuaties worden toegeschreven aan de fytoplanktongroei, waardoor veel anorganische stikstof en silicium wordt vastgelegd, zodat de concentraties in het water verminderen. De jaarlijkse geleidelijke vermindering van anorganische stikstof kan enerzijds daarmee worden verklaard, dat de stikstof in allerlei organismen, zoals zeegras, zeewier en bodemdieren wordt vastgelegd, maar anderzijds vooral ook door denitrificatie. Bij dit proces vormen bacteriën gasvormige stikstof (N_2) uit nitraat (NO_3^-). Zij doen dit door zuurstofatomen uit het nitraat los te maken en te gebruiken voor de afbraak

van organische stof, onder zuurstofloze omstandigheden. Dit proces kan in de bodem, maar ook in gestratificeerde putten optreden. De seizoen-gebonden verminderingen van anorganische stikstof en opgelost silicium lopen min of meer parallel. Dit wijst erop dat ze vooral veroorzaakt worden door kiezelwieren. Onderzoek van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke heeft dat vermoeden bevestigd. Kiezelwieren hebben in tegenstelling tot andere algen silicium nodig voor de opbouw van hun pantsertjes. Een andere aanwijzing in dezelfde richting vormt het chlorofylgehalte, dat te beschouwen is als een maat voor de fytoplanktonbiomassa. Ook hier zien we al zeer vroeg in het voorjaar een toeneming, en een sterke vermindering tegen het einde van augustus. Uit onderzoek naar de primaire

Webvormige schimmel op een afgestorven Spons. Op de achtergrond Weduweroosjes, een soort Zeeanemonen

Fig. 3. Verloop van de concentraties van zuurstof, zout, chlorofyl en feofetine en silicium in een aantal jaren





produktie door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek is gebleken dat het produktieseizoen in de Grevelingen na de afsluiting vroeger begint dan daarvoor. Vroeger trad de maximale voorjaarsproduktie op in april, en nu in maart. De oorzaak van dit verschil ligt in de verminderde troebelheid van het nu vrijwel stilstaande water. De omvang van de jaarproduktie van algen verschilt echter in de jaren voor en na de afsluiting nauwelijks.
Het fosfaatgehalte in het Grevelingenmeer vertoont een opvallend verloop. De concentratie is in verhouding tot die van anorganische stikstof hoog. Zeer merkwaardig is het verloop van de orthofosfaat- en totaalfosfaatconcentraties in 1972, 1973 en 1974. Van januari tot maart neemt deze concentratie af, om vanaf ongeveer mei weer toe te nemen, en na september weer langzaam af te nemen.
Dit verloop is juist tegengesteld aan de verwachting. In de zomer wordt door algen immers ook veel fosfaat gebruikt. De totaalfosfaatbalans van de 2e helft van 1972 is daardoor moeilijk te verklaren. Het is wel zeker dat fosfaat in de Grevelingen niet beperkend werkt op de algengroei. Daarvoor is de minimale orthofosfaatconcentratie nog te hoog; bovendien begint in de voorzomer het orthofosfaat juist toe te nemen.
De invloed van nutriënten zoals hierboven beschreven, beperkt zich tot de kwantitatieve aspecten van de levensgemeenschap, namelijk de omvang van de primaire produktie en van de maximale biomassa van verschillende organismen. De nutriënten oefenen echter ook invloed uit op de kwalitatieve samenstelling van de levensgemeenschap. Dit is vooral duidelijk in zoete wateren (zie Bericht 67, februari 1974). Echter ook in zout water kunnen sterke verschuivingen in de samenstelling van de levensgemeenschap optreden. Van zeer grote betekenis voor de samenstelling en de soortenrijkdom van de levensgemeenschap is het zoutgehalte. De kromme van Remane toont een verband tussen soortenrijkdom en zoutgehalte. Tussen 16‰ en 4,5‰ neemt het soortenaantal sterk af met het zoutgehalte. Als men voor een zout Grevelingenmeer kiest, dan moet het zoutgehalte er dus liefst boven de 16‰ liggen. Maar hoe verliep het chloridegehalte van de Grevelingen in 1973 en 1974?
In 1973 schommelde de concentratie tussen ± 16 en meer dan 17‰. In het voorjaar van 1974 daalde de concentratie zelfs beneden de 15‰, om in juli van dit jaar weer te stijgen tot 16‰. De laagste concentraties in 1974 zijn dus lager dan die in 1973. Dit duidt op een geleidelijke daling van het zoutgehalte onder invloed van de zoetwaterlast.

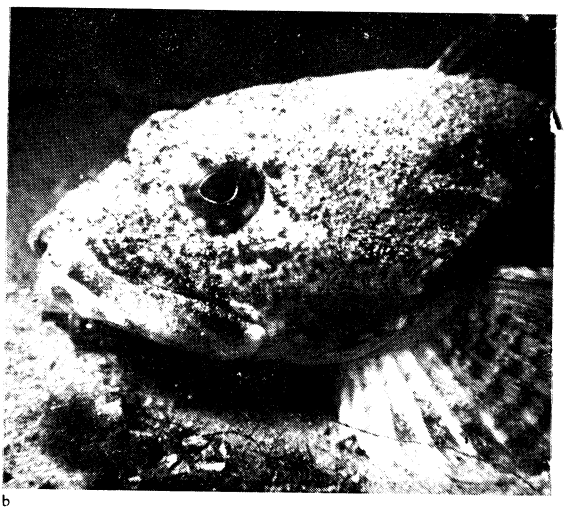
Deze daling zal doorgaan, totdat er voldoende zout water kan worden ingelaten, dat wil zeggen totdat de sluis in de Brouwersdam gereed is. Steeds verdergaande verlaging van het zoutgehalte zal uiteindelijk leiden tot vermindering van het aantal soorten organismen. Tot nu toe zijn er echter geen duidelijke gevolgen van het verminderde zoutgehalte voor de levensgemeenschap aanwijsbaar. Het zoutgehalte van het Grevelingenmeer zal in ieder geval nooit lager hoeven te zijn dan dat van het Zijpe, waarmee het meer via de sluis bij Bruinisse verbonden is.
Na de afsluiting is de levensgemeenschap nogal veranderd. Allereerst stierven alle organismen in de hogere delen van de getijzone, zowel zeewieren als allerlei bodemdieren. Ook in de diepere geulen trad sterfte op bij de bodemdieren door daling van het zuurstofgehalte.
Na de afsluiting trad herstel in. Er ontstond een levensgemeenschap waarin 50% voorkwam van de bodemdieren, 60–70% van de zeewieren en 80% van het fyto-enzoöplankton dat men in een getijde-estuarium aantreft.
Ook de visfauna is bezig te verarmen. Bij onderzoekingen van het Delta Instituut vond men tussen 1960 en 1970 32 soorten, in 1971 26, in 1972 25 en in 1973 23 soorten. Daarnaast namen vele van deze soorten ook kwantitatief af. Toch wordt er op dit moment door sportvissers nog veel platvis gevangen, zoals bot, schar en schol. Dit zal zonder tegenmaatregelen niet zo door kunnen gaan omdat het

niet waarschijnlijk is dat deze vissoorten zich in de huidige situatie in het Grevelingenbekken zullen voortplanten. Uiteindelijk zullen bij gelijkblijvende omstandigheden in de Grevelingen vermoedelijk 10–15 vissoorten regelmatig voorkomen, maar de aantallen van de meeste van deze soorten zullen niet groot zijn. De Puitaal is een van de weinige soorten die algemeen voorkomt. Ook bij de bodemdieren zijn er soorten die gewoonlijk alleen door migratie vanuit zee in de zeearmen voorkomen en die dus waarschijnlijk geheel zullen verdwijnen. Voorbeelden hiervan zijn Inktvissen, en Noordzee- en andere krabben. Het is zowel bij de vissen als bij andere organismen bijzonder moeilijk, zo niet onmogelijk, te bewijzen of ze zich voortplanten. Men kan natuurlijk wel aanwijzingen vinden dat er geen of weinig voortplanting plaats vindt, als men



a

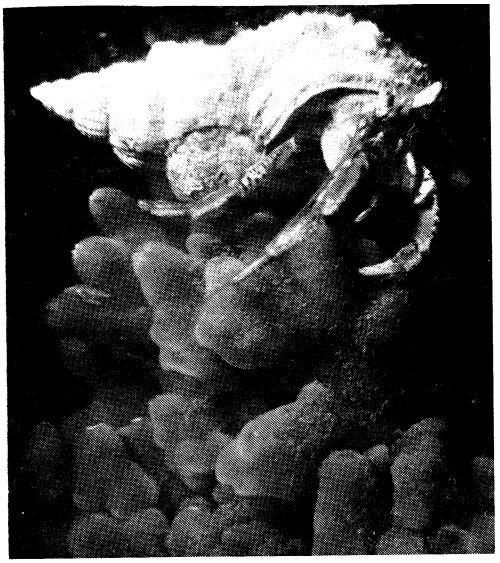
geen jonge dieren meer vindt. Zo lijkt uit voorlopige, ongepubliceerde waarnemingen van het Delta Instituut dat de Kleine Zwaardschede, een schelpdier, geheel uit de Grevelingen verdwijnt. Van andere soorten, zoals de Gewone zeester en het Nonnetje, eveneens een schelpdier, bestaat de indruk, dat er weinig of geen voortplanting plaatsvindt, hoewel beide soorten nog voorkomen. Van sommige soorten bestaat de zekerheid dat ze zich in voldoende mate voortplanten: Oesters, Mossels, Kokkels, Wadslakjes, Fuikhoorns, Aliekruiken, Garnalen en vele andere. De inlaat/spuisluis in de Brouwersdam zal de situatie veranderen. Indien het Grevelingenmeer zout blijft, kan deze sluis zorgen voor rechtstreeks contact met het kustwater, zij het op beperkte schaal.
Er valt thans nog niet bij benadering te voorspellen, welke invloed dit op het Grevelingenmeer zal hebben.
De getijdegebonden wiersoorten, zoals de Fucus-soorten (Knotswier) zijn na de afsluiting verdwenen, en zullen ook nadat de sluis gereed is wel niet meer terugkomen. Maar vele andere soorten zijn blijven leven. Het zeegras is na de afsluiting flink toegenomen en bedekt vrij grote oppervlakten van ondiep water. In de zeegrasvelden komen ook veel rood- en bruinwieren voor en het groenwier Chaetomorpha. Verder zijn er flinke vegetaties van bruinwieren en roodwieren, die weliswaar een kleine biomassa hebben, maar toch nog een vrij grote oppervlakte innemen. Plaatselijk belangrijk zijn vegetaties van de groenwieren Chaetomorpha en Ulva (zeesla). Het Grevelingenmeer bevindt zich thans nog volop in een ontwikkelingsstadium, gekenmerkt door min of meer grote schommelingen in allerlei chemische en biologische verschijnselen. Het inlaten van zeewater via de Brouwersdam zal voor het meer een nieuwe situatie scheppen, omdat via het inlaatwater ook vele organismen binnen kunnen komen. De eindsituatie van het meer kan thans nog niet voorspeld worden. Wel wordt nog menig interessante ontwikkeling verwacht, zowel in het aquatische als in het terrestrische milieu.



b

Het terrestrische milieu

Door het wegvallen van het getij veranderde het milieu van de buitendijkse gebieden plotseling en ingrijpend. Dit kwam tot uiting in het verdwijnen van kenmerkende levensvormen uit het oorspronkelijke systeem en de ontwikkeling van nieuwe levensvormen op de vrijgekomen plaatsen. In het volgende



c

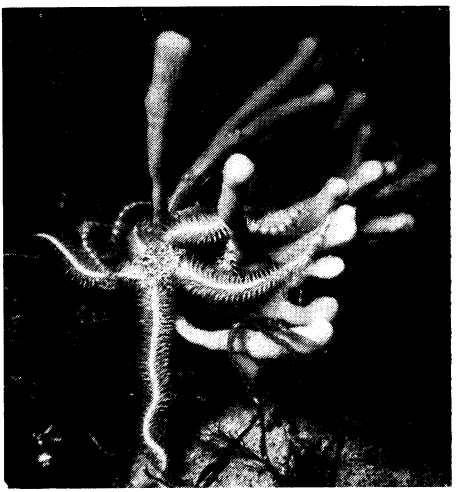
a. Puitaal

b. Zeedonderpad

c. Heremietkreeft op Geweispons

d. Geweispons met Brokkelster

Het aantal plantensoorten dat in dit milieu kan leven, is beperkt. Tot heden worden er vegetatie-zones aangetroffen die van elkaar te onderscheiden zijn in soortensamenstelling en bedekking.
De oeverzone is doorgaans nog onbegroeid, met uitzondering van een enkele Zeekraalplant. Wel bieden dikke veekpaketten de mogelijkheid tot het ontwikkelen van nieuwe vegetatietypen. Geleidelijk meer het land op vindt men een begroeiing van Zeekraal, die aanvankelijk spaarzaam was, maar thans van jaar tot jaar in dichtheid toeneemt en zich sprongsgewijs meerwaarts uitbreidt. Op de hogere delen in de nabijheid van het schor en op overstoven veekresten heeft Schorrekruid een goed vestigingsmilieu gevonden. Ook deze soort breidt zich met het dichter worden van de Zeekraalvegetatie meerwaarts



d

zal worden ingegaan op de vegetatie-ontwikkelingen die na de afsluiting hebben plaatsgevonden op de drooggevallen gebieden in het Grevelingenmeer. Per landschapseenheid zullen deze ontwikkelingen kort worden beschreven.

Lage op- en aanwassen

Deze gebieden, die liggen tussen N.A.P. − 20 cm tot + 50 cm, worden periodiek met meerwater overspoeld. Het meer kent namelijk peilverschillen, die worden veroorzaakt door neerslag en verdamping, doch ook door verhang, dat optreedt tijdens aanhoudende wind. Grote delen van de lage platen worden periodiek beïnvloed door opwaaiend meerwater. Dit heeft tot gevolg, dat in de bodem een bovenlaag ontstaat met sterk wisselend zoutgehalte.

uit. Hierbij valt op, dat Schorrekruid voornamelijk groeit op minieme terreinverhogingen, bij voorbeeld op ingevangen zand achter een Zeekraalplantje. In 1974 werd geconstateerd dat zich vanuit het primaire schor en tussen de zogenaamde Spartinaduintjes plaatselijk massaal Schijnspurriesoorten meerwaarts uitbreiden. Op twee plaatsen is geconstateerd, dat ook Zeeaster zich vanaf het schor op het lage slik uitbreidt.
De kreken en prielen die vanaf de oeverlijn diep het slik indringen worden nog omgeven door een onbegroeide zone, die geleidelijk overgaat in bovengenoemde vegetaties. De verdere ontwikkeling van de vegetatie zal mede afhankelijk zijn van de mate en frequentie van overspoeling, doch het huidige pionierstadium zal zich nog zeker verder ontwikkelen. Door het invangen van sedi-

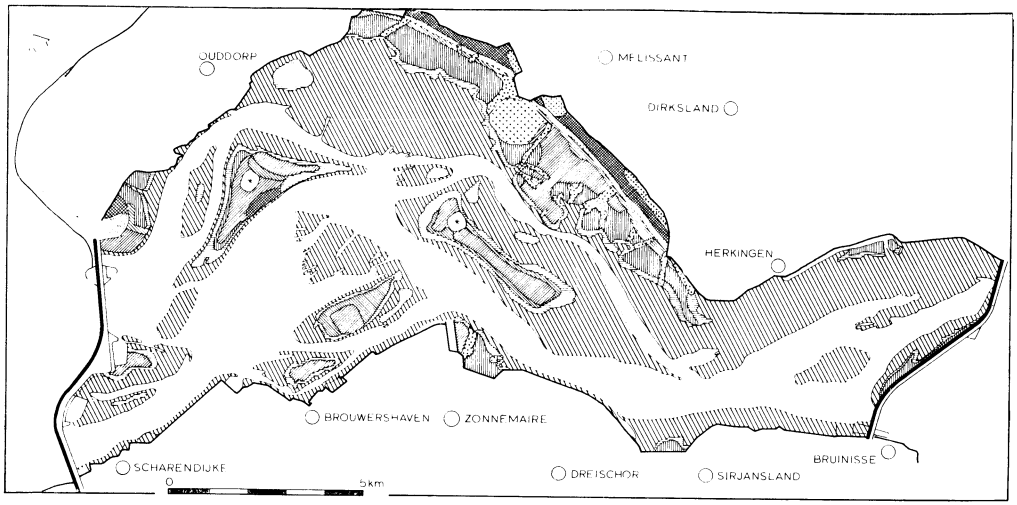
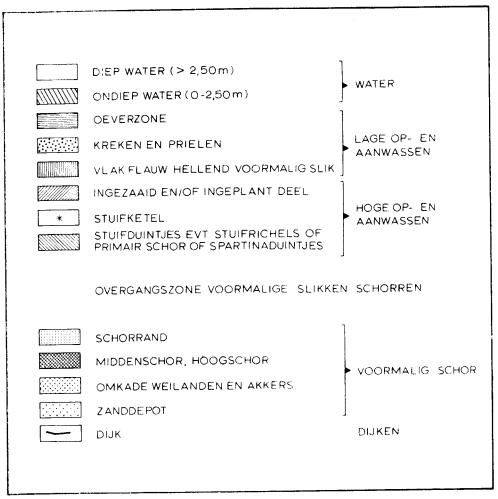


Fig. 4. Landschapseenheden in het Grevelingenmeer

menten zal op den duur de invloed van het meerwater, mede door de weerstand van de toenemende vegetaties, geremd worden. Uiteindelijk zal een evenwichtssituatie ontstaan. De vegetatie zal zeker de eerste tijd een laag en kruidachtig karakter blijven behouden en veel zoutminnende en zouttolerante soorten bevatten.
Dit grootschalige landschapstype wordt veel gevonden op de Slikken van Flakkee, de Slikken bij Battenoord, voor Dijkwater en Bommenede, tussen Springersgors en Preekhilpolder, en aan de noord- en noordoostzijde van respectievelijk de Hompelvoet en de Veermansplaat. Kreken worden, behalve op de Slikken van Flakkee, aangetroffen op de Slikken bij Bommenede.

De hoge op- en aanwassen

Dit zijn die delen van de drooggevallen zandaanwassen en platen, die door hun ligging tussen N.A.P. + 50 cm en + 1 m voor altijd buiten de directe invloed van het meerwater zijn komen te liggen. Grenst zo'n hoger deel aan een geul van het meer, dan kunnen afslagoeverranden ontstaan. Hoge op- en aanwassen treft men aan op het middendeel van de Slikken van Flakkee, de zuid- en noordwestoever van de Hompelvoet, delen van de noord- en westoever van de Veermansplaat en delen van de Stampersplaat, de Dwars-in-de-weg, de Kabbelaarsbank en de Slikken bij Bommenede.
Door windinvloed kunnen grote delen van de oeverzone over een breedte van 100 m onder invloed van zout stuifwater komen te staan. De zoutinvloed wordt weerspiegeld in de soorten die men op dergelijke oeverzones aantreft. Dit zijn op de lagere delen Zeekraal en meer hoger en landinwaarts voornamelijk Schorrekruid, Zeeaster, Schijnspurriesoorten, Loogkruid, Strandmelde, Ganzevoetsoorten, Rood zwenkgras, Melkkruid, Zeeraket, Hertshoornweegbree en zo hier en daar Helm, Biestarwegras of Strandkweek. Deze vegetatie verkeert in een zodanig pionierstadium, dat van enige relatie tussen de planten nog nauwelijks sprake is. De soortensamenstelling omvat vertegenwoordigers van uiteenlopende vegetatietypen. Een prognose over de ontwikkelingen is moeilijk te geven, doch het halofiele karakter zal blijven.
Op andere plaatsen is er een geleidelijke overgang van de lage naar de hoge delen. Voorbeelden hiervan zijn te vinden aan de noordoostkant van de Veermansplaat, de noordzijde van de Hompelvoet, delen van de Slikken van Bommenede, de Dwars-in-de-weg



en de Stampersplaat; op de Slikken van Flakkee vindt men enkele diepe inhammen. Deze gebieden liggen doorgaans aan de lijzijde van de eilanden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het halofiele element op deze gebieden vrijwel ontbreekt, of alleen daar gevonden wordt waar de ontzilting nog niet geheel voltrokken is. Op die delen van de hogere op- en aanwassen die niet onder invloed staan van stuifwater en wel ontzilt zijn, hebben diverse soorten planten een grotere vestigingskans gehad. Soorten die hierop voor kunnen komen zijn: Loogkruid, Bleekgele droogbloem, Grote weegbree, Reukloze kamille, diverse Melkdistel- en Basterdwederiksoorten, Veldbeemdgras en Ruwbeemdgras, Rood zwenkgras, Fioringras, Engels raaigras, Riet en Duinriet, Kruipende en Blaartrekkende boterbloem, Canadese fijnstraal, Klein kruiskruid, Akker- en Speerdistel, Klein hoefblad, Klein streepzaad, Paardebloem, Gewone raket, Spiesmelde en Rode klaver. Ook heeft hier en daar spontane opslag van houtige gewassen als Kruipwilg, Boswilg, Schietwilg, Grauwe wilg, Katwilg en Duindoorn plaatsgevonden. In die gebieden waar zout kennelijk nog wel een rol speelt, zijn halofiele soorten zoals Zeeaster, Zilte schijnspurrie, Loogkruid, Hertshoornweegbree, Strandmelde, Melkkruid en Zeeraket aangetroffen.

Vrij kort na het droogvallen zijn stuifschermen van rijshout geplaatst. Hierdoor ontstonden hogere of lagere stuifrichels, waar op enkele plaatsen rijshout is uitgelopen en tot jonge Katwilg- en Schietwilgboompjes uitgegroeid. Om verdere duinvorming te stimuleren werd plaatselijk Helm of Biestarwegras ingeplant. Zeer grote oppervlakten van het gebied zijn ingezaaid met een mengsel van eenjarige granen – Rogge of Gerst – en meerjarige grassoorten, zoals Engels raaigras, Veldbeemdgras, Rood zwenkgras, Rietzwenkgras, Ruwbeemdgras, Fioringras en hier en daar Witte klaver.

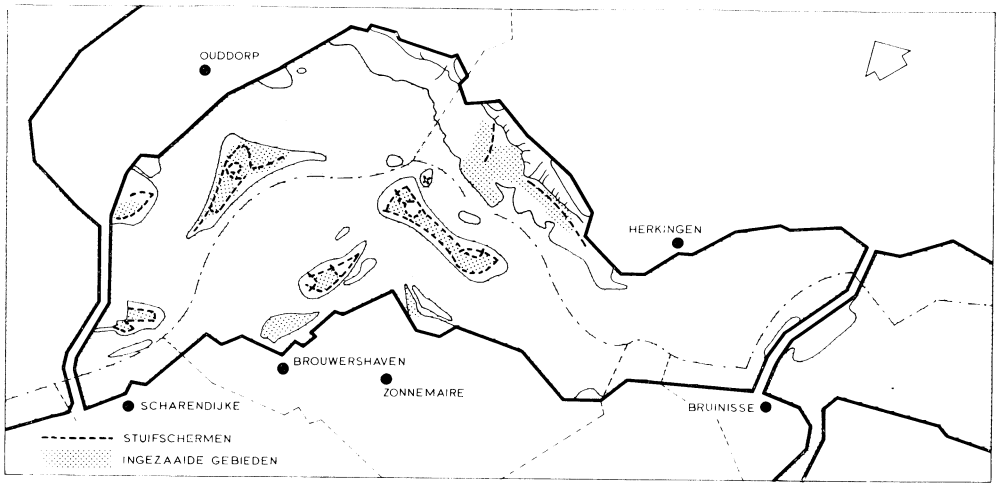
Uiteraard werden op deze wijze ook onbedoeld sommige andere planten ingevoerd, zoals Echte kamille, Vogelmuur, Eruca, Uitstaande melde en Hoornbloem.

Door het ineggen van strobanen en het mechanisch inzaaien van graan/grasmengsels is de aanwezige geomorfologische differentiatie grotendeels genivelleerd en zijn potentieel waardevolle winderosieprocessen gestopt. Uitgestrekte vlakke gebieden zijn nu begroeid met een grasdek dat zeer eenvormig en tot op heden soortenarm is. Veelal zijn slechts de ingezaaide soorten opgekomen en dan nog wel uitsluitend op de zaairichels.

In de door de zaairichels ingesloten laagten heersen omstandigheden die ongunstig zijn voor nieuwe soorten of voor uitbreiding van aanwezige grassen op de richels. Hier treden onder meer grote vochtverschillen op door neerslag en verdamping met als gevolg dat de bovengrond dichtslempt. Vaak wordt in deze voren slechts Krulmos aangetroffen. Vestiging van nieuwe soorten op de richels wordt ook bemoeilijkt door het zogenaamde massa-effect van de bestaande begroeiing.

De menselijke ingrepen hebben een merkwaardig, maar uiterst onnatuurlijk patroon van zeer smalle banen of vierkantjes met grassen doen ontstaan. Soorten die zich hier en daar wel gevestigd hebben zijn Duindoorn (vooral op de Hompelvoet), Rode klaver, Gewone hoornbloem, Akkerdistel, Canadese fijnstraal, Reukloze kamille, Echte kamille, Klein kruiskruid, Ruwe melkdistel, Paardebloemsoorten, Klein hoefblad, Kropaar en op de gebieden met enige zoutinvloed Zeeaster, Spiesmelde, Stomp kweldergras en Zilte schijnspurrie. Door extensieve beweiding kan in de toekomst meer differentiatie worden verwacht. Wegens de bezwaren die uit een oogpunt van milieubeheer tegen deze vervlakking bestaan, is op de Hompelvoet een deel van het ingezaaide plantendek weer met de bulldozer weggeschoven. Men riep daarmee bewust opnieuw verstuiving op, met het doel de duinvorming te stimuleren en vochtige duinvalleien te creëren. De uitstuiving op de Hompelvoet is niet verder gegaan dan de bovenste 15 cm. Toen was de concentratie schelpen aan de oppervlakte zo groot, dat de verstuiving ophield.

Ook op de Veermansplaat is, door eggen van grote oppervlakten, de verstuiving aan de



5

gang gehouden. Hier gaat de verstuiving nog verder en zijn de duinrichels aangegroeid tot enkele meters hoog. De hoogte van de stuifduinen elders in het Grevelingenmeer overschrijdt slechts zelden de 1 tot 1½ m.
De begroeiing van de stuifgebieden is nog zeer ijl. Soorten die hier worden aangetroffen zijn Loogkruid, Bleekgele droogbloem, Strandmelde en Zeeraket. Op de nieuwe duinen wordt behalve Biestarwegras of Helm, ook Zeeraket, Klein kruiskruid, Knopherik, Reukloze kamille, Akkerdistel en Speerdistel aangetroffen.
Op de hoge op- en aanwassen kunnen, afhankelijk van inrichting en beheer, groot- of kleinschalige landschappen ontstaan met een open of parkachtig karakter. Dit kunnen bij voorbeeld lage kruidachtige, struweelachtige of bosachtige vegetaties zijn. Door de veelheid van mogelijkheden is een prognose moeilijk te geven.
De overgangszone van zandplaat naar schor wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van primair schor of van Spartinaduintjes, die zijn ontstaan doordat pollen van de pioniersoort Engels slijkgras (Spartina) na de afsluiting zand hebben ingevangen. Dit landschapstype komt alleen voor op de Slikken van Flakkee. Vegetatiekundig vormen deze duintjes nog geen eenheid; ze bestaan uit een veelheid van typen. In 1972 werden er 60 soorten hogere planten op aangetroffen. Slechts Zeeaster, Spiesmelde, drie soorten Kweldergras, Krulmos, Zeekraal, Klein kruiskruid, Engels slijkgras en Schorrekruid kwamen op meer dan één plaats in overvloed voor. In 1973 werden ongeveer even veel soorten aangetroffen, doch vele van de zout-indicerende plantensoorten kwamen toen in geringere hoeveelheden voor. Op de duintjes zelf worden verschillende vegetatiezones onderscheiden.
Tussen de Spartinaduintjes op het slik ontwikkelden zich vegetaties waarin bij voorbeeld Zeekraal, Zilte schijnspurrie, Zeeaster en zo hier en daar Kruiskruid of Schorrekruid overheersten. Op de duintjes, die zijn vastgelegd door inzaai, worden momenteel geen andere dan de ingezaaide soorten aangetroffen. De Spartinaduintjes rond het schor op de Hompelvoet zijn thans begroeid met Helm en Biestarwegras.

De voormalige schorren

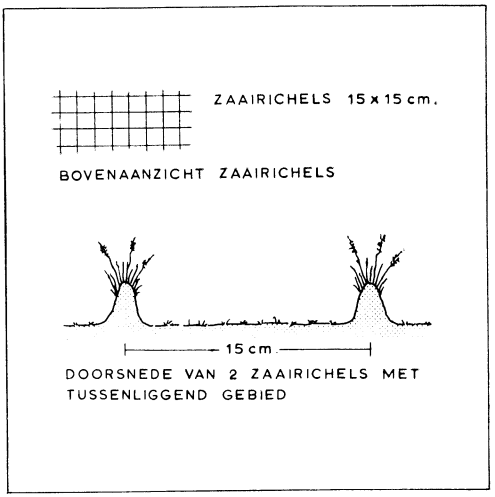
In het Grevelingenmeer worden voormalige schorren aangetroffen op het Springergors, de Slikken van Flakkee en aan de zuidzijde van de Hompelvoet. Ze liggen op hoogten tussen N.A.P. + 1,30 en 2 m. Er bestaan van ouds onderling grote verschillen in ouderdom, opbouw, expositie, voormalig en huidig gebruik en menselijke beïnvloeding en daaruit resulterende levensgemeenschappen, waarvan de vegetatie een opvallende exponent is. Een min of meer spontane ontwikkeling van de vegetatie vindt op het ogenblik plaats op het Springersgors, de noordelijke Slikken van Flakkee en de Hompelvoet. De zuidelijke schorren van de Slikken van Flakkee zijn grotendeels beweid; ook op de noordelijke schorren was menselijke invloed reeds voor de afsluiting aanwezig.
Delen van het schor werden voornamelijk met schapen en jongvee beweid. Om aanslibbing te bevorderen en betere ontwatering te verkrijgen, werden sommige delen begreppeld. Op verschillende plaatsen langs de dijk is ten behoeve van dijkbouw op de hogere delen

Fig. 5. Plaats van stuifschermen en ingezaaide gebieden in het Grevelingenmeer

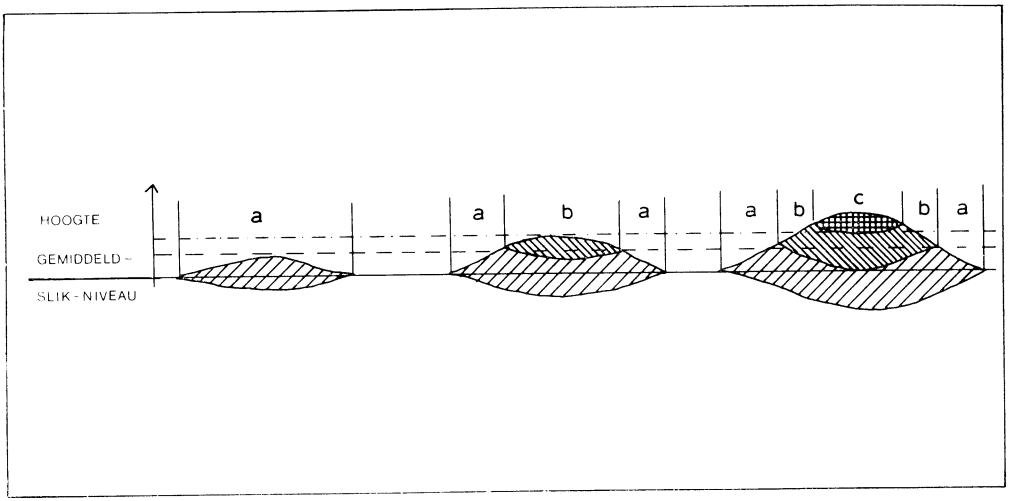
Fig. 6. Patroon en doorsnede van zaairichels

Fig. 7. Vegetatiezones op Spartinaduintjes. a, b en c zijn verschillende vegetatiezones. De arceringen duiden zoutgehaltes aan

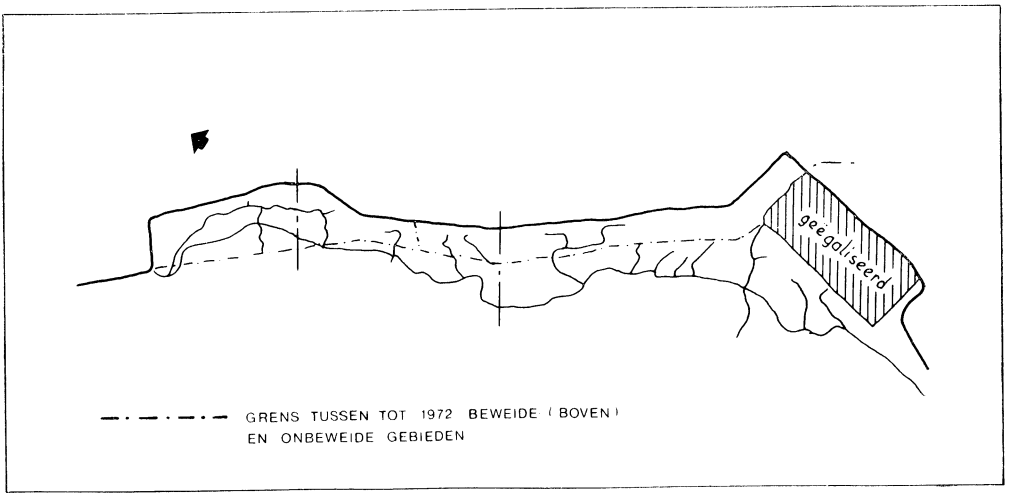
Fig. 8. Indeling van de verschillende komgebieden van de schorren van het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee



6



7



8

klei gewonnen. Een deel van de hoge schorren was reeds omkaaid en als grasland in gebruik.
Na de afsluiting is de menselijke invloed vooral op de zuidelijke Slikken van Flakkee toegenomen. Grote delen zijn daar in cultuur gebracht. Er werd geëgaliseerd of gescheurd en ingezaaid ten behoeve van akker- en weidebouw. Bovendien werd plaatselijk bespoten met groeistof, waardoor de vegetatie duidelijk groeiafwijkingen vertoont.
Hierna volgt eerst een korte karakteristiek van de vegetatie-ontwikkeling op het jonge schor van de Hompelvoet; daarna wordt nader ingegaan op de ontwikkelingen die hebben plaats gevonden op de schorren van het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee.
Het stukje schor op de Hompelvoet bevat nog een groot aantal soorten zoutplanten zoals Zeeaster, Melkkruid, Kweldergrassoorten, Gewone zoutmelde, Strandzoutgras, Lamsoor, Rood zwenkgras en Fioringras.
De gevolgen van het wegvallen van het getij zijn echter ook hier in de vegetatie goed merkbaar. Naast de zoutminnende planten worden in dit gebied in aanzienlijke hoeveelheden aangetroffen: Vogelmuur, Witbol, Gewone raket, Rode ganzevoet, Schapezuring, Harig wilgeroosje, Gewone en Akkermelkdistel, Zwarte nachtschade, Paardebloem, Knopherik, Paarse dovenetel en Hondsdraf, terwijl Grote en Kleine brandnetel hoofdzakelijk en Akkerdistel uitsluitend aan de randen groeien.
De ontwikkelingen op de schorren aan de noordzijde van de Slikken van Flakkee zijn zeer gecompliceerd. We treffen daar, van de dijk naar de voormalige slikken gaande, een

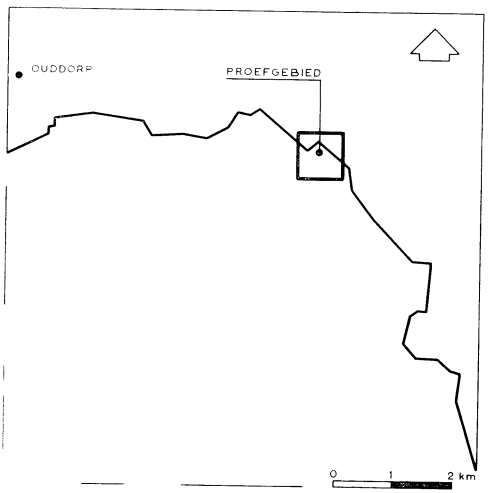
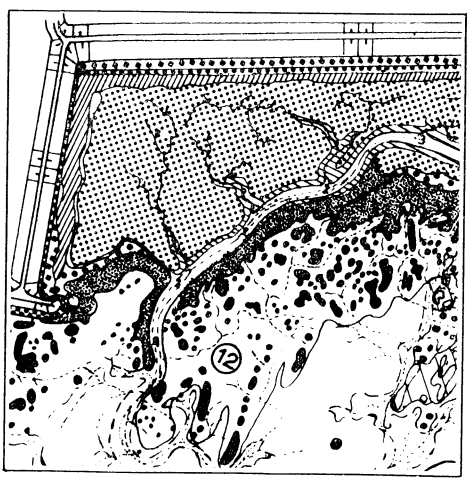


Fig. 9. Proefgebied voor ecologisch onderzoek in 1973

a. Pioniervegetatie van jonge Zeekraalplantjes op de lage zandige aanwassen

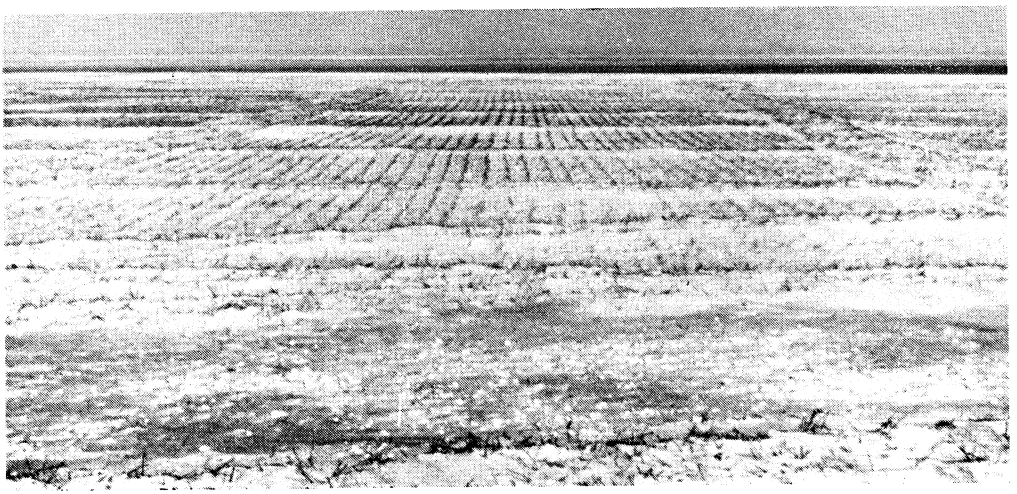
b. Zaaipatroon op de zandige lage aanwassen







a



b

aantal opeenvolgende zones aan; eerst hoge oude schorren, dan een middenschor met kommen, kreken en oeverwallen en ten slotte een schorrand die zich ten tijde van de afsluiting op vele plaatsen nog in een primair stadium bevond.
Van noord naar zuid werden een drietal gebieden onderscheiden, die als volgt gekenmerkt kunnen worden. Het *meest noordelijke deel* ligt vrij laag; voor de afsluiting kwam er veel veek terecht, omdat het in een luwe hoek lag. Het werd beweid tot 1972. De beweiding was selectief, alleen de hogere delen, de oeverwallen, werden afgegraasd. Er was niet begreppeld.
Op het *middendeel* ontbreken de kommen en oeverwallen voor een deel, omdat de schorrand op vele plaatsen tot aan de dijk doorloopt. Ter weerszijden van dit deel van het schor liggen relatief veel laag gelegen plekken. Dit is dan ook het gebied met de grootste kreekdichtheid, namelijk 350 m/ha. Tot 1972 heeft hier beweiding plaatsgevonden. Het gebied is niet begreppeld.

In het *meest zuidelijk deel* vinden we komgebieden die beweid zijn geweest, en andere die niet beweid zijn geweest. Alleen de beweide zijn begreppeld. Men vindt deze kommen in een strook langs de dijk. Zij liggen tevens hoger dan de onbeweide kommen.
Het verschil in vegetatie tussen de verschillende kommen is zeer groot, hetgeen tot uiting komt in scherpe grenzen. Aangezien zowel hoogteligging als beweiding van invloed waren op de huidige vegetatie, kan dit ver-

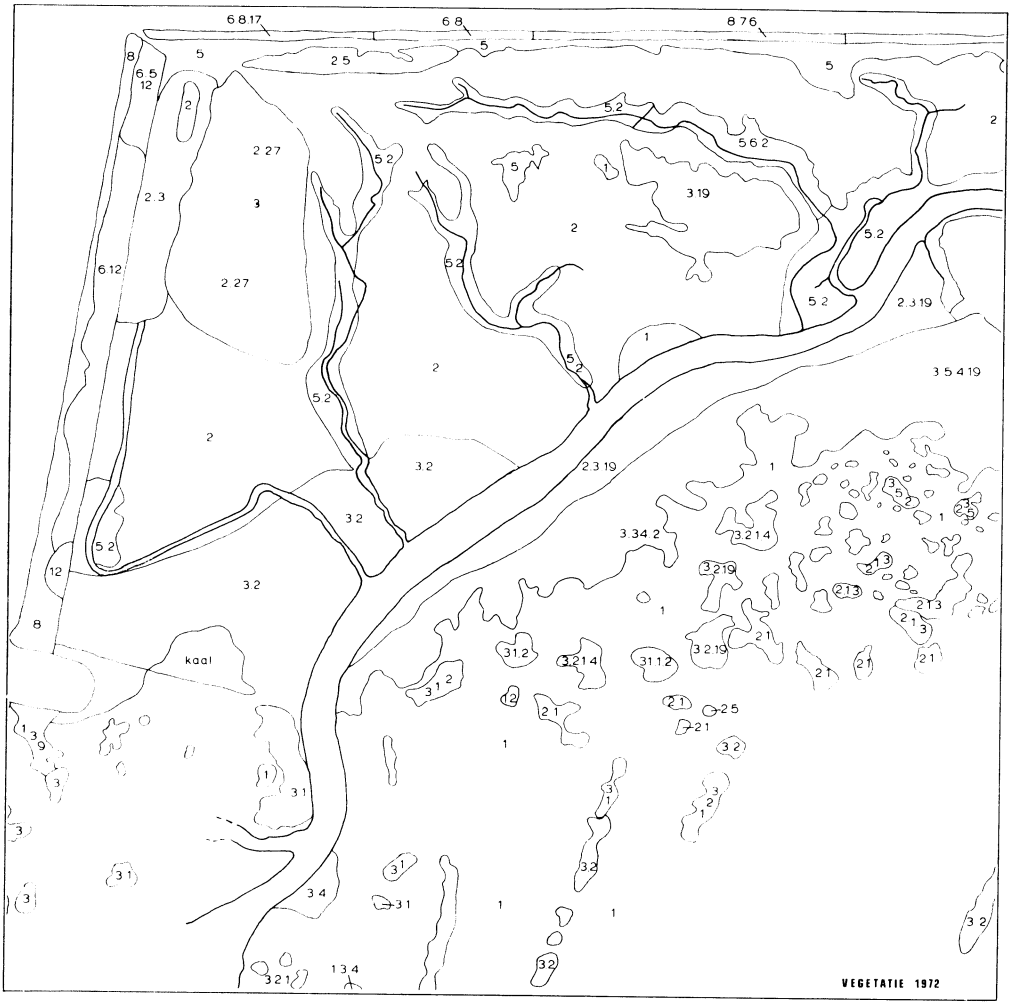
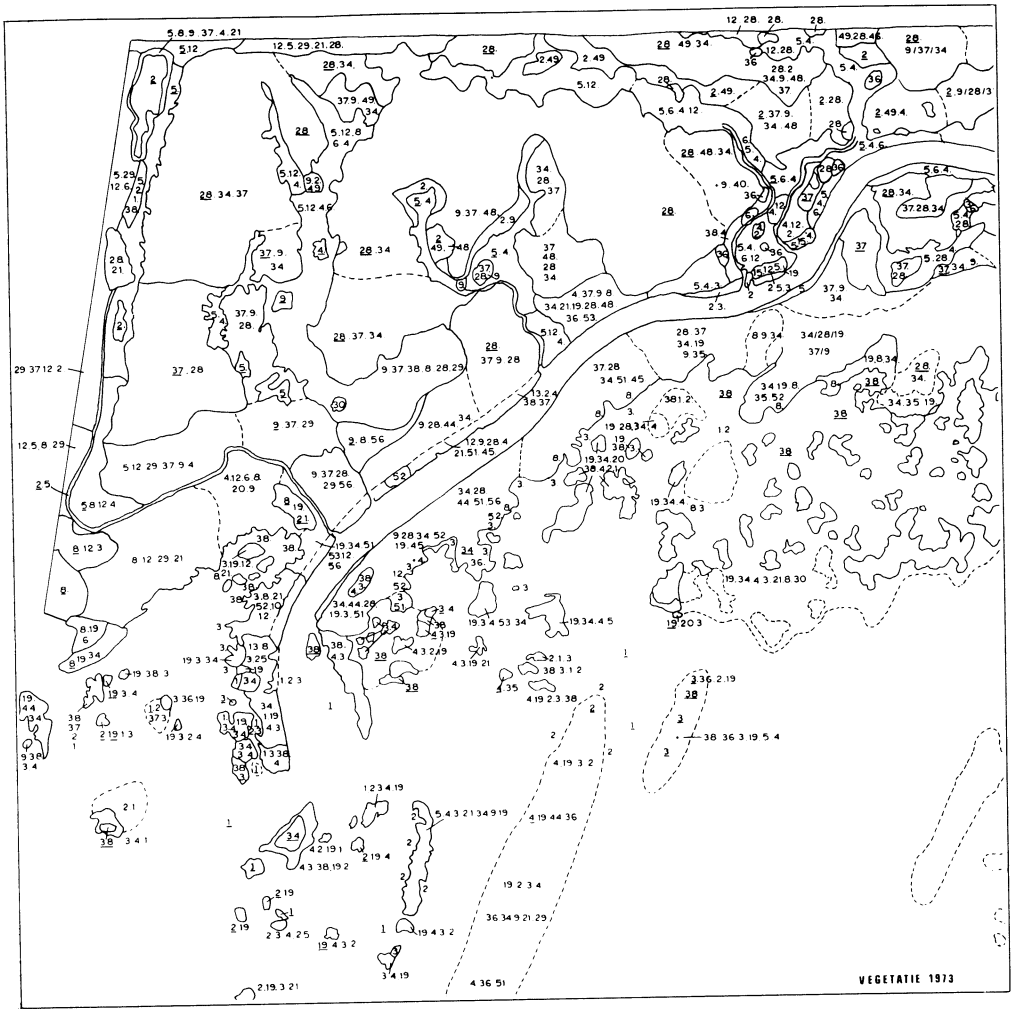


Fig. 10. Vergelijking van de vegetaties in het proefgebied van 1972 en 1973 aan de hand van luchtfoto's. Voorbeeld van een detailonderzoek op een proefgebied op het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee

Toelichting

Elke onderscheiden vegetatie-eenheid wordt gecodeerd weergegeven met cijfers 1 t/m 64. Elk cijfer staat voor een bepaalde plantensoort. Bijvoorbeeld 1 Zeekraal, 2 Schorrekruid, 3 Engels slijkgras, 4 Zeeaster, 5 Kweldergras, 15 Gerande schijnspurrie, 28 Akkerdistel, 34 Basterdwederiksoort, 37 Strandmelde, 40 Grote brandnetel.
De dominante soort in een eenheid wordt als eerste vermeld en onderstreept. De overige soorten zijn in volgorde van afnemende bedekking weergegeven.
Door de vegetatie op een vast proefveld jaarlijks te bestuderen krijgt men een inzicht in de verschuivingen in de vegetatiepatronen en in de daarmee samenhangende ontwikkelingen. Uit het voorbeeld blijkt dat steeds meer ook niet zoutminnende soorten een rol gaan spelen. De vegetatie wordt gecompliceerder, en de patronen vormen meer en meer een mozaïek. Veel grenzen die in het oude systeem scherp waren, bijvoorbeeld onder invloed van het getij, vervagen.



schil moeilijk worden toegeschreven aan één bepaalde factor.
Deze grote basis-variatie leidt tot een veelheid van mogelijkheden voor de ontwikkeling van levensgemeenschappen.
De schorrand was oorspronkelijk op de beweide delen voornamelijk begroeid met Kweldergras, en op de onbeweide delen met Zeeaster. Doorgaans werden in de niet begreppelde kommen vegetaties van Engels slijkgras aangetroffen met aan de randen Schorrekruid en Zeeaster. De begreppelde en beweide kommen hadden een vegetatie van Kweldergrassoorten, Zilte rus en Zeekraal. De zandige goed ontwikkelde oeverwallen waren van boven naar beneden begroeid met respectievelijk Rood zwenkgras, Gewone zoutmelde en Kweldergras. De randen van de kreken bevatten bovendien Zeeaster, Schorrekruid en Zeekraal. De hoge schorren waren voornamelijk begroeid met Strandkweek, Rood zwenkgras en Kweldergrassoorten.
Uit nauwkeurige studie van enkele proefgebieden zijn de belangrijkste differentiërende kenmerken naar voren gekomen die ten grondslag liggen aan de ruimtelijke variatie in de vegetatiezones en vegetatiepatronen. Als zodanig gelden: de hoogteligging, de lutumpercentages (35–20%, 25–17%, 17–5%, 3–1½%), de variabiliteit in de grondwaterstand, de saliniteit van de bodem, het organische-stikstofgehalte van de bodem, de beweiding en begreppeling en de mate en frequentie van overspoeling door het zoute water van het Grevelingenmeer.
Andere factoren die een belangrijke rol gespeeld moeten hebben, zijn bijvoorbeeld de

meteorologische omstandigheden, die immers gevolgen hebben voor de ontzilting, de zaadverspreiding, de verschillende kiemingskansen, enzovoorts.
Omdat hierover geen vergelijkend onderzoeksmateriaal aanwezig is, kunnen er weinig uitspraken over gedaan worden.
Op de noordelijke schorren van Flakkee zijn in 1973 124 soorten hogere planten aangetroffen, waaronder 35 die in 1973 nieuw waren, zoals Grote engelwortel, Strandbiet, Heggerank, Aardbei, Bereklauw, Italiaans raaigras, Adelaarsvaren en Egelantier.
Twaalf soorten werden in 1973 niet meer gevonden, waaronder Knikkend tandzaad, Kwispelgerst, Bleek kweldergras en Moerasandijvie.
Aan houtige soorten werden aangetroffen Duindoorn, Vogelkers (?), Egelantier, Braam, Boswilg, Kruipwilg en diverse wilgebastaarden, Vlier en Bitterzoet.

De soortensamenstelling is nog niet constant. Verwacht moet worden, dat er nog vele soorten zullen verdwijnen, doch ook dat er een aantal nieuwe voor in de plaats zullen komen. Opvallend is dat de meeste soorten die op de schorren onder getijde-omstandigheden voorkwamen tot op heden nog steeds en vaak overvloedig worden aangetroffen. Soorten als Engels slijkgras en Schorrekruid overheersen op het schor echter vrijwel nergens meer, en zijn over het geheel gezien in 1974 bijna verdwenen. Van noord naar zuid overheersten in 1972 nog respectievelijk Schorrekruid, Kweldergras, Zeeaster en Engels slijkgras. Op het beweide gebied waren toen aanvankelijk afwisselend Kweldergras en Zeeaster de meest voorkomende soorten. In 1974 blijkt Kweldergras het belangrijkste te worden. Op het onbeweide gedeelte waren combinaties van Zeeaster en Engels slijkgras het belangrijkst.
In 1973 zien we een ontwikkeling van de vegetatie die voortbouwt op de in 1972 aanwezige verschillen. Hierbij kan het volgende worden opgemerkt. Het type vegetatie dat voorkwam in de lagere kommen van het meest noordelijke gebied is in zijn geheel veranderd. Het grove patroon van voornamelijk door Schorrekruid gedomineerde vegetatie van 1972 is iets verfijnder geworden. De nieuwe vegetaties omvatten precies de grenzen van de voormalige Schorrekruidbegroeiing. Sterk nitrofiele soorten hebben de plaats van Schorrekruid ingenomen. Dit was mogelijk door de voortgeschreden ontzilting van de bovengrond, alsmede het hoge organische-stofpercentage. Daarnaast zal de



a

a. Oud Spartinaduintje, waarop de oorspronkelijke halofiele vegetatie grotendeels heeft plaats gemaakt voor andere soorten

b. Ingevangen zand in een strook ingeplante Helm. Tussen de Helm zijn enkele Zeekraalplantjes opgekomen

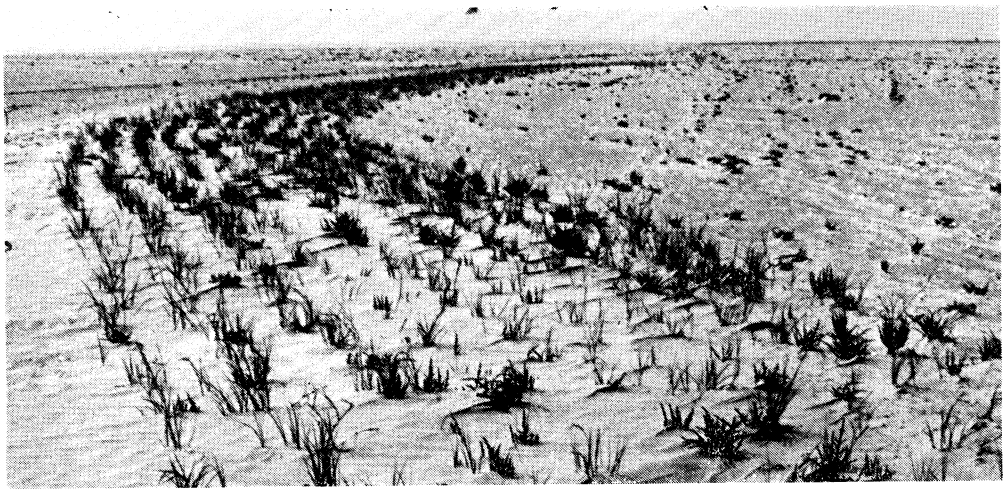
c. Spartinaduintje. Het Engels slijkgras op de voorgrond heeft zand ingevangen. Naarmate het duintje groeit, sterft het Engels slijkgras af, en maakt plaats voor bijvoorbeeld Schorrekruid, Zeeaster en Meldesoorten, die te zien zijn op de achtergrond



c

mogelijkheid tot kieming hier groter zijn geweest dan elders, omdat Schorrekruid in het najaar afsterft en een kale bodem achterlaat en zelf pas laat in het seizoen tot wasdom komt. Bij de voortgeschreden ontzilting tot het niveau waarop Akkerdistel, Strandmelde en Spiesmelde konden kiemen, vonden deze kiemplantjes een kale bodem en konden zich ongestoord ontwikkelen.
Een heel andere situatie treffen we aan op de wat hogere gronden die beweid werden. De door beweiding ontstane Kweldergrasmat heeft nauwelijks kiemgelegenheid geboden aan andere planten. Vandaar dat het vegetatie-patroon op de hogere beweide gronden, die van eenzelfde zwaarte zijn als de noordelijke kommen, nauwelijks veranderd is. Kweldergras is gaan domineren behalve in een paar lagere gebieden, die waarschijnlijk te nat waren en/of kapotgetrapt waren.
Op deze plekken treffen we veelal Akkerdistel, Strandmelde, Akkermelkdistel en Basterdwederiksoorten aan.
In de lagere en zanderige kommen is Engels slijkgras geheel verdwenen. Zeeaster heeft zich zeer sterk uitgebreid. Het patroon van de vegetatie is, wat betreft grootte en vorm van de gekarteerde eenheden, nauwelijks verfijnder geworden.
Daar waar het schor het verst ontwikkeld is, zijn ook de *oeverwallen* het hoogst en wat de vegetatie betreft het best ontwikkeld.
Op de lage oeverwallen in het noorden bevond zich daarom geen normale oeverwalbegroeiing. Op deze lage oeverwallen is in 1973 een veelheid van vegetatietypen ontstaan. Op de hogere oeverwallen vertoont de vegetatie een veel constanter beeld. Ten opzichte van 1972 heeft de vegetatie er nauwelijks veranderingen ondergaan. Plaatselijk heeft Gewone Zoutmelde soorten als Kweldergras en Schorrekruid geheel verdrongen. Dit moeten we toeschrijven aan de betere doorluchting van de grond, gevolg van het wegvallen van de getijdebeweging. Verder stond de bedekking van de grond het kiemen van andere soorten in de weg. Op de lagere oeverwallen, waar de invloed van het zoute water het grootst was, hebben waarschijnlijk de geringe dichtheid van de vegetatie in 1972 en een snelle ontzilting er sterk toe bijgedragen, dat er zich vele nieuwe soorten konden vestigen.
Op de voornamelijk zandige bodem van de *schorrand* hebben zich de meest soortenrijke vegetaties van het gehele noordelijke deel van de schorren van Flakkee ontwikkeld. Snelle doorluchting en ontzilting van de bodem is daar de oorzaak van geweest; ook konden er door de geringe begroeiing na de afsluiting allerlei zaden kiemen, niet gehinderd door een bestaand vegetatiedek.
In 1972 werd de gehele schorrand gekenmerkt door het frequent voorkomen van Engels slijkgras. Van noord naar zuid gaande overheersten in 1972 achtereenvolgens de volgende soorten en combinaties: Schorrekruid en Krulmos; Zeeaster en Kweldergras; Zeekraal; Zeeaster; Kweldergras als meest frequent voorkomend en dominent met Zeeaster. In 1973 blijkt Engels slijkgras, op wat lage randjes na, vrijwel verdwenen.
In de gevarieerde vegetatie die hieruit is ontstaan, zijn Basterdwederiksoorten in deze zone het belangrijkst geworden.

b





Afgestorven Engels slijkgras blijkt deze soorten een goede vestigingsmogelijkheid te bieden. Op de noordelijke helft komt ook hier Adelaarsvaren voor. Ongeveer waar deze ophoudt begint de Zeeaster belangrijk te worden. Op het meest zuidelijke stuk neemt Kweldergras een belangrijke plaats in.
In deze schorrand-zone blijkt de patroonsverandering relatief het grootst te zijn, dat wil zeggen dat de verfijning er is toegenomen. Daarnaast zijn er veelal vegetatie-zones te onderscheiden, hetgeen in 1972 op een dergelijke fijne schaal niet het geval was. Aangezien de diverse schorregebieden in het Grevelingenmeer grote onderlinge verschillen in basismilieu vertonen, zal ook de vegetatieontwikkeling op elk van deze gebieden verschillen vertonen.
Naast de standplaatsfactoren is de aanvoer van zaden, wortelstokken of andere levenskrachtige delen van planten van invloed op de ontwikkeling van de vegetatie. De kiemingsvoorwaarden voor aangevoerde zaden kunnen van plek tot plek zeer sterk verschillen. Hierdoor is het mogelijk dat zelfs algemene plantensoorten soms maar plaatselijk voorkomen.
Prognoses omtrent de successie zijn in het huidige stadium van onderzoek niet met zekerheid te geven.
Op het Springersgors zal de nabijheid van duinen en duinvegetaties van grote invloed kunnen zijn op de vegetatieontwikkeling. Terwijl de aanvoer van zaden van duinplanten relatief groot is, heeft konijnevraat een enigszins remmende invloed op de vestiging en uitgroei van onder meer Vlier.
In scherpe tegenstelling hiermee staat het jonge schor op de Hompelvoet. De aanvoer van zaden is hier aanzienlijk beperkter, terwijl vraat ontbreekt. Geleidelijk zal de oorspronkelijke zoutvegetatie plaats maken voor zouttolerante en daarna zoutmijdende soorten. Houtige gewassen zullen aanvankelijk in beperkte mate voorkomen.
Op de noordelijke schorren van de Slikken van Flakkee kunnen na de eerste periode van een kruidachtige vegetatie pionierstruwelen worden verwacht, bij voorbeeld Wilgenstruweel. Voedselrijkdom, textuur, zoutgehalte en dynamiek werken daarbij selecterend. Onderscheid moet worden gemaakt tussen de slibrijke en voedselrijke zandbodems en de voedselarme, hoge droge zandgronden. Struwelen op deze laatste gronden zullen misschien verwantschap vertonen met het verbond van Zomer- en Wintereik, waartoe het Eiken-berkenbos, het Beuken-eikenbos en het Duin-eikenbos behoren.

Op de kalkrijke, vochtige en enigszins humeuze zandgronden zullen voornamelijk typen voorkomen uit het verbond der Wilgenvloedstruwelen en -bossen. In de huidige vegetatie worden al differentiërende en kensoorten gevonden – Brunel, Heggerank, Heelblaadjes en Kruipwilg –, die wijzen op een ontwikkeling in de richting van de associatie van Kruipwilg en Bitterwilg en typen uit de Vlieren-orde. Deze laatste volgen in successie op levensgemeenschappen van de Wilgenroosjesklasse en de Bijvoetklasse.
In de stikstofrijke, kleiige kommen ontwikkelen zich wellicht vanuit het Koebraamstruweel typen met soorten als Kardinaalsmuts, Gelderse roos, Liguster, Ratelpopulier, Dauwbraam, Duinriet, Bitterzoet, Fioringras, Witbol enzovoorts.

Stuifduintje met Helm. Ook de lage Zeekraalplanten op de voorgrond kunnen zand invangen, en zo duinvorming stimuleren.

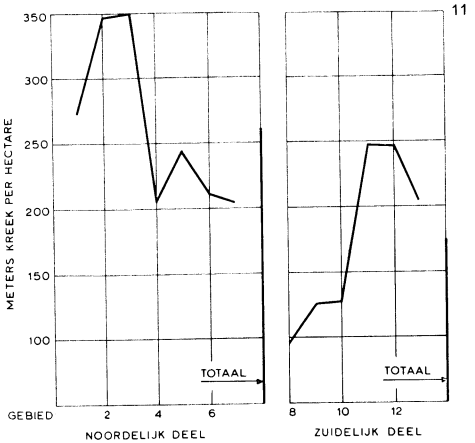
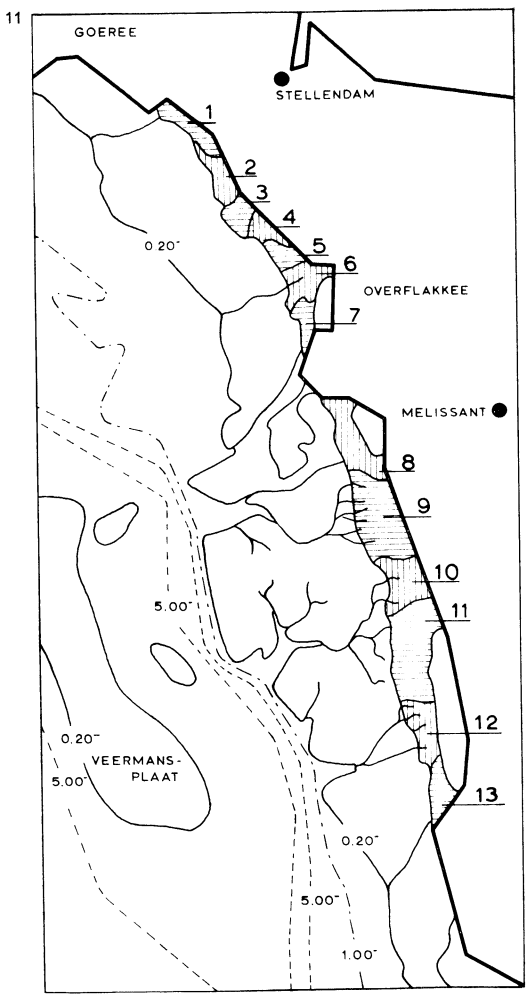


Fig. 11. Kreekdichtheid per ha in verschillende gebieden van het voormalig schor op de Slikken van Flakkee



Ook vogels kunnen meewerken aan de ontwikkeling van struwelen, vooral door verspreiding van Meidoorn, Duindoorn, Liguster, Gelderse roos, Bramen- en Rozensoorten.
De zuidelijke schorren van de Slikken van Flakkee zijn grotendeels beweid. Als gevolg hiervan zullen enerzijds enkele zoutminnende soorten als Zilte rus of Kweldergras en in lagere delen bij voorbeeld Zeekraal zich relatief lang kunnen handhaven; Zeeaster, Strandzoutgras en Gewone zoutmelde zullen wellicht spoedig verdwijnen, omdat ze beweiding slecht verdragen. Het landschap zal onder voortgezette beweiding een laag, open en kruidachtig karakter behouden. Houtige gewassen als bij voorbeeld Meidoorn zullen er voorlopig slechts in beperkte mate kunnen opslaan.

Nogmaals zij het speculatieve karakter van een dergelijke prognose onderstreept, omdat gegevens omtrent vergelijkbare ontwikkelingen niet in voldoende mate voorhanden zijn.
Na de afsluiting viel de periodieke overspoeling weg en daarmee ook de dominerende factor zout. Doordat nu processen als aëratie, ontzilting, bodemrijping, mineralisatie en verstuiving op gang kwam en op de abiotische factoren (textuur, structuur, hoogteligging, expositie, voedselrijkdom) inwerkten, kon in de buitendijkse gebieden een grote variatie aan milieutypen ontstaan. Deze differentiatie neemt nog toe.
Hierdoor zijn de voorwaarden geschapen voor een grote variatie in oeco-typen. Vanuit de diverse pioniergemeenschappen zal vrij spoedig de successie naar meer stabiele levensgemeenschappen inzetten. De grootte

van de opgetreden milieuschok zal evenwel bepalend zijn voor de duur en omvang van storingseffecten in diverse levensgemeenschappen.
Op de lagere delen begint zich een halofiele pioniersvegetatie te ontwikkelen van voornamelijk Zeekraal. Op minieme terreinverhogingen (overstoven veek) heeft zich Schorrekruid gevestigd.
Op de voormalige schorren zijn nog veel restanten van de oorspronkelijke vegetatie te vinden. In deze gebieden was de menselijke invloed reeds voor de afsluiting vrij groot, hetgeen ook in de vegetatie tot uiting kwam. Waar beweiding heeft plaatsgevonden zijn soorten als Roodzwenkgras, Kweldergras, Zilte Rus bevoordeeld, terwijl bijvoorbeeld Gewone zoutmelde en Zeeaster benadeeld worden. In de kommen van de schorren heeft de grootste verandering plaatsgevonden. De oorspronkelijke vegetatie van Engels slijkgras is vervangen door een vegetatie waar Schorrekruid domineerde. Deze heeft bij voortgaande aëratie en ontzilting plaats gemaakt voor een plantendek waarin Basterdwederiksoorten en Akkerdistel overheersen. Daartussen echter zijn vele andere soorten opgeslagen, waaronder reeds enkele houtige gewassen als diverse Wilgesoorten, Vlier en Duindoorn. De vegetatie op de hogere, goed ontwikkelde oeverwallen heeft relatief weinig verandering ondergaan. Op lagere oeverwallen, waar de invloed van het zoute water groot is geweest, heeft zich een veelheid van vegetatietypen ontwikkeld. De voornamelijk zandige schorrand is snel geaëreerd en ontzilt. Hier is een vaak soortenrijke begroeiing ontstaan, waarin diverse vegetatietypen naast en door elkaar voorkomen.
Verwacht mag worden, dat uit de veelheid van milieutypen op de verschillende gebieden in het Grevelingenmeer een grote variatie aan levensgemeenschappen zal voortkomen. Prognoses hierover zijn, in dit stadium van ontwikkeling, slechts onder voorbehoud te geven. Het zoutminnende karakter zal plaatselijk soms grootschalig gehandhaafd blijven, vooral daar waar invloed van het meerwater of een geringe ontzilting blijvend aanwezig is. Op andere plaatsen ontstaan kruidachtige vegetaties, die als ze niet beweid worden, zich via een grote verscheidenheid van struweeltypen zullen ontwikkelen tot bosvegetaties.

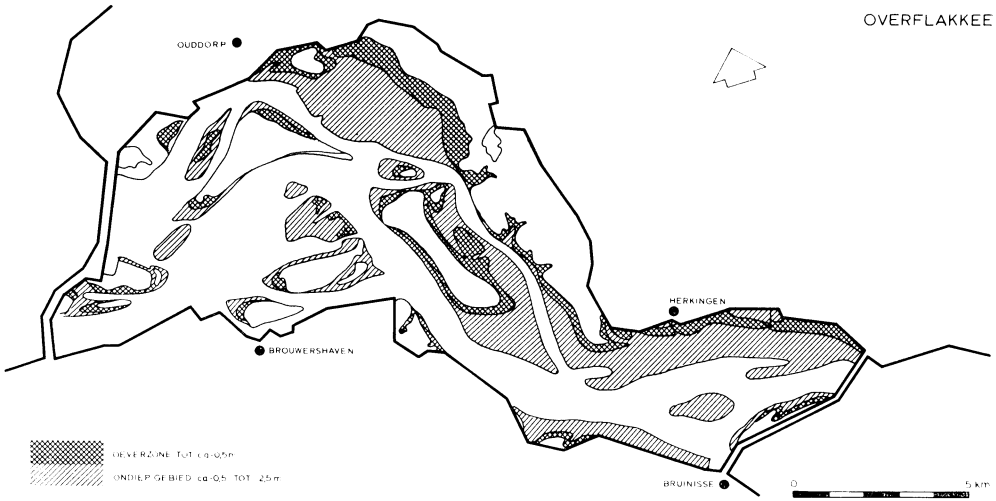


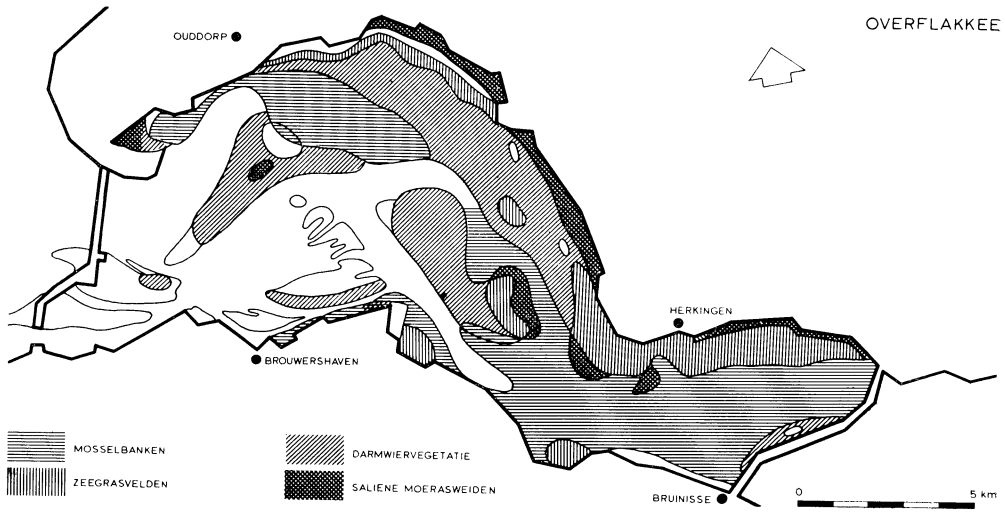
Bij aanhoudende wind uit één richting kunnen grote delen van de lage op- en aanwassen overspoeld worden met een dunne laag meerwater

De natuurwetenschappelijke waarde van de ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer

De ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer bieden grote mogelijkheden voor de ontwikkeling van levensgemeenschappen; voor een belangrijk deel dragen ze bij tot de natuurwaarde van het bekken onder de nieuwe omstandigheden. Ook bij de inrichting van het meer ten behoeve van de mens is de aandacht sterk gericht op de oevers en ondiepe gebieden.
In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste elementen die de waarde van de ondiepe gebieden bepalen. De gegevens werden voornamelijk ontleend aan een studie die hierover werd verricht in samenwerking tussen het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek en de afdeling Milieu-Onderzoek van de Deltadienst.

Voor het Brouwershavense Gat werd afgesloten zijn als gevolg van de getijdebeweging door sedimentatie en erosie op- en aanwassen gevormd, onderling gescheiden door geulen. Deze zandplaten en slikken zijn na de afsluiting permanent deels onder en deels boven water komen te liggen. Bij het huidige streefpeil van N.A.P. – 0,20 m ligt ongeveer 4800 ha van de op- en aanwassen blijvend onder water. Dit zijn de ondiepe gebieden, van 0 tot 2,50 m onder de zeespiegel, waarvan we in dit artikel de uitzonderlijke waarde bespreken.
Na de afsluiting traden ondanks het wegvallen van het getij toch nog een aantal veranderingen op door erosie en sedimentatie als gevolg van wind en golfslag en door vegetatievestigingen. Plaatselijk trad veel erosie op, vooral op platen die grenzen aan geulen. Op de oever zijn deze erosiegevoelige plaatsen doorgaans herkenbaar aan steile afslagranden. In de vooroever treden ook nu nog aanzienlijke sedimenttransporten op, waardoor hafvorming en vorming van richels en eilandjes wordt bevorderd, die ieder op zich belangrijk zijn als bijdrage aan de differentiatieverhoging in het gehele gebied. Uiteindelijk zal zich een nieuw evenwicht instellen, dat mede bepaald wordt door de zich ontwikkelende levensgemeenschappen en de resten van afgestorven organismen zoals Schelpen, Zeesla en Zeegras. De organische resten versnellen het bereiken van een stabiele situatie, onder meer doordat ze de bodemdeeltjes vastleggen. Bovendien zullen ze een bijdrage leveren aan een grotere diversiteit onder water en langs de oever.
De wording van het nieuwe kustlandschap en de nieuwe processen in het algemeen zijn op zich in natuurwetenschappelijk opzicht al interessant. De vorm van het onderwaterlandschap is waardevol als relict van het oude getijdesysteem.
De bodem van de ondiepe delen is zeer gevarieerd van samenstelling. Van ouds werd als gevolg van getijbeweging in het westelijk deel van het Grevelingenbekken grof zand afgezet. In het oostelijk deel van het bekken en op luwe plaatsen achter de zandplaten de Hompelvoet en de Veersmansplaat alsmede bij de Punt en op de ondiepten langs de noordelijke Slikken van Flakkee kwamen vooral fijn zand en slib tot sedimentatie.
Nu het getij is weggevallen vindt vrijwel overal sedimentatie plaats van fijn zand, slib en detritus. Doch ook nu nog spelen de expositie en de diepte van de vooroever daarbij een belangrijke rol. Ook de verschillen in snelheid van de onderwaterstroming, die optreden afhankelijk van de windkracht, de windrichting en de geomorfologie van het bekken, zijn van belang voor de afzetting van deeltjes. Daarnaast veroorzaakt plantengroei stroomremming en bevordert daardoor de sedimentatie. Ook dieren, met name de sedimenteters, dragen bij tot het proces: zij comprimeren detritus en verlagen het gehalte aan organische stof.
Al deze verschillende factoren veroorzaken de uiteindelijke differentiatie op de bodem van het bekken en dus ook op de ondiepe delen. Ook hier zal ten slotte een evenwichtssituatie worden bereikt. De thans nog steeds toenemende differentiatie, die de basis vormt voor diversiteit in soortensamenstelling van de levensgemeenschap in de toekomst, wordt als zeer waardevol beschouwd.
Voor de afsluiting is op de thans onder ondiep


OVERFLAKKEE
OUDDORP
HERKINGEN
BROUWERSHAVEN
BRUINISSE
0
5 km


OVERFLAKKEE
OUDDORP
HERKINGEN
BROUWERSHAVEN
MOSSELBANKEN
ZEEGRASVELDEN
DARMWIERVEGETATIE
SALIENE MOERASWEIDEN
BRUINISSE
0
5 km

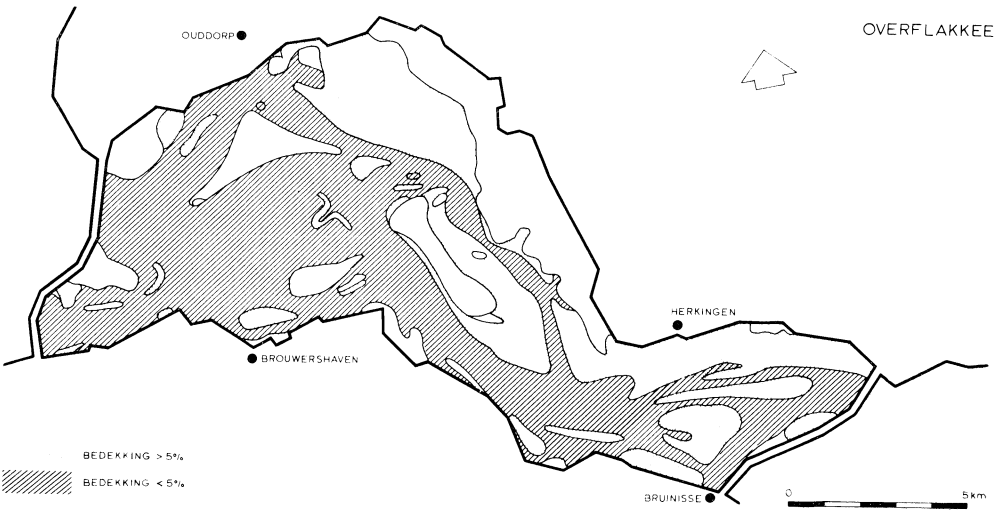

OVERFLAKKEE
OUDDORP
HERKINGEN
BROUWERSHAVEN
BEDEKKING > 5%
BEDEKKING < 5%
BRUINISSE
0
5 km

Fig. 1. Ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer

Fig. 2. Verspreiding van mosselbanken, zeegrasvelden, darmwiervegetaties en saliene moerasweiden in het meer (naar P. H. Nienhuis, Neth. Journal Sea Research 1970, blz. 20–49)

Fig. 3. Verspreiding van wieren en zeegrassen in het meer (naar De Bree, Nienhuis en Verschuure, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek 1973-11)

water gelegen gebieden betrekkelijk weinig plantengroei geconstateerd. Voor een belangrijk deel werd vestiging en/of uitbreiding verhinderd door de mechanische krachten van getij en wind.
Sterke stromingen, bewegelijk water en een te zandig substraat waren er de oorzaak van dat vooral het westelijk deel van het bekken arm aan begroeiing bleef. Op enkele plaatsen kwam Zeegras voor, met name langs de noord-oostzijde van de Hompelvoet en de Veermansplaat, op de slikken bij Herkingen en op enkele delen van de Slikken van Flakkee. Laatstgenoemde velden gingen bij het droogvallen na de afsluiting verloren.
Na het wegvallen van het getij werden de omstandigheden voor bijvoorbeeld Zeegras op vele plaatsen gunstiger, zodat dit gewas zich kon handhaven en uitbreiden. Dit is onder andere in het belang van enkele vogelsoorten zoals Zwaan en Rotgans; ook is het belangrijk voor Meerkoet, Smient en Pijlstaart, die hunnerzijds een al te explosieve ontwikkeling van Zeegras in het bekken vooralsnog voorkomen. Behalve van Zeegras trad er ook een explosieve ontwikkeling op van enkele grotere soorten bruin- en groenwieren. Op rustige plaatsen ontwikkelde zich massaal Zeesla en Darmwier.
De ontwikkelingen in de vegetatie dragen bij tot een grotere diversiteit. De vegetatie vervult zelf een belangrijke schakelfunctie in de voedselketen. Ze draagt door haar massaliteit bovendien in niet geringe mate bij tot verbetering van de waterkwaliteit, onder andere doordat ze nutriënten vastlegt.
Het ligt in de lijn der verwachting dat zich in deze gebieden nieuwe soorten zullen vestigen, zeker als de sluis in de Brouwersdam klaar is en als met het inlaten van zeewater nieuwe levenskiemen binnenkomen. Bovendien zullen er tussen de soorten onderling verschuivingen plaatsvinden in aantallen tot er een nieuw evenwicht zal ontstaan. Door de zeldzaamheid van het milieutype op deze breedtegraad, het semi-stagnante zoute water en de uitgestrekte ondiepe gebieden in verschillende exposities, is het optreden van specifieke plantengemeenschappen niet uitgesloten.
Op en in de bodem van het Grevelingenmeer wordt een fauna aangetroffen die onder te verdelen is in een viertal groepen: filtreerders, zoals Mossel, Kokkel, Zeepok en diverse Worm-soorten; sedimenteters, zoals Zeepier-soorten en Nonnetje; roofdieren zoals Anemoon-soorten, Zeestersoorten, Krabsoorten en herbivoren zoals het Wadslakje. Soorten met een sterke binding aan het getij zullen, voor zover nog aanwezig, verder verdwijnen; doch er zullen andere soorten voor in de plaats komen, te sneller wanneer door de nieuw te bouwen sluis nieuwe levenskiemen kunnen binnendringen in het Grevelingenmeer.
Alle genoemde groepen bodemdieren komen overal voor. De grootste hoeveelheid wordt echter aangetroffen in gebieden ondieper dan $2^1/_2$ m. De ene groep is afhankelijk van waterbeweging en het voorkomen van plankton, een andere groep van licht en de mate van sedimentatie van organisch materiaal. Voor deze groepen geldt eveneens dat ze in vele opzichten schakelfuncties vervullen in de voedselketen. Ze zijn bij voorbeeld van belang voor bepaalde soorten vissen en vogels.
Voor de vissen geldt in het bijzonder dat de ondiepe gebieden in het afgesloten Grevelingenmeer door hun grotere produktie aan biomassa van groot belang zijn. Hierbij moet wel aangetekend worden dat bij een aantal vissoorten die in het meer zijn achtergebleven, zoals Harder, Geep, Tong, Schol en Bot, geen verjonging wordt geconstateerd, doch in een aantal gevallen, bij voorbeeld bij de Schol, wel groei van de opgesloten vissen. Het ophouden van de voortplanting van deze vissoorten ligt vooral daaraan, dat ze de trekbewegingen van het meer naar de zee en omgekeerd niet meer kunnen volbrengen. Aal en Sprot blijken wel met succes in- en uit te trekken via de Sluis bij Bruinisse. Andere vissoorten, met name enkele Grondelsoorten en het Korenaarvisje, kunnen zich in het Grevelingenmeer wel voortplanten en nemen de plaats in van de verdwenen soorten. Overigens spelen deze kleinere

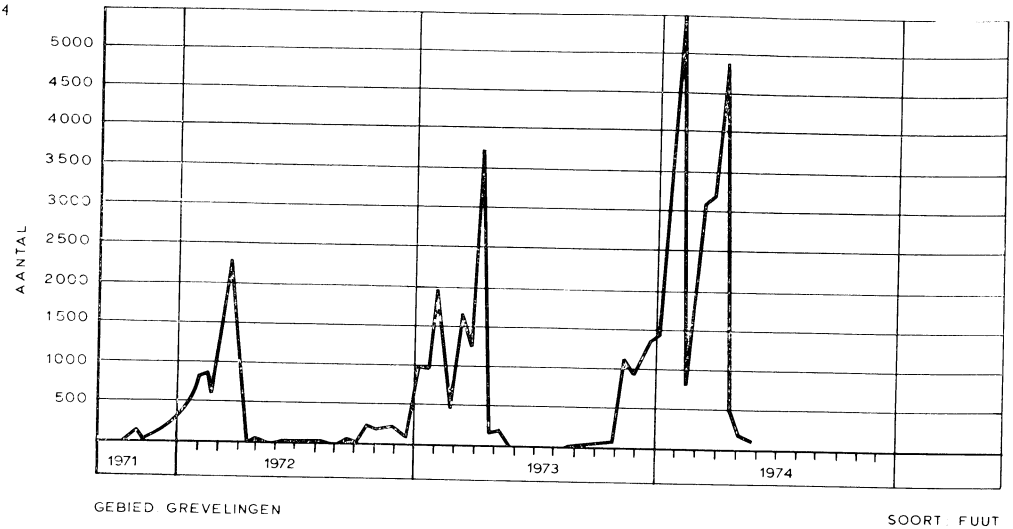


Fig. 4. Aantallen Futen in het Grevelingenmeer 1971–1974

Fig. 5. Aantallen Scholeksters in het Grevelingenmeer, 1969–1974

Vlakke oever met steile rand op het zuidelijke deel van de Slikken van Flakkee

soorten ook weer een belangrijke rol in de voedselketen. Ze zijn er met name de oorzaak van dat er grote aantallen visetende vogels zoals Fuut, Middelste zaagbek, Reiger en Aalscholver op het Grevelingenmeer komen foerageren.

Berekende consumptie aan vis door visetende vogels uitgedrukt in tonnen per jaar

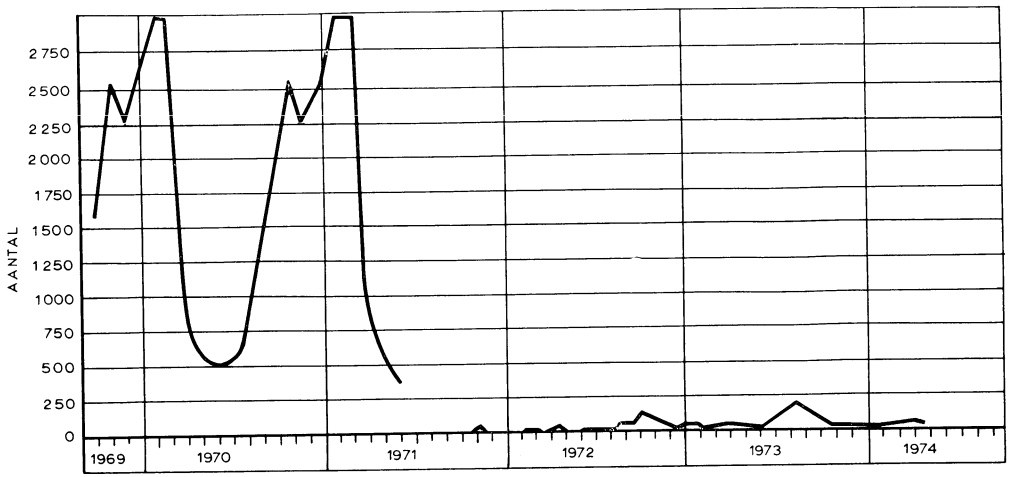
	1972	1973
Fuut	16,1	52,7
Aalscholver	9,3	13,3
Middelste zaagbek	13,0	20,4
Blauwe Reiger	1,4	1,7
Totaal	39,8	88,1

De verwachting bestaat dat de ondiepe gebieden ook in de toekomst een sleutelfunctie zullen blijven vervullen in de voedselketen en dus indirect ook voor vissoorten die men om economische, recreatieve of ecologische redenen gaarne in het Grevelingenmeer zou zien.

Toen er nog getijbeweging was, hadden de zandplaten en slikken door hun voedselrijkdom als pleisterplaats grote betekenis voor bepaalde soorten zwemeenden en vele soorten steltlopers. Hoewel het aantal soorten van deze vogels nauwelijks is verminderd, zijn er na de afsluiting grote verschuivingen geconstateerd in de aantallen individuen. Het aantal van de zuiver aan het getij gebonden soorten, zoals bij voorbeeld Scholekster en Wulp, liep echter terug.

Door het wegvallen van het getij is het water in het algemeen helderder en rustiger geworden. Mede hierdoor zijn de ondiepe gebieden ideale foerageergebieden geworden voor andere watervogels, met name Duikeenden, Zaagbekken en Futen. De verschillende vogelsoorten zijn voor het zoeken van voedsel aangewezen op uiteenlopende waterdiepten. Hierdoor is de gehele geleidelijk dieper wordende vooroever van grote betekenis.

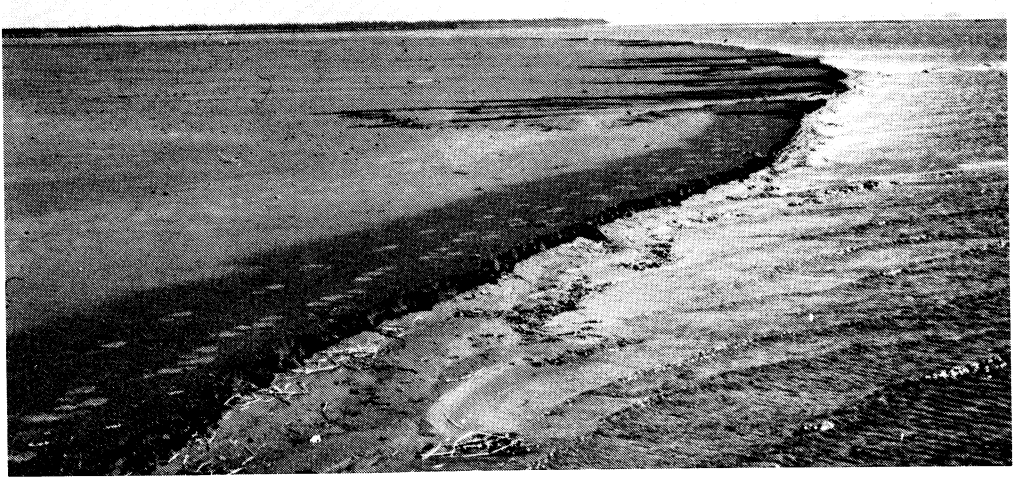
Steltlopers en Zwemeenden foerageren in het algemeen in de zone van 0–20 cm; Rotganzen, Zwanen, Blauwe reigers en Lepelaars van 20 tot 80 cm diep; Brilduikers, Middelste zaagbekken, Futen en Sterns op diepten van 50 tot 250 cm. Alleen al de groei van het aantal soorten en individuen dat het Grevelingenmeer aandoet bij zijn trek of er overwintert, bewijst dat aan dit meer een zeer



GEBIED: GREVELINGEN

SOORT: SCHOLEKSTER

grote ornithologische waarde moet worden toegekend. Deze waarde dankt het voor het belangrijkste deel aan zijn uitgestrekte ondiepe zoutwatergebieden.
Het is moeilijk nu reeds precies de waarde van de verschillende ondiepe gebieden te bepalen. Het gehele gebied is nog niet gedetailleerd onderzocht. Het is echter ook nog steeds aan veranderingen onderhevig.
Voor de relatieve waardebepaling van de verschillende ondiepe gebieden zijn een aantal criteria gehanteerd en per gebied beoordeeld. Ze worden hieronder kort toegelicht.
Formaat: De uitgestrektheid van een ondiep gebied is van belang voor de houdbaarheid van de natuurlijke rijkdommen. Hoe groter, des te meer produktie. Hoe groter des te waardevoller.
Isolatie: Ligt een oevergebied ten opzichte van het vaste land meer geïsoleerd, dan kan het een geheel eigen ontwikkeling doormaken. Vooral wanneer er weinig verstoring is door betreding of recreatie. Hoe groter de isolatie, des te hoger de waardering.
Zeegrasvelden: De aanwezigheid van Zeegrasvelden is belangrijk voor de verdere ontwikkeling van de vegetatie en het ontstaan van specifieke levensgemeenschappen; voor Rotganzen, Smienten en Pijlstaarten zijn Zeegrasvelden belangrijk als voedselgebied. Hoe meer hoe beter.
Vlakke, weinig hellende oever: Hoe breder de overgang is tussen water en land, inclusief de





a



b

a. Zeegras met wier en krab; Slikken van Flakkee

b. Zeegras komt plaatselijk voor op de ondiepe bodem voor de Slikken van Flakkee

c. Ongelijkmatige bodem met wormen voor de Slikken van Flakkee

d. Zeepierenhoopjes en zeegras op de ondiepe bodem voor de Slikken van Flakkee

variaties daarin als gevolg van op- en afwaaiing, des te groter de betekenis voor allerlei organismen.
Beschutte ligging: Beschutting tegen wind en golfslag is een noodzakelijke voorwaarde voor de ontwikkeling van bepaalde planten- en diersoorten.
Milieu-Differentiatie (complexe geomorfologische structuren):
Hoe groter de verschillen zijn in basismilieu hoe grotere differentiatie verwacht kan worden van levensgemeenschappen en landschapsvormen.

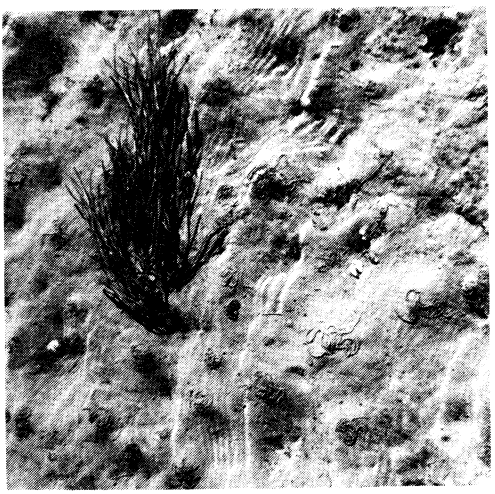
In nevenstaand overzicht zijn bij ieder criterium de in dat opzicht belangrijkste ondiepe gebieden aangekruisd.
Al deze criteria, en de relatie van ondiepe gebieden met het vaste land, spelen een rol bij de afweging welke gebieden speciale bescherming behoeven tegen onder andere erosie en recreatie.

	formaat	isolatie	Zeegrasvelden	vlakke oever	beschutting	milieu-differentiatie
Kabbelaarsbank						x
Preekhilpolder				x	x	
Hompelvoet				x		x
Plaatje Springersdiep		x				x
Dwars-in-de-weg						x
Stampersplaat		x				x
Archipel		x				
Veermansplaat	x	x	x	x	x	x
Vlieger		x				
Slikken bij Ouddorp	x	x		x		
Slikken van Flakkee noord	x			x		x
Slikken van Flakkee zuid			x	x	x	
Herkingen/Battenoord	x		x	x		
Mosselbank		x				
Dijkwater				x		

c



d



De conclusies waartoe het voorgaande leidt, nog eens kort samenvattend kunnen we stellen:
Voorwaarden voor het ontstaan van waardevolle levensgemeenschappen in het kansenrijke milieu van het zoute Grevelingenmeer zijn goede waterkwaliteit en geringe recratiedruk, en het intact houden van ondiepe gebieden.
Wisselwerking tussen water en land levert vaak de meest interessante situaties zowel geomorfologisch, bodemkundig als biologisch, rijkdom aan kustvormen en interessante ontwikkelingen in flora en fauna.
Er komen vooral in ondiepe gebieden, afhankelijk van geomorfologie en beschutte ligging ten opzichte van de wind, nu reeds vegetatietypen voor die nergens elders in Nederland worden aangetroffen. De grote massa van de bodemfauna vindt men in de ondiepe gebieden. Belangrijk hierbij is onder andere de waterbeweging en het voorkomen van plankton en licht, en de mate van sedimentatie van organisch materiaal. Ondiepe gebieden zijn belangrijk als foerageer- en rustgebied voor vissen en vogels. De ondiepe gebieden moeten als basis voor de grote actuele en potentiële natuurwaarden hoog worden gewaardeerd. Behoud en andere doeltreffende inrichtings- en beheersmaatregelen zijn daarom alleszins te rechtvaardigen en noodzakelijk te achten.

Versterking van hoogwaterkeringen in het benedenrivierengebied

A. De werken van het Deltaplan

In de rapporten van de Deltacommissie, die in de jaren na de stormvloedramp van 1953 zijn gepubliceerd, liggen de hoofdlijnen vast van het Deltaplan. De wettelijke basis voor uitvoering van dit plan is gelegd in 1958, toen de Deltawet werd aanvaard. Volgens deze wet moesten ter beveiliging van het land tegen hoge stormvloeden een aantal hoofd- en nevenafsluitdammen in de zeegaten worden aangelegd en sommige gedeelten bestaande hoogwaterkering langs de kust en de benedenrivieren en zeearmen worden versterkt.

Als men over Deltawerken spreekt wordt meestal gedacht aan de hoofdafsluitdammen zoals bijvoorbeeld de Haringvlietdam, de Brouwersdam en de Veeredam of de nevenafsluitdammen zoals de dam in de Zandkreek, de Grevelingendam en de Volkerakdam of de stormvloedkering in de mond van de Hollandse IJssel. Deze afsluitdammen en afsluitingswerken met daarin of daarbij veelal uitwaterings- en/of schutsluizen vormen inderdaad spectaculaire onderdelen van het Deltaplan. Daarnaast vormt de minder tot de verbeelding sprekende versterking van de bestaande hoogwaterkeringen evenwel een even belangrijk onderdeel van de Deltawerken.

In de rapporten van de Deltacommissie is nagegaan welke reeds aanwezige hoogwaterkeringen langs de kusten van de Noordzee en de Waddenzee, langs de Westerschelde en langs de benedenrivieren in het zuidwesten van het land in aanmerking komen om te worden versterkt.

In het Bericht 68 (mei 1974) is uiteengezet, dat voor dijkverhogingen de statistisch te verwachten stormvloedstanden bekend moeten zijn welke als uitgangspunt dienen voor de bepaling van de hoofdafmetingen van de waterkeringen.

Nadat de basispeilen zijn berekend, waarbij is uitgegaan van een stormvloedstand van N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland, worden voor elk kustvak en elk riviervak de ontwerppeilen vastgesteld.

Al naar de ligging van het dijkvak en de aanwezigheid van hoog voorland of een buitenpolder wordt daarna de golfoploop bepaald. Soms moet langs de kust of bij havens met bui-oscillaties rekening worden gehouden. Dit zijn onregelmatige schommelingen van de waterspiegel bij uitschietende extra harde stormwind. Eveneens zal in bepaalde gevallen met buistoten rekening moeten worden gehouden.

Voorts moet rekening worden gehouden met de relatieve bodemdaling, dat is de snelheid van de algemene daling van het land ten opzichte van de gemiddelde zeespiegel; voor de berekening is het daarbij niet belangrijk of de bodem daalt dan wel de zeespiegel rijst. De relatieve bodemdaling bedraagt ongeveer 20 cm per eeuw. Al naar de belangrijkheid van het dijkvak, de aanwezigheid van een verkeersweg erop en dergelijke overwegingen meer, zal het tijdvak bepaald moeten worden waarover de relatieve bodemdaling in rekening wordt gebracht. Deze tijdsperiode bedraagt in elk geval tenminste 25 jaar.

Van oudsher zijn in de verschillende provincies van ons land de minimaal toelaatbaar geachte kruinhoogten van dijken vastgelegd in de zogenaamde dijktafels. Men spreekt dan ook van de dijktafelhoogte waaraan een dijkvak moet voldoen. De mate waarin de dijktafelhoogte het ontwerppeil te boven gaat, wordt waakhoogte genoemd. De minimale waakhoogte moet tenminste enige decimeters bedragen; meestal bedraagt ze in verband met de golfoploop aanzienlijk meer.

Vanwege zettingen in de ondergrond moet bij de aanleg of de verbetering van een dijk een bepaalde overhoogte worden aangehouden. Deze zettingen kunnen vooraf min of meer nauwkeurig worden bepaald na het uitvoeren van een grondmechanisch onderzoek. Daartoe moeten onder meer grondboringen worden verricht en grondmonsters in het laboratorium onderzocht. Ook moet rekening worden

gehouden met inklinken van de vers aangebrachte dijkspecie. De aanleghoogte bedraagt dus altijd meer dan de dijktafelhoogte, met een minimumverschil van 50 cm.
De kruinhoogte van een eenmaal aangelegde dijk moet periodiek worden gecontroleerd. Na afloop van de tijdsperiode waarover de relatieve bodemdaling in rekening is gebracht, zal de dijktafelhoogte opnieuw moeten worden bezien en eventueel zal alsdan een noodzakelijke verdere dijkverhoging moeten plaatsvinden.
In de Deltawet is vastgelegd dat de hoofd- en nevenafsluitdammen met toebehoren in de zeegaten zullen worden aangelegd door en voor rekening van het Rijk en dat de betreffende beheerders de versterking van de bestaande aan hun zorgen toevertrouwde hoogwaterkeringen zullen regelen. Voor zoveel dit laatste betreft zal het Rijk een bijdrage verlenen van 100% in de directe kosten van uitvoering van de kust- en dijkversterkingswerken.
In de procedure voor de vaststelling van de plannen maakt de wet een onderscheid in geografische ligging van de werken. De plannen voor de versterking van de hoogwaterkering langs de Noordzeekust tussen de Westerschelde en de Rotterdamsche Waterweg, zeewaarts van de hoofdafsluitdammen, worden bij Koninklijk Besluit vastgesteld. De voor werken aan waterkeringen in de Waterstaatswet 1900 voorgeschreven goedkeuring door Gedeputeerde Staten komt daarbij te vervallen. Wel moet vooraf door de minister van Verkeer en Waterstaat overleg worden gepleegd met het college van Gedeputeerde Staten van de provincie waarin het kustversterkingswerk is gelegen.
De plannen voor de versterking van de hoogwaterkering langs de overige kustgedeelten en langs de benedenrivieren worden door de minister van Verkeer en Waterstaat vastgesteld, na overleg met de beheerders van die waterkeringen. Artikel 33 van de Waterstaatswet 1900 blijft van kracht, zodat voor deze werken de goedkeuring vereist is van Gedeputeerde Staten van de provincie waarin het werk is gelegen. In onderling overleg wordt de gedragslijn aangehouden, dat eerst ingevolge de Deltawet de vaststelling van het plan geschiedt en dat daarna de goedkeuring krachtens de Waterstaatswet 1900 wordt gegeven.
In de praktijk komt het erop neer, dat de technische dienst van de beheerder van de te versterken hoogwaterkering overleg pleegt met de diensten van de Provinciale en de Rijkswaterstaat. Na verkregen overeenstemming zenden de beheerders de plannen in, zowel ter vaststelling door de minister en ter verkrijging van de bijdrage van het Rijk in de kosten van uitvoering van het werk, als ter goedkeuring door Gedeputeerde Staten.
Bij de versterking van hoogwaterkeringen langs de benedenrivieren in het zuidwesten van het land komt het nogal eens voor, dat kleine havens of haven- en uitwateringsgeulen een doelmatig tracé van de waterkering in de weg staan. In overleg met de verschillende belanghebbenden wordt dan nagegaan of het mogelijk is de haven of geul in te korten of af te sluiten. Blijkt die mogelijkheid aanwezig, dan wordt de wettelijke procedure ingezet om tot de inkorting of afsluiting te komen. In die gevallen moeten door de dijkbeheerder onder meer maatregelen worden genomen tot regeling van de waterbeheersing in het afgesloten gebied.
Ook komt het voor dat het aanbeveling verdient om niet het bestaande tracé van de rivierdijk te handhaven maar een nieuw tracé te kiezen.
Bij de versterking van hoogwaterkeringen zijn vele belangen betrokken. Dikwijls staan er woningen op of langs de dijken. Soms zijn er buitendijkse industrieën aanwezig, of ligt er een beschermd natuurgebied. Voor elk riviervak afzonderlijk wordt nagegaan welke bebouwing verwijderd moet worden, welke huizen of bedrijfsgebouwen aangepast kunnen worden en in hoeverre en op welke wijze natuurterreinen ontzien kunnen worden. Er is veel overleg nodig, zowel met de gemeentebesturen, onder meer in verband met de beschikbaarstelling van vervangende woonruimte, als met het bedrijfsleven en de milieudeskundigen.
Vanwege de ingewikkeldheid van de problematiek laten sommige dijkbeherende waterschappen de dijkversterkingsplannen opstellen door een ingenieursbureau. Deze adviseurs plegen dan in hoofdzaak het nodige overleg, waarbij onder meer de Rijkswaterstaat als bron van informatie fungeert.
Ten slotte moet, om de dijkversterking te kunnen realiseren, dikwijls op uitgebreide schaal worden overgegaan tot de aankoop van gronden. Lange-termijnplanning is ook dan noodzakelijk, want de versterking van hoogwaterkeringen is een zaak van langdurige voorbereiding.

Het ligt in de bedoeling, zowel in dit als in een aantal volgende artikelen enige versterkingswerken aan hoogwaterkeringen in het benedenrivierengebied nader te beschrijven. We beginnen met de aanleg van een nieuwe

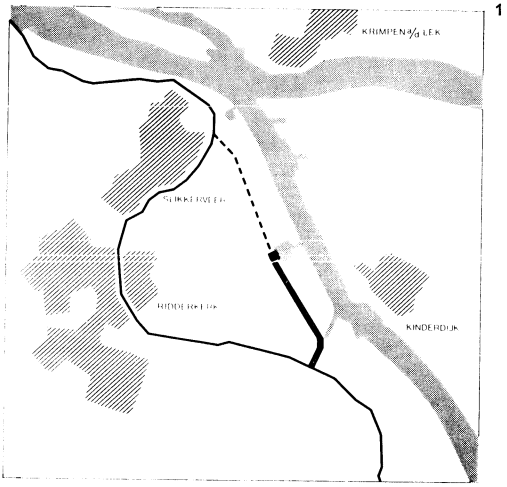
rivierdijk te Ridderkerk, op het eiland IJsselmonde.
Bij de stormvloed van 1 februari 1953 is de hoogwaterkerende ringdijk langs de zuidzijde van het eiland IJsselmonde op verschillende plaatsen bezweken. Van enkele buitenpolders zijn de kaden doorgebroken. Andere kaden en ook binnendijken liepen over. Vele buitenpolders en binnen de hoofdwaterkering gelegen gedeelten van het poldergebied, in hoofdzaak in het zuiden en midden van het eiland, zijn dientengevolge geïnundeerd geweest of hebben dras gestaan. De herstelwerkzaamheden aan de kaden en dijken zijn heel spoedig ter hand genomen en met grote voortvarendheid voortgezet. Het eiland was voor het grootste deel al in februari 1953 en helemaal in maart 1953 van overstromingswater bevrijd.

Fig. 1. Overzicht van de afsluiting van de haven van Ridderkerk

Fig. 2. Tracé van de bestaande en de toekomstige hoogwaterkering op IJsselmonde

Aanleg van de nieuwe rivierdijk te Ridderkerk; situatie nabij Slikkerveer



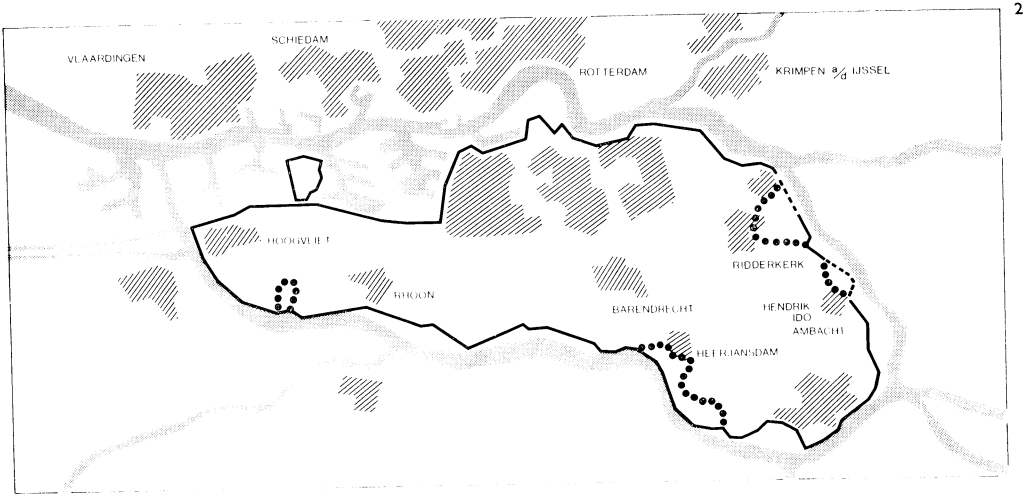


1

Voor zoveel het de ringdijk betreft droegen de herstelwerkzaamheden aanvankelijk een provisorisch karakter. Het ging er om de zwakke plaatsen zo snel mogelijk te herstellen. De tijd ontbrak om de meestal noodzakelijke aankoop van gronden en de veelal tevens nodige afbraak van bebouwing uit te voeren. Bovendien waren er onvoldoende gegevens beschikbaar over de hoogte van de te verwachten stormvloedstanden. Er zijn toen, in afwachting van de definitieve dijkversterking, in hoofdzaak langs de noordrand van IJsselmonde op sommige te laag gelegen dijkgedeelten opkistingen aangebracht. Daartoe werd de dijkkruin tussen twee eenvoudige damwandjes met klei verhoogd, zodat een kistdam op de eigenlijke kruin ontstond. Na publikatie van de rapporten van de Deltacommissie en het bekend worden van de resultaten van voortgezette studies zijn de bepalende gegevens beschikbaar gekomen voor het opstellen van plannen om de hoogwaterkerende ringdijk van IJsselmonde naar Deltanormen te versterken, uitgaande van het voor elk afzonderlijk riviervak vastgestelde ontwerppeil.
In de loop der jaren zijn inmiddels grote gedeelten van de hoofdwaterkering van IJsselmonde naar Deltanormen versterkt. Er moeten echter eveneens nog grote gedeelten versterkt worden. Het Waterschap IJsselmonde heeft voor de versterking van de ringdijk een meerjarenplan opgesteld, met als uitgangspunt, dat de hoofdwaterkering in 1985 geheel voltooid moet zijn.
Op IJsselmonde liggen de zaken niet zo eenvoudig. Vooral langs de noord- en oostzijde is er veel dijkbebouwing. Uitgestrekte be-

woningsconcentraties als Rotterdam-Zuid, Ridderkerk en Zwijndrecht grenzen aan de hoofdwaterkering. Bovendien is er vooral langs langs de noord- en oostrand buitendijks, en soms ook binnendijks, veel industriële bedrijvigheid. Dit alles maakt het nodig dat voor de opstelling van dijkversterkingsplannen heel veel en uitgebreid overleg moet worden gepleegd. Ook vergt de aankoop van gronden en de afbraak van bebouwing veel tijd. Tijdige planning van alle werkzaamheden, die aan de eigenlijke dijkversterking voorafgaan, is een vereiste, mede in verband met de zorg voor de vervangende woonruimte voor hen wier woningen moeten worden afgebroken.
Hoewel er bij de opstelling van een tijdschema van wordt uitgegaan dat de volgorde van de versterking van de verschillende dijkvakken wordt bepaald naar de voor elk tijdvak vast te stellen noodzaak, blijkt het in de praktijk bijzonder moeilijk om de vooropgestelde prioriteiten te handhaven. Voor sommige dijkvakken blijkt de voorbereidingstijd naderhand te kort geraamd te zijn, omdat, om een voorbeeld te noemen, in afwijking van de planning het grondmechanisch onderzoek veel uitgebreider moet worden verricht dan aanvankelijk was gedacht, of omdat het overleg met de plaatselijke autoriteiten en belanghebbenden vanwege de ingewikkeldheid der problemen veal langer duurt dan was verwacht. Voor andere dijkvakken loopt het allemaal wat vlotter en daar wordt het dijkversterkingswerk dan eerder uitgevoerd dan men verwachtte.

De versterking van de hoofdwaterkering in de gemeente Ridderkerk heeft een lange tijd van voorbereiding gevergd. Wijziging van de inzichten omtrent hetgeen voor de streek de meest wenselijke oplossing is, heeft hier een rol gespeeld. Men was het er wel spoedig over eens dat niet de bestaande, met een wijde boog diep landwaarts lopende waterkering versterkt moest worden, maar dat een nieuwe waterkering moest worden aangelegd, ongeveer evenwijdig aan de rivier de Noord. Het heeft echter verschillende jaren geduurd alvorens er een gemeenschappelijke mening was gevormd over de wenselijkheid of noodzaak ten behoeve van de scheepvaart een keersluis in de nieuwe waterkering aan te brengen ter plaatse van de kruising met de haven van Ridderkerk.
Ten slotte is echter besloten om geen sluis te bouwen maar in de mond van de haven een afsluitdam te leggen. De hoofdwaterkering zal daardoor in de toekomst ononderbroken doorlopen ongeveer evenwijdig langs de linkeroever van de rivier de Noord.
Het tracé van de nieuwe rivierdijk brengt enige buitenpolders en buitengronden binnen de hoofdwaterkering van IJsselmonde; de haven van Ridderkerk wordt erdoor afgesloten van het scheepvaartverkeer op de rivier de Noord.
Voor de afdamming van de haven en de indijking van enige terreinen is op grond van de uit 1904 daterende wet op de droogmakerijen en indijkingen aan het Waterschap IJsselmonde een concessie verleend. In deze concessie is beschreven hoe de afsluiting van de haven tot stand mag worden gebracht, en welke aanvullende werken moeten worden uitgevoerd.



2

In samenwerking tussen gemeente en waterschap zullen ten behoeve van de waterhuishouding in het binnen de hoofdwaterkering gebrachte gebied enige voorzieningen worden getroffen.
De in de nabije toekomst van het buitenwater afgesloten haven, waarop enige polders lozen, zal als boezemwater worden ingericht. De waterbeheersing van deze boezem zal worden verzorgd door een bemalingsinstallatie, die zal worden ondergebracht in een rioolwaterzuiveringsinrichting.
Deze effectieve combinatie kon tot stand komen omdat de gemeente Ridderkerk juist haar verouderde zuiveringsinrichting wilde vervangen door een moderne installatie. De nieuwe rioolwaterzuiveringsinrichting, waarvan de bouw inmiddels door de gemeente is ter hand genomen, is geprojecteerd aan de mond van de af te sluiten haven nabij de nieuwe rivierdijk. De bediening van de bemalingsinstallatie zal kunnen geschieden door personeel van de zuiveringsinstallatie.
Ten behoeve van de scheepvaart zal buiten de nieuwe hoofdwaterkering vervangende havenaccommodatie worden gemaakt. Daartoe wordt buitendijks een nieuwe haven voor de beroepsvaart aangelegd, bestaande uit een havenkom met een los- en laadsteiger en aanliggend haventerrein. De nieuwe haven wordt vanaf Ridderkerk voor het wegverkeer toegankelijk gemaakt. Een deel van de nieuwe haven zal worden ingericht als ligplaats voor een beperkt aantal recreatievaartuigen.
De nieuwe rivierdijk bestaat uit een opgespoten zandlichaam, afgedekt met klei.
De kleibekleding is aan de rivierzijde en op de kruin 1 m dik en aan de landzijde 70 cm.
De kruinbreedte bedraagt 3 m; de taluds zijn onder een helling van 1 : 3 aangebracht.
Ten behoeve van de dijkaanleg is vooraf een uitgebreid grondmechanisch onderzoek verricht. Uit dit onderzoek bleek dat vooral de ondergrond van het dijkvak ten zuiden van de haven een minder goede samenstelling bezat, en dat daar op grote zakking moest worden gerekend. Bij de bepaling van de aanleghoogte van dit dijkvak is met deze zetting van de ondergrond rekening gehouden. Ten behoeve van de stabiliteit van het dijkvak gedurende de periode van aanleg zijn brede zijbermen langs de dijk aangebracht. Na voltooiing van de gehele rivierdijk zal op de binnenberm een onderhoudsweg worden aangelegd.
In het Deltaplan wordt er van uitgegaan dat het water in de Nieuwe Maas bij extreme omstandigheden door stormen hoger wordt opgestuwd dan in de zuidelijker gelegen Oude Maas. Voor de rivier de Noord, die de hiervoor genoemde rivieren verbindt, moet daarom rekening worden gehouden met stormvloedstanden die van het zuiden naar het noorden in hoogte toenemen. Voor het dijkvak ten zuiden van de haven van Ridderkerk is daarom uitgegaan van een ontwerppeil van N.A.P. + 3,85 m en voor het noordelijke dijkvak van een ontwerppeil van N.A.P. + 4,05 m. Rekening houdend met een tijdsperiode van 50 jaar voor ongewijzigde handhaving van de dijktafelhoogte, zijn de dijktafelhoogte en de aanleghoogte als volgt bepaald:

	haven noordzijde	haven zuidzijde
ontwerppeil	N.A.P. + 4,05 m	N.A.P. + 3,85 m
golfoploop	0,65 m	0,65 m
bodemdaling	0,10 m	0,10 m
dijktafelhoogte	N.A.P. + 4,80 m	N.A.P. + 4,60 m
zetting ondergrond	0,60 m	1,40 m
aanleghoogte	N.A.P. + 5,40 m	N.A.P. + 6,00 m

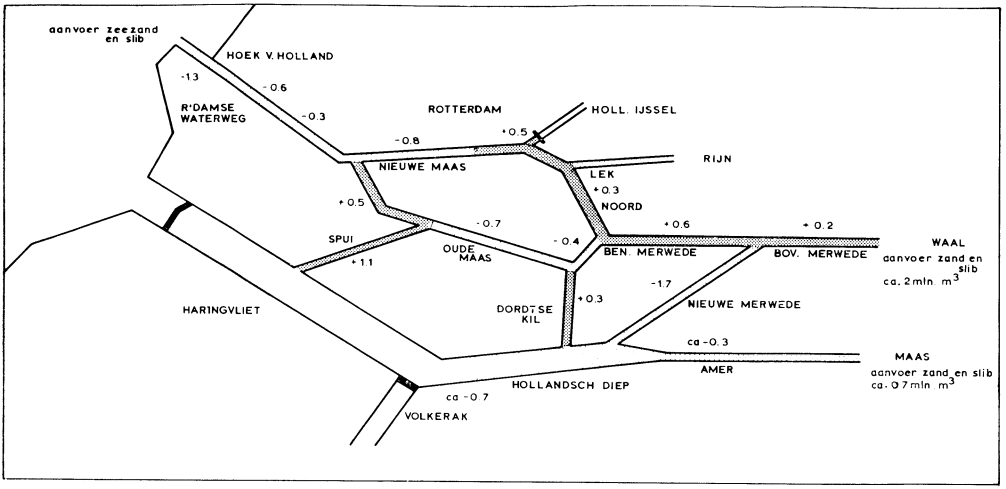
De aanleg van de nieuwe rivierdijk is thans in volle uitvoering. Ten zuiden van de haven is de hoofdwaterkering reeds voltooid. Ten noorden van de haven is de dijkaanleg bijna voltooid. Spoedig zal een begin worden gemaakt met de havenaanleg buitendijks. Wanneer de nieuwe haven is voltooid, zal in de oude havenmond de afsluitdam worden aangelegd. Binnen enkele jaren kan de versterking van de hoogwaterkering rond het eiland IJsselmonde ongeveer 2,5 km gevorderd zijn. Een toevallig maar plezierig gevolg van de dijkaanleg is de totstandkoming van een mooi stukje natuurgebied. Ten behoeve van de dijkaanleg moest namelijk klei aan het voorland nabij de rivier worden ontleend. De aldus ontstane kleiput is nu op aandringen van de plaatselijke gemeenschap niet aangevuld met baggerspecie, zoals aanvankelijk in de bedoeling lag, maar met medewerking van de daarbij betrokken instanties als ondiep meer ingericht. Te zamen met de rivierwaarts gelegen grienden vormt het meer een landschappelijk fraai geheel. De verwachting is dat het meer ook natuurwetenschappelijk in belang zal toenemen.

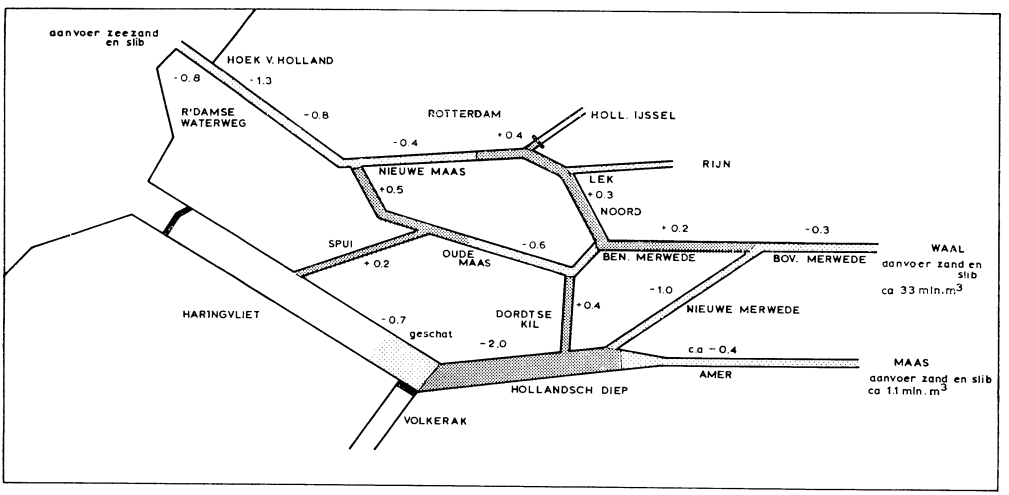
Zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet

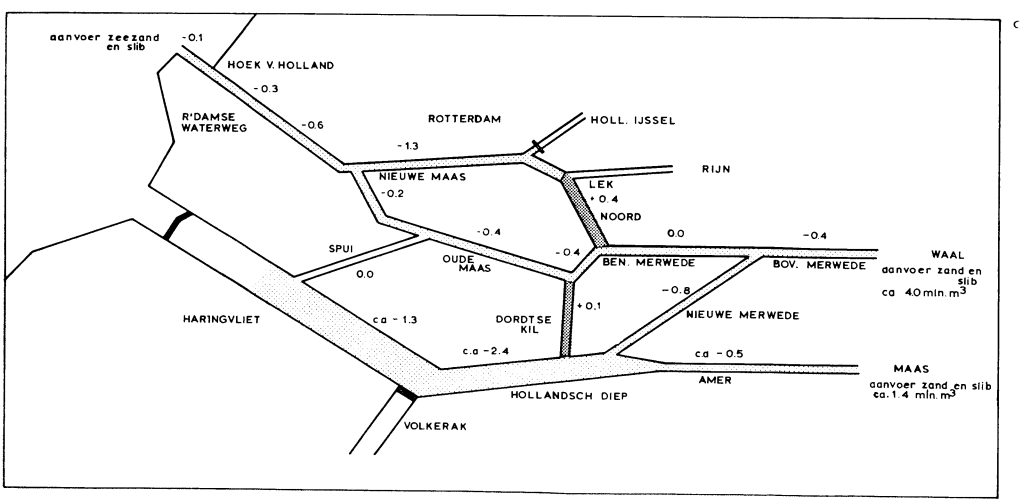
In Bericht 60 (mei 1972) is een overzicht gegeven van de natuurlijke zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk Deltabekken gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet in november 1970. In dat artikel werden de veranderingen van de getij-volumes van de rivieren vermeld, zoals die zich ontwikkelden onder de invloed van de gemiddelde omstandigheden van getij en rivierafvoer en het daarbij behorende spui-programma van de Haringvlietsluizen. Bij de veranderde getijvolumes bleek zich een nieuw evenwichtsprofiel te gaan instellen. Het gedrag van de rivieren gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet kwam in grote lijnen gezien goed overeen met de aanzandings- en erosieprocessen zoals die in het rapport van de Deltacommissie waren voorspeld. Het tempo waarin deze processen zich voltrokken kon toen nog niet beoordeeld worden; daarvoor was een enigszins langere ervaring nodig. Nu de stelselmatige verwerking van alle verrichte lodingen van de rivieren van het noordelijk bekken gedurende de eerste drie jaren na de afsluiting van het Haringvliet achter de rug is, is het mogelijk een overzicht te geven van de bodemveranderingen van de betrokken rivieren gedurende de periode van najaar 1970 tot najaar 1973. Voor de verschillende riviertakken zijn de inhouden beneden N.A.P. berekend uit lodingen. De inhoudsverschillen tussen twee opeenvolgende lodingen geven de werkelijk opgetreden bodemveranderingen aan. Echter, voor het gebied van de Rotterdamse Waterweg geven deze verschillen geen juist beeld van de natuurlijke inhoudsveranderingen, omdat hier plaatselijk veel zuigwerk verricht is; in de Nieuwe Maas is ter bestrijding van de zoutpenetratie tot bodemverhoging overgegaan, zodat ook daar de werkelijk opgetreden inhoudsverandering sterk afwijkt van de natuurlijke inhoudsverandering. Voor het verkrijgen van inzicht in het natuurlijk gedrag van de rivieren moeten deze gezogen en gestorte hoeveelheden materiaal vanzelfsprekend worden geëlimineerd. Bij het opmaken van de zandbalans over het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet is dat dan ook gedaan. Voor het maken van een sluitende zandbalans van het gehele noordelijke bekken zou enerzijds bekend moeten zijn hoe groot de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van zand en slib is van de rivieren Waal, Maas en Lek, en anderzijds hoeveel materiaal vanuit zee via de mond van de Rotterdamse Waterweg wordt aangevoerd.

De zand- en slibaanvoer van de Waal is op grond van metingen van het zand- en slibtransport op de Boven- en Nieuwe Merwede en vooral op grond van de bestudering van de lodingen sinds 1920 vrij nauwkeurig bekend. Jaarlijks voert de Waal gemiddeld 4 miljoen m^3 materiaal aan, en wel 0,80 miljoen m^3 zand en 3,20 miljoen m^3 slib.

De aanvoer van zand en slib van de Maas bedraagt jaarlijks gemiddeld 1,4 miljoen m^3. De aanvoer van zand en slib via de Lek is minder goed bekend. Op grond van de schaarse gegevens wordt die geschat op 0,1 tot 0,5 miljoen m^3. Nu de Rijnkanalisatie in werking is getreden en een bodemverhoging is uitgevoerd op het traject km 995 – Hollandse IJssel – tot km 1004 van de Nieuwe Maas, is dit bedrag nog moeilijker te bepalen. De aanvoer van zand en slib uit zee via de mond van de Rotterdamse Waterweg is sterk


a
aanvoer zeezand en slib
HOEK V. HOLLAND
-1.3
-0.6
-0.3
R'DAMSE WATERWEG
ROTTERDAM
HOLL. IJSSEL
-0.8
+0.5
NIEUWE MAAS
RIJN
LEK
+0.3
NOORD
+0.5
-0.7
+0.6
+0.2
SPUI
OUDE MAAS
+1.1
-0.4
BEN. MERWEDE
BOV. MERWEDE
WAAL
aanvoer zand en slib
ca. 2 mln. m3
-1.7
HARINGVLIET
DORDTSE KIL
+0.3
NIEUWE MERWEDE
ca -0.3
MAAS
aanvoer zand en slib
ca. 0.7 mln. m3
AMER
HOLLANDSCH DIEP
ca -0.7
VOLKERAK


b
aanvoer zeezand en slib
HOEK V. HOLLAND
-0.8
-1.3
R'DAMSE WATERWEG
-0.8
ROTTERDAM
HOLL. IJSSEL
-0.4
+0.4
NIEUWE MAAS
RIJN
+0.5
LEK
+0.3
NOORD
+0.2
-0.3
SPUI
OUDE MAAS
-0.6
+0.2
BEN. MERWEDE
BOV. MERWEDE
WAAL
aanvoer zand en slib
ca 33 mln.m3
-1.0
HARINGVLIET
DORDTSE KIL
+0.4
NIEUWE MERWEDE
-0.7
geschat
-2.0
ca -0.4
MAAS
aanvoer zand en slib
ca 1.1 mln. m3
AMER
HOLLANDSCH DIEP
VOLKERAK

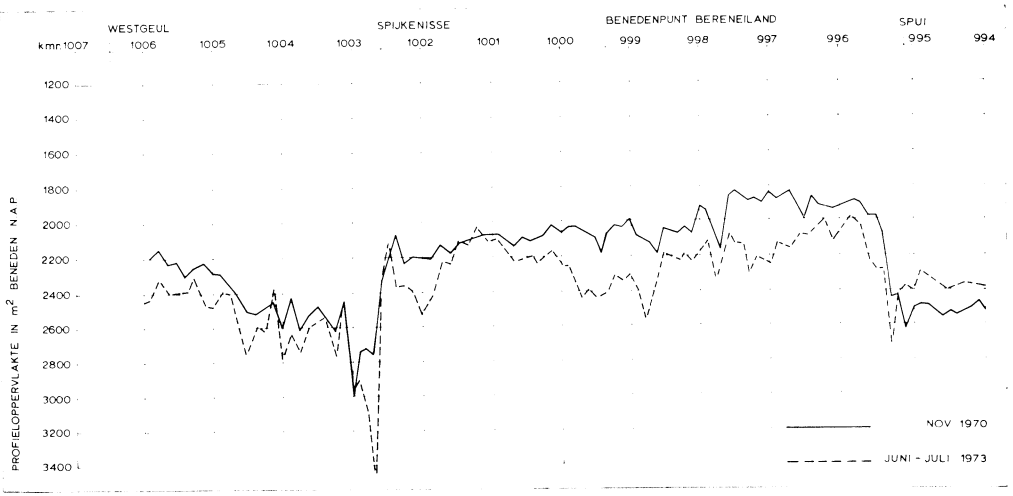

c
aanvoer zeezand en slib
-0.1
HOEK V. HOLLAND
-0.3
R'DAMSE WATERWEG
-0.6
ROTTERDAM
HOLL. IJSSEL
-1.3
NIEUWE MAAS
RIJN
-0.2
LEK
+0.4
NOORD
-0.4
0.0
-0.4
SPUI
OUDE MAAS
0.0
-0.4
BEN. MERWEDE
BOV. MERWEDE
WAAL
aanvoer zand en slib
ca 4.0 mln. m3
-0.8
HARINGVLIET
ca -1.3
DORDTSE KIL
+0.1
NIEUWE MERWEDE
ca -2.4
ca -0.5
MAAS
aanvoer zand en slib
ca. 1.4 mln. m3
AMER
HOLLANDSCH DIEP
VOLKERAK

1965–1973
Fig. 1. Globale zandbalans over de perioden
a. 2 november 1970–1 mei 1971
b. 1 mei 1971–1 maart 1972
c. 1 maart 1972–1 maart 1973

Fig. 2. Verandering van het profieloppervlak van de Oude Maas tussen 1970 en 1973

treden van langdurige westerstormen aanzienlijk groter geweest dan gedurende de eerste periode.

Het zand en slib van de Waal is gedurende de eerste periode in hoofdzaak afgezet op de Nieuwe Merwede; gedurende de tweede en derde periode is het zand en slib van de Waal en de Maas voor een groot deel ook verder getransporteerd naar het gebied van het Hollands Diep, en vermoedelijk ook nog voor een klein deel naar het Haringvliet. De grotere rivierafvoer zal hierbij een rol hebben gespeeld, en vermoedelijk ook het effect van de aanvankelijk sterk verhoogde bodem van de Nieuwe Merwede. Vroeger, voor de afsluiting van het Haringvliet, werd het slib afgezet tot ver in het mondingsgebied van het Haringvliet.



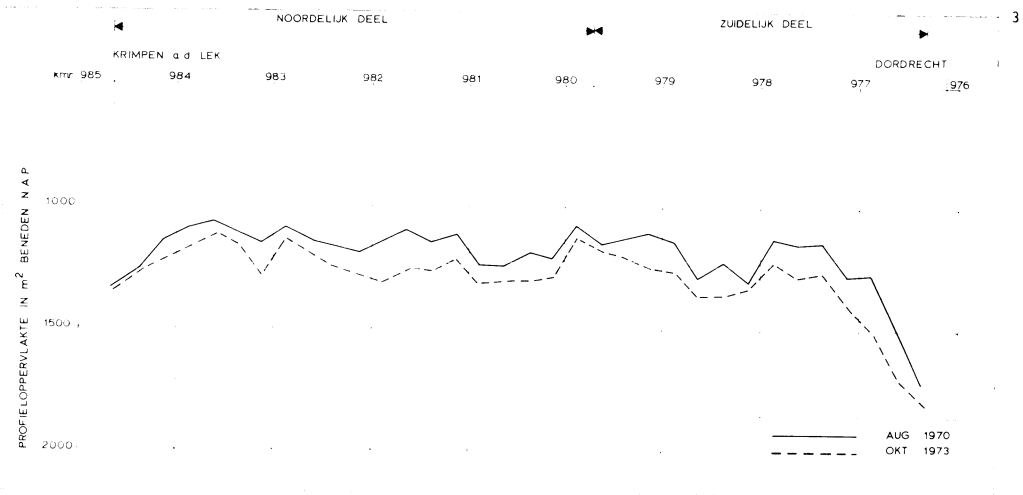
afhankelijk van het al of niet optreden van langdurige westerstormen; bij de samenstelling van de achtereenvolgende zandbalansen over de perioden november 1970 – mei 1971 – maart 1972 – maart 1973 kon dit bedrag slechts als sluitpost van de zandbalans worden berekend. Daarbij is het nog onbekende bedrag van de zandafzetting in de havenbekkens van het gebied buiten beschouwing gelaten, zodat de werkelijke aanvoer van zand en slib gedurende de drie perioden nog aanzienlijk groter zal zijn geweest dan alleen op grond van de bodemveranderingen der rivieren is berekend.
In de figuren 1a, b en c zijn de zandbalansen over de drie perioden weergegeven voor de rivieren van het noordelijk bekken. Tijdens de tweede en de derde periode is de aanvoer van zeezand en -slib door het veelvuldig op-

De rivieren Noord en Kil zijn evenals gedurende de eerste periode ook gedurende de tweede en derde periode uitgeschuurd. Het Spui blijkt zich snel aan de veranderde waterbeweging te hebben aangepast: na de forse uitschuring gedurende de eerste periode is de inhoud vrijwel stabiel gebleven. De benedenmond van de Oude Maas is gedurende de eerste en tweede periode vrij sterk uitgeschuurd; de grootste uitschuringen treden daar op bij Bovenrijnafvoeren van 1500 tot 2000 m^3/sec. De opzanding gedurende de derde periode is vermoedelijk in hoofdzaak het gevolg geweest van de grote aanvoer van zand en slib uit zee tijdens deze periode; variaties in de rivierafvoer speelden daarbij natuurlijk ook een rol. Dit zand en slib is niet alleen ver rivierwaarts op de Nieuwe Maas afgezet, maar is tevens voor een deel in de

Fig. 3. Profielverandering van de Noord tussen 1970 en 1973

Fig. 4. Diepte en profieloppervlak van de Noord, 1965 1973

benedenmond van de Oude Maas tot bezinking gekomen.
Met uitzondering van het traject Rotterdamse Waterweg-Nieuwe Maas en het traject Hollands Diep-Haringvliet is er op de rivieren van het noordelijk Deltabekken weinig materiaal gezogen of gestort.
De werkelijke inhoudsveranderingen zijn daarom in de meeste gevallen vrijwel gelijk aan de natuurlijke inhoudsveranderingen.
De werkelijk opgetreden profielveranderingen gedurende de eerste jaren na de afsluiting van het Haringvliet geven dan ook voor de meeste rivieren de essentiële ontwikkeling weer. Uit metingen en lodingen is voor elk van deze rivieren de ontwikkeling bepaald van de volgende grootheden. Ten eerste het profieloppervlak beneden N.A.P. ter plaatse van alle gelode raaien van de rivier volgens



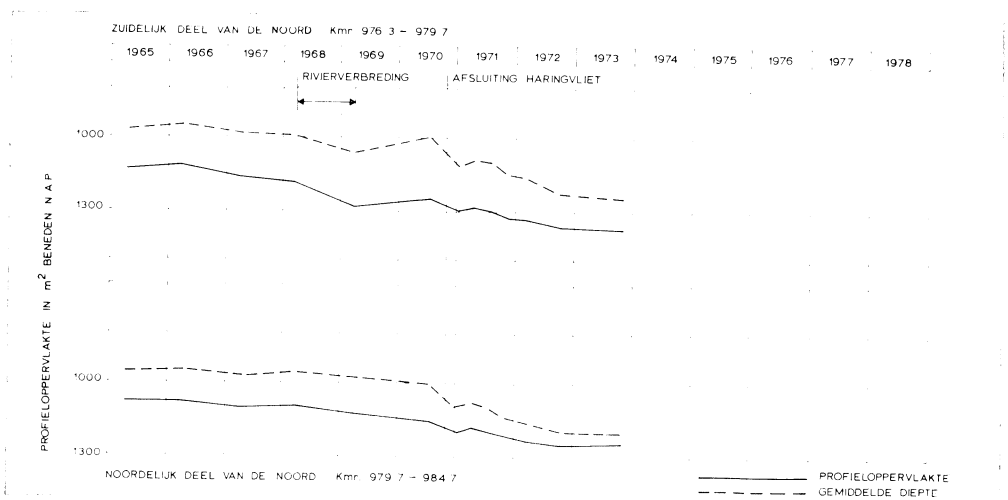
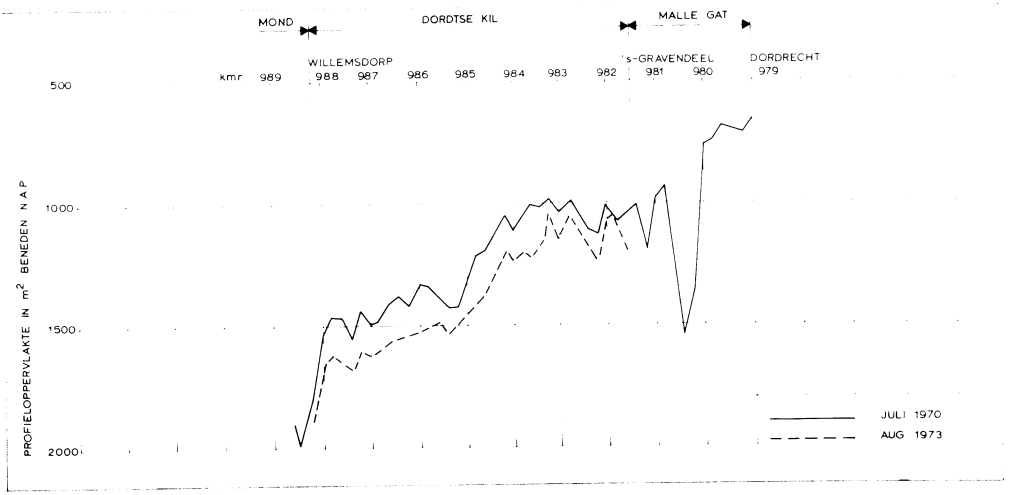


Fig. 5. Profielverandering van Dordtse Kil en Mallegat tussen 1970 en 1973

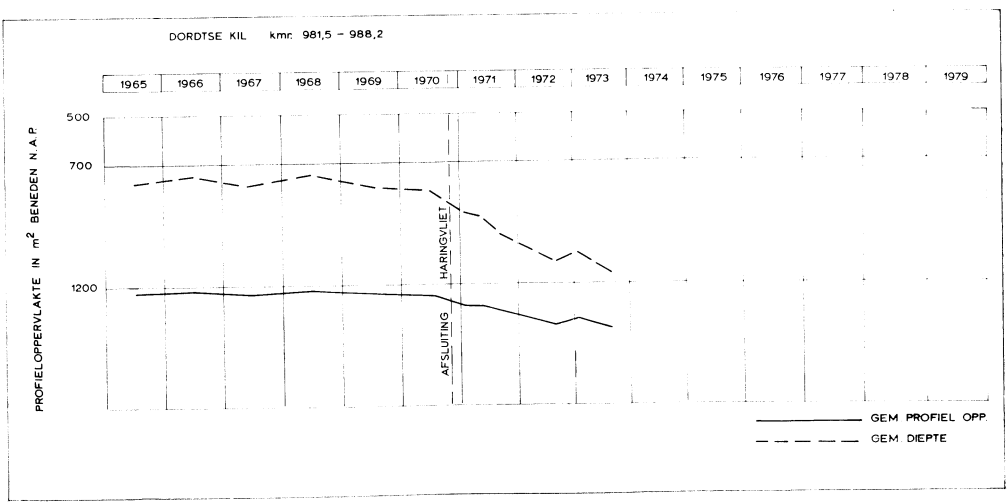
Fig. 6. Diepte en profieloppervlak van de Dordtse Kil, 1965–1973

de toestand in het najaar van 1970 en het najaar van 1973. Voorts het gemiddelde profieloppervlak van een rivier of riviervak over de periode 1965–1973. Dit om de discontinuïteit in het gedrag van de rivieren als gevolg van de afsluiting van het Haringvliet te kunnen vaststellen.
Tenslotte is de ontwikkeling bepaald van de gemiddelde diepte van de rivier of het riviervak, eveneens over de periode 1965–1973.
In dit artikel wordt volstaan met het geven van de ontwikkeling van de genoemde grootheden voor een aantal rivieren.
Het getijvolume van het benedendeel van de *Oude Maas*, voorbij het splitsingspunt met het Spui, is bij gemiddelde Bovenrijnafvoer en gemiddeld getij toegenomen van 46 tot 58 miljoen m^3, een toename met 25%. Het profieloppervlak is tussen najaar 1970 en

5



6



najaar 1973 7 tot 8% groter geworden. Volledige aanpassing van het profiel aan het vergrote getijvolume zou 8 à 10 jaar in beslag nemen. Langdurig optredende westerstormen kunnen dit proces echter vertragen; via de mond van de Rotterdamse Waterweg kan er dan weer zand en slib worden afgezet. Boven het splitsingspunt met het Spui vond op de Oude Maas aanzanding plaats.
Het *Spui* kreeg in de bovenmond een aanzienlijk groter getijvolume. Mede door het karakter van deze rivier – smal met veel bochten – is de aanpassing van het profiel snel tot stand gekomen.
De *Noord* kreeg een 25% groter getijvolume. In drie jaar tijds is het profieloppervlak daar met 8 tot 9% toegenomen. Het volledige aanpassingsproces zou 10 tot 15 jaar kunnen duren.
De *Dordtse Kil* heeft relatief gezien de grootste bodemveranderingen ondergaan. Het gemiddelde profieloppervlak is toegenomen van 1250 m^2 tot 1380 m^2, dus met 10%. Het gemiddeld optredend getijvolume is toegenomen met 25%. Deze rivier zal in 1974 en volgende jaren ter wille van de scheepvaart een aanzienlijke verruiming ondergaan, mede in verband met de nieuwe scheepvaartverbinding Dordtse Kil – Krabbegeul – Oude Maas. Het hierop aansluitende gedeelte van de Oude Maas is al eerder kunstmatig verruimd.

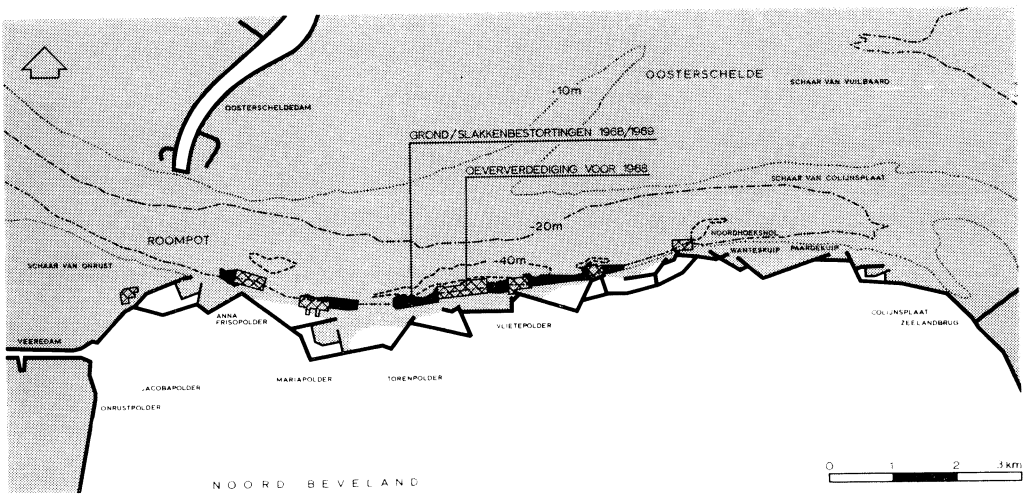
De *Nieuwe Merwede* kreeg gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet veel zand en vooral slib van de Waal, dat zich voornamelijk in het middendeel van de rivier afzette. Later zijn de grootste afzettingen in het benedendeel opgetreden.

Het lijkt logisch te veronderstellen dat het proces van aanslibbing en opzanding zich op deze wijze in benedenwaartse richting verder zal ontwikkelen. Het gemiddelde profieloppervlak is afgenomen met 8%, van 2165 m^2 tot 1995 m^2. De totale hoeveelheid doorstromend water is gemiddeld over de rivier afgenomen met 25%. Hoge rivierafvoeren, die in de beschouwde periode echter nauwelijks zijn voorgekomen, zullen dit aanslibbingsproces tijdelijk kunnen verstoren. Er kan dan alleen zand worden afgezet, terwijl het slib tot verder benedenstrooms zal worden meegenomen. Na langdurige perioden van lage rivierafvoeren, zoals de periode 1970–1973 in hoofdzaak is geweest, zal het inmiddels afgezette slib echter moeilijk meer verwijderd kunnen worden. Bij snel op elkaar volgende perioden van lage en hoge rivierafvoeren zou dat wèl kunnen. In de benedenmond van de Nieuwe Merwede heeft zuigwerk plaatsgevonden, waardoor de afzetting van zand en slib daar niet meer waarneembaar is in de ontwikkeling van het werkelijke profieloppervlak.

Ontwikkeling van de Noordbevelandse oever

De topografie van Noord-Bevelands noordkust is gedurende de laatste vijfentwintig jaar, althans wat het westelijk gedeelte betreft, drastisch gewijzigd, grotendeels als gevolg van de uitvoering der Deltawerken. Allereerst werd in 1953 het oeverwerk voor de Onrustpolder zeewaarts uitgebreid, nadat in 1951 in die omgeving een kleine zettingsvloeiing van 56 000 m^3 was opgetreden. Vervolgens werd, in de periode 1958–1961 de Veersegatdam aangelegd, waardoor de eb- en vloedbeweging door het Veerse Gat ophield invloed uit te oefenen op de langs Walcheren en Noord-Beveland trekkende stromen. Een vergelijking van de peilkaarten van 1962 en 1971 laat enige veranderingen zien in de bodemfiguratie. De geulen hebben hun bedding enigszins verlegd, waardoor het oeverwerk bij de Onrustpolder nog meer geprononceerd begon uit te steken. In de Schaar van Onrust werd, tegenover de Onrustpolder, aangroeiing van het onderzees plateau waargenomen. De dieptelijn van N.A.P. – 10 m trok aan de plaatzijde ongeveer 90 m landwaarts. De turbulentie rond het oeverwerk werd er door deze ontwikkelingen niet minder op. Vooral aan de westkant resulteerde dit in achteruitgang van met name

Fig. 1. Situatie van de Noordbevelandse oever in 1974



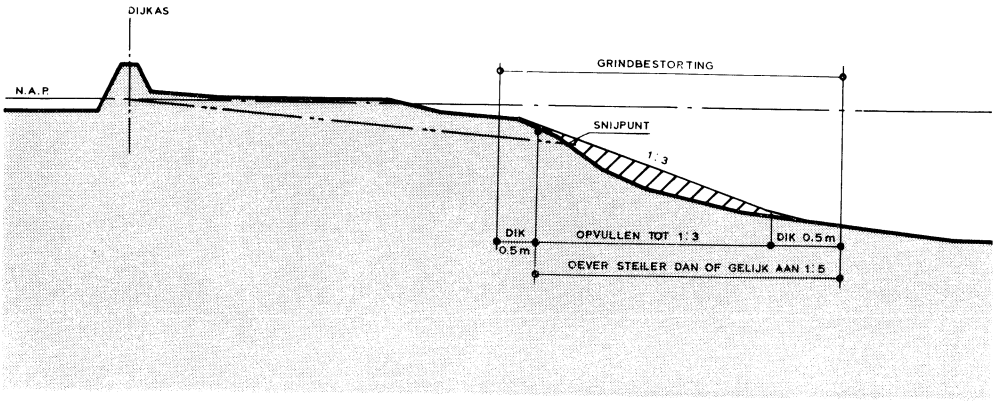
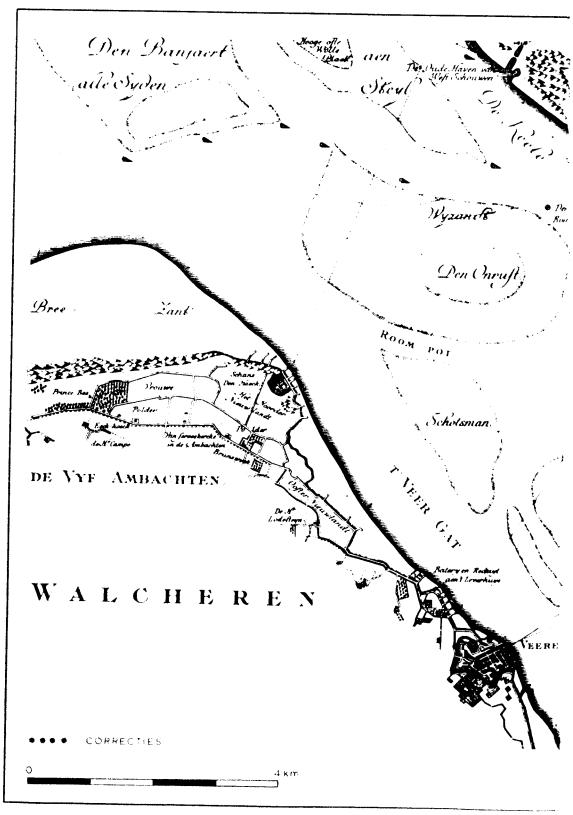


Fig. 2. Dwarsprofiel van de grindbestortingen langs de Noordbevelandse oever

het bovenste gedeelte van de onderwateroever. De kortste afstand tussen de laagwaterlijn en de hoogwaterkering bedraagt daar thans ongeveer 150 m.
Even ten oosten van dit oeverwerk zou volgens het Deltaplan de Oosterscheldedam aansluiten op de oever van Noord-Beveland. Een aantal onderzeese werken is, ter voorbereiding van de aanleg van de dam, in deze omgeving inmiddels al uitgevoerd. In de sluitgaten zijn bodembeschermingen aangebracht, en de pylonen voor de ophanging van een serie kabelbanen zijn ingeheid. Langs de noordkust van Noord-Beveland is ten behoeve of als gevolg van de Deltawerken een drietal havens aangelegd. Allereerst werd, in 1961 al, een nieuwe vissershaven in gebruik genomen, gelegen naast de gemeentehaven van Colijnsplaat. In 1968 en 1969 werd de werkhaven 'Sophiapolder' voor de Deltadienst aangelegd. In samenhang met dat werk werd toen tevens in oostelijke richting een duinregel opgespoten ter versterking van de summiere zandrug die tegen de zeedijk van de Mariapolder en van de Torenpolder lag. Ten slotte werd, in 1971 en 1972, de damaanzet gerealiseerd aan de noordzijde van de Onrust- en Jacobapolder; aan de binnenzijde daarvan werd opnieuw een werkhaven gemaakt. De twee eerstgenoemde havens hebben naar het zich laat aanzien tot heden geen invloed van betekenis gehad op de gedragingen van de Noordbevelandse oevers. De havendammen en -plateaus hebben plaatselijk wel een extra veiligheid gegeven aan de hoogwaterkeringen. Evenzo functioneerden de damaanzet en de werkhaven aan de Jacobapolder als extra bescherming van de dijken der achterliggende polders; als voor-



uitspringend bolwerk in de Roompot drukken ze ter plaatse de stroom weg van de oever. Vooral ten oosten van de werkhaven had dat verlaging van het strand tot gevolg, zij het dat ook vóór de aanleg van de damaanzet achteruitgang van dit strand was opgemerkt. Het Noordbevelandse bruggehoofd van de Zeelandbrug, gebouwd in 1963 en 1964, noch de pijlers die voor de oever werden opgericht, hebben merkbare invloed gehad op het gedrag van de oevers in de buurt. Drie kilometer meer naar het zuiden was in 1960 al de oeververdediging uitgebreid, ter gelegenheid van de aanleg van een nieuwe veerhaven. Ingrijpende maatregelen ter versterking van de onderzeese oever aan de noordkust van het eiland werden getroffen in 1968 en 1969. Uit modelproeven en getijberekeningen was namelijk gebleken dat de stroomsnelheden, en dan met name die van de ebstroom, ten

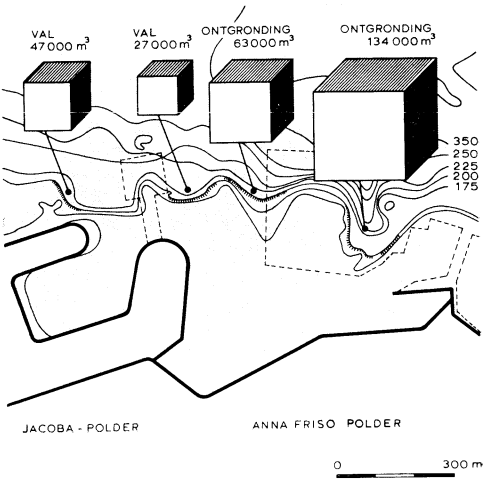
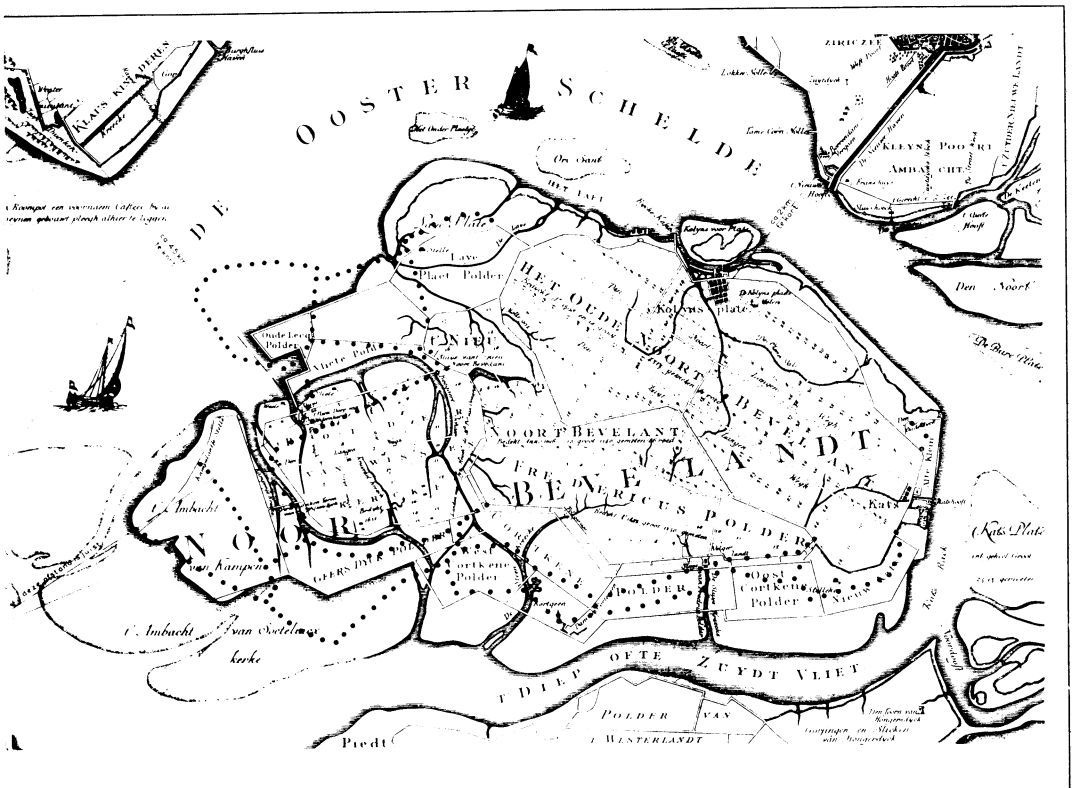


Fig. 3. Omvang en plaats van de meest recente vallen en ontgrondingen

Fig. 4. Kaart van N. I. Visscher. 17e eeuw

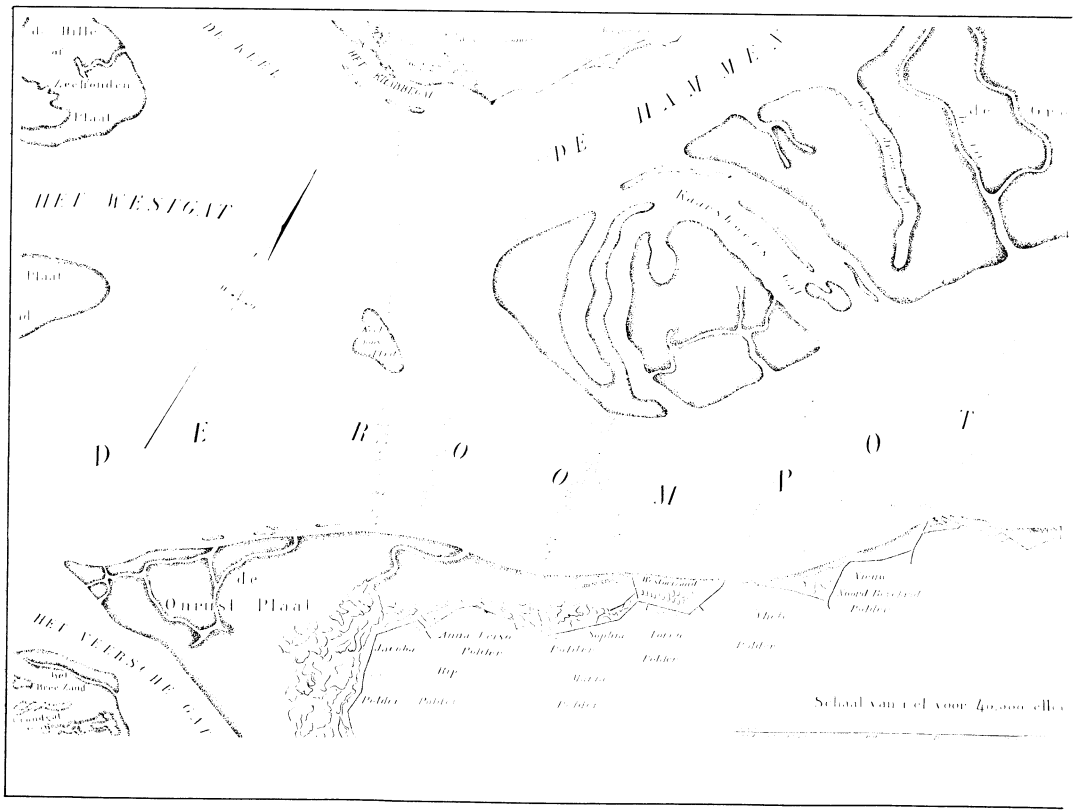


gevolge van de afsluiting van het Volkerak in dit gebied met 5 tot 10% zouden toenemen. Dit zou de kans op het optreden van oevervallen vergroten. Een versterkte stroomaanval werd vooral verwacht in het gebied ten westen van het punt waar de ebstroom van de Vuilbaard uitmondt in de Roompot. Ter bescherming is toen een uitgebreide bestorting aangebracht van grind en fosforslakken. Zie voor een meer gedetailleerde beschrijving van deze werken Bericht 43 (februari 1968).

Grondgesteldheid

Een globale indruk van de geologische opbouw van de Noordbevelandse oever kan men ontlenen aan de vergelijking van een aantal detailkaarten uit het verleden. Geschikte objecten voor vergelijking zijn de 17e eeuwse kaart van N. I. Visscher en de vroeg negentiende eeuwse van W. van Wijngaarden en A. Decker. Op Visschers kaart zijn de meeste afstanden verkeerd ingetekend. Niettemin kan deze kaart dienen om een algemene indruk te krijgen, hoe de kust van Noord-Beveland er omstreeks 1650 bijlag. Waar nu de noordwestelijke polders liggen, ziet men een platen- en schorrengebied. De kaart van Wijngaarden en Decker – 1820 – is nauwkeuriger. Men krijgt een goed beeld van de oever, de voorliggende geul en het platengebied van de Oosterschelde. Aan de noordoostzijde was Noord-Beveland toen al danig afgebrokkeld; aan de westzijde had de Onrustplaat nog een bolle oeverlijn. De noordwestelijke helft van Noord-Beveland was in 1820 een verzand gebied waarvan het middengedeelte echter al aan het afnemen was. De noordoostelijke

Fig. 5. Kaart van W. van Wijngaarden en A. Decker, 19e eeuw



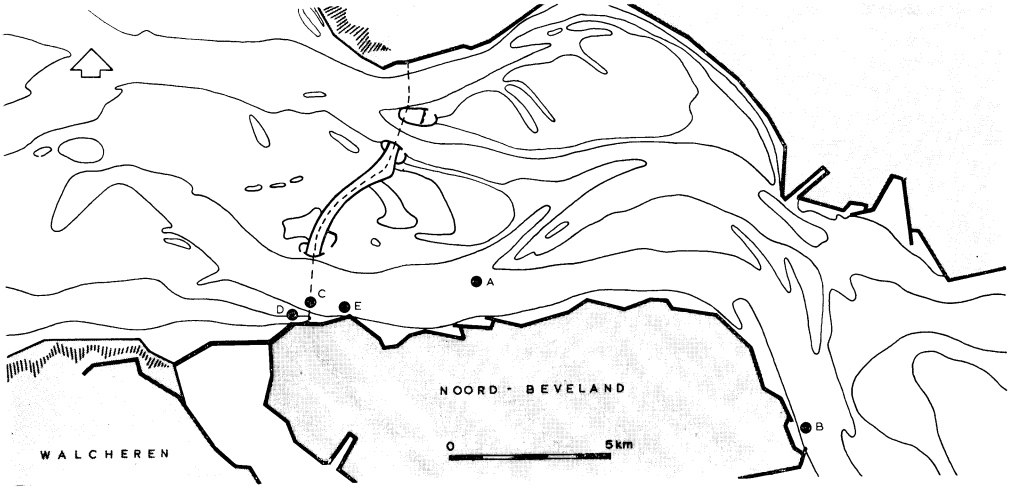
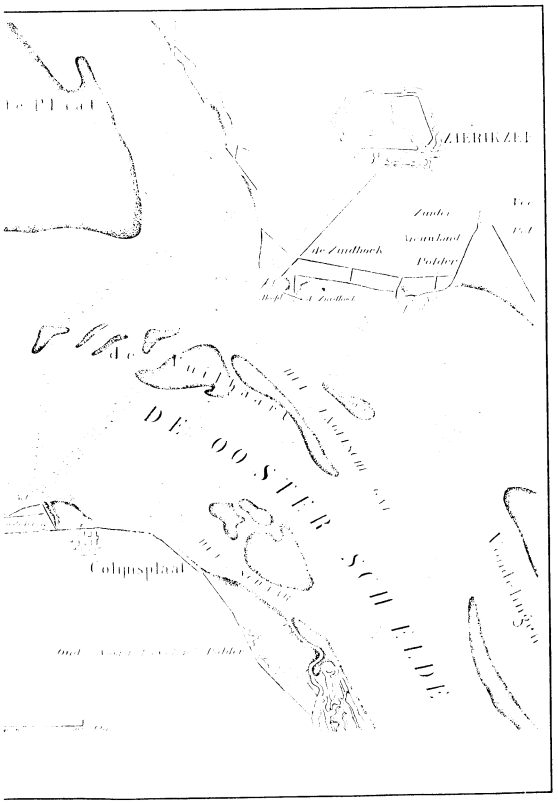


Fig. 6. Situatie van de in de tekst besproken meetpunten A–D



helft, tot Colijnsplaat, vormde een afbrokkelende polderrand. Die afbrokkeling is na 1880 min of meer ingetoomd door de aanleg van oeververdedigingswerken.

Recente geologische onderzoekingen werpen nog meer licht op de opbouw van de Noordbevelandse oever. De Geologische Dienst te Haarlem heeft in 1962, en aanvullend in 1964, een rapport over dit onderwerp uitgebracht. Vanaf de Veersegatdam tot en met de Vlietepolder blijkt de noordkust van Noord-Beveland te zijn opgebouwd uit jong zeezand. De basis van dit jonge zeezand ligt bijna overal op ongeveer N.A.P. – 30 m, en rust op de zogenaamde afzetting van Halsteren. Deze afzetting, waarvan de bovenkant oorspronkelijk flauw hellend van oost naar west afliep, vertoont aan de zuidoostzijde van de Anna Frisopolder een insnijding van bijna 10 m diepte, waarin zich eveneens jong zeezand heeft afgezet.

Op die plaats ligt de basis van het jonge zeezand dus nog dieper, op ongeveer N.A.P. – 40 m. Ten oosten van de Vlietepolder ligt een gebied van inlagen dat rust op een oude kern, het restant van het in 1530 verdronken Noord-Beveland. De uitloper van de Roompot leunt op de overgang van het Schaar van Colijnsplaat tegen deze kern, met als gevolg erosie en afbrokkeling van de oude kernlaag. In een rustiger periode aangezand met jong zeezand, werd dit gebied gevoelig voor zettingsvloeiingen, die bij versterkte stroomaanval optraden en in het begin van deze eeuw een aantal inlagen – de Wanteskuip, de Noordhoeksnol en de Paardekuip – meesleurden. Het gebied aan weerszijden van Colijnsplaat, en het dorp zelf rusten op de voormalige 'Goling Plate', als aanwas in de Oosterschelde

uit jong zeezand opgebouwd. In de 16e eeuw strekte deze zandplaat zich uit tot enkele honderden meters ten noorden van de voormalige Al te Kleinpolder. De noordwestelijke dijk van dat poldertje was trouwens voor 1530 een deel van de oorspronkelijke zeewering van Oud Noord-Beveland. De grens van dat oude eiland liep vanaf de Al te Kleinpolder sterk zuidwestwaarts weg. Ten oosten daarvan is later het gebied van de Leendert Abrahampolder ontstaan, dat voor 1530 nog grotendeels water was. Omstreeks 1650 resteerde daarvan alleen het Katse Rack als een vrij brede geul, en in 1750 was ook die al voor een groot deel verzand, zodat de open aanwas in 1853 rijp was voor bedijking. Het is duidelijk dat de ondergrond van de Leendert Abrahampolder uit jong afgezet materiaal bestaat.

De theorie over zettingsvloeiingen zegt, dat vallen kunnen optreden in jong zeezand, wanneer dat zandpakket aan erosie door de getijbeweging bloot staat. Het grootste deel van de noord- en oostkust van Noord-Beveland moet dus worden beschouwd als een vallengevoelige oever.

Sinds 1880 hebben er 150 vallen en afschuivingen plaatsgevonden; de gegevens zijn in onderstaande tabel gesystematiseerd.

De meest recente vallen en ontgrondingen hebben zich, zoals ook al blijkt uit de tabel, voorgedaan in de omgeving van de Jacobapolder. In het voorjaar van 1972 vond er een oeverval van 120 000 m^3 plaats langs de westflank van het oeverwerk; daarop volgde een aantal onderzeese vallen in december 1973, bij welke gelegenheid aan de westzijde van de havenmond ruim 47 000 m^3 zand verdween, en ten oosten van de oostelijke havendam ruim 27 000 m^3. Ongeveer tegelijkertijd verdween op de oeverwerken van de aangrenzende Anna Frisopolder een kleine 200 000 m^3 zand dat eerder op de werken was afgezet in de trog voor het oeverwerk. Verwacht wordt dat de door deze verschuiving verondiepte put spoedig zijn oorspronkelijke diepte terug zal krijgen.

Waterbeweging

De reeds uitgevoerde Deltawerken hebben in de afgelopen 25 jaar ook de getijstromen rond het eiland Noord-Beveland aanzienlijk gewijzigd. De grootste invloed had natuurlijk de plotselinge afsluiting van het Veerse Gat op 27 april 1961, waardoor de getijbeweging wegviel langs de westelijke en zuidelijke oever van het eiland – of, sedert de aanleg van de Zandkreekdam eigenlijk schiereiland – Noord-Beveland. Langs de noordelijke en oostelijke oever veranderde de getijbeweging niet noemenswaardig, zo blijkt uit vergelijking van de stroommetingen in de periode 1959–1969. In die periode is, als onderdeel van een algemeen getij-onderzoek in het Oosterscheldebekken, in onder andere de Roompot een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd, waarbij in een groot aantal meetpunten stroomsnelheids- en -richtingsmetingen werden verricht.

Er is naar gestreefd, de metingen in punten van dezelfde raai zoveel mogelijk tegelijkertijd uit te voeren, waardoor een duidelijk beeld van de snelheidsverdeling in een raai is verkregen. Het gemiddelde snelheidsverloop in elk meetpunt werd getekend als functie van de tijd, en het beeld van de stromingen werd opgebouwd uit vergelijking van de ver-

Tabel. Vallen en afschuivingen sinds 1880

polder	aantal	in de periode	max. verplaatste grondmassa in m^3 x 1000	globale diepte-grens van de val t.o.v. N.A.P.
Onrustpolder	5	1898–1951	70	– 11 m
Jacobapolder	15	1886–1973	47	– 11 m
Anna Frisopolder	31	1881–1968	450	– 20 m
Mariapolder	6	1880–1922	610	– 16 m
Torenpolder	7	1886–1944	840	– 22 m
Vlietepolder	7	1886–1956	935	– 24 m
Nieuw Noord-Bevelandpolder	11	1883–1938	400	– 22 m
Oud Noord-Bevelandpolder	24	1881–1960	450	– 22 m
v.m. Al te Kleinpolder	12	1882–1938	550	– 21 m
Leendert Abrahampolder	32	1887–1966	1158	– 24 m

schillende snelheidskrommen. Om de van dag tot dag wisselende tij-omstandigheden uit het beeld te elimineren werden alle gemeten snelheden herleid tot de waarde die ze zouden hebben bij gemiddelde getij-omstandigheden. Er werd zo, behalve een goed overzicht van de onderlinge grootteverhouding der snelheden in de verschillende meetpunten, ook een duidelijk beeld verkregen van de variatie in stroomrichting.

Na de afsluiting van het Volkerak – 28 april 1969 – en wederom na de voltooiing van het damvak Geul in de Oosterschelde – juli 1972 – is een vervolgonderzoek ingesteld naar de veranderingen in de stroomsnelheden en -richtingen in de Roompot ter plaatse van meetpunt A (Vlietepolder). In verband met de van dit punt beschikbare gegevens konden alleen veranderingen worden onderzocht bij 'normale' getijbeweging. Dat wil zeggen bij verticale getijden waarvan de halftijstanden niet meer dan 30 cm afwijken van het tienjaarlijks gemiddelde. Om de opgetreden snelheidsveranderingen te kunnen vaststellen is een vergelijking getrokken tussen een aantal stroomsnelheidsmetingen uit de jaren 1959–1966 enerzijds en uit de periode na de afsluitingen van respectievelijk het Volkerak en de Geul anderzijds. Steeds werden de maximale vloed- en ebsnelheden uitgezet tegen de bijbehorende verticale-getijstanden te Burghsluis. Het blijkt gerechtvaardigd de relatie tussen stroomsnelheid en getijverschil voor te stellen als een rechte lijn. Uit metingen en berekeningen blijkt dat de maximale ebsnelheden tijdens springtij na de afsluitingen met ongeveer 8% zijn toegenomen. De maximale vloedsnelheden zijn echter niet noemenswaard veranderd.

Voorts zijn alle metingen in punt A per half uur gemiddeld, en herleid tot de waarde bij gemiddeld getij. Zet men deze snelheden uit tegen de tijd, dan blijkt dat de stroomsnelheidskromme na de afsluiting van Volkerak en Geul ongeveer 15 minuten in fase is verschoven, en wel zo dat de tijdstippen van de kenteringen en de maximale snelheden ten opzichte van 1968 zijn vervroegd.

Ook in twee andere punten, voor de Leendert Abrahampolder (B) en voor de Jacobapolder (C) is een onderzoek ingesteld naar de verandering van de stroomsnelheden. In meetpunt C is in 1968, 1971 en 1972 slechts tweemaal per jaar een volledig getij gemeten; in meetpunt B gebeurde dit in 1968 viermaal en in 1974 twee maal. Gezien dit geringe aantal metingen per jaar geven de snelheidskrommen die uit deze metingen zijn afgeleid, slechts een globaal inzicht in de snelheidsveranderingen in de punten B en C. In B zijn de stroomsnelheden niet noemenswaard veranderd. In C daarentegen zijn zowel de vloed- als de ebsnelheden na de afsluiting van het Volkerak en de Geul duidelijk toegenomen. De grootte van de verandering is door het geringe aantal metingen moeilijk vast te stellen. Ook de in 1973 uitgevoerde stroommetingen in de Roompot nabij het damtracé – meetpunten D en E – geven geen uitsluitsel omtrent het percentage van de veranderingen, omdat er geen vergelijkbare gegevens zijn van vóór 1968. Bovendien is het stroombeeld daar tengevolge van de aanleg van de damaanzet sedert 1973 veranderd. Voor beide meetpunten geldt dat er bij normale getijomstandigheden een redelijk rechtlijnig verband bestaat tussen getijdaling en maximale ebsnelheid en tussen getijrijzing en maximale vloedsnelheid. Met behulp van frequentiekrommen van de getijdalingen en -rijzingen, samengesteld uit de getijregistraties bij Vlietepolder in de periode 1966–1971, kunnen de frequenties van de maximale snelheden ter plaatse van de punten D en E worden bepaald. In meetpunt D in de Schaar van Onrust, blijken bij 50% van het aantal getijden maximale ebsnelheden voor te komen van meer dan 97 cm/sec en maximale vloedsnelheden van meer dan 1,42 cm/sec. De maximale vloedstroom overheerst daar dus sterk. In meetpunt E treden in 50% der gevallen maximale ebsnelheden op van meer dan 1,65 cm/sec, en maximale vloedsnelheden van meer dan 1,40 cm/sec.

Tijdens de maximale ebstroom treden in meetpunt E, vooral bij springtij, sterke wervelingen op, die er de oorzaak van zijn dat de daar aanwezige trog in stand blijft. Tegelijkertijd komen langs de oever randneren voor, waarin een gedeelte van het opgewoelde zand bezinkt.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Derde schutsluis, inlaatsluis en jachtensluis

Het betonwerk van de derde sluis is voltooid.
Op 26 augustus is begonnen met het inlaten van water in de bouwput. Op dezelfde dag heeft de minister van Verkeer en Waterstaat een bezoek gebracht aan de werken.
In november 1974 zal worden begonnen met het aanvullen van het sluisterrein. Het daartoe benodigde zand wordt ontleend aan de werken voor de uitbreiding van de noordelijke voorhaven.
In de verslagperiode is voortgegaan met de opbouw van de pijlers en de keerwanden van de inlaatsluis.
Het landhoofd en de keerwanden van de jachtensluis aan de Volkerakzijde zijn gereed. Begonnen is met het maken van de laatste deurkasmoot aan de Hollands-Diepzijde.
De voorgespannen liggers van 8 velden aan de overbrugging van de sluizen zijn aangebracht. De totale overbrugging bestaat uit 10 velden. De liggers voor de laatste 2 velden worden aangebracht zodra het landhoofd aan de Volkerakzijde gereed is. Wanneer alle liggers zijn aangebracht worden de stroken tussen de liggers aangevuld met beton.
Van 3 velden is inmiddels de dwarsvoorspanning van het dek aangebracht.

Verkeerskokers op het Hellegatsplein

Na de bouwvakantie is begonnen met de tweede storten van het noordelijk kunstwerk. Van het zuidelijk kunstwerk zijn inmiddels 5 van dergelijke storten gereed.
Begonnen is met de bouw van de vleugels van beide kunstwerken, terwijl tevens een aanvang is gemaakt met de uitvoering van de derde koker.

Geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortebedden voor de inlaatsluis en de jachtensluis

Uit de toeleidingsgeulen en uit de voorhavens is in totaal 1 150 000 m^3 specie gebaggerd.
Het zinkwerk voor de bouw van de geleidedammen, voorzover gelegen buiten de ringdijk van de bouwput voor de sluizenbouw, is gereed. De oostelijke dam aan de buitenzijde van de zuidelijke ringdijk van de bouwput voor de sluizenbouw is grotendeels gereed.
In de verslagperiode is voortgegaan met de aanleg van de glooiing van de westelijke dam aan de buitenzijde van de zuidelijke ringdijk boven N.A.P. + 0,75 m.

Brouwerhavensche Gat

Bouwput voor de doorlaatsluis

De laatste week van juni is de aannemer van het werk, Aannemingsmaatschappij Van Oord Utrecht N.V., begonnen met het aanbrengen van de westelijke ringdijk om de bouwput. De ringdijk moet ter plaatse tijdelijk de waterkerende functie van de Brouwersdam overnemen, omdat die voor de aanleg van de doorlaatsluis tot een diepte van N.A.P. – 13 m moet worden doorgraven.
Het zand voor de ringdijk wordt met de profielperszuiger 'Westerschelde' gewonnen in het Grevelingenmeer. De zuiger maakt daar meteen een gedeelte van de toeleidingsgeul voor de sluis. Het zand wordt door drijvende en vaste leidingen over de dam getransporteerd en in het werk gebracht. Bij de kruising met de verkeerswegen op de binnenberm van de dam is de leiding onder de wegen doorgeleid. Waar hij de recreatieweg op de buitenberm kruist is de leiding op de berm aangebracht en is de weg over de leiding heen gelegd. Een damwand van gewapend beton in de teen van de dijk is aangebracht, evenals de steenkorven daarlangs.
Op het werkterrein nabij de haven Middelplaat is een 110-tons asfaltmolen opgesteld. In deze molen is gietasfalt voor de slab en voor het penetreren van de steenglooiing boven de damwand gemaakt. Tevens is een deel van de asfaltbetonkleding aangebracht.
Bij het gedeelte van de ringdijk dat later, na het voltooien van

de doorlaatsluis, moet worden doorgebaggerd, worden in plaats van draadkorven en slab, kraagstukken aangebracht. Deze kraagstukken worden tijdens laag water in het werk gemaakt.

Oosterschelde

De samenstelling van wapeningsnetten voor de steenasfaltmatten in de fabriek op het werkterrein van de haven Schelphoek is in de afgelopen periode zonder stagnaties voortgezet. De wapeningsnetten zijn bestemd voor de randbezinking in het sluitgat Hammen. De randbezinking ten oosten van de in dit sluitgat geplaatste pylonen is in de verslagperiode gereedgekomen. Door het asfaltschip 'Jan Heymans' werden 44 steenasfaltmatten, elk 155 m lang, vervaardigd en afgezonken. Daarna werd het schip verhaald en is begonnen met het aanbrengen van de randbezinking ten westen van de pylonen.
In de Roompot ging men verder met het leggen van betonblokkenmatten. In deze periode werden totaal 40 stukken van 200 x 30 m afgezonken. Een gedeelte ervan werd met staalslakken of grind afgestort. Vanaf 1 februari 1974, het begin van het leggen van deze vaste ballaststukken, tot aan het einde van deze periode werd totaal 552 000 m^2 gelegd.
De werkzaamheden aan de bouw van de kabelbanen zijn vanwege de politieke ontwikkelingen rond de Oosterschelde stilgelegd.
In de werkhaven Neeltje-Jans werd stortsteen 60–300 kg aangevoerd en in depot gelost.
In de werkhaven Schelphoek werd steenslag 20/40 mm aangevoerd, bestemd voor de vervaardiging van steenasfaltmatten. Deze steenslag werd deels rechtstreeks uit aanvoer overgeslagen in elevatorbakken en deels in depot gelost.
In de werkhaven Noordland werden grind en staalslakken aangevoerd en verwerkt op de bodembescherming van de Roompot. In deze haven werden ook fosforslakken aangevoerd en in depot gelost.



Foto: De werken in het Volkerak, september 1974

Verantwoording van de foto's

G. Baijens 507 510 511 512 514
Duikgenootschap Nederland 499 500 501
Rijkswaterstaat 524
H. Saeijes 519 520 521

Register

Driemaandelijks Bericht Deltawerken
Nr. 61 t/m 70

A

aannemers 110, 167, 427
aanpassingswerken 251, 415
Aardbeieneiland 446
afschuiving 33
afvalwater 19, 24, 29, 237, 271, 420, 439
afwaaiing 142, 471
afzinkmethode 307
algen 29, 76, 177, 326, 331, 420, 438, 499
analyse-apparatuur 15
ankerkuil 3
aquatisch ecosysteem 433, 489
aquatisch milieubeheer 489, 495
asfaltmastiekmat 181
automatisering 15, 65
Auvergne-polder 33

B

basispeil 396
beheersmaatregelen 7, 9, 71
beige lijst 445
beroepsvisserij 3
betonblok 202
beweiding 119, 288
blokkendam 478
blokkenmat 182, 185, 303
BOD 239
bodembescherming 180, 303, 354, 363, 478
bodemdaling 522
bodemneer 180
bodemontwikkeling 146, 156
Boonepolder 483
bouwput 193, 476
Breskens 212
Brielse Gat 99
Brielse Meer 24, 177
broedbiotoop 285
bronbemaling 196, 479
Brouwershavense Gat 54, 106, 164, 476, 540
– doorlaatwerk 186, 476
– gevolgen van de afsluiting 203
– mondingsgebied 203

C

colorimeter 15
Commissie Oosterschelde 264, 377
compartimentering 187
CONSOL 34, 323, 388

D

damaanzet tegen Noord-Beveland 45, 534
decompressieziekte 403
defosfatering 24, 30, 331
Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek 4, 23, 24, 188, 237, 276, 333, 498, 515
Deltacommissie 61, 186, 298, 396
Delta-expo 480
Deltar 59
Deltaschadewet 3
destratificatie 255
dichtheidsonderzoek 386
dichtheidsscherm 298
dichtheidsstroming 91
Dollard 218, 426
Domeinen, Dienst der 9
Donge 238
doorlaatcaisson 124
Dordtse Kil 95, 406
draagtoren 134
driftstroom 72
Drinkwaterleiding Rotterdam 24
Dronkers, dr. J. J. 171
drooggevallen gronden 9, 71, 115, 277, 421
Duikgenootschap Nederland 275

duikschip 403
duikwerk 400
duinvorming, kunstmatige 351
dijktafelhoogte 522

E

economische reductie 396
Eems 218, 426
eendimensionaal model 59
epilimnion 255, 437
erosie 9
eutrofiëring 24, 326, 329, 491

F

false color techniek 176
filterconstructie 128, 181
flocculatie 30
forel 6
fosfaten 19, 24, 240, 263, 328, 420, 443, 492, 499
fotogrammetrie 413
fotoverkenning 46, 172, 228, 402, 413

G

geforceerde doorspoeling 192
geleidelijke sluiting 46, 197
gemaal 253, 415
geomorfologie 172, 292, 392, 537
getijcentrale 187
Geul, damvak 45, 355
gifstoffen 242, 444, 492
glijvlakberekening 44
Goeree 223, 349, 415
golfkering 76
golfklap 346
golfmeting 71, 84, 143, 148, 473
golfonderzoek 84
grenspeil 467
Grevelingenmeer 9, 19, 71, 115, 142, 255, 271, 278, 309, 456, 496, 515
grindbank 118, 289
grindbestorting 74
grindworstenmat 183, 184
grondmechanica 33, 318, 386
grondwaterstand 296
grijze lijst 445

H

Halskanaal 190
Hammen 134, 198, 315
Haringvliet 90, 106, 164, 282
– gevolgen van de afsluiting 146, 406, 440, 527
– mondingsgebied 146, 227
– uitwateringssluizen 343, 397
havenaanpassing 254, 526
Helderse Zeewering 165
Hinderplaat 159
Hollands Diep 91, 237, 245
Hompelvoet 120
hydraulische modellen 59
hydrologie 296, 393
hypolimnion 255, 437

I

inplant 118, 423
inrichtingswerken 71, 115, 288, 309, 418
insecten 382
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid 237

J

jachthaven 8, 50, 89
Jan Heymans 362

K

kabelbaan 134, 197
kabelmontage 199
klassiek zinkstuk 180
Korendijkse en Beninger Slikken 284
Kous 124, 203
Kraaneiland 136
Krammer 353
kubbe 3
kustontwikkeling 160, 190, 209, 223, 413

L

Laboratorium voor Grondmechanica 37
landschapsevaluatie 384
landschapsecologie 291, 379
Lauwersmeer 48, 418
lozingsmiddelen 186
luchtbellenscherm 90
luchtfotografie 172

M

Mannesmann Nederland BV 138
mathematisch model 59, 70
microklimaat 297
milieubouw 116
milieu-onderzoek 15, 19, 24, 172, 237, 271, 291, 326, 433, 446, 489, 496
mineralisatie 20, 276
modelonderzoek 59, 356
mosselbank 516
motorgondel 200

N

natuurbeheer 116, 119, 188, 446
natuurbescherming 75, 115, 285, 291, 333
natuurbouw 115
Natuurwetenschappelijke Adviesgroep Grevelingen 115
Noord-Beveland 46, 533
noordelijk bekken 237, 245, 396, 406, 415, 522, 527
Noordland 193, 298

O

oeveraantasting 71
oevertypen 277, 456
oeverval 353, 388
oevervegetatie 278
oeververdediging 71, 118, 309, 463, 533
oeverzone 277, 312, 516
oligotrofiëring 272
ondiepe gebieden 515
ontgronding 180
ontwatering 118
ontwerppeil 396
ontzilting 11, 118, 297, 418, 421, 447
Oosterschelde 264, 377
- afsluiting 45, 55, 106, 134, 164, 216, 266, 324, 374, 425, 484, 540
- dichtheidsonderzoek 386
- doorlaatwerk 186, 193, 298
- doorstroomprofiel 45
- getijvolume 59, 69
- kabelbaan 134, 197
- komberging 69
- metingen en peilingen 66
- modelonderzoek 59
- ontgronding 65

Oosterscheldebekken 142, 315
op- en aanwassen 142, 315
op- en aanwassen 501
opwaaiing 142, 471
Organisatie voor de Verbetering van de Binnenvisserij 6

P

peilbeheersing 80, 83
peilingen 66, 315
pH-waarde 240
Plaat van Oude Tonge 309, 353
plaatval 315, 388
plankton 276, 329, 436
polderlozing 19, 24, 29, 237, 271, 415, 420, 439
primaire produktie 326, 329, 436
pyloon 134
pyloonkop 198

R

Rak van Scheelhoek 155
recreatie 48, 75, 123, 291, 309
Regionale Inspectie voor de Milieuhygiëne 237
Reimerswaalplan 188
Remane, kromme van 189, 490
Ridderkerk 524
Roggenplaat 315
Roompot 47, 134, 193, 198
Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders 53, 291, 379, 419
Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening 196, 479
Rijksinstituut voor Natuurbeheer 333, 515
Rijksinstituut voor de Volksgezondheid 237
Rijnafvoer 91, 146, 245, 398, 406

S

Sanering Zuidelijk Deltabekken en Westerschelde, werkgroep 439
Schaar van Roggen 134, 198
scheepsstoot 139
Schelde-Rijnkanaal 33
schelpenbank 118, 289
Schiermonnikoog 52
sedimentbeweging 153, 176, 209, 527
seiche 147
seizoeninvloeden op de waterkwaliteit 25
semi-klassiek zinkstuk 181
Slikken van Flakkee 176, 291, 379
soortenrijkdom 23
spaarbekkeneffect 237
sportvisserij 3
Springersdiep 99, 203
spronglaag 23
Staatsbosbeheer 333
stabiliteitsverlies 33
Stampersplaat 121, 123
steenasfaltmat 183, 362
stikstof 20, 240, 496
stofbalans 496
storm 141, 348, 465
stormvloed 146, 397, 467
Stormvloedcommissie 59
stratificatie 23, 255
stroommeting 66, 204, 227, 408
stroomroos 203
stroomverandering 150, 209, 317, 538
stuifduin 14
stuifdijk 116, 117
stuifscherm 13, 116

T

Technische Hogeschool Delft 37
Texel 55, 106, 166, 216, 266, 484

V

vastlegging 9
Veermansplaat 121, 122
Veerse Meer 71, 143, 280
vegetatiegordel 277
vegetatie-interpretatie 175
vegetatierijkdom 379, 423, 448, 500, 508
verblijftijd 32, 239
Vereniging voor Kust- en Oeverwerken 181
verkeer 50, 313, 476
verstuiving 9
verticaal getij 406
vissen 328, 420, 493, 499, 517
visserij 3
vlij 161
vogels 115, 285, 333, 382, 451, 518

Volkerak 54, 106, 164, 216, 265, 324, 374, 425, 484, 540
– gevolgen van de afsluiting 70, 440, 465
– inlaatsluis 192
– schutsluizen 90
voorlichting 53, 54, 480

W

waterbeheersing 411
waterbeweging 406
waterkwaliteit 4, 15, 19, 24, 188, 237, 245, 255, 271, 419, 439, 489
Waterloopkundig Laboratorium 45, 59, 184, 343, 356
watermenging 227
wateroverspanning 33, 124, 388
waterspanningsmeter 128
watersport 4, 48, 89, 313
watersprong 230
waterstandsverhoging 141, 470
Westerschelde, werken langs 212, 483
Westhoofd van Goeree 349
Willem-Annapolder 483
windinvloed 84
Witte Brug 415

IJ

IJsselmonde 524

Z

zandrug, kunstmatige 117
zandsluiting 45, 98, 355
zandsuppletie 223, 349
zandtransportformule 98, 355
zandwinning 46, 47
Zeeuwse Meer 186, 298, 326
zelfreiniging 27, 239, 439
zettingsvloeiing 33, 180, 386
zoetwaterlens 81, 447
zoetwatervoorziening 187, 298
Zonnemaire, caissonbouwdok te 128
zoolstuk 183
zoutbestrijding 95
zoutbezwaar 90
zoutgehalte 11, 23, 271, 441, 490, 499
zoutmeting 227
Zuid-Beveland 483
Zuidwal 99
zuurstofhuishouding 29, 239, 274, 327, 332, 420, 491
zuurstofloosheid 4, 29, 255, 259, 328
zware metalen 241
zwarte lijst 23
zwevende stof 22, 176