

Driemaandelijkse Bericht
nummer 71, februari 1975

deltawerken

Deltawerken

Redaktie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1,
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 17,- per jaar
of f 4,50 per nummer

Inhoud

De Regeringsbeslissing over de afsluiting van
de Oosterschelde 3

Ecologisch modelonderzoek bij de
Deltawerken 6

A. De werken van het Deltaplan

Kustversterking op Voorne 11

Bodemveranderingen in de monding van de
Oosterschelde 15

De 'Wijker Rib' 20

De doorlaatsluis in de Brouwersdam 24

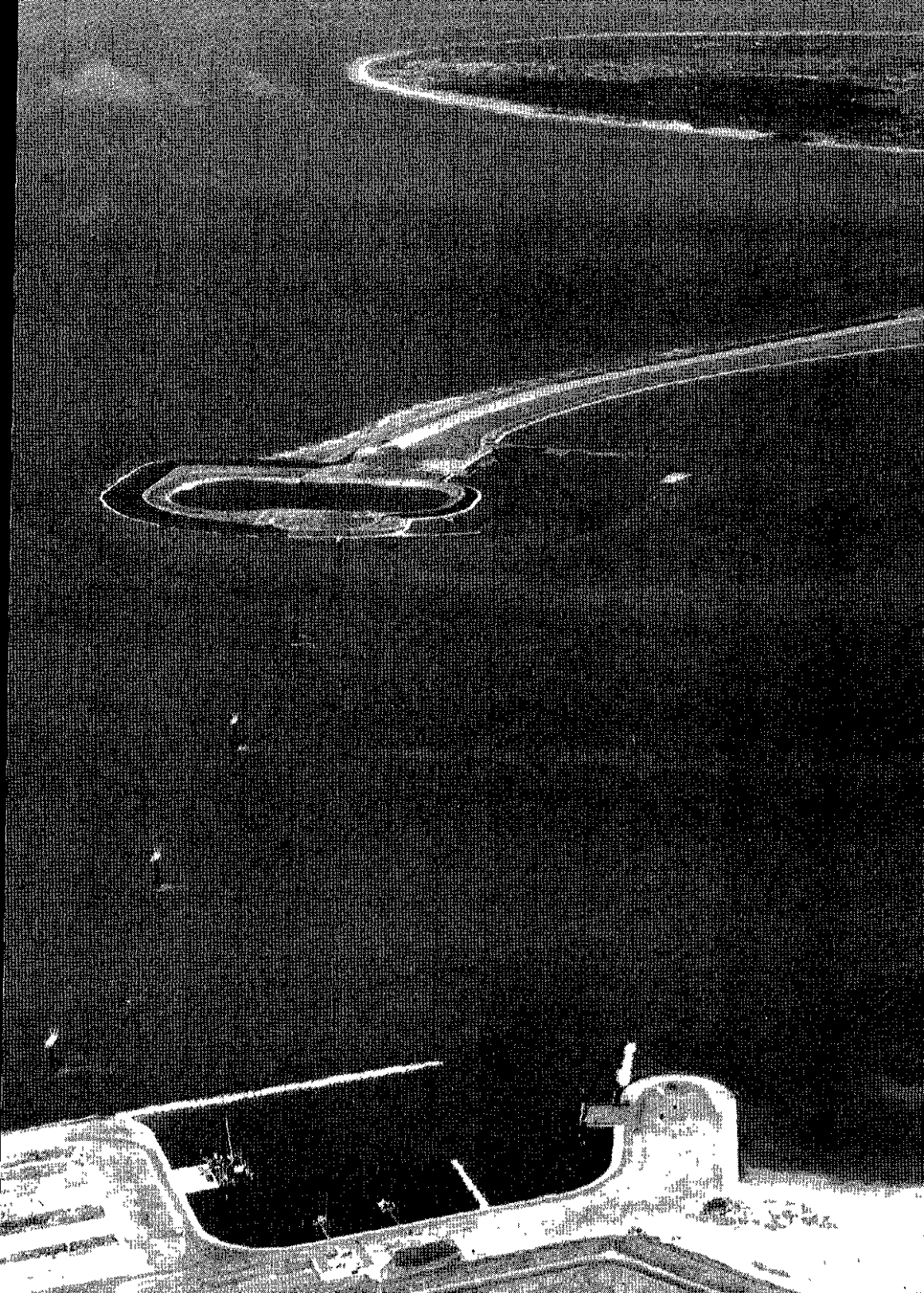
Kunststoffilters 28

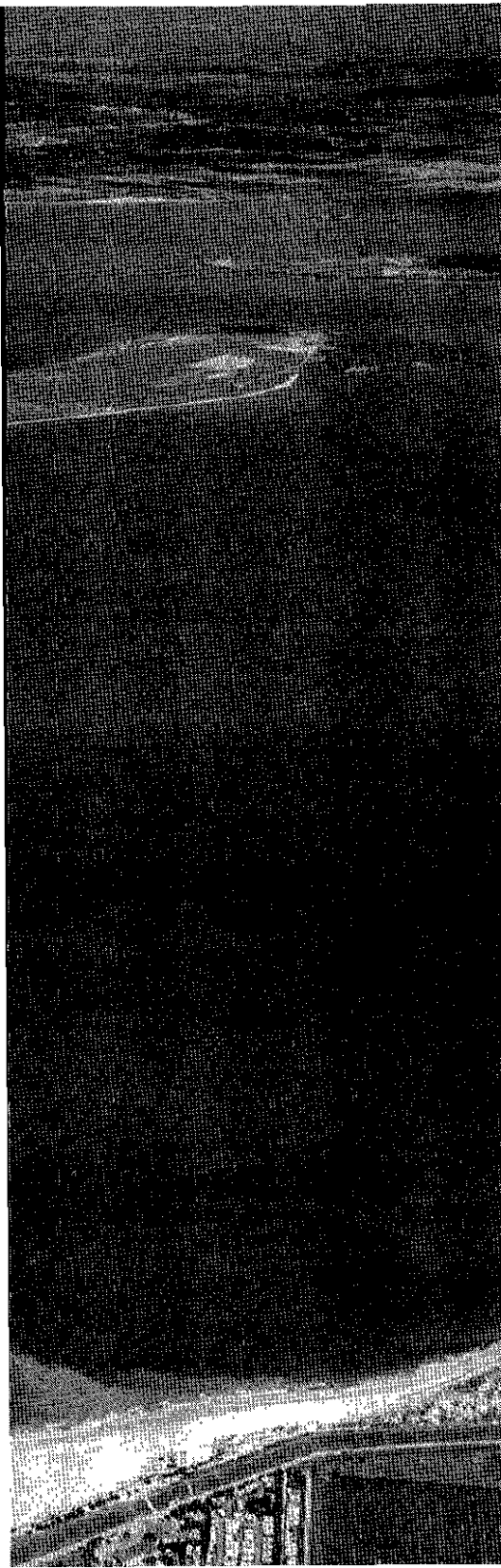
De oever aan de zuidkust van Schouwen 34

Zandsuppletie bij de Onrustpolder op Noord-
Beveland 43

Berekening van het interne windeffect op
afgesloten bekkens 50

Vorderingen 55





De Regeringsbeslissing over de afsluiting van de Oosterschelde

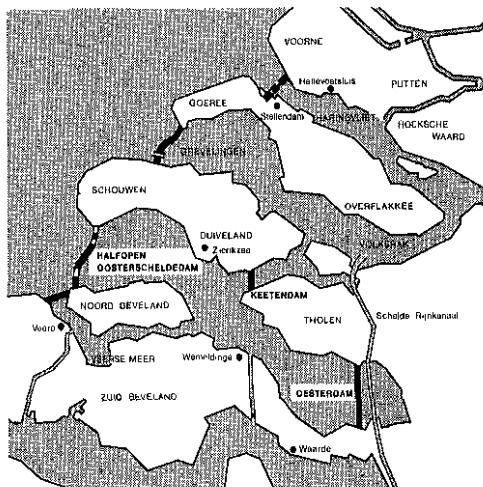
Het advies van de Commissie Oosterschelde, dat op 1 maart 1974 aan de Minister van Verkeer en Waterstaat werd aangeboden – zie Bericht 68 (mei 1974) –, kwam in hoofdzaak neer op de bouw van een stormvloedkering, die onder normale omstandigheden een ongeveer tot op de helft gedempte getijbeweging op het Oosterscheldebekken zou toelaten, doch bij gevaarlijke storm zou worden gesloten. Met deze oplossing, zo meende de Commissie, zou zowel de veiligheid voldoende zijn gediend – conform de bedoeling van de Deltawet – als ook het specifieke hydrobiologische milieu in deze zeearm kunnen worden behouden. Het gedeelte van de Oosterschelde dat op deze manier in open verbinding zou blijven met de zee, zou dan echter wel enigermate worden beperkt door de aanleg van twee compartimenten.

De tot nu toe uitgevoerde werken in de Oosterschelde in vogelvlucht

Fig. 1. Het voorstel van de Commissie Oosterschelde

Fig. 2. Advies van de Raad van de Waterstaat

Fig. 3. Advies van de Rijks Planologische Commissie



menteringsdammen: een in de zuidelijke mond van het Keeten, de zogenaamde Keetendam, en een in het oostelijk deel van de Oosterschelde, zover mogelijk verwijderd van de oesterbanken bij Yerseke, doch westwaarts van de nieuwe Schelde-Rijnverbinding (fig. 1).

De Raad van de Waterstaat, aan wie het rapport van de Commissie Oosterschelde door de Minister van Verkeer en Waterstaat werd voorgelegd, kon zich met deze oplossing van de afsluiting van de Oosterschelde verenigen, zij het dat de Raad zijn voorkeur uitsprak voor een wat andere compartimentering, namelijk door een dam tussen St.-Philipsland en de Grevelingendam en een dam bij Wemeldinge (fig. 2). Zo zou beter rekening worden gehouden met de belangen van de scheepvaart; daar stond tegenover, dat de schelpdiercultures bij Yerseke zouden worden opgeofferd. De Raad achtte dit laatste aanvaardbaar, aangezien hij betwijfelde of deze cultures onder de condities van een gehalveerd getij nog wel toekomst hadden. Ook de Provinciale Besturen van Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland evenals de meeste betrokken Waterschappen achtten deze wijze van afsluiting van de Oosterschelde desgevraagd aanvaardbaar, zij het onder beding dat het tijdstip van het bereiken van de optimale veiligheid, dat volgens het vigerende Deltaplan voor de betreffende gebieden omstreek 1978 zou kunnen vallen, niet noemenswaard zou worden verlaet. Tenslotte werd de Rijksplanologische Commissie door de Minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening gevraagd eveneens advies uit te brengen omtrent het rapport van de Commissie Oosterschelde. Deze Com-

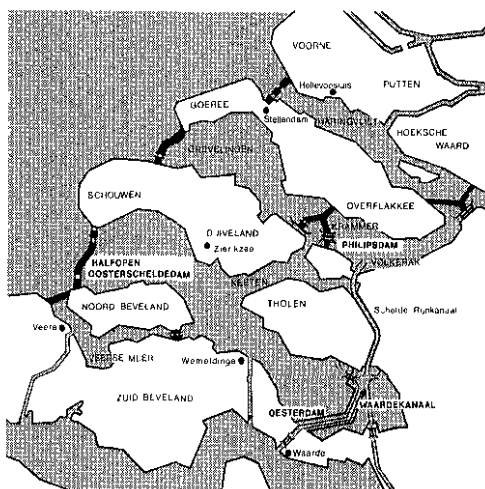
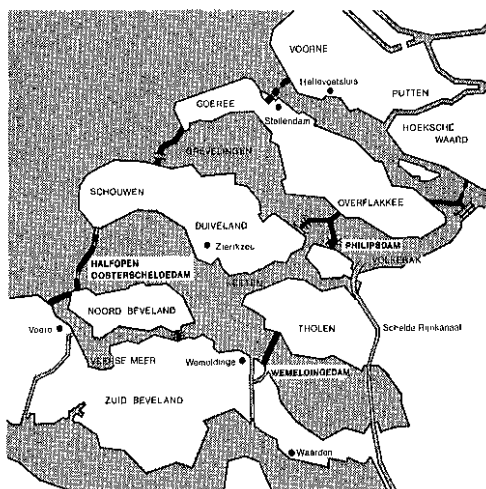
missie kreeg daartoe tevens de beschikking over de adviezen en reacties die dateerden van vóór dat rapport.

Ter voorbereiding van haar advies stelde de Rijksplanologische Commissie een werkgroep in onder voorzitterschap van de vertegenwoordiger van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

In de werkgroep hadden vertegenwoordigers zitting van de ministeries van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, Financiën, Landbouw en Visserij, Verkeer en Waterstaat, Volksgezondheid en Milieuhygiëne en Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening.

Op 18 september 1974 bracht deze werkgroep haar rapport uit, waarna op 26 september 1974 het advies van de Rijksplanologische Commissie aan de Minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening volgde.

Daarin werd de Regering aanbevolen de Oosterschelde, zo dit – na enige nadere studie, waarvan de duur werd geraamd op 1 à 1½ jaar –, technisch uitvoerbaar zou blijken te zijn, af te sluiten met permanente stormvloedkerende doorlaatcaissons. Het advies sprak zich voorts uit ten gunste van een compartimentering van het Oosterscheldebekken, daarbij enerzijds de Raad van de Waterstaat volgend in zijn advies omtrent de Philipsdam, anderzijds weer terugrijpend op het voorstel van de Commissie Oosterschelde voor wat betreft de Oesterdam. De Rijksplanologische Commissie meende namelijk, dat er goede redenen waren om aan te nemen dat de schelpdiercultures in het te creëren gedempte getij toch zouden kunnen voortbestaan. Teneinde echter tevens aan de scheepvaartbelangen tegemoet te komen adviseerde de commissie tegelijk tot de aan-



leg van een nieuw Kanaal door Zuid-Beveland, ter hoogte van Waarde, op de Westerschelde aantakend en uitmondend ten oosten van de Oesterdam, het zogenaamde Waardekanaal (fig. 3). Dit advies werd voor wat betreft de wijze van afsluiting van de Oosterschelde door de Regering overgenomen in haar uiteindelijke beslissing, die op 9 november 1974 aan de Voorzitter van de Tweede Kamer der Staten-Generaal en aan de Provinciale Staten van Zeeland werd medegedeeld. Daarbij werd aangetekend dat ten aanzien van de wijze van compartimentering en over de eventuele aanleg van een Waardekanaal nog nader met de provincie Zeeland overleg zou worden gepleegd. Deze Regeringsbeslissing werd door de Tweede Kamer na debatten op 19 en 20 november aanvaard. Er werden echter enige ontbindende voorwaarden aan deze beslissing verbonden; wanneer de afsluiting met permanente stormvloedkerende caissons technisch niet realiseerbaar blijkt of niet omstreeks 1985 kan worden verwezenlijkt, ofwel wanneer de kosten van deze afsluiting de thans geraamde kosten wezenlijk te boven gaan, dan gaat deze afsluiting niet door, en wordt de afsluiting verwezenlijkt volgens het oorspronkelijke Delta-plan.

De minister verklaarde zich bereid de resultaten van de studies samenhangend met de bouw van de afsluitbare dam te zijner tijd aan de Staten-Generaal te doen toekomen. Ook heeft de minister binnen een jaar een interimrapport terzake van de Rijkswaterstaat in het vooruitzicht gesteld. Daarnaast zullen in deze Berichten regelmatig mededelingen worden gedaan. In het eerstvolgende Bericht

zullen artikelen verschijnen betreffende het laboratoriumonderzoek dat uitgevoerd wordt in verband met de hydraulische en de grondmechanische problemen. Voorts zal worden gerapporteerd over de stand van zaken met betrekking tot de mogelijkheden tot bodemverdichting van de ondergrond waarop de fundering van de caissons zal moeten komen te rusten.

In de twee vorige Berichten werden algemene beschouwingen gegeven over aquatische ecosystemen en over aquatisch milieubeheer. Thans wordt nader besproken langs welke wegen men tot een verantwoorde beleids-ultstippeling terzake van dit milieubeheer kan komen.

Ecologisch modelonderzoek bij de Deltawerken

Voor een verstandig beheer van een water is het gewenst zich een zo goed mogelijk inzicht te verschaffen in de complexe werking van een dergelijk systeem, zowel in zijn geheel als in onderdelen, alsmede in zijn relatie tot de omgeving, met name het omringende land. Hiertoe moeten de belangrijkste processen die zich in een aquatisch ecosysteem ontwikkelen, zo goed mogelijk worden geanalyseerd en althans enigermate voor berekening toegankelijk worden gemaakt. Men bedient zich hiervoor van modellen. Deze kunnen op verschillende wijze steun verlenen aan het onderzoek. Zo kan een model een belangrijke instructieve rol vervullen bij de communicatie tussen deskundigen en belanghebbende leden. Een model kan voorts een belangrijk middel zijn om de samenhang tussen verschillende deelprocessen en deelsystemen te verduidelijken; het kan dan als leidraad worden gebruikt voor de organisatie van verder onderzoek. Men kan zich met behulp van een model ook een beter inzicht verschaffen in de overheersende factoren binnen een systeem en de gevoeligheid van het systeem voor veranderingen in deze factoren, en het gebruiken om te bepalen wat de meest geschikte maatregelen zijn ten behoeve van een verstandig beheer. Vooral wanneer het gaat om zo ingewikkelde multidisciplinaire aangelegenheden als het beheer van een ecosysteem, zijn dergelijke modellen dus eigenlijk onmisbaar. Tenslotte kan een model in geperfectioneerde vorm een middel worden om verdere ontwikkelingen, veroorzaakt door bepaalde ingrepen, te voorspellen.

Het streven van het ecologisch onderzoek dient er reeds nu op te zijn gericht uiteindelijk

over deze laatste soort modellen te kunnen beschikken, zodat een doelgericht beheer der systemen mogelijk wordt. Helaas zijn we echter nog lang niet zover.

De modellen die we thans kunnen maken, zijn nog vrij primitief. Meer dan de eerste twee der bovengenoemde doelstellingen kunnen er nog niet mee worden bereikt. De bouw van deze modellen dient echter met kracht te worden voortgezet, teneinde enerzijds het karakter, de reikwijdte en daarmee het belang van het ecologisch onderzoek in zijn globale samenhangen aan de betrokken beheerders duidelijker te maken, anderzijds om tot een zo efficiënt mogelijke organisatie van het verdere wetenschappelijke onderzoek te komen. Ook bij deze geschematiseerde modellen mogen we nog niet dadelijk denken aan een model waarin alle processen tezamen zijn ondergebracht, en waarin bijvoorbeeld zowel de energiestromen als de voedselketens en de voedselkringlopen zijn opgenomen. Het ecologische modelonderzoek is nog lang niet ver genoeg gevorderd voor dergelijke volledige, zeer complexe modellen.

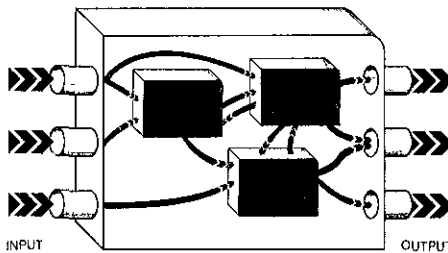
Uiteindelijk moet het wel onze doelstelling zijn zover te komen. Maar in de naaste toekomst zal dit doel zeker nog niet worden bereikt; er ligt hier nog een zeer lange weg voor ons. Het onderzoek zal zich daarom voorshands moeten beperken tot deelmodellen, waarin die aspecten worden onderzocht die voor het beheer van het ecosysteem het meest urgent worden geacht. Zo kan men trachten een deelmodel op te stellen waarin de invloed van de fosfaatbelasting op de algengroei wordt onderzocht. Het onderzoek zou daarbij uit verdere praktische overwegingen tevens georiënteerd moeten worden

Fig. 1. Een ecosysteem:

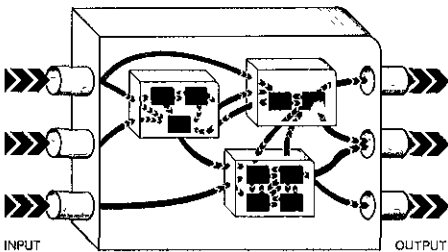
- a. in zijn geheel opgevat als een black box
- b. gezien als een systeem van subsystemen
- c. gezien als een systeem van nog verder geledede subsystemen



a



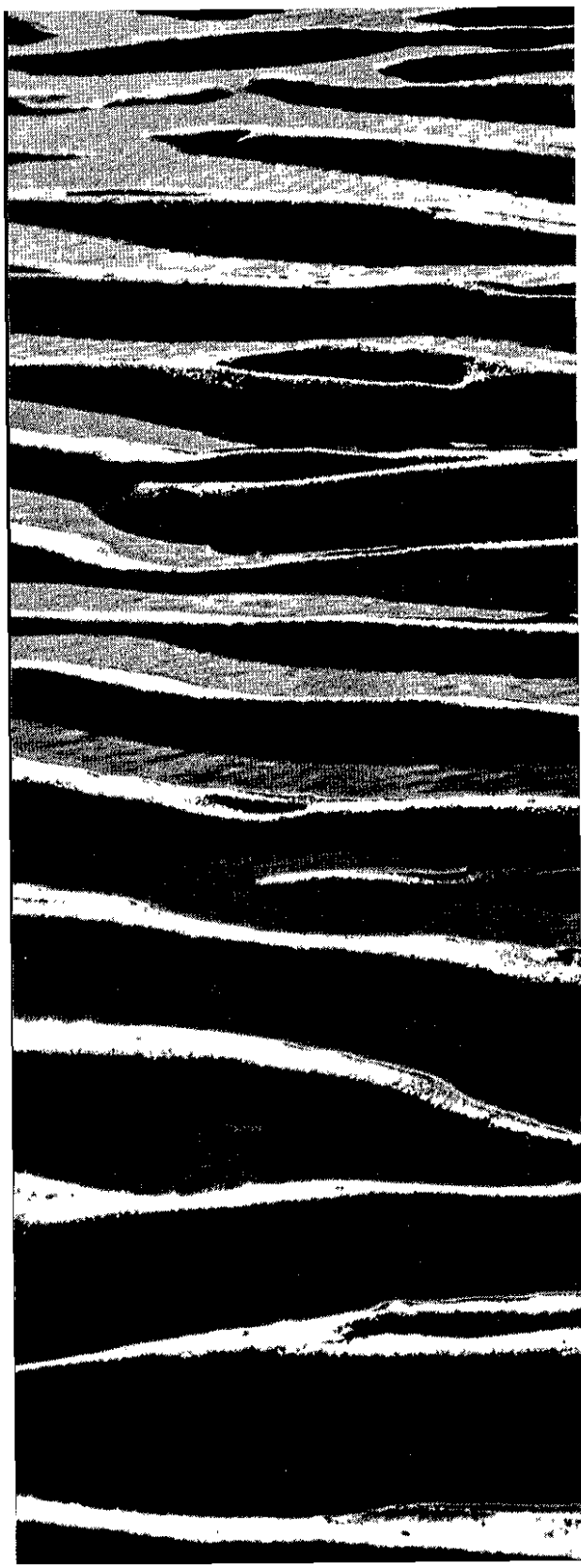
b



c

op de mogelijkheden die de beheerder ten dienste staan om deze processen zo nodig in goede banen te brengen en te houden. Wanneer men zich deze verstandige beperking oplegt, kan het onderzoek reeds vrij spoedig bruikbare praktische resultaten opleveren.

Voor we nu verder gaan is het misschien goed er hier aan te herinneren dat er in principe twee verschillende benaderingsmogelijkheden bij het onderzoek bestaan, de holoïstische benadering, waarbij van het geheel, en de merologische werkwijze, waarbij van de delen afzonderlijk wordt uitgegaan. Bij de eerste methode vraagt men niet zozeer hoe alles tot in de kleinste onderdelen precies in elkaar zit, doch is men in de werking van de onderdelen geïnteresseerd naarmate zij van meer invloed blijken te zijn op de werking van het geheel. Bij de tweede benaderingswijze zoekt men vooral het inzicht te verdiepen in het onderdeel, waarbij, wat zijn omgeving betreft, het accent ligt op het belang van die omgeving voor het deel en niet omgekeerd. Beide wegen dienen te worden bewandeld, omdat de twee zienswijzen elkaar aanvullen, mits er sprake is van een zekere coördinatie. In deze beschouwing gaan we verder uit van de holoïstische benadering, waarbij het ons voor wat betreft de onderdelen of subsystemen van het te onderzoeken ecosysteem in de eerste plaats te doen is om de wisselwerking die ze langs hun grenzen onderhouden met de omgeving, en niet in de eerste plaats om hetgeen er allemaal gebeurt binnen die begrenzing; met andere woorden we werken met zogenaamde 'black boxes', waarvan ons voorshands alleen de in- en output interesseert. Met deze simplificatie zou men



tot het uiterste kunnen gaan door een geheel ecosysteem, zoals een meer, als een black box te beschouwen, bijvoorbeeld wanneer het gaat om het opstellen en instandhouden van een totale stof- en energiebalans van dat meer (fig. 1a). Maar deze werkwijze is al gauw te grof, en men zou meer inzicht willen hebben in de verdere onderverdeling en bij het onderzoek minstens ook een tweede niveau van black boxes willen betrekken, door het meer te onderscheiden in een algenzone, de bodemlaag en een daartussen gelegen waterkolom; een onderverdeling dus in drie horizontale zones.

Van deze drie subsystemen kan men dan het onderlinge verband bestuderen. We stelden hierboven echter al dat we voorlopig niet hoeven te denken aan een compleet model van een aquatisch ecosysteem. We zullen dus te maken hebben met deelmodellen of modellen van deel- of subsystemen, die dan hetzij functioneel hetzij ruimtelijk kunnen zijn gerangschikt. Maar welk deelaspect in het model ook wordt onderzocht, steeds zal men die hiërarchische groepering der verschillende niveaus weer ontmoeten; daarbij geldt als regel dat het aantal black boxes toeneemt naarmate men verder in het systeem afdaalt (fig. 1b en 1c).

Zoals reeds gezegd is het voor de kennis van de totale werking van het systeem niet nodig, over een volledig inzicht te beschikken in de deelprocessen, de subsystemen die in de black boxes verscholen zitten, als men van de belangrijkste subsystemen maar ongeveer de in- en output kent. Het is dus wel een taak van het onderzoek, deze in- en outputs ongeveer te leren kennen of te schatten en bovendien de gevoeligheid van het systeem ervoor. Zodra immers blijkt, dat het gehele systeem zeer gevoelig is voor het gedrag van een bepaald subsysteem, is het zaak om van dat subsysteem wat meer te weten te komen. Het is dus niet te vermijden dat men een aantal black boxes vroeger of later tot onderwerp van nader studie maakt. En langs deze weg ontmoeten elkaar tenslotte toch de beide wegen van onderzoek, de holoïstische en de merologische benadering. Op de merologische weg ontmoet men meestal de echte specialisten, die zich in de kennis en het inzicht van een afzonderlijk onderdeel verdiepen, waarbij de inhoud van de black box hoofdzakelijk is en zijn relatie tot de omgeving in de eerste plaats van belang wordt geacht voor de black box zelf. Specialisten hebben een voorkeur voor zulk naar binnen gekeerd onderzoek, en zij lopen gevaar, de samenhang met het geheel uit het oog te verliezen.

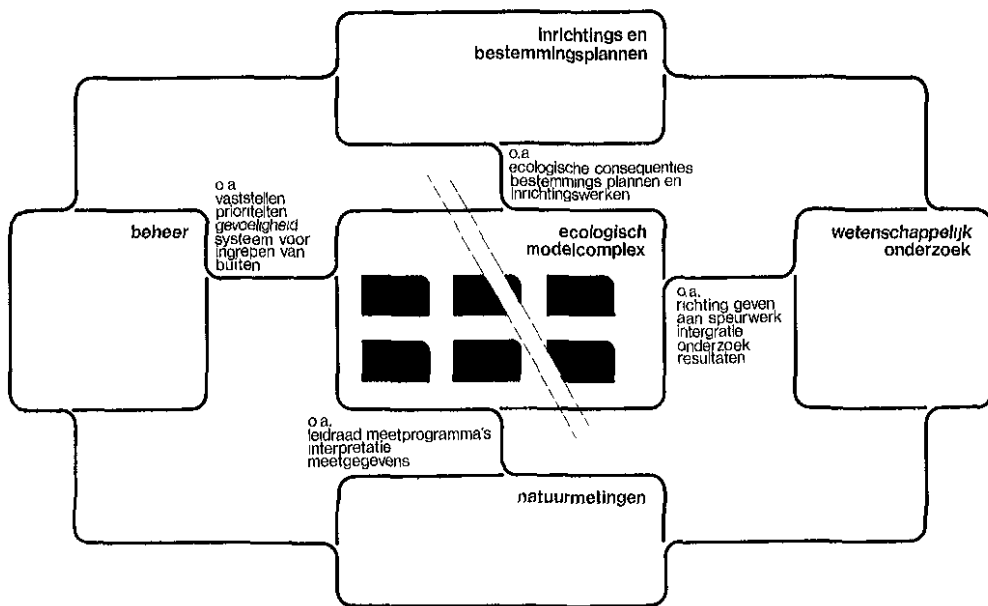


Fig. 2. Het ecologisch model als beleidsinstrument

Ecologische modellen kunnen dan ook een belangrijk middel zijn voor het programmeren en coördineren van het wetenschappelijk onderzoek. De deelonderzoekers wordt door middel van het model hun plaats in het geheel duidelijk, alsmede het belang van die plaats voor het geheel. Het model kan op deze wijze dan ook de onderlinge samenwerking en uitwisseling van gegevens bevorderen. Zonder een dergelijk 'denkforum' laat deze coördinatie wel eens te wensen over: de wetenschapsman sluit zich nogal eens graag in zijn box op. Wanneer we echter spreken van programmering van wetenschappelijk onderzoek dan dient wel te worden bedacht dat men aan de wetenschapper toch ook voldoende vrijheid moet laten voor zuivere research. Het is in dezen evenwel niet altijd even gemakkelijk de gulden middenweg te

vinden. De belangstelling van een specialist voor een bepaald onderwerp hangt immers lang niet altijd samen met het belang dat het voor de gemeenschap heeft. Bovendien is er dan nog de moeilijkheid dat het overwicht binnen een onderzoeksteam bepaald niet altijd samenvalt met de onderlinge belangenverhouding der deeldisciplines, doch maar al te vaak wordt bepaald door de persoonlijke rangorde van de betrokken onderzoekers. Ook hier kan het model een welkom middel zijn om verhoudingen recht te trekken. We komen nu aan de vraag naar het meest praktische doel van het modelonderzoek: de voorlichting aan de beheerder van het betreffende aquatische systeem. Weliswaar heeft de mens aan het leven onder water van oorsprong geen deel en kan hij in het aquatische ecosysteem uit biologisch gezichtspunt gezien slechts als gast worden beschouwd, dit betekent niet dat hij geen rechten kan doen gelden ten opzichte van dit milieu en daarin niet ook zijn eigen verlangens tot uitdrukking zou mogen brengen.

Voor een doeltreffend beheer is het gewenst voor het beheersgebied een bestemmingsplan te ontwerpen waarin alle belangen van plant, dier en mens zo goed mogelijk tegen elkaar af zijn gewogen. Voor een evenwichtig bestemmingsplan is het onder andere nodig de geschiktheid, de draagkracht en de gevoeligheid van het systeem ten aanzien

van bepaalde bestemmingen te leren kennen. Het is praktisch, hiervoor een bestemmings-model te maken dat kan worden kortgesloten op het ecologisch modelcomplex en daarop kan worden afgestemd. Dit is bepaald geen eenvoudige zaak. Even moeilijk als het opstellen en goed laten functioneren van een ecologisch model is het op harmonische wijze huisvesten in de ecologische woning van alle belangen die zich aandienen bij het opstellen van een inrichtings- en bestemmingsplan.

Daarbij moet dan worden bedacht dat de grenzen tussen het aquatische ecosysteem en zijn omgeving, die vanuit strikt hydrobiologische hoek gezien nog wel tamelijk scherp langs de waterlijnen kunnen worden getrokken, door de deelneming van de mens aan dit systeem vervagen, anders gezegd, dat door de menselijke participatie het aquatische gebied meer en meer in zijn omgeving wordt geïntegreerd en duidelijker deel gaat uitmaken van grotere ecologische verbanden. Met name in getijdewateren met een belangrijke schommeling van de waterspiegel wordt het aquatische systeem begrensd door een randstelsel dat zowel tot het aquatische systeem als tot het aangelande terrestrische systeem kan worden gerekend. Door zoogdieren, vogels en amfibieën alsmede door de oevervegetatie wordt reeds een band gelegd, doch die wordt door de mens nog weer verder versterkt.

Het bestemmings- en inrichtingsmodel voor een aquatisch ecosysteem zal dus geografisch, en wellicht ook in sommige functionele opzichten ruimer moeten zijn omgrensd en breder moeten worden georiënteerd dan

het aquatische modelcomplex waarop het rechtstreeks betrekking heeft.

De rol van ecologische modellen bij onderzoek en beheer van aquatische ecosystemen wordt door het in figuur 2 gegeven schema nog eens verduidelijkt. Het modellencomplex fungeert daar als coördinator-generator-organisator van het wetenschappelijk zowel als het veldonderzoek en tevens als gids voor het opstellen van bestemmingsplannen en voor het beheer.

De Deltawerken betekenen een ingreep in een samenstel van gevestigde aquatische milieucomplexen. Door die ingreep ontstaat een aantal nieuwe ecosystemen die niet onbelangrijk van de oude afwijken. De ecologische respons op deze ingreep is niet nauwkeurig te voorspellen; de ecologische wetenschap is daarvoor (nog) niet ver genoeg gevorderd. Teneinde zo spoedig mogelijk allereerst enige ordening in de veelheid van problemen te krijgen die hier aan de orde zijn, is door de Rijkswaterstaat enige tijd geleden een Stuurgroep Ecologisch Modelonderzoek voor het Deltagebied opgericht. Biologen, systeem-analitiici, hydraulische en civiele ingenieurs zitten rond de tafel, aanvankelijk op zoek naar het kleinste gemene veelvoud, maar thans reeds naar de grootste gemene deler. De wijze van aanpak tekent zich af, de praktische werkwijze begint vorm te krijgen. Als eerste stap zal getracht worden een aantal veelbelovende, reeds bestaande modellen in een paar uitgekozen Deltabekkens te toetsen. Hierop voortbouwend zullen ook de belangrijke meer fundamentele vraagstukken aan de orde gesteld en bestudeerd worden.

De hoogwaterkering langs de Noordzee wordt op Voorne gevormd door een duingebied van wisselende breedte en hoogte, dat in hoofdzaak het resultaat is van het spel van golven, wind en zeestormen. Bij de zee-
werende duinen treedt een bepaalde periodiciteit op in de voor- en achteruitgang van de kustlijn. Dit dynamisch evenwicht wordt verstoord als er in een of meer van de bepalende factoren een grote wijziging komt. Zulk een wijziging is voor Voorne in het bijzonder de afsluiting van het Haringvliet. Bovendien speelt op Voorne eveneens een belangrijke rol de uitbouw in de Noordzee van de Euro-poortwerken; de Maasvlakte steekt bijvoorbeeld ver voorbij Voornes noordwestkust in zee. Een nader onderzoek heeft uitgewezen, dat het duingebied van Voorne onvoldoende weerstand zal kunnen bieden aan een superstorm zoals die waarvan bij de opstelling van het Deltaplan is uitgegaan, met een kans van voorkomen van 1% per eeuw. Er moeten dus maatregelen worden genomen om de hoogwaterkering te versterken.

Het ligt in de bedoeling om de noodzakelijke kustversterking op Voorne uit te voeren in een vorm die bij de plaatselijke, natuurlijke omstandigheden van zandige kusten past. In het Bericht 43 (februari 1968) is reeds naar voren gebracht, dat de getijstroom in de zee-armen en langs de kust van het Delta-gebied tengevolge van de aanleg van de afsluitdammen wijzigingen zullen ondergaan. Door aanpassing van de zeebodem en van de kustlijn zal op den duur een nieuw dynamisch evenwicht kunnen worden bereikt. Het proces van aanpassing van de zeebodem en van de kustlijn verloopt in het algemeen heel langzaam. Bij veel zandaanvoer vanuit

zee is er aanwas en gaat de kustlijn vooruit. Spoelt er onder invloed van stroming en golfslag veel zand weg, dan gaat de kustlijn achteruit. Ter plaatse van de noordwestelijke hoek van Voorne, de Groene Punt, wijzigt de situatie zich thans snel. De kustlijn verplaatst zich hier 10 m per jaar landwaarts. Symptomen van achteruitgang van de kust deden zich overigens reeds lang gevoelen, voordat het Haringvliet werd afgesloten van de Noordzee.

Bij de duingordel langs de Noordzee in Noord- en Zuid-Holland zijn veelal verschillende achter elkaar liggende duinregels te onderscheiden, onderbroken en van elkaar gescheiden door duinvalleien. Langs het strand ligt, evenwijdig aan de kustlijn, een niet-onderbroken duinregel, die mede door menselijk ingrijpen is tot stand gekomen. Deze zeereep, waarvan in de eerste plaats verwacht wordt dat hij de stormvloed zal weerstaan, sluit het binnenduingebied van de zee af. Op Voorne zijn de zee-
werende duinen langs de noordwestkust tamelijk breed. Er liggen twee en soms wel drie duinregels achter elkaar. De binnenste duinregel is de oudste; hij vormt de eigenlijke hoogwaterkering. De andere duinregels zijn na 1910 op de strandvlakte ontstaan. In de duinvallei buiten de hoogwaterkerende binnenste duinregel ligt het 'Breede Water', een duinmeer. Tot voor kort had deze duinvallei bij de Groene Punt verbinding met het strand, zodat hij bij hoge stormvloeden inliep. Langs de zuidwestkust van Voorne is het duingebied smal en is er slechts één duinregel aanwezig. Landwaarts van deze zeereep ligt nabij het aansluitpunt van de Haringvlietdam het duinmeer 'Quackjeswater'. De duinkust van

Voorne is 13 km lang; hij strekt zich uit tussen de uit 1951 daterende afsluitdam van de Brielse Maas, thans Brielse Meerdijk genoemd, en de in 1971 voltooide Haringvlietdam.

In 1966 is ten behoeve van zandwinning voor de Europoortwerken westelijk van de Brielse Meerdijk een afsluitdam gelegd in de mond van het Brielse Gat. De duinen langs het aldus gevormde ongeveer 3 km lange binnenmeer, tegenwoordig ook wel Oostvoornse Meer genoemd, zijn thans niet meer blootgesteld aan de directe invloed van de Noordzee. Er zijn momenteel nog niet voldoende gegevens beschikbaar om een helder inzicht te verkrijgen in de toekomstige morfologische ontwikkeling van het zeegebied ten westen van Voorne. In dit mondingsgebied van het Haringvliet bevinden zich talrijke geulen, ondiepten en zandplaten. Behalve de normale eb- en vloedstromen treden er soms spui- stromen op, wanneer de spuilsuizen in de Haringvlietdam openstaan. Het werd uit een oogpunt van veiligheid tegen stormvloed en niet verantwoord geacht om de zeekering van Voorne in de oude toestand te laten totdat voldoende inzicht in de toekomstige ontwikkeling zou zijn verkregen. Aan het Voornse gebied mocht de veiligheid niet worden onthouden, die elders reeds geheel of gedeeltelijk verkregen was. Er moesten dus maatregelen worden genomen. Het Waterschap de Brielse Dijkkring heeft daartoe, als beheerder van de zeekering van Voorne, enige voorlopige voorzieningen getroffen. Uitgangspunt vormde hierbij de gedachte dat Voorne gedurende de overgangperiode de- dezelfde veiligheid moet bezitten als waarvan bij de opstelling van het Deltaplan is uitge-

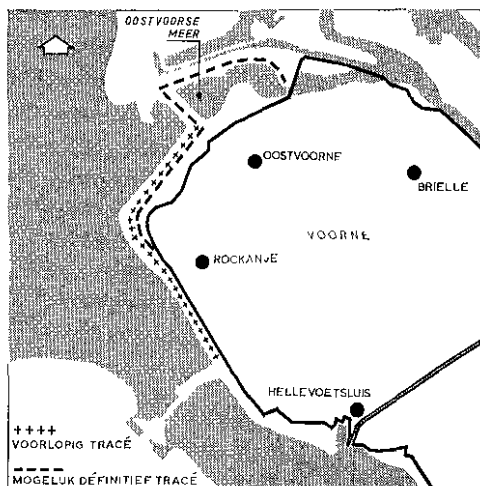
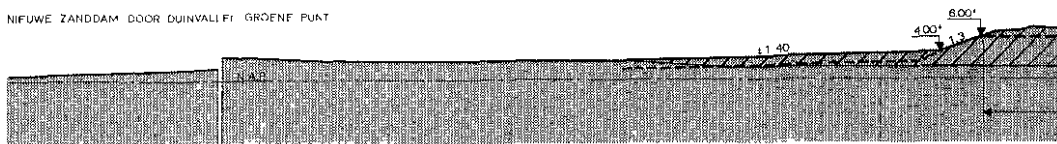


Fig. 1. Situatie van de duin- verzwarening

Fig. 2. Dwarsprofielen van de duinregel langs de Z.W.-kust van Voorne

NIEUWE ZANDDAM DOOR DUINVALLEI GROENE PUNT



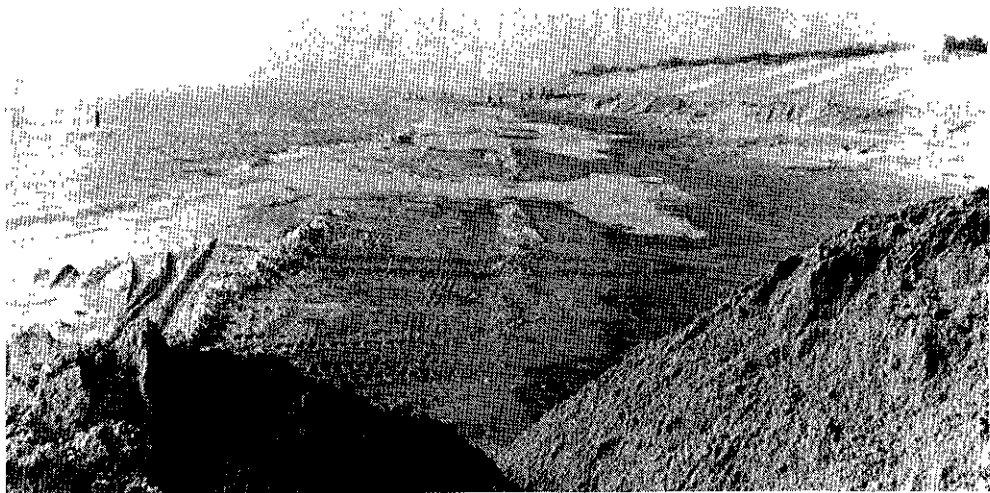
— OUDF TOESTAND
 - - - - - TE MAKEN STRAND - EN DUINPROFIEL
 BEPERKT (11H-ORF-TISC H BEHOODIG) PROFIEL

DWARSPROFIEL NABJ ROCKANJE

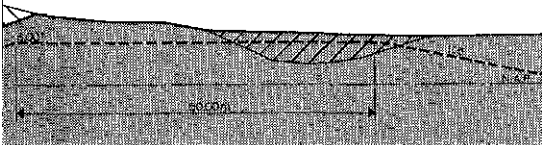
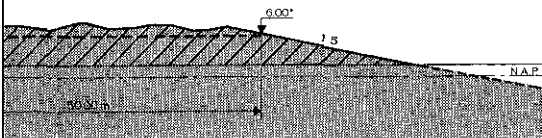


Strandverlaging nabij Rockanje als gevolg van de stormen in 1973 en 1974. Het water reikt tot aan de duinvoot

Strandverhoging (voorgond) en reconstructie van de zeereep (achtergrond) te Rockanje



gaan. Tijdig vóór het verstrijken van deze periode zullen de noodzakelijke, definitieve, versterkingswerken aan de zeeurende duinregel moeten zijn uitgevoerd, hetgeen naar verwachting omstreeks 1980 het geval zal zijn. Bij de opstelling van het plan van voorlopige voorzieningen is uitgegaan van een ontwerppeil van N.A.P. + 4,50 m, een stormvloedpeil dat 80 cm ligt beneden de voor dit kustgedeelte geldende Deltanorm van N.A.P. + 5,30 m. De nieuwe zeereep krijgt een kruinbreedte van 50 m en een kruinhoogte van N.A.P. + 6 m. Aan de zeezijde wordt een buitenduintalud van 1 : 3 aangehouden, en aan de landzijde een binnenduintalud van 1 : 5. Met een zeereep volgens dit beperkte profiel is het alleszins verantwoord om de ontwikkelingen gedurende de eerstkomende jaren af te wachten.



De kustversterkingswerken moeten worden uitgevoerd in een duingebied van grote landschappelijke en hoge natuurwetenschappelijke waarde. De unieke kwaliteiten van dit gebied – een van Nederlands belangrijkste natuurgebieden – zijn in het licht gesteld onder meer in de brochure 'Voorne in de branding', onder verantwoordelijkheid van de Stichting Wetenschappelijk Duinonderzoek in 1968 samengesteld.

Er heeft daarom een zeer intensief overleg plaatsgevonden met de deskundigen van het Biologisch Station Weevers' duin te Oostvoorne, de Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland en de Stichting het Zuid-Hollands Landschap en met particuliere grondeigenaren. Het bleek mogelijk overeenstemming te bereiken over het plan. Van natuurbeschermingszijde bleken er onoverkomelijke bezwaren te bestaan tegen het versterken van de hoogwaterkerende binnenste duinregel langs de noordwestkust. Door de uitvoering van een dergelijk kustversterkingswerk zouden grote gedeelten van het unieke natuurgebied verwoest worden. De voorkeur ging verre uit naar een versterking van de zeekering langs de periferie van het duingebied. Door de vorming van een zee-reep met beperkt profiel langs de buitenrand van het duingebied zou aan het natuurgebied de minst mogelijke schade worden toegebracht.

Een moeilijkheid vormt in dat geval de voortzetting van de hoogwaterkering in noord-oostelijke richting, waar aansluiting zal moeten worden gevonden aan de Brielse Meerdijk. Er zal immers rond Voorne een gesloten hoogwaterkering moeten liggen.

Omdat het thans alleen gaat om een voorlopige voorziening, achtte men het verantwoord de nieuwe zeereep aan te sluiten op de afsluitdam langs de westzijde van het Oostvoornse Meer. De mogelijkheid wordt inmiddels onderzocht om de toekomstige hoogwaterkering langs de noordwestkust van Voorne onder meer rond het Oostvoornse Meer te trekken. Op deze wijze zou het Voornse natuurgebied vrijwel geheel gespaard kunnen blijven. De thans in het kader van de voorlopige voorzieningen te maken zeereep met beperkt profiel zou eventueel de kern kunnen vormen van de in de nabije toekomst naar Deltanormen te versterken zee-wering.

Het onderzoek in deze aangelegenheid zal nog veel tijd vergen voor studie en overleg. De uitvoering van het plan van voorlopige voorzieningen heeft de benodigde ruimte in de tijd geschapen, om te zijner tijd een ver-

antwoorde beslissing te kunnen nemen over de definitieve vorm waarin de versterking van de zeekering van Voorne tot stand zal worden gebracht.

De nieuwe zeereep wordt gevormd door verzwaring en verhoging van de buitenste duinregel langs de noordwestkust en van de duinregel langs de zuidwestkust. De duinregels worden met zand aangevuld en aan de landzijde verbreed. Om de beide duinregels te verbinden en aldus langs het strand een ononderbroken zeereep te vormen, moet dwars door de duinvalllei bij de Groene Punt een zanddijk worden gelegd. Het voor deze kustversterkingswerken benodigde zand wordt verkregen door het afgraven van het buitentalud van de aanwezige duinregels. Er is uiteraard rekening gehouden met een voortgaande afname van de kust bij de Groene Punt, zodat de verbindende zanddijk enigermate landwaarts is geprojecteerd. De nieuwe zeereep, die vanaf de dam langs de westzijde van het Oostvoornse Meer tot aan de Haringvlietdam loopt, is 10 km lang; er zal over de gehele lengte helm op worden geplant.

Toen de voorbereidingen voor de uitvoering van het werk bijna voltooid waren, bleek het strand langs de zuidwestkust inmiddels sterker te zijn verlaagd dan waarop bij de opstelling van het plan was gerekend. Het werd niet verantwoord geacht om het uiterst waardevolle natuurgebied verder aan te tasten door de zeeuerende duinregel landwaarts te verplaatsen. Het plan is daarop uitgebreid met een strandverhoging. Door het waterschap was enige jaren geleden uit voorzorg reeds voor dit doel zand in depot gebracht.

In december 1973 is een begin gemaakt met de uitvoering van de werken. Tijdens de zomerperiode van 1974 kon het werk slechts langzaam vorderen. Naar verwachting zullen de kustversterkingswerken in het begin van 1975 voltooid zijn. In totaal wordt er 620 000 m³ zand in de zeereep en 300 000 m³ zand op het strand verwerkt.

Bodemveranderingen in de monding van de Oosterschelde

De monding van de Oosterschelde bestaat, zoals de meeste zoegaten langs de Nederlandse kust, uit een beweeglijk patroon van geulen en platen. Het samenspel van water en zand heeft geleid tot een dynamisch evenwicht. Weliswaar worden dagelijks grote hoeveelheden zand door de vloedstroom en ebstroom verplaatst, maar behoudens ingrepen van buitenaf blijft het patroon van platen en geulen toch min of meer stabiel. De natuurlijke veranderingen verlopen in elk geval relatief langzaam.

Het Oosterscheldebekken heeft zich in de loop der tijden langzaam maar zeker verdiept, en de hoofdgeulen hebben zich langs de oevers geconcentreerd. Toen verdere horizontale verplaatsing als gevolg van de oeverwerken niet meer mogelijk was, heeft de toename van het geulprofiel de vorm aangenomen van verdiepingen. Zoals in Bericht

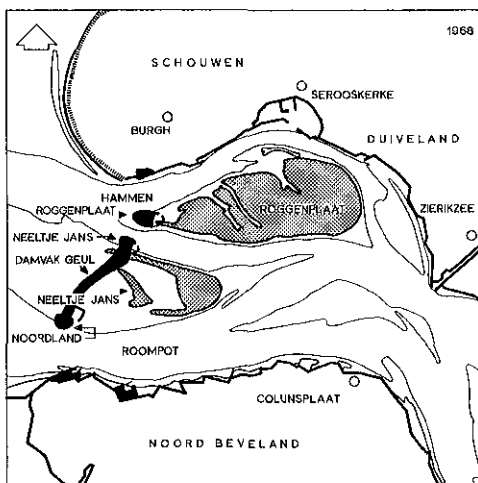
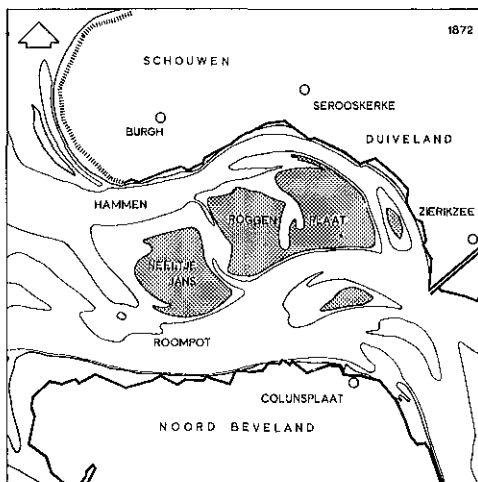


Fig. 1. De ontwikkeling van het platengebied tussen Schouwen en Noord-Beveland, 1872-1968

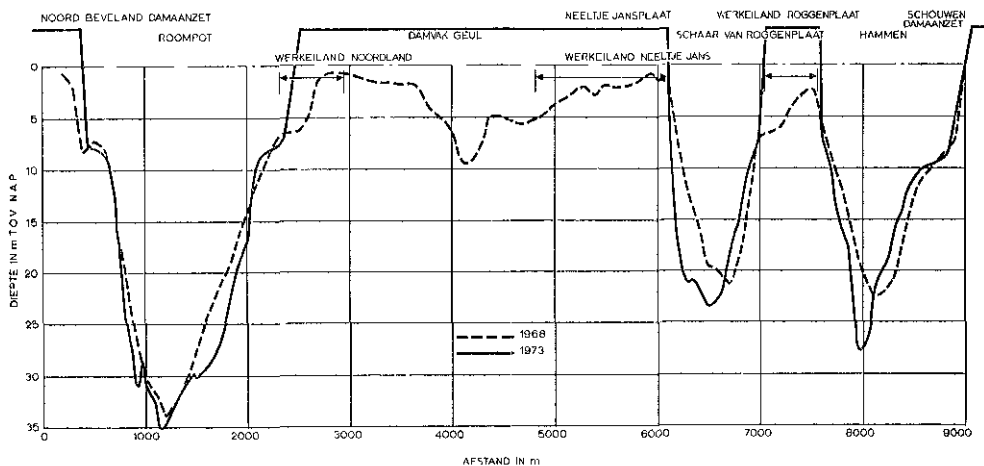


Fig. 2. Profielverandering in het tracé van de afsluiting tussen 1968 en 1973

40 (mei 1967) is beschreven, bestaat er tussen de totale waterbeweging, ofwel het getijvermogen, en het geulprofiel een bepaald verband. Wordt het getijvermogen door kunstmatige ingrepen vergroot of verkleind dan zullen de geulen zich naar evenredigheid aanpassen. In een dergelijk geval verlopen de bodemveranderingen aanmerkelijk sneller dan in natuurlijke omstandigheden. Een efficiënt bewakingssysteem dient dan te worden opgezet om de ontwikkelingen te kunnen volgen en zondig te corrigeren.

In dit artikel zullen de effecten van de kunstmatige ingrepen in het Oosterscheldegebied nader worden belicht en zal iets worden gezegd over het bewakingssysteem. De beschouwingen beperken zich daarbij tot het mondingsgebied, waar de afsluitingswerken in uitvoering zijn.

Van de reeds uitgevoerde Deltawerken hadden de Veerse Gatdam, de Grevelingendam, de Volkerakdam en de werkeilanden in de Oosterscheldemond zelf effect op het mondingsgebied van de Oosterschelde. De betekenis van de eerste twee dammen op de waterbeweging rond het Oosterschelde-tracé is van ondergeschikte betekenis; ze zal daarom verder buiten beschouwing worden gelaten. De afsluiting van het Volkerak echter heeft het verticaal getij op het traject Zijpe-Volkerakdam sterk doen toenemen. De gevolgen daarvan zijn tot in de monding van de Oosterschelde merkbaar. Het getijvermogen ter plaatse van het tracé is met 8 % toegenomen. De Roompot neemt daarvan het grootste deel voor zijn rekening, terwijl het aandeel van de Hammen te verwaarlozen is. Opmerkelijk is dat de maximale stroomsnelheden bij eb zijn toegenomen, maar bijloed niet. Men mag derhalve aannemen dat het bij de vergroting van het geulprofiel vrijkomende zand voornamelijk door de ebstroom naar zee wordt afgevoerd. Door de aanleg van de werkeilanden Roggenplaat, Neeltje Jans en Noordland – en van het damvak Geul tussen de laatste twee eilanden – is 15 % van het doorstroomprofiel geblokkeerd, terwijl uit metingen is gebleken, dat het totale getijvermogen niet is verminderd. De hoeveelheid water die oorspronkelijk over het nu geblokkeerde deel uitstroomde, zoekt thans zijn weg door de geulen. De stroomsnelheden in de geulen zijn dan ook met gemiddeld 10 % toegenomen. In tegenstelling met het hydraulisch effect van de Volkerakdam, dat zich in het gehele traject vanaf de monding van de Oosterschelde tot de Volkerakdam doet gevoelen,

is de stromingsverandering onder invloed van de damvakken in de Oosterscheldemond slechts van lokale betekenis; ze strekt zich niet verder uit dan enkele kilometers aan weerszijden van het tracé. Beperken we ons nu verder tot de bodemveranderingen rond het tracé. De veranderingen die zich daar voordoen, zijn van complexe oorsprong. Het is namelijk niet mogelijk gebleken, de effecten van de Volkerak-afsluiting en die van de damvakken te scheiden. De bodemveranderingen in het damtracé komen tot uitdrukking in de ontwikkeling van de doorstroomprofielen per stroomgeul en dus ook van het totale doorstroomprofiel.

Uit peilingen blijkt dat er in de periode

Fig. 3. Verdiepingen bij de koppen van de werkeilanden Noordland (boven) en Neeltje Jans

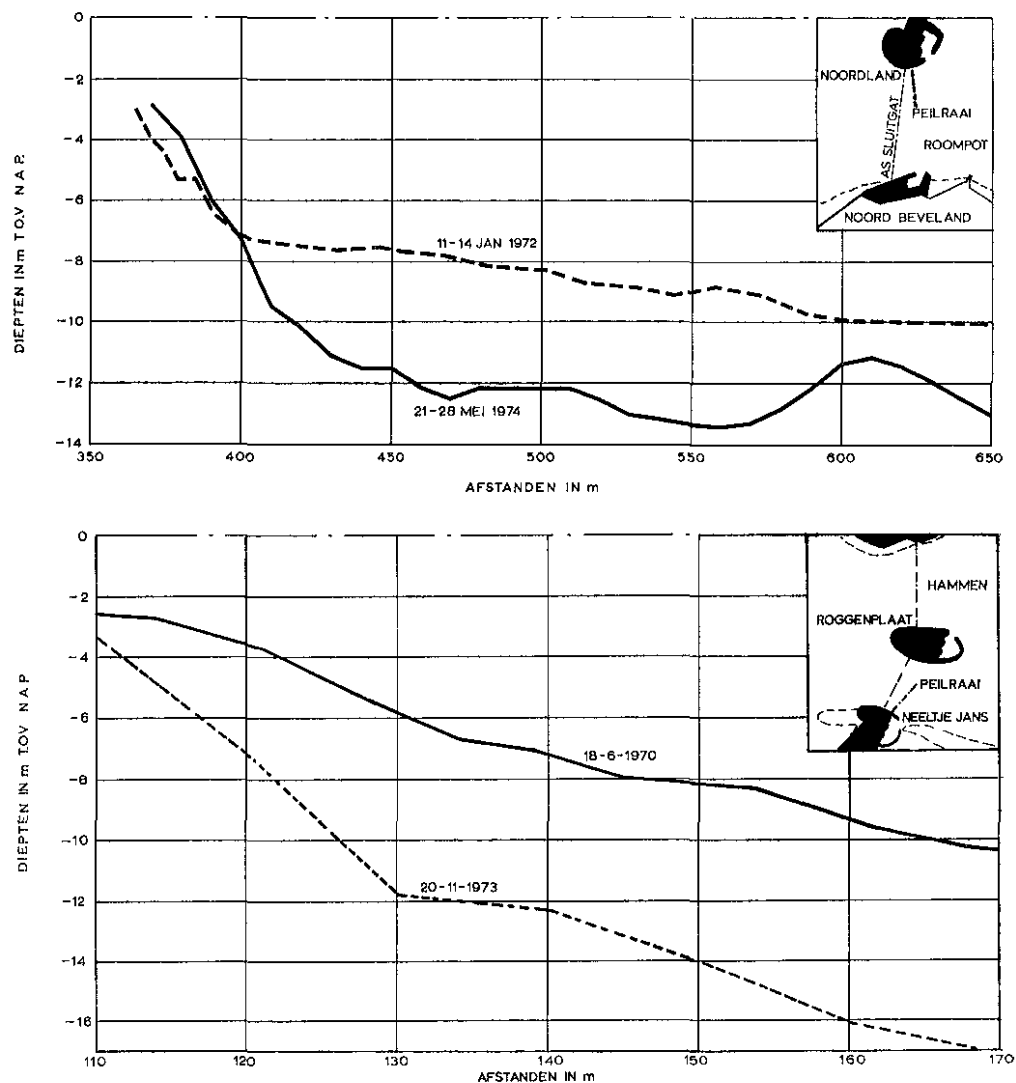
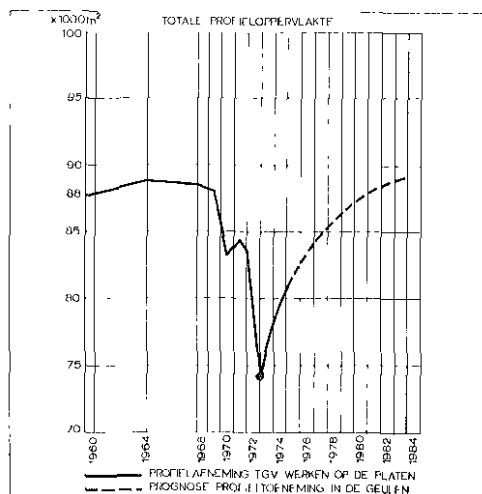


Fig. 4. Prognose van de mogelijke profielontwikkeling in het afsluitingstracé van de Oosterschelde



1960–1968 in de afzonderlijke geultrajecten wel natuurlijke bodemveranderingen gaande waren, maar dat het totale doorstroomprofiel in het tracé van de dam toch nagenoeg onveranderd bleef. De geulen Hammen, Schaar van Roggenplaat en Roompot verplaatsten zich alle in zuidwaartse richting.

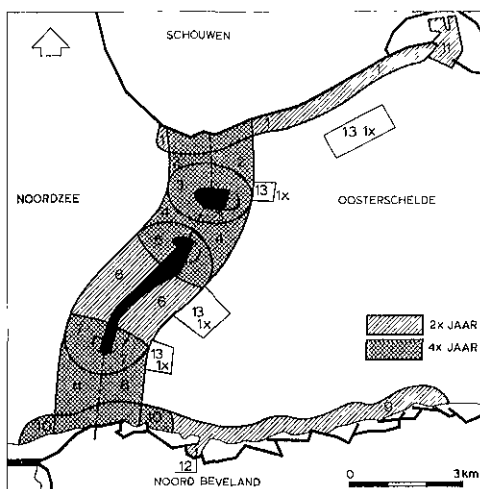
In het tijdsbestek tussen 1969 en begin 1973 zorgde de aanleg van de onderscheiden damgedeelten voor een profielvermindering van 87 000 m² tot 74 000 m², een vermindering met 15% van de oorspronkelijke totale oppervlakte. Na de bouw van het damvak Geul zijn de maximum stroomsnelheden, overeenkomstig de uit het waterloopkundig modelonderzoek afgeleide voorspellingen, in de Schaar van Roggenplaat en de Roompot vergroot en hebben de stroombeelden in die geulen zich gewijzigd. Dit is onder meer een gevolg van het feit dat de Roompot de vulling en de lediging van het platengebied binnenwaarts van de dam grotendeels van de Geul heeft overgenomen. De Schaar van Roggenplaat neemt het resterende deel voor zijn rekening.

Deze veranderingen in het hydraulisch patroon worden niet alleen aangetoond door de toeneming van het profiel van de Schaar van Roggenplaat en de Roompot, maar ook uit de diepteveranderingen die na 1972 in deze geulen zijn opgetreden rond de koppen van de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland. Op grond van modelonderzoek en berekeningen wordt verwacht dat de verdiepingen in de Schaar van Roggenplaat zich zullen manifesteren over een breedte van 200 m uit de kop van Neeltje Jans, met een maximumdiepte van 3 à 5 m. In de Roompot zullen de verdiepingen zich vanuit Noordland uit-

strekken tot ongeveer halverwege deze stroomgeul. De maximale verdieping wordt hier geschat op 6 à 8 m. Deze verdiepingen zullen zich echter alleen voordoen buiten de bezinkingsvelden die inmiddels in de stroomgeulen zijn aangebracht. Op grond van de beoordeling van soortgelijke situaties bij andere afsluitingen en de interpretatie van de thans beschikbare hydraulische gegevens, is een prognose gemaakt van de mate waarin de profieloppervlakken in de toekomst nog verder zullen toenemen, onder invloed van de inmiddels gebouwde damgedeelten. Deze prognose is af te lezen uit fig. 4.

De praktische betekenis van het onderzoek naar de bodemveranderingen is, dat aan de hand van de verkregen gegevens en prognoses kan worden beoordeeld in welke mate en vorm er maatregelen moeten worden genomen ter beveiliging van het gemaakte werk. Zo kan dan bijvoorbeeld tijdig worden besloten tot het aanbrengen van bestortingen en/of bezinkingen, indien de oevers te steil worden. Verder zijn deze studies nodig voor het verdere ontwerp van de afsluitingswerken, en om eerder genomen beslissingen nader te preciseren. De modellen in het Waterloopkundig Laboratorium moeten, indien zich grote bodemveranderingen voordoen, steeds aan de nieuwe situatie worden aangepast. De belangrijkheid van de veranderingen met betrekking tot de afsluiting van de Oosterschelde en ook het wetenschappelijk belang dat men aan de problematiek toekent, bepalen volgens welke programma's en met welke frequenties de studies naar de bodemveranderingen in het Waterloopkundig Laboratorium en ter plekke worden verricht. Het huidige peilprogramma rond het dam-

Fig. 5. Peilprogramma in het gebied van de afsluiting



tracé, langs de oevers van de eilanden Schouwen-Duiveland en Noord-Beveland, alsook op een aantal plaatsen, waar eerder zand is gewonnen ten behoeve van de bouw van de damgedeelten, is weergegeven in fig. 5. Behalve deze detailpeilingen worden, zoals trouwens in het gehele Nederlandse kustgebied, ook in de Oosterschelde jaarlijks overzichtsloedingen voor verschillende doeleinden uitgevoerd. Indien zich bijzondere bodemveranderingen voordoen, worden de peilprogramma's aangepast, en de frequenties van de loedingen en het aantal peilpunten zo nodig vergroot. De interpretatie van de peilgegevens vindt plaats aan de hand van getekende profielen, vergelijking van diepten volgend uit de peilkaarten, en door bestudering van aanvullende stroommetingen. De metingen van de bodem- en waterbe-

wegingen worden uitgevoerd met behulp van meetboten en met vaste en verankerde meetapparatuur. Met de meetboten worden peilingen verricht, en stroom- en turbulentie-metingen uitgevoerd. De meetboten zijn daartoe uitgerust met vaste instrumentaria voor radiografische en optische plaatsbepaling en voor de loedingen. Voor de stroommetingen wordt de uitrusting aangevuld met instrumenten voor het meten van stroomsnelheden en -richtingen.

Inmiddels is een nieuw peilschip, de 'Wijker Rib', gereed gekomen dat met behulp van moderne instrumentaria op snelle wijze over een grote breedte tegelijkertijd loedingen kan verrichten en de resultaten ervan automatisch tot peiltekeningen verwerken.

Dit peilschip wordt in het volgende artikel nader beschreven.

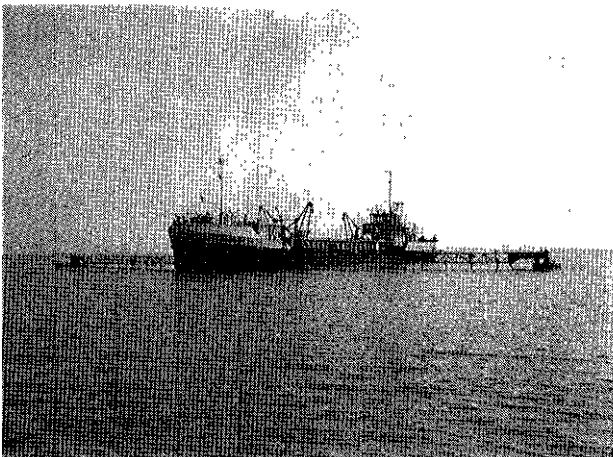
Voor het verrichten van peilwerkzaamheden in en nabij sluitgaten in het Deltagebied werd in 1969 het peilvaartuig 'Krabbe' in dienst genomen. Men vindt dit schip beschreven in Bericht 49 (augustus 1969). Inmiddels is, op basis van de met de 'Krabbe' opgedane ervaringen, een nieuw meetschip in de vaart gebracht, dat thans, nog beter dan de 'Krabbe', echoloodpeilingen uitvoert en registreert. Dat is de 'Wijker Rib'.

Het meet- en peilvaartuig 'Krabbe', met zijn 40 langszij gemonteerde synchroon werkende echoloden, heeft vooral tijdens de sluitingsfase van het Volkerak, het Haringvliet en het Brouwershavense Gat goede diensten bewezen. Toch bleken er wat betreft taludhellingen, dieptebereik en de verwerking van de gegevens problemen te bestaan die onvoldoende konden worden opgelost. Al tijdens de sluiting van het Brouwershavense Gat werd er dan ook meetapparatuur aan de 'Krabbe' toegevoegd, met name een serie van vier op bepaalde afstanden naast elkaar geplaatste echoloden, die aldus zorgden voor de nodige aanvullende informatie. Maar tenslotte resulteerde de ervaring die men met de 'Krabbe' opdeed, in het ontwerp van een ander type meetschip. Men is met name teruggekeerd naar montage van de

De 'Wijker Rib'

echoloden in uitklapbare meetarmen dwars op de vaarrichting.

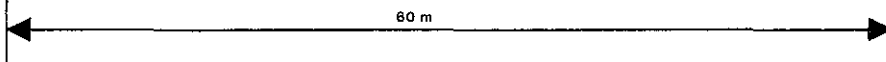
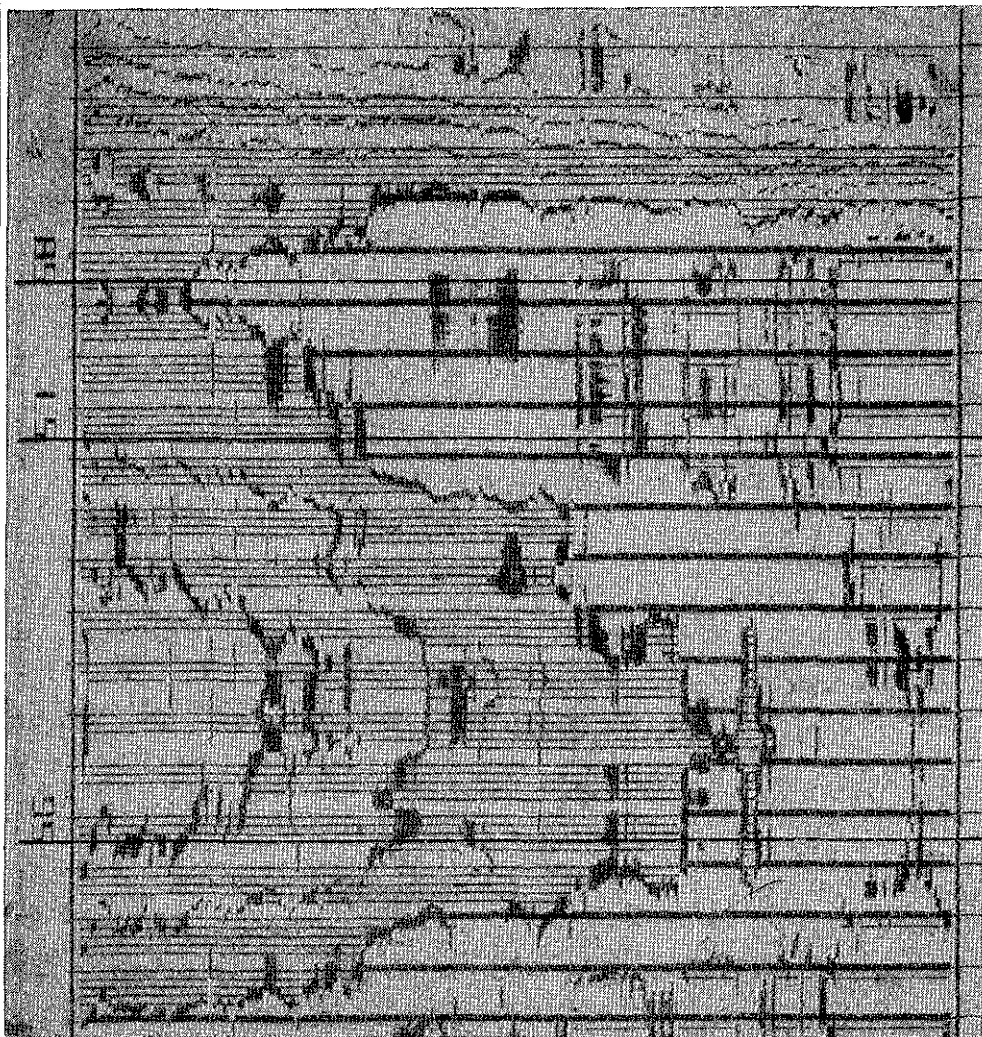
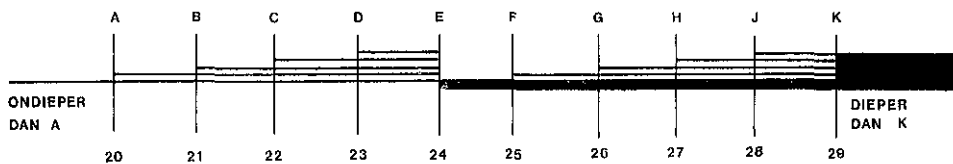
De 'Wijker Rib' – 54 m lang, 9 m breed, diepgang 3 m – is destijds gebouwd als onderlosser ten behoeve van de verlenging van de havenmonden te IJmuiden. Daarna heeft het schip dienst gedaan bij de uitbreiding van de Scheveningse haven en bij de uitbreiding van de Noorder- en Zuider Pier bij Hoek van Holland. Bij de verbouwing tot opneemvaartuig werden onder meer aan beide zijden van het casco 25 m lange uitklapbare meetarmen aangebracht. De armen wegen elk 6000 kg; in uitgeklapte stand rusten ze met hun uiteinden op drijvers. Ze worden tijdens het varen op hun plaats gehouden door middel van naar voren en naar achteren aangebrachte staaldraden. Ze scharnieren aan de voorzijde direct achter het verhoogde voordek. Om de



De 'Wijker Rib' in bedrijf

Registratie van de dieptelijnschrijver

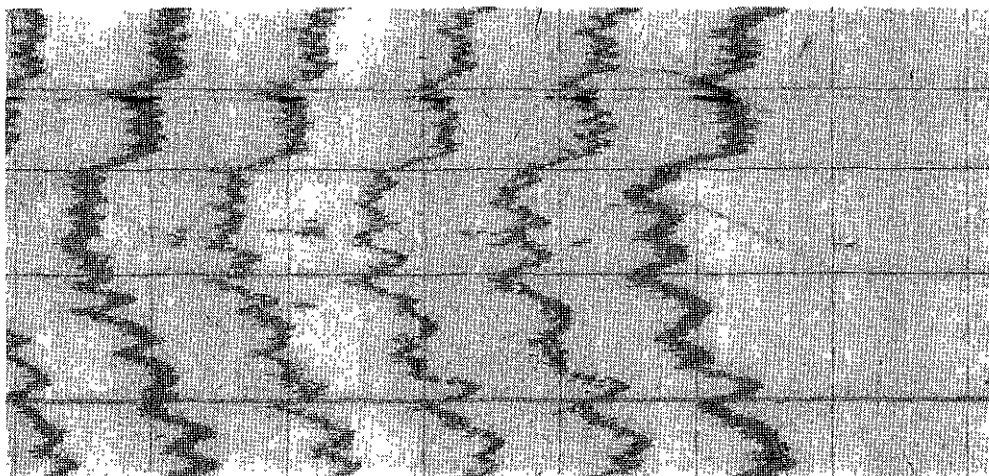
DIEPTESCHAAL



— — — — — PLOTSTREEP

PAPIERSNELHEID 30 mm / min

SCHAAL 1: 333,333



125 cm zijn op een diepte van 1,40 m onder het wateroppervlak in deze armen oscillatoren geplaatst, in het geheel 40 stuks. In het vlak van het schip zijn op gelijke hoogte nog eens acht oscillatoren ingebouwd. De 48 oscillatoren samen bestrijken aldus een breedte van 60 m. Aan bodemkartering over zo'n grote breedte ineens hecht men grote waarde, vooral in de brede Zeeuwse wateren. Het waterlooppkundig onderzoek in de Oosterschelde bijvoorbeeld kan er aanzienlijk door worden versneld. Met een vaartuig als de 'Wijker Rib' kan men ook in één vaart lengte-opnamen maken van het bodemprofiel van kanalen als het Schelde-Rijnkanaal, en zo op korte termijn beoordelen of er, en zo ja, waar baggerwerk noodzakelijk is om de vaargeul op diepte te houden. Op het ogenblik is de 'Wijker Rib' in zijn inwerk- en proefperiode. Wanneer die achter de rug is zal het meet-schip allereerst aan het werk gaan in de sluitgaten van de Oosterschelde. Zowel de uitvoerende dienst als het Waterlooppkundig Laboratorium zullen gebaat zijn bij exacte en recente informatie over de toestand van de aangebrachte bodembeschermingen en drempels in dit gebied.

Om de 'Wijker Rib' geschikt te maken als meetvaartuig werden behalve de meetarmen nog een aantal andere voorzieningen aangebracht. Naast de twee reeds aanwezige hoofdmotoren van 300 pk werden nog twee Schottel Navigator-motoren geplaatst, een van 550 pk voorin en een van 250 pk De voorste van de toegevoegde motoren is zo geplaatst, dat de registratieapparatuur niet kan worden beïnvloed door hinderlijk schroefwater. De achterste is vóór de beide hoofdmotoren aangebracht. De twee hulpmotoren

Registratie van de door een computer gestuurde plano-echograaf

maken het schip beter manoeuvreerbaar, zodat gemakkelijker raaien kunnen worden gevaren. Met alle motoren bij loopt het vaartuig zo'n 12 mijl/uur met de armen aan boord. De opnamesnelheid met de beide armen dwars uitgeklaapt bedraagt ongeveer 2 à 3 m/sec.

Aangezien diepteregistraties de hoogste nauwkeurigheid eisen spreekt het vanzelf dat er ten aanzien van de werkbaarheid van het schip beperkingen zijn, wat wind en golfhoogte betreft; ook dwars op het vaartuig staande stroomsnelheden beperken de werkbaarheid.

De ingebouwde diepte- en plaatsbepalingsapparatuur is onmiddellijk achter het bestaande verhoogde voordek van het vaartuig in een meethut geplaatst. Van hieruit heeft men

zijdelings een goed uitzicht op beide uitgeklapte armen en kan onder meer worden gecontroleerd of de armen loodrecht staan op lengteas van het vaartuig.

Als bodemregistratieapparatuur heeft men in de 'Wijker Rib' een in Duitsland ontwikkelde computergestuurde bodembeschrijver geplaatst. De apparatuur bestaat uit een plano-echograaf, een dieptelijnschrijver en een profielechograaf. De plano-echograaf geeft een veelvoud van naast elkaar geschreven profielen in de vaarrichting van het schip op een 86 cm breed registratiepapier, schaal 1 : 100. De meetbereiken zijn 0-40, 10-50 of 20-60 m. Het papiertransport bedraagt 3 of 6 cm/min. Omdat er 48 bodemregistraties binnenkomen worden terwille van overzichtelijkheid de registraties van twee naburige oscillatoren tot één lijn samengevoegd, zodat er vierentwintig profielen op het registratiepapier ontstaan. Alle oscillatoren blijven echter registreren, zodat bij een groot diepteververschil een tweede lijn zichtbaar wordt, waarvan vrij eenvoudig het bijbehorende oscillatornummer kan worden bepaald.

De dieptelijnschrijver registreert dieptelijnen op 20 cm breed registratiepapier. Met instelknoppen kan van te voren bepaald worden welke dieptelijnen men wenst, en met welke interval. De computer berekent ook de waarden tussen de gekozen dieptelijnen en arceert de omringende gebieden overeenkomstig de ingestelde diepteschaal. De profielechograaf tenslotte registreert zodra men dat wenst een over alle 48 oscillatoren gemeten profiel dwars op de vaarrichting op een 20 cm breed registratiepapier. Tijdens het schrijven van een dwarsprofiel - dat duurt ongeveer 0,8 sec - worden de lengteprofielen even onderbroken; in de registratie daarvan ontstaat dus een kleine opening, waarin gelijktijdig het nummer van het dwarsprofiel wordt genoteerd, overeenkomende met het nummer op de profielechograaf.

Het gehele systeem werkt met uitgezonden impulsen van 100 KHz. De oscillatoren ontvangen alle gelijktijdig een zendimpuls, met een frequentie van 6 impulsen per sec. In één van de armen is ook een horizontale akoestische ijkstrook aangebracht die tijdens het loden in werking is en als ijkmaat op het registratiepapier van de plano-echograaf zichtbaar wordt.

In tegenstelling tot de 'Krabbe', waar voor de plaatsbepaling nog gebruik gemaakt werd van optische middelen, heeft de 'Wijker Rib' voor de plaatsbepaling een puls-radarzender aan boord, die op de wal geplaatste reflectoren activeert.

De tijd die verloopt tussen het moment van uitzending aan boord en de ontvangst van het signaal van een reflector dient als basis voor het bepalen van de afstand tot het bakken. Men meet aan boord steeds de afstand tot twee bakens die op vast ingemeten punten worden opgesteld, en daaruit is de positie van het vaartuig af te leiden.

Het systeem werkt op de zeer hoge frequentie van 5500 MHz, en volgt derhalve hetzelfde gedragspatroon als licht. Dit houdt onder meer in dat de zendenheid de walbakens moet 'zien' met andere woorden, dat er geen ondoorzichtige obstakels mogen staan tussen zender en reflector.

Het systeem werkt in normale omstandigheden tot op een afstand van ongeveer 20 zeemijlen, met een waarschijnlijke fout van 1 à 3 m plus of min.

Doordat steeds twee afstanden bekend zijn is het mogelijk om het vaartuig iedere gewenste koers te laten varen. Het tijdrovende uitzetwerk aan de wal kon daarmee dus vervallen. In de stuurhut van het vaartuig is bovendien een zogenaamde Left-Right Indicator geplaatst, die het vaartuig op de ingestelde koers houdt. Op dit apparaat zijn twee meetbereiken aangebracht die een eventuele zijdelingse uitwijking kenbaar maken.

Het plaatsbepalingssysteem is verder aanvuld met een calculator, een plotter en cassette-recorder.

Met behulp van deze apparatuur kunnen allerlei peilprogramma's met gegevens over schaal, grootte van het gebied, coördinaten en koers van te voren worden 'ingetikt', terwijl op de plotter onder meer de berekende raaien en werkelijk gevaren raaien zichtbaar gemaakt worden.

De doorlaatsluis in de Brouwersdam is zo ontworpen dat de sluis niet alleen als lozingsmiddel maar ook als inlaatwerk dienst kan doen. Het is immers nog steeds onzeker binnen wat voor waterhuishoudkundig systeem de sluis zal moeten fungeren. In dit artikel worden de alternatieve gebruiksmogelijkheden nader onderzocht, en worden de consequenties van elk der mogelijke toepassingen nagegaan. Eerdere mededelingen, met dit artikel nauw samenhangend, verschenen in Bericht 64 (mei 1973) en 69 (augustus 1974).

De doorlaatsluis in de Brouwersdam

Bij het oorspronkelijk Deltaplan, met een zoet Grevelingenmeer, zou de sluis in de Brouwersdam het Grevelingenmeer moeten ontzilten en het daarna zoet houden. In het belang van de waterkwaliteit is het gewenst dat het meer, eenmaal ontzilt, zo weinig mogelijk wordt doorgespoeld; lange verblijftijden zijn namelijk in het algemeen gunstig voor de kwaliteit van het water. Bij continue doorspoeling van het Grevelingenmeer met 20 m³/sec zou het water in het meer uitgaande van volledige menging een verblijftijd van één jaar hebben. Zoals in Bericht 64 vermeld is, zou het Grevelingenmeer echter incidenteel met een capaciteit van rond 100 m³/sec doorgespoeld moeten kunnen worden. Voor normale doorspoeling zal echter met een capaciteit van enkele tientallen m³/sec kunnen worden volstaan. Oschoon de ontwerp-capaciteit van het doorlaatmiddel zoveel mogelijk op de eindfase afgestemd dient te zijn, is de ontziltingsfase mede van invloed op de dimensionering van de sluis en de toeleidingsgeulen.

De ontzilting van het Grevelingenmeer, zoals die in het Deltaplan was voorzien, zou pas kunnen plaatsvinden nadat de ontzilting van de Oosterschelde zo ver gevorderd was, dat het water aan de oostzijde van het in de Grevelingendam te bouwen doorlaatmiddel voldoende zoet was geworden. Via het te bouwen doorlaatmiddel in de Grevelingendam kon er dan zoet water in het Grevelingenmeer worden ingelaten, terwijl zout en brak water geloosd kon worden via de doorlaatsluis in de Brouwersdam. De ontzilting zou het snelste kunnen geschieden met behulp van een dichtheidsscherm, dat het mogelijk maakt, het diepere zoute water door de sluis af te voeren.

Ofschoon ook andere ontziltingsmethoden mogelijk zijn, is bij het ontwerp de mogelijkheid opgehouden om later een dichtheidsscherm voor de sluis te plaatsen, wellicht alleen voor de ontziltingsfase.

De toeleidingsgeul naar de sluis, die thans gemaakt wordt, en waar men tegelijk het zand wint voor de ringdijken van de bouwput, is mede daarop gedimensioneerd.

Bij het oorspronkelijke Deltaplan had de doorlaatsluis in de Brouwersdam als functie dus voornamelijk om het Grevelingenmeer te ontzilten en zoet te houden; dit bekken vormde immers een schakel in de zoetwatervoorziening. Daar de ontzilting niet eerder kon plaatsvinden dan nadat de Oosterschelde en aansluitende wateren voldoende ontzilt waren, was er geen reden de sluis voor de geplande afsluiting van de Oosterschelde in 1978 gereed te hebben. Gezien de totale bouwtijd van 4 jaar moest men dus in 1974 beginnen met de aanleg van de bouwput. Het waterpeil op het Grevelingenmeer wordt in de huidige situatie beheerst met behulp van de schutsluis in de Grevelingendam bij Bruinisse.

Handhaaft men echter in de Oosterschelde een getij tot aan de Philipsdam – dat is een compartimenteringsdam vanaf de Grevelingendam naar St.-Philipsland –, dan is het mogelijk en zelfs gewenst het Grevelingenmeer zout te houden. Het Grevelingenmeer kan dan natuurlijk geen dienst doen als afvoerweg van zoet water naar zee. In plaats daarvan kan het zoute Grevelingenwater gebruikt worden voor de bestrijding van de verzoetende invloed die de schutsluizen in de Philipsdam zullen hebben op het zoute getijdebekken. Deze invloed kan namelijk be-

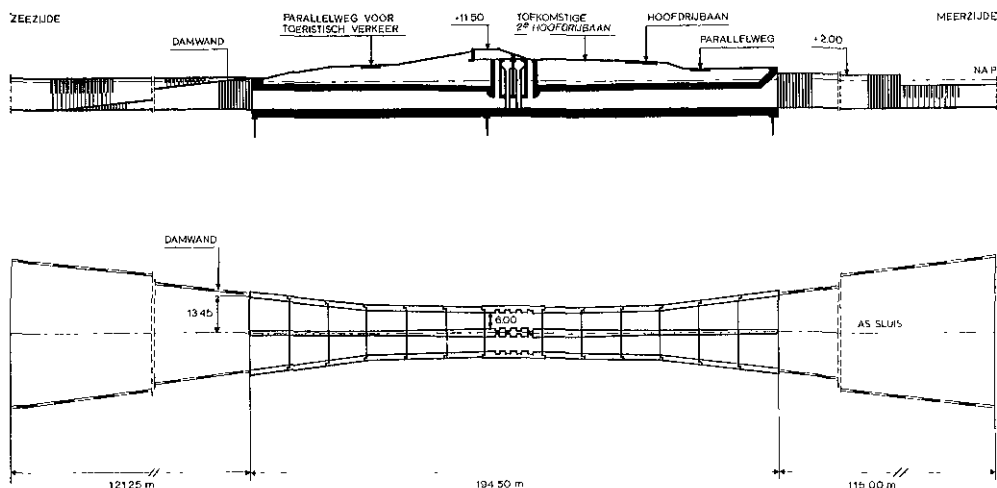
perkt worden door het zoute getijdebekken vanuit of naar het zoute Grevelingenmeer door te spoelen met behulp van de doorlaatsmiddelen in de Brouwersdam en de Grevelingendam. Een doorlaatsluis in de Grevelingendam was ook reeds bij het oorspronkelijk Deltaplan noodzakelijk. Door het Grevelingenmeer door te spoelen met zeewater vanuit de Noordzee via de Brouwersdam of vanuit de zoute Oosterschelde via de Grevelingendam, kan ook hier een voldoende hoog-zoutgehalte gehandhaafd worden. Men onderzoekt thans wat in deze situatie de meest gewenste doorspoelrichting is.

Het zal heel moeilijk zijn in het zoute semistagnante Grevelingenmeer een voldoende hoog zoutgehalte te handhaven, indien uitsluitend de doorlaatsluis in de Brouwersdam als inlaat- of lozingsmiddel beschikbaar is, en

men geen doorlaatsmiddel heeft in de Grevelingendam.

In dat geval zou de doorlaatsluis in de Brouwersdam afwisselend enige tijd als inlaatmiddel en als lozingsmiddel dienst moeten doen, hetgeen al gauw peilschommelingen van verscheidene decimeters tot gevolg zal hebben. Zulke peilschommelingen zijn uit een oogpunt van natuurbeheer en recreatie weinig aantrekkelijk. Bovendien is het bij zo'n inlaaten en spuiregime van de doorlaatsluis in de Brouwersdam niet onwaarschijnlijk dat mede onder invloed van de wind alleen verversing van het water zal plaatsvinden direct achter de sluis. In het oostelijk deel van het bekken, waar de meeste zoetwaterbelastingen gesitueerd zijn, zoals polderlozingen van de gemalen bij Dreischor op Duiveland en bij Herkingen en Battenoord op Flakkee, zou dan waarschijnlijk geen hoog zoutgehalte gehandhaafd kunnen worden. De doorlaatsluis in de Brouwersdam kan als middel voor de waterbeheersing van het Grevelingenmeer dan ook niet goed functioneren zonder hulp van een doorlaatsmiddel in de Grevelingendam. Dit geldt zowel wanneer het Grevelingenmeer zout blijft als wanneer het zoet wordt. Ook bij afsluiting van de Oosterschelde en handhaving van een semistagnant zout bekken achter de Oosterscheludedam tot aan de Philipsdam, kan en moet het Grevelingenmeer zout blijven. Ook dan is het ter handhaving van een hoog genoeg zoutgehalte in het zoute Oosterscheldebekken en het zoute Grevelingenmeer gewenst via de doorlaatsmiddelen in de Brouwersdam, Grevelingendam en Oosterscheludedam een rondstroming als boven beschreven te realiseren. Ofschoon in het voorgaande reeds een sluis

Doorsnede van het damlichaam ter plaatse van de sluis en overzicht van de sluis



als doorlaatmiddel genoemd is, zijn er drie principieel verschillende doorlaatmiddelen mogelijk: een doorlaatsluis, een hevel, welke beide onder natuurlijk verval werken, en een gemaal.

Bij de Brouwersdam zou een gemaal een zeer dure oplossing zijn. Een gemaal zou wellicht voordelen kunnen hebben indien sterke aanzanding voor de lozing zou optreden. Naar de huidige inzichten zal een dergelijke ontwikkeling zich zeker niet op korte termijn voordoen. Bij het ontwerp van het doorlaatwerk is er overigens toch rekening mee gehouden dat eventueel in een later stadium alsnog pomp-eenheden voor het doorlaatwerk geplaatst moeten kunnen worden.

Bij vergelijking van een sluis met een hevel heeft men gedacht aan een sluis met diep gelegen kokers. Voor de hevel bleek eveneens een diepe in- en uitstroomopening gewenst. Mogelijke voordelen van een hevel in de Brouwersdam zouden kunnen zijn, dat een hevel niet lekt in afgeslagen toestand, dat hij een minimum aan bewegende delen heeft en dat zonodig voor de ontzilting van het Grevelingenmeer door middel van verlengde hevelkokers selectief diep water onttrokken kan worden zonder dichtheidsscherm.

Mogelijke nadelen van een hevel in de Brouwersdam zouden kunnen zijn, dat om een redelijke debietregeling mogelijk te kunnen maken een vrij grote vacuumpomp moet worden toegepast, hetgeen fijnregeling van het debiet uitsluit. Bovendien kunnen bij een grote kruinhoogte van de hevel cavitatieproblemen ontstaan; men moet er rekening mee houden dat er ijsafzetting in de hevelkokers kan optreden, die immers in afgeslagen toestand een vrije waterspiegel hebben. Oorspronkelijk bestond de indruk dat een hevel gesitueerd kon worden aan de diepe stroomgeulen, omdat er wellicht geen bouwput nodig zou zijn. Dat zou een grote kostenbesparing betekend hebben. Uit een nadere detaillering blijkt echter dat zowel voor de bouw van een hevel als voor een doorlaatsluis een aanzienlijke bouwput nodig is. De hevelkokers aan weerszijden van de kruin, de zogenaamde hevelbenen, moeten namelijk bij het doorlaatwerk in de Brouwersdam relatief diep komen te liggen. De kostenramingen voor een sluis en voor een hevel lopen dan ook, voornamelijk door het relatief grote kostenaandeel van de bouwput, niet ver uiteen. Daarbij kwam dat alleen uit uitgebreid modelonderzoek zou kunnen blijken hoe de cavitatieproblemen bij een hevel opgelost kunnen worden, daar men nog geen ervaring heeft met dergelijke grote hevels. Het kunst-

werk zou hierdoor waarschijnlijk later gereed komen. Mede op grond van deze overwegingen is in de Brouwersdam voor een sluis als doorlaatmiddel gekozen.

Bij het dimensioneren van de sluis diende rekening te worden gehouden met alle varianten die er zijn met betrekking tot de functie van de sluis: lozingsmiddel bij een zoet Grevelingenmeer met en zonder dichtheidsscherm, inlaatmiddel bij een zout Grevelingenmeer en lozingsmiddel bij een zout Grevelingenmeer. Zelfs zou de sluis nog afwisselend als inlaat- en lozingsmiddel dienst moeten kunnen doen bij een zoet Grevelingenmeer voor het geval het doorlaatmiddel in de Grevelingendam niet tijdig gereed is. Voor de dimensionering zijn verder van belang de vervallen en dichtheidsverschillen over de sluis, waarbij de dichtheidsverschillen weer afhankelijk zijn van diepte waarop de sluis ligt.

Uit een aantal variabelen is uiteindelijk als meest aantrekkelijke oplossing gekozen een sluis met een effectief doorstroomprofiel van 80 m² met een bodemligging op N.A.P. - 11 m. De lozingscapaciteit van de sluis bedraagt bij een gemiddeld peil op het Grevelingenmeer van N.A.P. - 0,20 m gemiddeld over het etmaal 125 m³/sec indien er althans geen dichtheidsverschil over de sluis aanwezig is, dat is dus wanneer het meer zout blijft. Veronderstellen we een zoet Grevelingenmeer en een zoutgehalte van het kustwater van 14 500 mg Cl/l bij 10° C, dan ontstaat er een dichtheidsverschil van 20 kg/m³; de lozingscapaciteit bedraagt dan 90 m³/sec. Is het Grevelingenmeer zoet en moet er geloosd worden naar kustwater met een zoutgehalte van 18 000 mg Cl/l bij 10° C, dan is het dichtheidsverschil 25 kg/m³, en de afvoercapaciteit 85 m³/sec.

De Inlaatcapaciteit bedraagt bij een zout Grevelingenmeer op een gemiddeld peil van N.A.P. - 20 cm gemiddeld over het etmaal 140 m³/sec. Met deze capaciteiten kan de sluis in samenwerking met een doorlaatmiddel in de Grevelingendam de gewenste functies, het zoet houden van een zoet Grevelingenmeer en het zout houden van een zout Grevelingenmeer, vervullen. Geforceerde doorspoeling van een zoet Grevelingenmeer, sporadisch voorkomend en van korte duur, is ook mogelijk. Om dan een lozingscapaciteit van 100 m³/sec gemiddeld over het etmaal te realiseren moet het peil van het Grevelingenmeer, afhankelijk van het zoutgehalte van het kustwater, enigszins verhoogd worden, maximaal tot N.A.P. - 0,10 m. Zo'n geringe ver-

hoging is uit een oogpunt van recreatie en natuurbeheer wel aanvaardbaar. Tijdens de ontziltzing van het Grevelingenmeer met behulp van een dichtheidsscherm daalt de capaciteit van de sluis door de extra weerstand van het dichtheidsscherm voor de sluis geleidelijk tot minimaal 50 m³/sec gemiddeld over het etmaal. Met deze capaciteit kan het Grevelingenmeer theoretisch binnen een jaar ontzilt worden tot een zoutgehalte van ca. 300 mg Cl/l.

Bij de vormgeving van de sluisokers is gestreefd naar een venturivorm, dus met een trechtervormige in- en uitlaatopening. Met een dergelijke vormgeving kan een hoge afvoercoëfficiënt bereikt worden, zodat men kan volstaan met een kleinere bruto doorstroomopening ter plaatse van de schuiven in de keel. Bij het vaststellen van de diepteligging van de sluis zijn de volgende factoren betrokken: de frequentie van luchtaanzuigen ter plaatse van de schuiven, de golfbelasting op de schuiven, de kans op doorlopen van een golfdal in de kokers, en de kosten. Uit vergelijking van een aantal varianten is, als optimaal ontwerp de in de figuren weergegeven sluis naar voren gekomen. Deze bestaat uit twee kokers, elk met een plafonddiepte in de keel van de sluis van N.A.P. - 6,5 m en een horizontale bodem op N.A.P. - 11 m; elke koker is in de keel 6 m breed.

De plafonddiepte aan de zeezijde en aan de Grevelingenzijde is op N.A.P. - 3 m gesteld, voornamelijk om het binnenlopen van golfdalen in de kokers zoveel mogelijk tegen te gaan en in het belang van de totale vormgeving. Uit gedetailleerd modelonderzoek naar deze koker bleek dat de afvoercoëfficiënt ongeveer 1,5 bedroeg. De kokers zijn ieder 195 m lang. In de keel meten ze 4,5 bij 6 m. De situering van de doorlaatsluis wordt mede bepaald door de diepteligging van het kunstwerk.

In verband met mogelijke aanzandingen voor de kust dient de sluis aan één van de twee diepe geulen te worden gesitueerd, die door de Brouwersdam worden afgesloten. Om uitvoeringstechnische redenen is het in verband met het aanbrengen van de bemaling van de bouwput echter gewenst de sluis buiten de diepste gedeelten van de geulen te situeren. Dan komen langs de Brouwersdam *in principe de plaatranden langs de zuidelijke geul* in aanmerking, waar het sluitgat is opgebouwd uit betonblokken; eventueel zullen er verbindingsgeulen van de sluis naar

het diepe water aangebracht moeten worden. Ook de plaatranden in de noordelijke geul, waar het sluitgat opgebouwd is uit caissons, komen in aanmerking. In het belang van de eventuele ontziltzing is het gewenst de sluis aan de diepste, dat is de zuidelijke geul te situeren. Later zou in deze situatie behalve een sluis in de Grevelingendam en een sluis in de Brouwersdam misschien ook eens een Halskanaal tussen Grevelingenmeer en Haringvliet met een lozings- en/of inlaatsfunctie, gerealiseerd kunnen worden. Uit een oogpunt van goede verdeling van de inlaats- en lozingsmiddelen over het Grevelingenmeer zou het dan goed uitkomen wanneer de sluis in de Brouwersdam langs de zuidelijke geul lag.

Voor een zout Grevelingenmeer is het ook al het meest gewenst de sluis te situeren aan de zuidelijke geul, daar uit metingen blijkt, dat het zoutgehalte voor de kust bij deze geul *minder* dan bij de noordelijke geul beïnvloed wordt door de zoetwaterlozingen door de Haringvlietssluisen. In een zout Grevelingenmeer zal men eveneens het kustwater met het hoogste zoutgehalte willen inlaten.

Men heeft besloten de sluis op de rand van de Middelpaas te bouwen. Aan weerszijden van de sluis zullen toeleidingsgeulen vanaf het diepe water naar de sluis gebaggerd worden op een diepte van N.A.P. - 11 m. De onderwatertaluds van de Brouwersdam zullen aan de zeezijde door een betonnen *keerwand beëindigd* worden, waarbij de hoogte verloopt vanaf N.A.P. bij de sluis tot N.A.P. - 11 m bij het eind van het stortebed. Aan de Grevelingenzijde bleek een betonnen grondkerende wand loodrecht op de as van de sluis de meest economische oplossing te zijn. De wanden als zijbegrenzing van het stortebed vanaf N.A.P. - 11 m tot N.A.P. + 2 m hebben dan nog uitsluitend een stroomgeleidingsfunctie en kunnen daardoor goedkoper uitgevoerd worden.

De te verwachten ontgrondingen aan weerszijden van de sluis zullen bij de toe te passen stortebedlengte van 121 m aan de zeezijde en 115 m aan de meerzijde toelaatbaar zijn. Het stortebed van de zeezijde zal geheel in de bouwput gemaakt kunnen worden, terwijl dat aan de binnenzijde grotendeels in den natte aangebracht moet worden. Aan de zuidzijde van de sluis zal een vissluis aangebracht worden, welke het mogelijk maakt vissen vanuit zee het Grevelingenmeer binnen te schutten.

De laatste jaren worden in bodem- en oever-beschermende constructies steeds meer kunststoffen verwerkt. Waterdichte foliën van polyetheen of polyvinylchloride worden toegepast op plaatsen waar geen belangrijke waterstandswisselingen of waterstromingen optreden, zoals bij de bekleding van waterbekkens en bassins. Open kunststoffilters, vervaardigd van bijvoorbeeld polyamiden, polyester, polyetheen of polypropreen worden daar gebruikt waar enerzijds waterdoorlatendheid en anderzijds zanddichtheid wordt vereist.

Dit is bijvoorbeeld het geval bij de bodem-beschermingen onder en naast primaire afsluitdammen. De waterstanden aan weerszijden van deze dammen kunnen zo sterk verschillen dat grote opwaarts gerichte hydraulische drukverschillen tussen de onder- en de bovenkant van de bescherming ontstaan. Een volkomen dichte bodembescherming van bijvoorbeeld asfaltmastiek zou onder die omstandigheden zeer zwaar moeten worden uitgevoerd om aan deze overdrukken voldoende weerstand te kunnen bieden. In zo'n geval levert de toepassing van een waterdoorlatende bescherming economisch voordeel op, omdat de constructie wegens de reductie van de waterdruk tegen de onderkant lichter kan zijn. Tegelijkertijd zal echter voor voldoende zanddichtheid moeten worden gezorgd zodat geen zand door de bescherming kan verdwijnen, ondanks het feit dat de drukverschillen onder en boven de bescherming opwaarts gerichte waterstromingen veroorzaken, en ondanks de zuigende werking die de waterbeweging boven de bodem op het bodemmateriaal uitoefent. Voor de vervaardiging van semi-klassieke

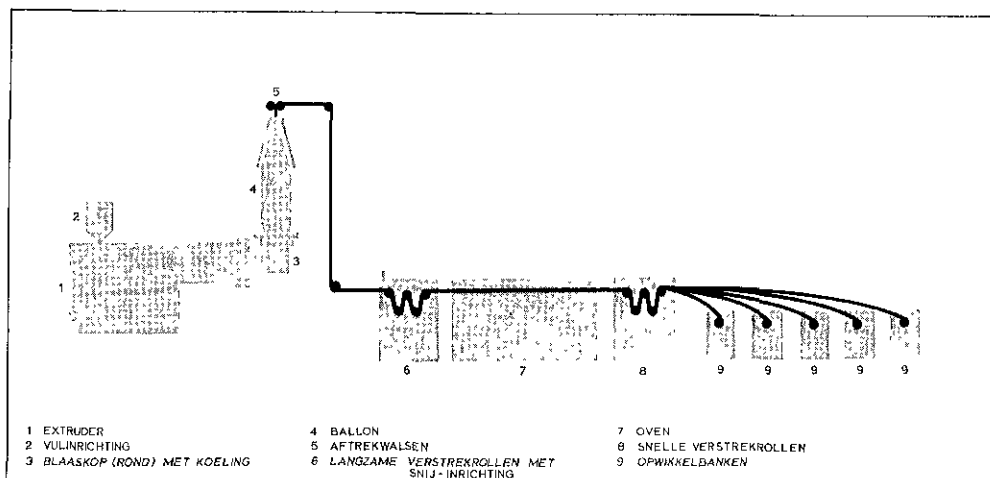
zinkstukken werden in eerste instantie de kunststoffilters gebruikt die door de fabrikanten en leveranciers werden aangeboden. Deze veelsoortige filters waren echter niet aangepast aan de bij de diverse werken te stellen eisen van waterdoorlatendheid en zanddichtheid. Met andere woorden, het succes van de toepassing van de aangeboden filters was slechts zeer toevallig, en zeker niet gegrond op een wetenschappelijke benadering van de vereiste filterwerking. De onvrede daarover heeft ertoe geleid dat in samenwerking met het Waterloopkundig Laboratorium De Voorst een onderzoek is ingesteld naar de kwaliteiten van de aangeboden kunststoffilters, in verhouding tot de eisen die er vanuit de waterbouwkunde aan moeten worden gesteld. Met betrekking tot de onderzoeksmethoden en de normering daarvan werden voorts contacten gelegd met buitenlandse overheids- en onderzoeksinstanties. Het Waterloopkundig Laboratorium heeft een groot aantal doeken uit Nederland, België, Duitsland, Frankrijk en Oostenrijk onderzocht. Daarbij bleek het onder meer noodzakelijk een nomenclatuur voor de kunststofdoeken in te voeren. Zo werden de doeken eerst ingedeeld in twee hoofdgroepen: foliën en filters. Afhankelijk van de wijze van fabricage en van de toegepaste garens werden de filters weer onderverdeeld in respectievelijk foliën met gaatjes en in gazen, bandweefsels, matten, doeken en vliezen. Het onderzoek van de aangeboden filters, dat zoveel mogelijk ook in overleg met fabrikanten en leveranciers werd uitgevoerd, toonde een grote verscheidenheid aan in de karakteristieken van de filteropeningen, waaronder de mate van openheid en de regelmatigheid

van het patroon van openingen. Dit gaf weer aanleiding tot het vaststellen van normen met betrekking tot de filteropenheid in verhouding met de waterdoorlatendheid en de zanddichtheid, alsook tot de ontwikkeling van specifieke testmethoden. Getracht wordt deze normen en methoden ingang te doen vinden bij fabrikanten en leveranciers, zodat die bij hun onderzoek naar nieuwe materialen en bij aanbidding aan verwerkende instanties hun produkten kunnen voorzien van de vereiste gegevens. Normalisering kan tevens leiden tot beperking van het aantal aan te bieden kunststoffilters.

De studies ten aanzien van de bruikbaarheid van kunststoffilters hebben aangetoond dat er nogal wat eisen aan het materiaal moeten worden gesteld. Doordat de zanddichtheid en

de waterdoorlatendheid tegengestelde eisen aan het filter stellen, blijft er een begrensd gebied over waarbinnen de filterkarakteristieken moeten liggen. Welke eis er wordt gesteld aan de waterdoorlatendheid van het kunststoffilter is afhankelijk van de waterdoorlatendheid van de bodem en van de mate waarin het filter met steen, steenasfalt of een ander materiaal wordt verzwaard. Indien het filter onbelast wordt toegepast, moet de waterdoorlatendheid ervan minstens zo groot zijn als die van de bodem. Is dit niet het geval, dan kunnen er overdrukken ontstaan die het filter van de bodem optillen. Is het verhang over het zandpakket groter dan over het filter, dan zullen er geen overdrukken op het filter ontstaan; maar als het kleiner is, zal dit wel het geval zijn.

Hoe zanddicht een filter moet zijn, wordt

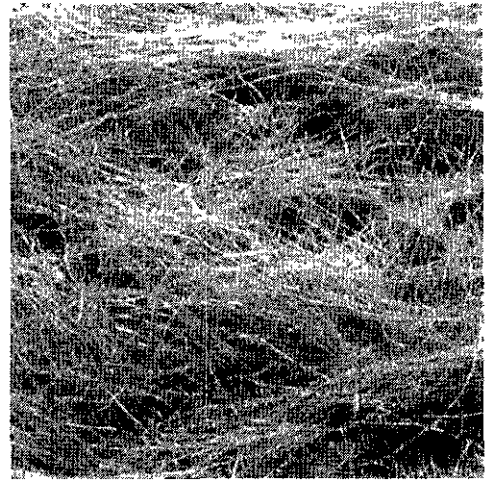


Schematische voorstelling van de eerste fase van de vervaardiging van kunststofweefsels

primair bepaald door de korrelgradering van het zand, en verder door de tolerantie die men ten aanzien van het zandverlies wil toepassen. Daarbij moet worden bedacht dat de opwaartse waterstroming onder het filterdoek bij een statische belasting op natuurlijke wijze een filter van bodemmateriaal kan opbouwen. Dit kan het zandverlies door het filter beperken tot een geringere hoeveelheid dan uit de korrelgradering van het bodemmateriaal zou volgen. Dynamische belastingen van het water op het filter, die bijvoorbeeld ontstaan door turbulente waterstromingen al dan niet tezamen met golfaanval, kunnen daarentegen weer extra zandverlies opleveren. Deze belastingen brengen het filter namelijk in trilling, zodat het als een schudzeef gaat werken. Het gevolg is dat bij sterk dynamische belastingen alle zandkorrels die

kleiner zijn dan de grootste filteropeningen, het filter versneld passeren. Het onderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium naar de waterdoorlatendheid van kunststoffilters geschiedt met behulp van een daarvoor ontwikkelde meetopstelling. Voor de bestudering van de zanddichtheid bij statische en bij dynamische belastingen zijn filterapparaten beschikbaar.

Grote trekkracht wordt er uitgeoefend op kunststofweefsels tijdens het vervaardigen en het uitleggen van voorgebaliaste matten. Zo bedraagt tijdens de fabricage van de steen-asfaltmatten op de 'Jan Heymans' de trekkracht van de spijkerrol op het polypropyleendoek 3 tot 4 tf/m. Bij het uitleggen van de mat, geballast met 250 kg/m², op een waterdiepte van 30 m, is deze kracht ongeveer 5 tf/m. Proeven hebben aangetoond dat deze



Sterk vergroete beeld van een kunststofvlies

Verschillende kunststofweefsels:

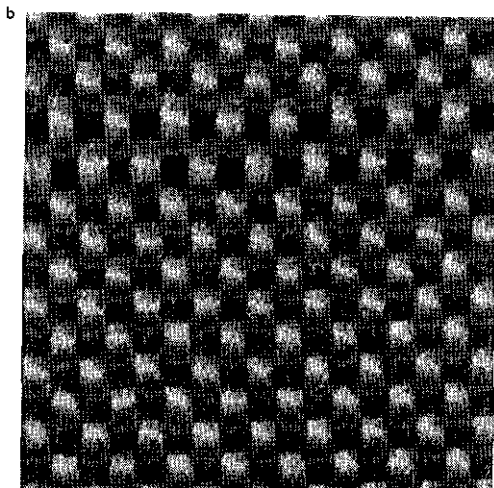
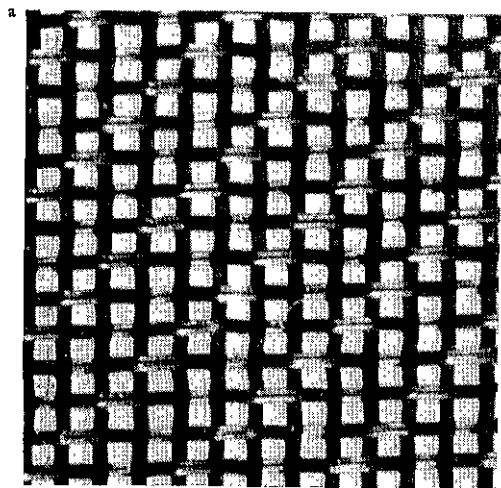
- | | |
|---------|----------------|
| a. gaas | c. bandweefsel |
| b. doek | d. mat |

Links:

Vlies met steunweefsel, van de zijkant gezien, sterk vergroot

krachten nauwelijks invloed hebben op de waterdoorlatendheid en de zanddichtheid van het weefsel. Opvoeren van de temperatuur van het steenasfalt tot 140° C bij het vervaardigen van de steenasfaltmat heeft weer wel invloed op deze eigenschappen. Doordat het filter hierbij krimpt, neemt de waterdoorlatendheid af, en de zanddichtheid toe. De filterwerking van kunststofweefsels kan voorts nadelig worden beïnvloed door het zogenaamde dichtslaan van het doek, waarbij vermoedelijk de dikte van het kunststoffilter, de aard van het af te dekken materiaal en de door het water uitgeoefende belasting een rol spelen. De mogelijkheid is tenslotte niet uitgesloten dat ook de neerslag van bepaalde chemische verbindingen en de aangroei van algen en wieren de filtereigenschappen van kunststofweefsels doen afnemen.

De onderzoeken hebben zich ook gericht op de vraag in welke mate de weefsels zelf zouden kunnen degenereren als gevolg van mechanische, biologische, chemische, fotochemische en temperatuursinvloeden. De proefnemingen die men doet op de *mechanische eigenschappen* van kunststofweefsels betreffen in hoofdzaak de treksterkte, de rek, de weerstand tegen slagen en stoten, de inscheursterkte, de krimp en de slijtvastheid. Oefent men op kunststoffilters trekkracht uit, dan wordt het materiaal gerek. *Blijvende trekkrachten kunnen het materiaal* doen vloeien, waardoor tenslotte breuk kan optreden. De treksterkte van de meeste kunststofweefsels – hoewel niet in alle richtingen even groot – voldoet ruimschoots aan de eisen. Van enkele onderzochte weefsels zijn trek-rekdiagrammen vervaardigd. Het onder-



zoek naar de mechanische eigenschappen wordt nog voortgezet.

De weerstand van de onderzochte kunststoffen tegen *biologische* aantasting lijkt groot te zijn. Voortgezette studie zal echter geboden zijn.

De kunststoffen zijn over het algemeen goed bestand tegen *chemische inwerking*. Polyetheen en polypropreen kunnen echter bij langdurig contact enigszins worden aangetast door sommige sterke zuren.

Polyamiden hebben een lagere resistentie ten opzichte van sommige zuren en sterke basen. De kunststoffilters bieden goed weerstand tegen organische oplosmiddelen. Bij polyetheen en polypropreen neemt de weerstand bij hogere temperaturen af.

De kwaliteit van kunststoffen kan nadelig worden beïnvloed door het ultraviolette deel van het *zonlicht*. Niet of onvoldoende beschermde kunststoffen kunnen door ultraviolette straling hun sterkte geheel of gedeeltelijk verliezen. Hoe dunner en platter de draad is, des te sneller vindt aantasting door licht plaats. Door het aanbrengen van een of andere zwarting – bijvoorbeeld Carbon Black – wordt de lichtaantasting tegengegaan.

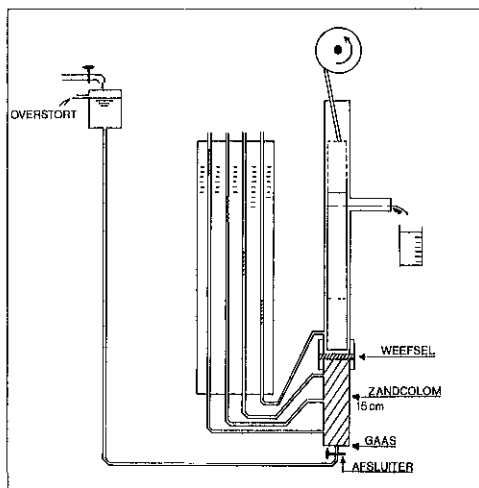
Wegens de grotere warmteabsorptie die deze toevoeging veroorzaakt, zal het dan echter in vele gevallen noodzakelijk zijn, een warmte-stabilisator in de kunststof te verwerken.

Hoge *temperaturen* kunnen een mat doen 'verbranden', dat wil zeggen, ze kunnen hem een andere structuur doen aannemen. Dit kan zich voordoen indien er teveel wrijvingswarmte vrijkomt bij het van een hellingzate trekken van een zoolstuk. Wrijvingsproeven hebben aangetoond dat een zate van asfalt-beton zeer nadelig is voor een kunststofmat. Het warmtegeleidend vermogen van asfalt-beton is te gering, waardoor de ontwikkelde warmte zich in de mat ophoopt. Beter is een ondergrond van bijvoorbeeld staal, omdat dat de warmte snel afvoert.

Voor de produktie van het voor kunststoffilters veelal gebruikte polypropreen moet een langdurig proces worden gevolgd. Uit de grondstof, aardolie, wordt een nafta gewonnen, die vervolgens gekraakt wordt tot propeengas. Onder toevoeging van een katalysator worden de propeenmoleculen gepolymeriseerd, of anders gezegd, aan elkaar gekoppeld tot lange molecuulketens. Door het polymerisatieproces op een bepaald moment af te breken, kan men de ketenlengte van de polymeer mln of meer beïnvloeden, en daarmee ook de eigenschappen van de stof. De verschijningsvorm van het eindprodukt is afhankelijk van

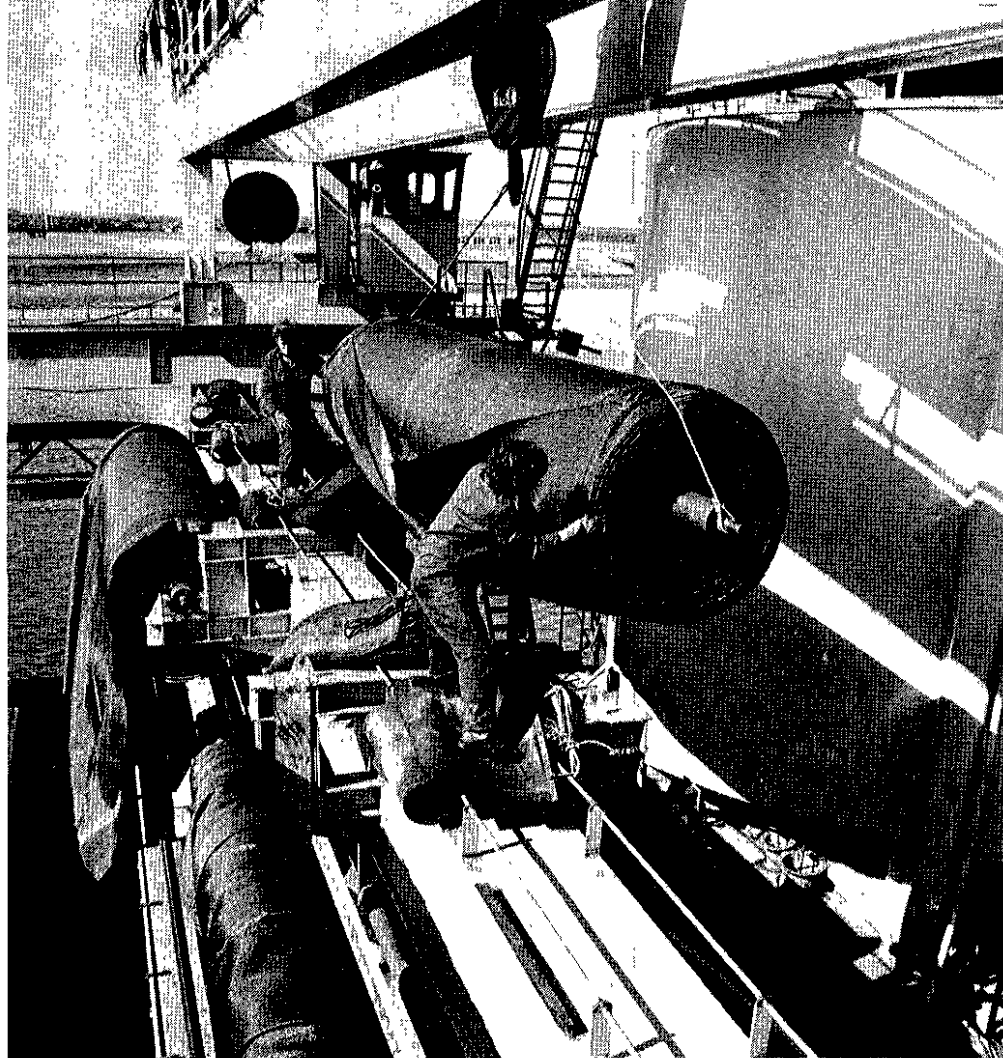
Rollen polypropreenoed worden aan boord gehesen van het asfaltschip 'Jan Heymans'

Apparaat voor het bepalen van de zanddichtheid van kunststofweefsets bij dynamische belasting



de snelheid van afkoeling. Polypropreen kan dus zowel vloeibaar als rubberachtig, of kristallijn dan wel glashard worden gemaakt. Het in de waterbouw gebruikte polypropreen heeft een in hoofdzaak kristallijne structuur. Aan het polypropreen worden in geringe hoeveelheden kleurstoffen, stabilisatoren en weekmakers toegevoegd. Deze toevoegingen hebben tot doel bepaalde eigenschappen van het polypropreen te verbeteren, zoals de weerstand tegen ultraviolette straling, oxidatie en verwerking. Toevoeging van weekmakers kan een grotere elasticiteit van het materiaal bewerkstelligen.

De polypropreenbolletjes, die door het polymeriseren van het propeen zijn gevormd, en waarvan de diameter 2 à 3 mm bedraagt, moeten dan nog verwerkt worden tot garens. Deze werkwijze bestaat in hoofdzaak in het



door extrusie fabriceren van een film, het snijden van de film in stroken, het verstrekken, het fibrilleren of vervezelen van de filmstroken en tenslotte het twijnen van de vezels tot garens. Bij het extruderen wordt de kunststof verwarmd en met behulp van een schroef door een mondstuk geperst en daarna gekoeld. Bij het verstrekken worden de polypropeenmoleculen in de lengterichting van de stroken gerangschikt, waardoor de kunststof in die richting aanzienlijk sterker wordt. In de andere richting wordt hij dan veelal zwakker. De filmstroken worden bij het verstrekken in een oven verwarmd tot een temperatuur iets onder het verwekingstraject van 145°C tot 150°C . Men verstrekt het materiaal door de kunststof sneller uit de oven te trekken dan in te voeren. De verstrekkverhouding, dat is de verhouding van de invoer-

snelheid en de uitvoersnelheid, ligt tussen de 1 : 16 en 1 : 12.

Op weefmachines worden de garens daarna verwerkt tot het polypropeen kunststoffilter. De dikte van de garens en de dichtheid van het weven bepalen in hoofdzaak de waterloopkundige eigenschappen zoals de waterdoorlatendheid en de zanddichtheid van het kunststoffilter. In de bestekken van de Oosterscheldewerken zijn voor de daar toe te passen polypropeenweefsels keuringseisen voorgeschreven, waarin het minimale gewicht van de filterdoeken, hun zanddichtheid en waterdoorlatendheid worden omschreven.

De sterk gebogen zuidkust van Schouwen is gevormd in een eeuwenlange strijd tegen stormvloed en tegen oever- en dijkvallen. Het landverlies, vooral in de 15e en 16e eeuw omvangrijk, blijkt uit de afgebeelde kaart, samengesteld aan de hand van gegevens van A. J. F. Fokker.

De oever aan de zuidkust van Schouwen

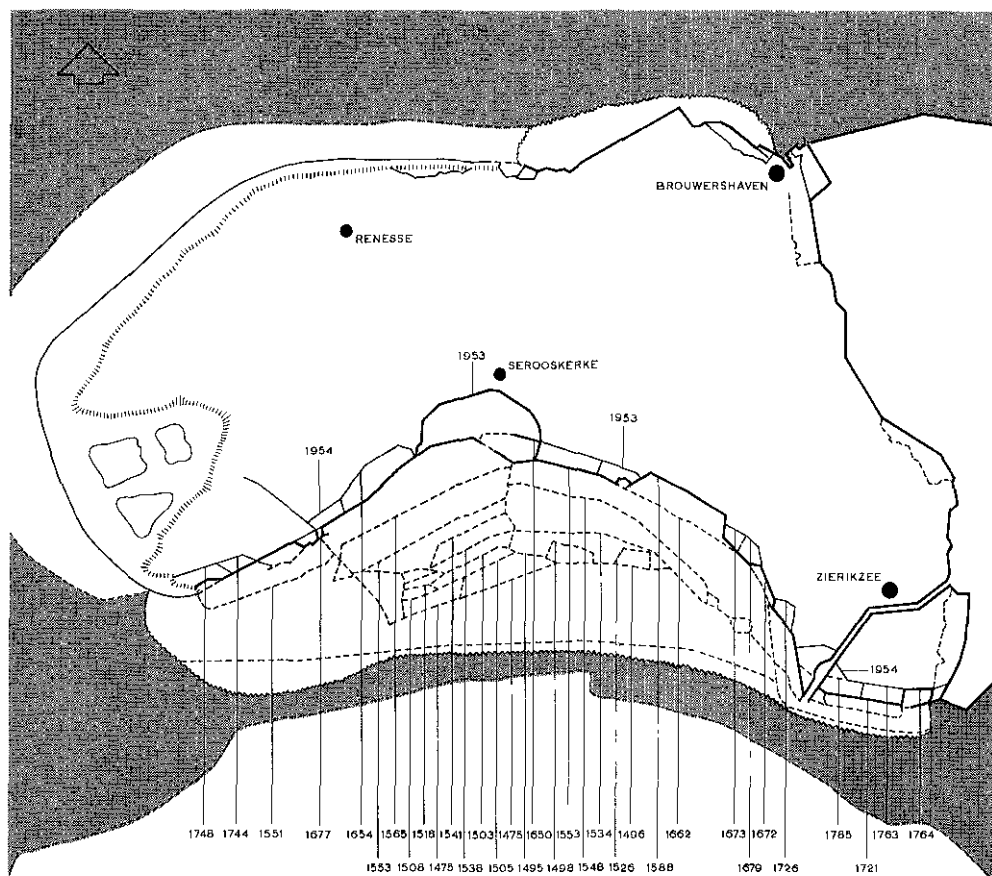
De toestand van deze kust was in 1951 redelijk stabiel. De meest bedreigde vakken, gelegen voor de inlagen van Koudekerke en van Flauwers, werden reeds effectief beschermd door uitgebreide onderzeese oeververdedigingen, zodat de oever langs de Hammen geruime tijd nagenoeg in rust verkeerde. Het minst gunstig was de situatie nog aan het westelijk gedeelte van het oeverwerk in het district Flauwers. De oever beneden de bezinking was zich daar op sommige plaatsen belangrijk aan het verdiepen, en de oever nam onmiddellijk ten westen van de verdediging niet onaanzienlijk af. Men vermoedde dat in de toekomst op de bedreigde punten waarschijnlijk wel enige uitbreiding aan de oeverwerken zou moeten worden gegeven.

Ook de andere verdedigingswerken, vooral de oostflank van het werk in het district Koudekerke, bleven aandacht eisen, daar dit traject van oudsher aan een vrij sterke stroomaanval bloot stond.

Het oevervak langs de westmond van het Keeten, van Zierikzee tot de Hoek van Ouwerkerk, werd vroeger, vooral in de 18e eeuw, zwaar aangevallen; de zeewering moest daar dan ook terugwijken. De Lage Plaatdijk vlak ten oosten van de havenmond van Zierikzee en de Lievebournol zijn overblijfselen van de vroegere dijk, die ongeveer op 350 m afstand buiten de tegenwoordige waterkering heeft gelegen. De situatie bij de oeverwerken van het vooruitstekende punt dat wordt gevormd door de havendammen van Zierikzee en de Plaatdijk, was reeds tientallen jaren vrijwel onveranderd. Ook voor de Lievebournol, waar nog resten van oude bestortingen liggen, was de oever in evenwicht.

De oever tussen de Plaatdijk en de Lievebournol nam zeer langzaam af, evenals de oever voor de langsstrooms gelegen Nol Kaas-en-Brood. De oever lag hier echter onder een flauw talud, zodat de geringe achteruitgang geen reden tot ongerustheid behoeft te zijn. Tussen de Nol Kaas-en-Brood en de Zuidbout was de onderzeese oever geheel onverdedigd, doch stabiel. Wel trok de laagwaterlijn landwaarts. Voor de waterkering leverde dit geen bezwaar op, daar het ervoor gelegen slik nog breed was. De grootste verandering die na 1951 aan de zuidkust van Schouwen plaatsvond, was wel de aanleg van de ringdijk bij Schelphoek, om de gevolgen van de bij de stormvloed van 1953 ontstane dijkdoorbraak van Schelphoek ongedaan te maken. Ongeveer 225 ha land werd daarbij buitengedijkt. In de ontstane inham werd in 1967/1968 een werkhaven voor de Deltawerken aangelegd.

Andere veranderingen van betekenis tengevolge van de ramp van 1953 vonden plaats bij de haven van Burghsluis; die haven werd aanmerkelijk vergroot doordat men aan het grootste gedeelte van de 5 ha grote Boots-inlaag een bestemming gaf als havenkom. Voorts werd de mond van het havenkanaal naar Zierikzee langs de Westhavendam belangrijk gewijzigd, onder andere doordat er een wisselplaats in werd gemaakt in de vorm van een plaatselijke verbreding. De onderzeese verdediging voor de mond van het havenkanaal werd in de jaren 1953 tot 1955 drastisch versterkt. Langs de teen van de west- en van de oosthavendijk werden over ongeveer 700 m lengte kraagstukken aangebracht, en in de havenmond tussen de koppen der havendammen werd een stenen



dam opgebouwd. Deze dam, waarvan de kruin lag op N.A.P. – 10 à 12 m, werd opgebouwd uit zandsteen, aan de binnenzijde aangevuld met zand, en waar nodig afgedekt met zinkstukken.

Overigens zijn in het rampjaar 1953 langs de zuidkust van Schouwen drie ontgrondingen opgetreden. Ze zijn hieronder vermeld:

Fig. 1. Landverlies aan de zuidkust van Schouwen, volgens gegevens van A. J. F. Fokker

datum	plaats	verplaatste massa in m ³	weggefallen oppervlakte in ha
13 6 1963	ten oosten van de Plompetoren	170 000	2,16
6 8 1953	Hoek van Flaauwers	180 000	2,3
27 10 1953	aan de oostkant van de haven van Burghsluis	47 000	0,35

Bovendien vond tijdens de herstelwerkzaamheden in 1953 een ontgronding plaats in het havenkanaal naar Zierikzee.

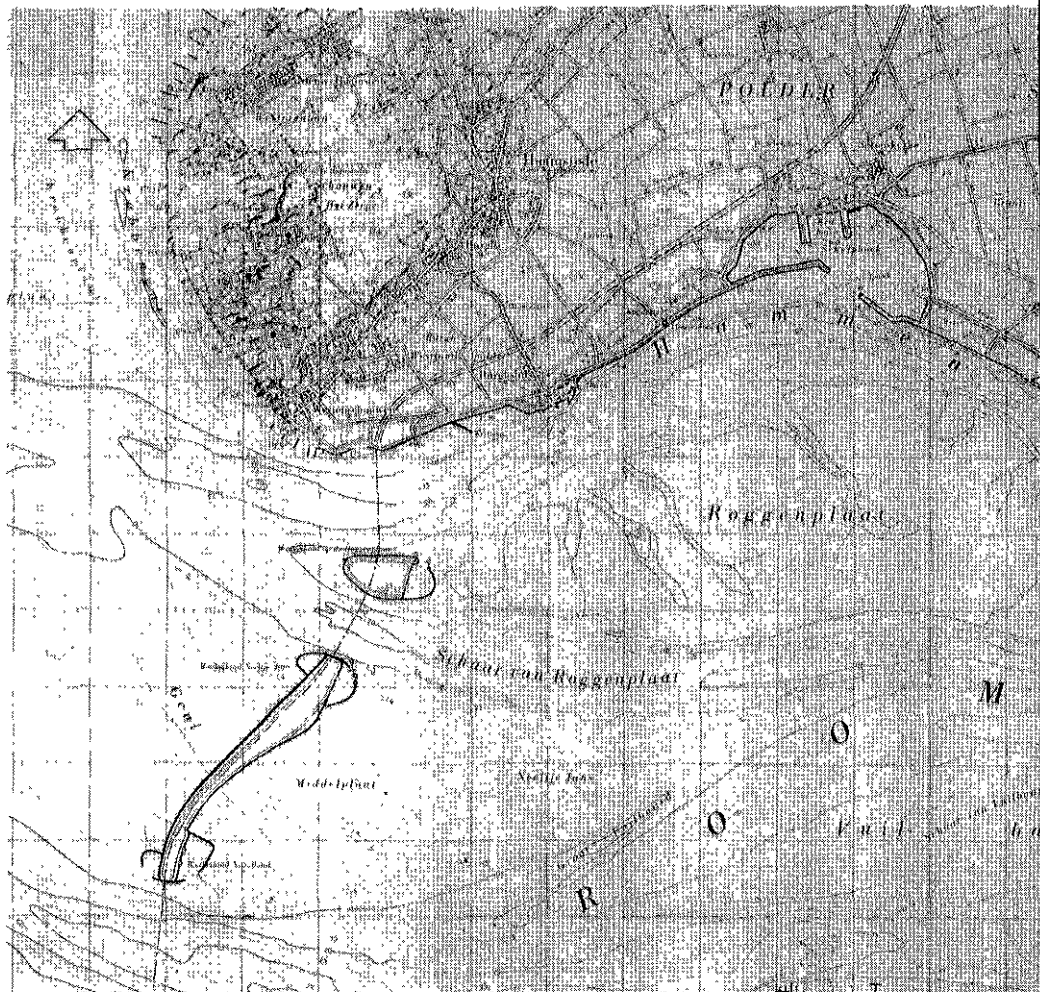
Tengevolge van die ontgrondingen moest de zeekering langs de betrokken oevers worden aangepast. Het dijkgedeelte bij de Plompertoren werd achteruitgebouwd terwijl aan de oever zink- en stortwerken werden uitgevoerd. Inmiddels is de dijk in 1972 weer rechtgetrokken.

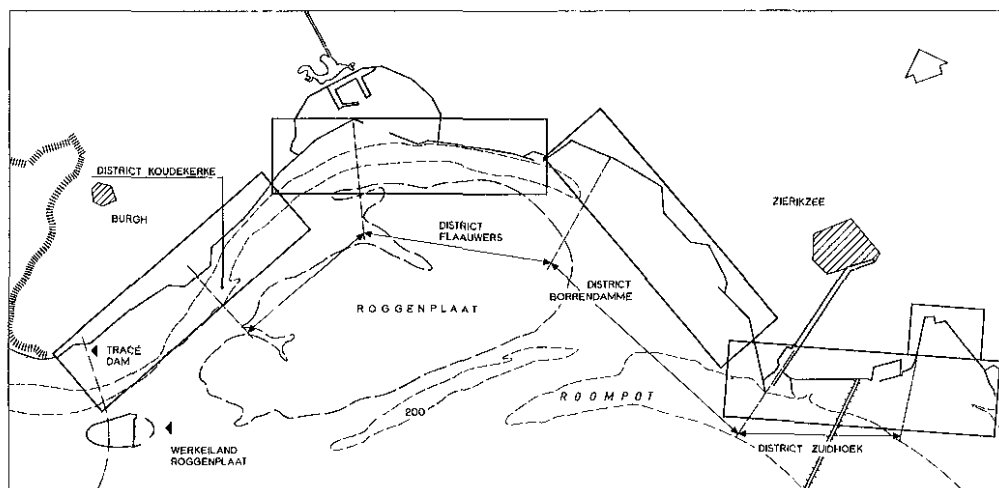
Aan de Hoek van Flauwers bij het haventje van Kerkwerf werd voorts een inlaagdijk gelegd, die momenteel hoofdwaterkering is. Er bleef 4 ha buitendijks liggen. Aan de oostkant van de haven Burghsluis tenslotte werden tot herstel van de oeverval van 1953 zinkwerken uitgevoerd.

Volledigheidshalve kan vermeld worden dat

Fig. 3. De zuidkust van Schouwen, in districten en dijkvakken verdeeld

Fig. 2. Topografische kaart van de zuidkust van Schouwen (1974)





de in 1783 geïnundeerde inlaag (de Val) aan de oostzijde van de Zuidhoek in 1958 op een diepte van N.A.P. - 6 m werd gebracht om tot 1965 dienst te doen als veerhaven, en dat in 1964 langs de oever bij dijkpaal 10 de aansluiting van de Zeelandbrug is gebouwd. Een peiler werd geplaatst op de onderwater-oever, op 10 m diepte, en een in het midden van het nevengeultje op een diepte van ongeveer 18 m onder N.A.P. In februari 1974 tenslotte werd nog een dijkschuiving waargenomen aan de Weversinlaag.

Afgezien van die veranderingen bleef de zuidkust van Schouwen vrij goed in evenwicht.

We zullen de situatie nu en detail opnemen gaande van west naar oost.

De *Burgh- en Westlandpolder* omvat het oevervak ten westen van Burghsluis; het is de enige calamiteuze waterkering aan de zuidkust van Schouwen. Vanuit de ontgrondingskuil bij Burghsluis, waarvan het diepste punt al vele tientallen jaren op ongeveer 40 m onder N.A.P. ligt, verlopen de diepten in westelijke richting sterk afnemend. De 10 m-dieptelijn ligt op een afstand van 200 à 400 m uit de hoogtewaterkering. De oevertaluds vertonen dan ook zeer flauwe hellingen, 1 : 6 op de bovenoever, en beneden N.A.P. - 5 m tot flauwer dan 1 : 10.

Volgens de oevergrafieken zijn de gedragingen van de oever de laatste 20 jaren vrij evenwichtig verlopen. Slechts in één raai is de 10 m-dieptelijn tussen 1971 en 1974 enigszins landwaarts verschoven. De helling tussen de 5- en 10 m-dieptelijnen bedraagt er overigens nog 1 : 24.

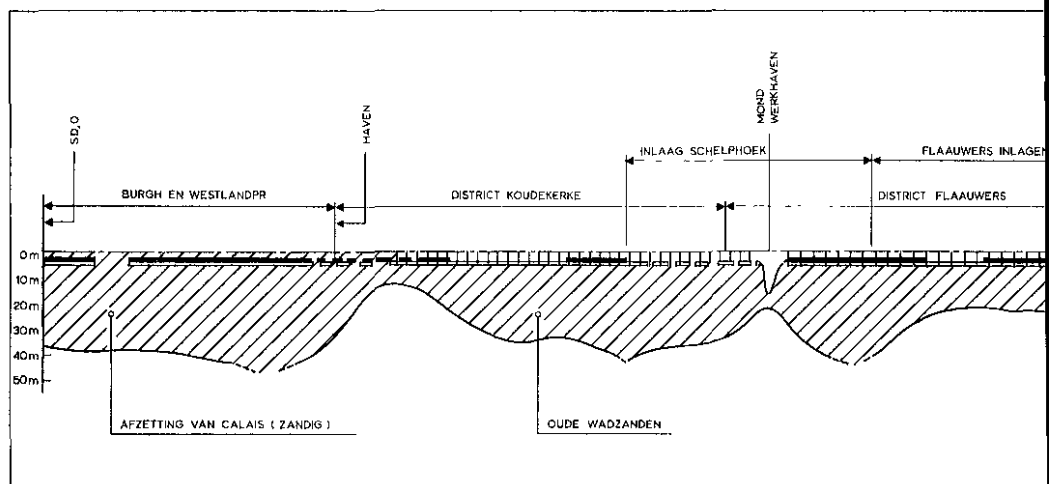
Het district *Koudekerke* omvat het oevervak tussen de haven van Burghsluis en Schelphoek. De Hammen is hier vrijwel overal ongeveer 30 m diep. Alleen op de grens met de Burgh- en Westlandpolder treft men dan die ontgrondingskuil aan van N.A.P. - 40 m. Het oostelijk oevergedeelte van dit district is onverdedigd; er is daar namelijk een breed voorland aanwezig. Het westelijk gedeelte is vanaf de haven van Burghsluis tot de Plompotoren vrijwel overal van een verdediging voorzien. De verdediging van het oevergedeelte voor de haven van Burghsluis dateert al uit de jaren 1856/1905. In het westelijk oevergedeelte, voor de inlaag van Koudekerke, werden tussen 1883 en 1932 zink- en stortwerken aangebracht die in 1948 een uitbreiding kregen aan de oostflank en in 1953, na de oeverval, aan de westflank.

Op het gedeelte van de Plompotoren tot de haveningang van de Schelphoek, waarvan de gegevens pas bekend zijn vanaf 1960, vertoont de benedenoever de neiging landwaarts te trekken. De bovenoever bleef rond de 5 m dieptelijk stabiel of schoof zelfs rivierwaarts op. Het resultaat was een versteiling van het oevertalud in z'n geheel. De afstand van de

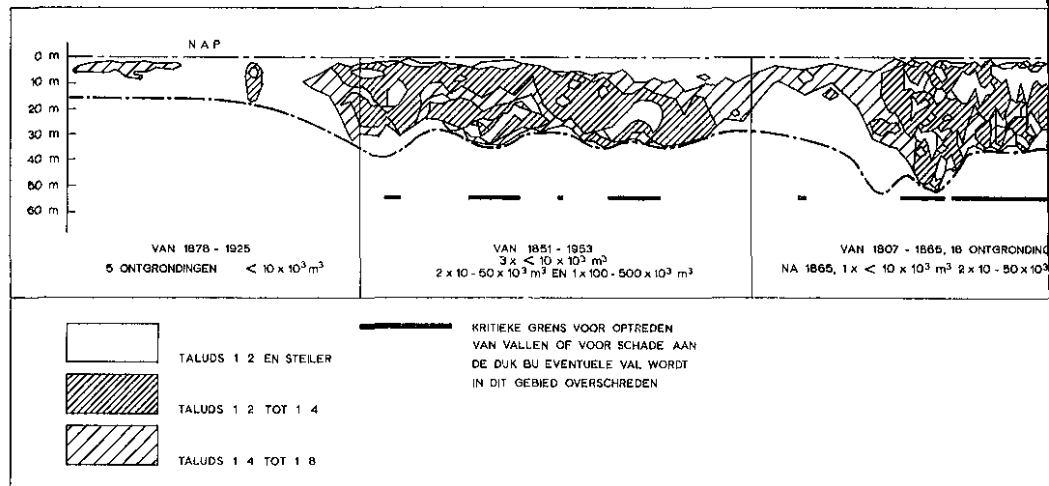
Fig. 4. Geologisch profiel

Fig. 5. Taludhellingen en vallenstatistiek

4



5



5 m-dieptelijn tot de dijk bedraagt echter nog 150 à 350 m.

Het verdedigde oevergedeelte van de haven van Burghsluis tot de Plompetoren vertoont na 1951 weinig veranderingen. Slechts op enkele punten werd de laatste jaren een geringe landwaartse beweging der dieptelijnen geconstateerd.

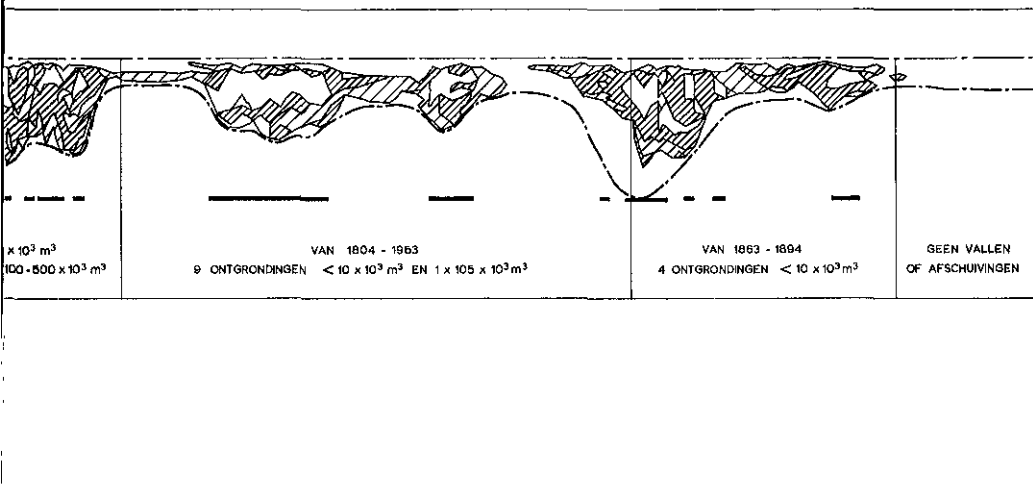
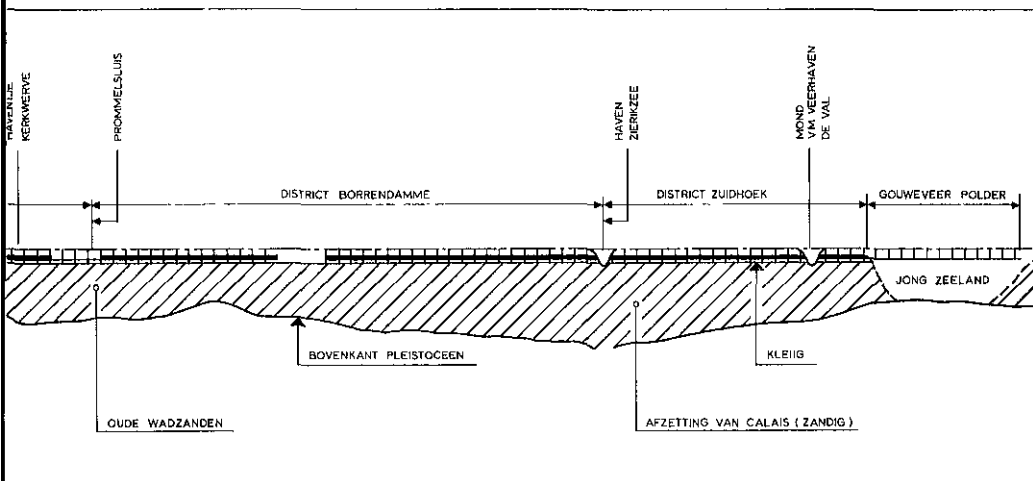
Het district *Flaauwers* wordt aan de oostzijde begrensd door het gemaal bij Prommelsluis; aan de westzijde ligt de grens halverwege de ringdijk bij Schelphoek.

De geul langs het Nunnenplaatje, die voorlangs een deel van dit district loopt, mondt aan de westzijde vlakbij het haventje van Kerkwerpe uit in de hoofdgeul De Hammen. De diepte van de Hammen varieert op dit traject tussen 25 en 55 m. Langs de oever,

die over ruim 2,5 km verdedigd is, zijn drie ontgrondingskuilen ontstaan: een bij de Hoek van Flaauwers, een direct ten oosten van de Eglammersdijk en een onmiddellijk ten westen van de Wittedijk. Achter de zeewering bevindt zich over ruim 2 km een inlaagdijk, de zogenaamde eerste en tweede inlaag van Flaauwers. De westelijk daaraan grenzende Heertjesinlaag is in 1953 overstroomd. De nieuwe ringdijk van Schelphoek doet daar thans dienst als zeewering.

De ontwikkeling van dit oevervak heeft, ondanks grote gouldiepten dicht langs de zeedijk na het optreden van de dijkval op de Hoek van Flaauwers in 1953, geen spectaculair verloop gehad.

Plaatselijk vertonen enkele dieptelijnen een geringe neiging landwaarts te trekken. Het evenwicht werd overigens tijdelijk ver-



stoord toen in april 1973 aan de zeezijde van de geul aan de Roggenplaat een grote plaatval optrad van 1 260 900 m³, die de 52 m diepe ontgrondingskuil met 21 m verondiepte. Bijna een jaar later werd die plaatval gevolgd door een dijkval in de onmiddellijke omgeving, waarbij enkele tienduizenden m³ grond werden verplaatst.

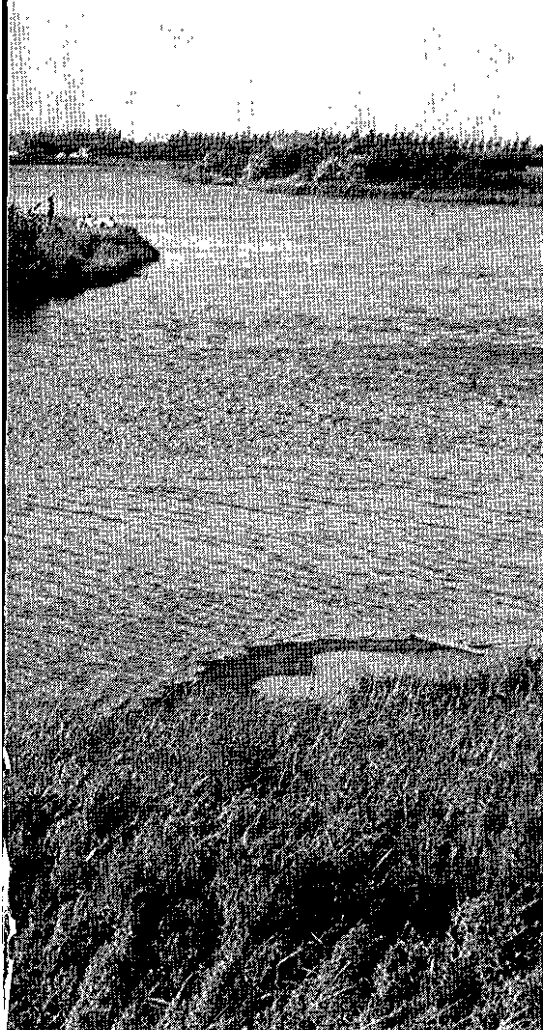
Voor zover de oever van Flaauwers verdedigd is, bestaat die verdediging uit zink- en stortwerk, merendeels daterend uit de jaren tussen 1835 en 1879. Sinds 1911 zijn langs de oever van Flaauwers geen oeverwerken van betekenis meer uitgevoerd. Alleen werden van tijd tot tijd langs de teen van de glooiing op de kreukelberm onderhoudsbestortingen aangebracht. In 1974 werd een dijkval met zink- en stortwerk hersteld.

Het district *Borrendamme* omvat het oevervak tussen het havenkanaal naar Zierikzee en het gemaal bij Prommelsluis. Langs deze oever loopt een geul, waarvan de diepte varieert tussen 10 en 30 m onder N.A.P. Aan de zeezijde wordt deze geul begrensd door het Nunnenplaatje.

Vanaf het havenhoofd van Zierikzee is de oververdediging over ongeveer 300 m langs de oever van Borrendamme doorgezet. Over dat gedeelte verloopt de geul vanuit de 55 m diepe trog onder een helling van 1 : 15 naar een diepte van ongeveer 15 m onder N.A.P. Tot Lokkersnol blijft hij dan verder betrekkelijk ondiep, niet meer dan 10 à 15 m. De oever ligt daar dan ook onder een flauwe tot zeer flauwe helling. Voor Lokkersnol bevindt zich een kleine ontgrondingskuil met een diepte



van N.A.P. – 27 m, waarachter de Cauwers-inlaag is gelegen. Volgens duikonderzoek ligt daar plaatselijk nog een oude verdediging. Vervolgens ligt de geulbodem tot Kistersnol ongeveer op N.A.P. – 19 m; langs de verdedigde oever van Kisters- en Suzanna's inlaag is een langwerpige trog ter diepte van ongeveer 30 m ontstaan. In de buurt van Prommelsluis loopt de geulbodem terug tot ongeveer 10 m onder N.A.P.



De ontwikkeling van de oever is hier na 1951 vrij evenwichtig verlopen. De diepte van de trog voor de havenmond van Zierikzee schommelde enigszins als gevolg van enkele langs het Nunnenplaatje opgetreden plaatvallen. Ook een uit 1971 daterende plaatval langs de noordoostzijde van de zandplaat Vuilbaard is op dat verloop van invloed geweest.

Overigens komen hier sinds 1951 over 't algemeen kleine aangroeiingen aan het oever-talud voor. Alleen ter plaatse van de oostzijde van de trog zowel bij Lokkersnol als bij Kistersnol kan men spreken van enige ver-ruiming van die kuilen in landwaartse richting. Overigens vertonen de taluds langs de onverdedigde oevers tussen Lokkersnol en Kistersnol en langs de slikken van Rengerskerke hier en daar een flinke aangroeiing. Behalve de verdedigde havenmond is alleen het oevergedeelte langs Kisters en Suzanna's inlaag verdedigd. Die verdediging bestaat uit een tiental oude zinkwerken uit de periode 1830–1840 en een later daartussen en daaroverheen aangebrachte bestorting. Ontgrondingen zijn langs de 5,5 km lange oever van Borrendamme waarvan 1,5 km verdedigd is, sinds 1916 niet meer voorgevallen. Op de grens tussen de districten Zuidhoek en Borrendamme bevindt zich een diepe trog, waarvan het diepste punt na 1951 heeft gelegen tussen N.A.P. – 45 m en N.A.P. – 55 m. Dat diepste punt ligt ongeveer 100 m buiten de teen van de in 1954/55 uitgebreide oeververdediging. Ook hier is de met de tijd variërende diepte een gevolg van de meermalen in die omgeving opgetreden plaatvallen.

De oostelijke grens van het district Zuidhoek ligt ongeveer bij de uitmonding van het Keeten in de Oosterschelde. Vandaar loopt een 15 m diep nevengeultje langs de Zuidhoekse oever, dat bij de Plaatdijk weer in de hoofdgeul uitkomt. Voor de Lievenboutsnol bereikt dat geultje zijn maximale diepte van – 21 m. Door een onderzeese rug, waarvan het hoogste punt op ongeveer N.A.P. – 8 m ligt, wordt het geultje van de hoofdgeul gescheiden.

Sinds 1950 is het nevengeultje bezig zich te verbreden in zeewaartse richting. De oever-taluds bleven daarbij stabiel en vertoonden vrijwel geen aanzanding en geen verdieping. Behalve enige restanten van vroegere werken, die bij duikonderzoek aan de Lievenboutsnol zijn gevonden, is het oevertalud langs de nevengeul onverdedigd.

Aan de westzijde van het district ligt langs de hoofdgeul een verdedigde strook van onge-

veer 360 m voor de Plaatdijk, een restant van de vroegere zeedijk, die door de Kulkdijk met de hoogwaterkering is verbonden.

Geologische aspecten

Uit de jongste geologische onderzoeken blijkt dat vrijwel de gehele hier besproken zuidelijke oever van Schouwen ter plaatse van de hoogwaterkering uit oude kerngronden is opgebouwd. Slechts aan de zuidoostzijde is een pakket jong zeezand afgezet, namelijk daar waar eertijds de Gouwe, die Schouwen en Duiveland scheidde, uitmondde in de Oosterschelde. De basis van het jonge zeezand ligt daar op ongeveer N.A.P. - 20 m.

Voorts bestaan er enkele kleine insnijdingen in het pakket Hollandveen, die plaatselijk zijn doorgedrongen in de daaronder liggende enkele m dikke laag oude wadklei, zoals plaatselijk aan de Burgh- en Westlandpolder, de haveningang van de werkhaven Schelphoek, het havenkanaal naar Zierikzee en aan de ingang van de voormalige veerhaven aan 'de Val'. Daar ontbreekt de kleiige afzetting van Calais trouwens geheel.

Op enkele plaatsen ontbreekt enkel de laag Hollandveen, zoals langs gedeelten van de Flauwersinlagen en langs gedeelten van het district Koudekerke. De laag oude wadklei of de kleiige afzetting van Calais is vrijwel overal buiten de genoemde diepe insnijdingen aanwezig.

Onder de kleiige afzettingen van Calais bevindt zich langs de gehele zuidkust van Schouwen, uitgezonderd voor de Gouweveerpolder, een pakket zandige afzettingen van Calais, bekend als oude wadzanden. Volgens de nieuwe geologische kaart van Schouwen-Duiveland varieert de basisdiepte hiervan tussen meer dan 40 m onder N.A.P. direct ten westen van Burghsluis tot minder dan N.A.P. - 12 m direct ten oosten van Burghsluis. Meer oostwaarts ligt de basis op wisselende diepten tussen 20 en 40 m onder N.A.P. Sonderingen ten westen van Burghsluis hebben uitge-
wezen dat een deel van dat oude wadzand

aldaar hoge tot zeer hoge sondeerwaarden bezit, hetgeen wijst op een dichte korrelpakking met eenzelfde resistentie als de pleistocene afzettingen. De basis van het oude wadzand vormt tevens de bovenkant van de pleistocene afzettingen.

Uitdrukkelijk zij vermeld dat bovenstaande beknopte geologische uiteenzetting betrekking heeft op een tracé ter plaatse van de hoogwaterkering. Waar een meer of minder breed voorland voor de zeedijk ligt zou de opbouw van de buitendijkse gronden mogelijk aanmerkelijk verschil kunnen opleveren, afhankelijk van erosie en sedimentatie in voorgaande eeuwen.

Omdat er een nauwe relatie bestaat tussen het optreden van vallen en afschuivingen en de geologische gesteldheid van het terrein geven we onder aan deze bladzijde een overzicht van de ontgrondingen die sinds 1800 langs de zuidkust van Schouwen zijn opgetreden.

Uit het overzicht blijkt dat het aantal ontgrondingen langs de zuidkust van Schouwen in vergelijking met andere, meer uitgesproken vallengebieden in Zeeland, beperkt is gebleven. Bovendien blijken de verplaatste grondmassa's geen abnormale omvang te hebben aangenomen omdat zettingsvloelingen achterwege bleven. Er was trouwens niets anders te verwachten bij dit grondlagenpakket, dat langs de Schouwense zuidkust vrijwel overal uit pleistocene en oud-holocene gronden is opgebouwd.

Al naar gelang de diepte van de naastgelegen geul groter is, zullen echter ook de afschuivingen omvangrijker kunnen zijn. Men moet er daarom rekening mee blijven houden dat een afschuiving ook funest voor de zeevering kan zijn en dijkdoorbraak tot gevolg kan hebben. Dit geldt in het bijzonder daar waar de zeedijk als schaaardijk fungeert, dus zonder voorliggend schor meteen aan de zeearm grenst. Dat is voor de zuidkust van Schouwen voor een groot deel het geval.

polder of district	aantal	periode	max. verplaatste grondmassa in 10 m ³	globale dieptegrens van de ontgroning in m t.o.v. N.A.P.
Cal. Burgh- en Westlandpolder	5	1878-1925	10	- 10
Koudekerke	7	1851-1972	170	- 17
Flauwers	18	1807-1865	180	- 21
	5	na 1865		
Borrendamme	10	1804-1953	105	- 28
Zuidhoek	4	1863-1894	10	- 16

In 1973 vond een zandsuppletie van ruim 210 000 m³ plaats aan de westpunt van Noord-Beveland, ten westen van de aanzet van de Oosterscheldedam. Dit artikel handelt over de voorgeschiedenis van het betreffende gebied, de reden waarom de zandsuppletie noodzakelijk werd geacht en het gedrag van de kust na de suppletie. Het sluit aan bij de meer algemene beschouwing over de ontwikkeling van de Noord-Bevelandse oever, die werd afgedrukt in het vorige Bericht.

Zandsuppletie bij de Onrustpolder op Noord-Beveland

Toen de Onrustpolder, aan de westzijde van Noord-Beveland, in 1846 werd bedijkt, lag er tussen de L.W.-lijn en de teen van de zee-wering een platengebied van ongeveer anderhalve kilometer breed. In 1883 was de breedte van dit voorland verminderd tot ongeveer 1 km. Deze teruggang van de L.W.-lijn hield verband met de ontwikkeling van het geulenstelsel in de Oosterschelde. De achteruitgang nam sterk toe toen kort voor 1900 een nevengeultje zich aan de zuidzijde van de Roompot afscheidde en zich in de richting van de Noordbevelandse oever begon te ontwikkelen. Tussen 1880 en 1940 drong dit nevengeultje, waaraan men de naam 'Schaar van Onrust' had meegegeven, niet minder dan 1000 m op in de richting van de zeedijk, ten koste van de gestadig eroderende Onrustplaat.

Aan de landzijde van de Plaat van Onrust, tegen de zeedijk van de Onrust- en van de Jacobapolder bevond zich van oudsher een schorrengebied van enkele honderden meters breed, dat omstreeks 1900 door de aaneenhechting van het complex Onrust-Schotsman-Ruiterplaat nog verder zuidwaarts werd uitgebreid. De getijbeweging over dat voorland nam af, en vooral bij westenwind en laag water werd zandtransport in de richting van Noord-Beveland bevorderd. Bovendien kan oostwaarts gericht transport van uit het Schaar van Onrust geërodeerd materiaal er toe hebben bijgedragen dat ter plaatse een 'zandwinnende situatie' ontstond, die leidde tot duinvorming.

Door overstuivingen zowel uit zuidwestelijke richting van de Schotsmanplaat als uit noordwestelijke richting over de Onrustplaat wer-

den ter hoogte van de hoogwaterlijn brandingsruggen gevormd. Deze ruggen, die tegen de schorrand waren opgestoven, werden vastgelegd met rijsschermen en stropoten, zodat het natuurlijk zandtransport werd opgevangen. Landwaarts ontstond een duinrichel, waarop zich later een prachtige duinbegroeiing ontwikkelde.

In het derde decennium van deze eeuw had de duinvorming bij de Onrustpolder haar hoogtepunt bereikt; daarna ging het bergafwaarts. De zuidelijk gelegen zandplaten Schotsman en Ruiter waren wat hoger komen te liggen, hetgeen gepaard ging met enige slibafzetting, zodat het zandtransport door wind verminderde. Duinafslag kreeg bij stormen de overhand, en aan de noordzijde drong het Schaar van Onrust snel op naar de Noord-Bevelandse wal.

In 1920 was het voorland tussen de dijkpalen 4 en 5 nog maar 240 m breed. Om de achteruitgang ter plaatse tot staan te brengen werd er in dat jaar een kustverdediging aangelegd bestaande uit twee kraagstukken, een grondstuk en een verbindingsdam, die halverwege tussen dijk en L.W.-lijn werd beëindigd. Dit oeverwerk werd in de volgende tien jaren telkens uitgebreid en versterkt. Een tweede verbindingsdam, 100 m westelijk van de eerste, werd aangelegd in 1937 en beide dammen werden gedurende de Tweede Wereldoorlog met de teen van de zeedijk verbonden. In 1952 werd het oeverwerk zee- waarts uitgebreid met een drietal zinkstukken, en tenslotte werd de westflank van het oeverwerk in 1973 met 50 m verbreed door een bestorting van fosforslakken.

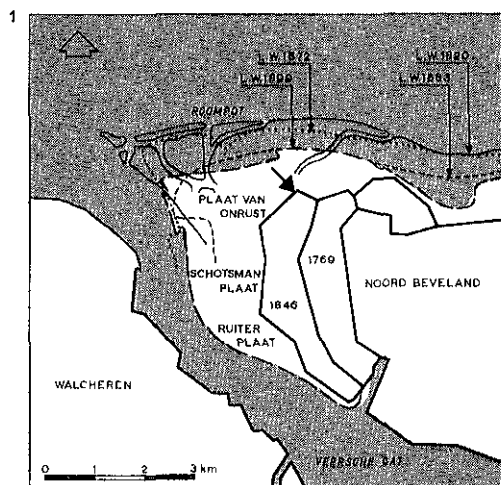
Het duin bood in 1920 slechts weinig bescherming voor de Onrustpolder. De hoogwater-

kering, die destijds een hoogte had van N.A.P. + 5,80 m moest dan ook in 1925 aan de noordwesthoek worden voorzien van een buitenberm op een hoogte van N.A.P. + 3,50 m. In 1928/29 werd de zeewering aan de noordwestkust van Noord-Beveland over bijna 7 km met ruim 50 cm verhoogd. Het gedeelte van de Onrustpolder verkreeg daarbij een kruinhoogte van N.A.P. + 6,50 m. Omdat het strand verder vermagerde, werd na de Tweede Wereldoorlog ook de verdediging van het waterbeloop verbeterd en de buitenberm wederom verhoogd. De kruinhoogte van de dijk werd in 1952 plaatselijk zelfs op N.A.P. + 7,40 m gebracht.

In de jaren na 1920 verplaatste de duinregel zich door overstuiving op en tegen de zeedijk, zodat aan de noordzijde van de Onrust- en Jacobapolder omstreeks 1940 op natuur-

met langzame achteruitgang van de duinregel, hoewel die in 1968 nog een flinke versterking aan de zeewering betekende, zoals uit fig. 3 blijkt.

Uit de kusthoogtemetingen die in 1968 als onderdeel van de uniforme kusthoogtemetingen ook langs de Onrustpolder zijn uitgevoerd, valt te constateren dat het duin aan de noordwesthoek van de polder in de periode 1968-1973 achteruit is gegaan. De luchtfoto geeft een beeld van de noordwesthoek van de Onrustpolder met aansluitende duinregel en voorliggend oeverwerk omstreeks 1970. Op de resterende duinregel was in 1972 aan de oostzijde reeds een aansluiting gemaakt met de damaanzet, als onderdeel van de afsluitingswerken in de Oosterschelde. Niet alleen de onderzeese oever nam dus af, totdat daar in 1973 door bestorting met fosfor-



lijke wijze een stevige duinregel was gevormd. In de oorlogsjaren 1940-45 ging veel van de zandwinst verloren, vooral ter weerszijden van het oeverwerk bij dijkpaal 4 en 5.

De stormvloed van 1953 ging gepaard met zware duinafslag ter plaatse; het kwam daar ook tot dijkdoorbraak. Over 85 m lengte werd het dijklichaam tot N.A.P. + 1,50 m weggeslagen. Door snel opwerpen van een noodkade kon men de overstroming beperkt houden. Sedert 1953 zijn de 'Kamperlandse duintjes' aan de noordwestzijde van de Onrustpolder weer vrij stevig aangegroeid, zelfs tot een hoogte van 12 m, zodat de dijk er grotendeels onder verdween. Er was toen geen enkele reden tot dijkverhoging ter plaatse. In 1960 echter brak een periode aan waarin verlaging van het strand gepaard ging

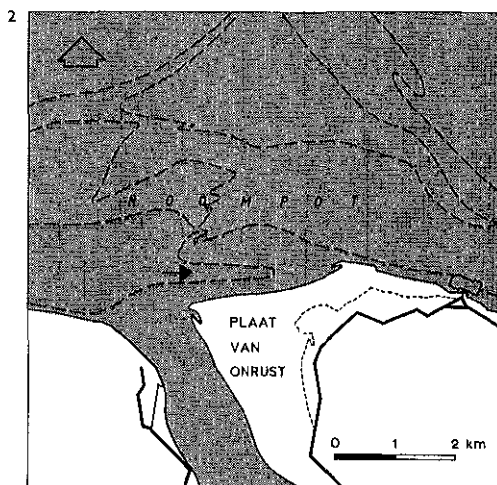


Fig. 1. De noordwesthoek van Noord-Beveland, met de laagwaterlijnen van 1820, 1872, 1883 en 1899. De pijl geeft de plaats aan waar in 1973 een zand-suppletie werd verricht

Fig. 2. Fragment van een hydrografische kaart van 1899/1899. Bij de pijl het begin van de Schaar van Onrust

De noordwesthoek van de Onrustpolder met voorliggend oeverwerk en aansluitende duinregel. Verderop is een stuk te zien van de door het Veerse Gat. Opname van 1970

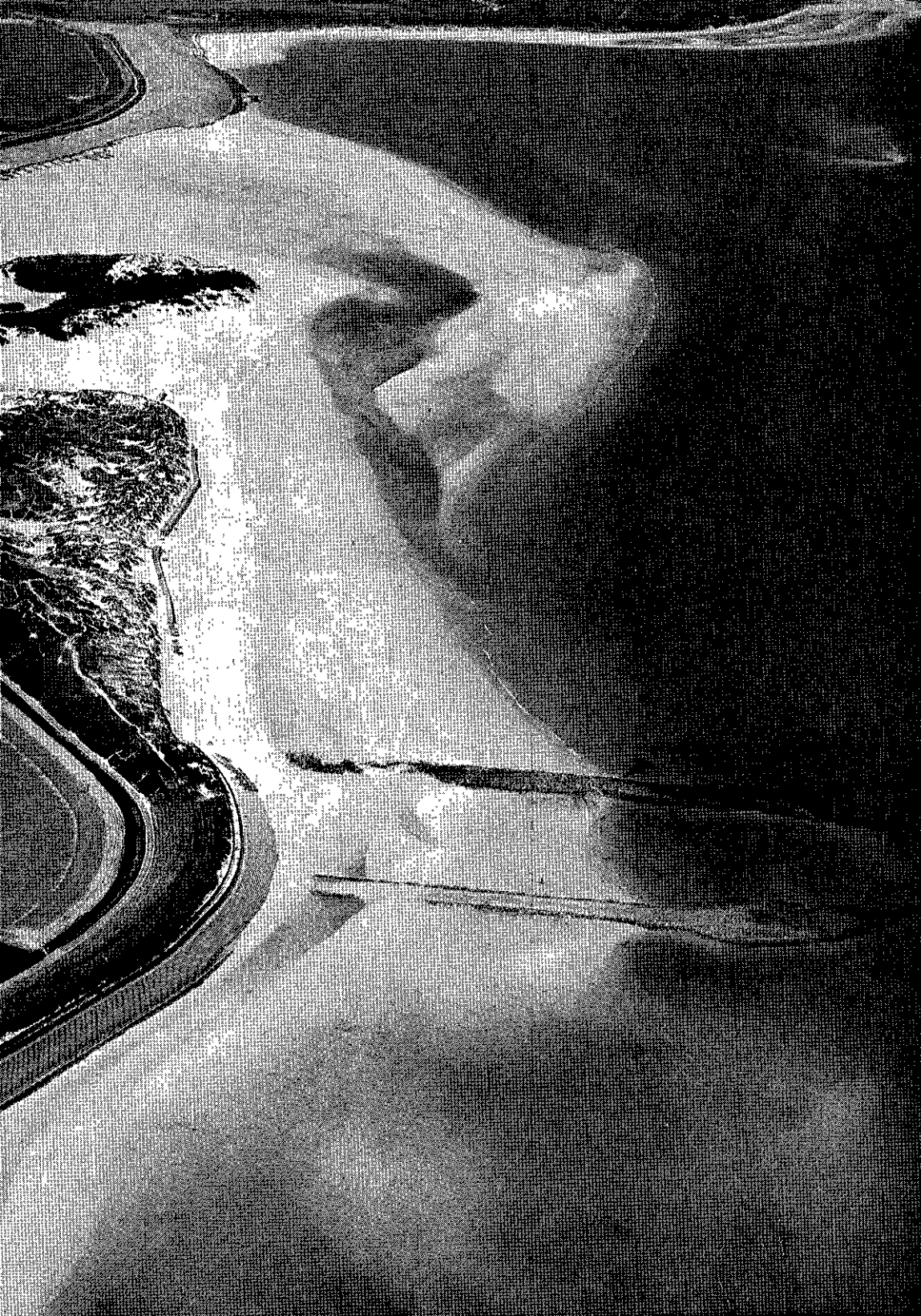


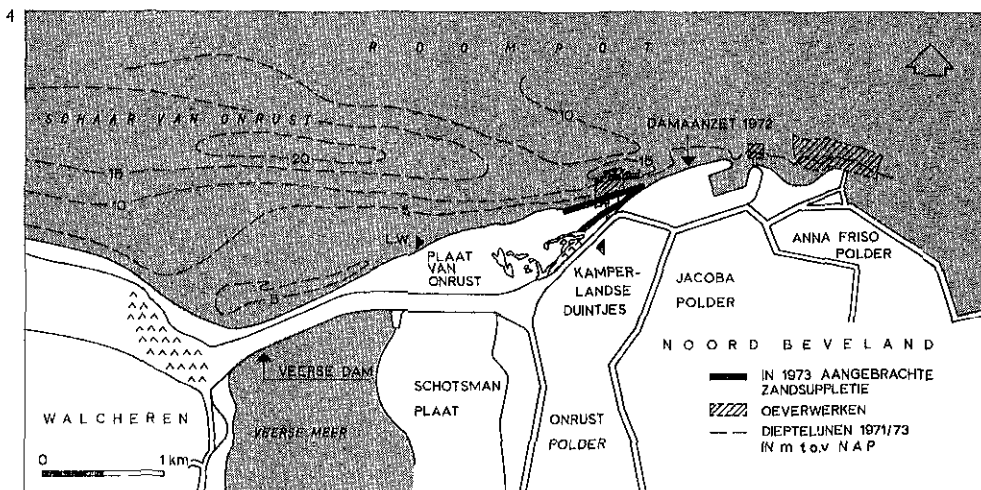
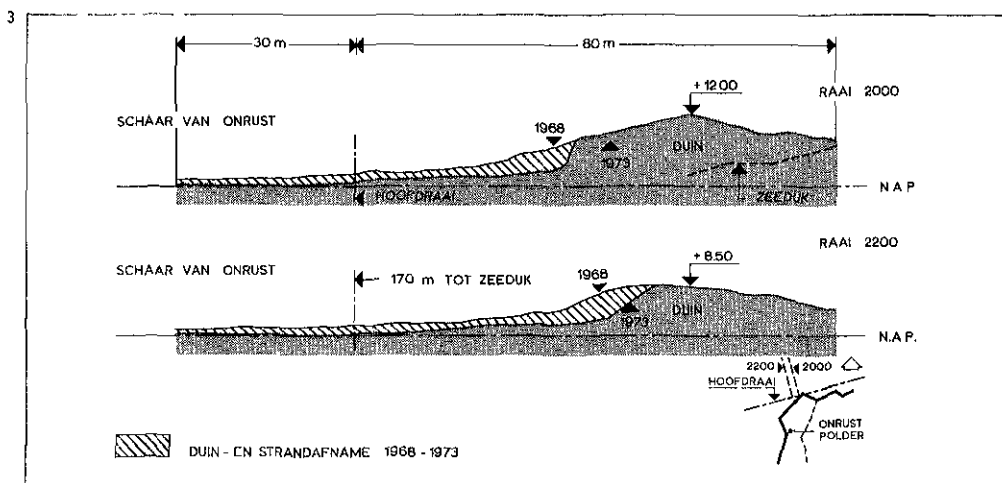
Fig. 3. Ontwikkeling van het duin- en strandprofiel in de periode 1968-1973

Fig. 4. Overzicht van de bestaande situatie aan de noordwesthoek van Noord-Beveland

slakken een beperking aan werd gesteld, ook het duin en strand vereisten meer dan *gewone aandacht, vooral toen bij enkele stormen in het voorjaar van 1973 opnieuw achteruitgang werd geconstateerd.*

De belanghebbende instanties kwamen bij hun overleg tot de conclusie dat toepassing van *zandsuppletie in dit geval de meest voor de hand liggende oplossing zou zijn.* Een gunstige bijkomende omstandigheid was dat bij het uitbaggeren van de werkhaven aan de Sophiapolder een *aanmerkelijke hoeveelheid zand vrij kwam.*

Met behulp van een voorlopige richtlijn voor duinafslag is nagegaan of de waterkering in het bewuste kustvak een stormvloed als die van 1953 zou kunnen doorstaan. Volgens die maatstaf was in enkele raaien niet voldoende zand tegen de zeedijk aanwezig en zou min-





Duinregel en strand gezien
vanaf de dam aanzet voor de
Oosterscheldedam. De zand-
suppletie is nog niet aan-
gebracht



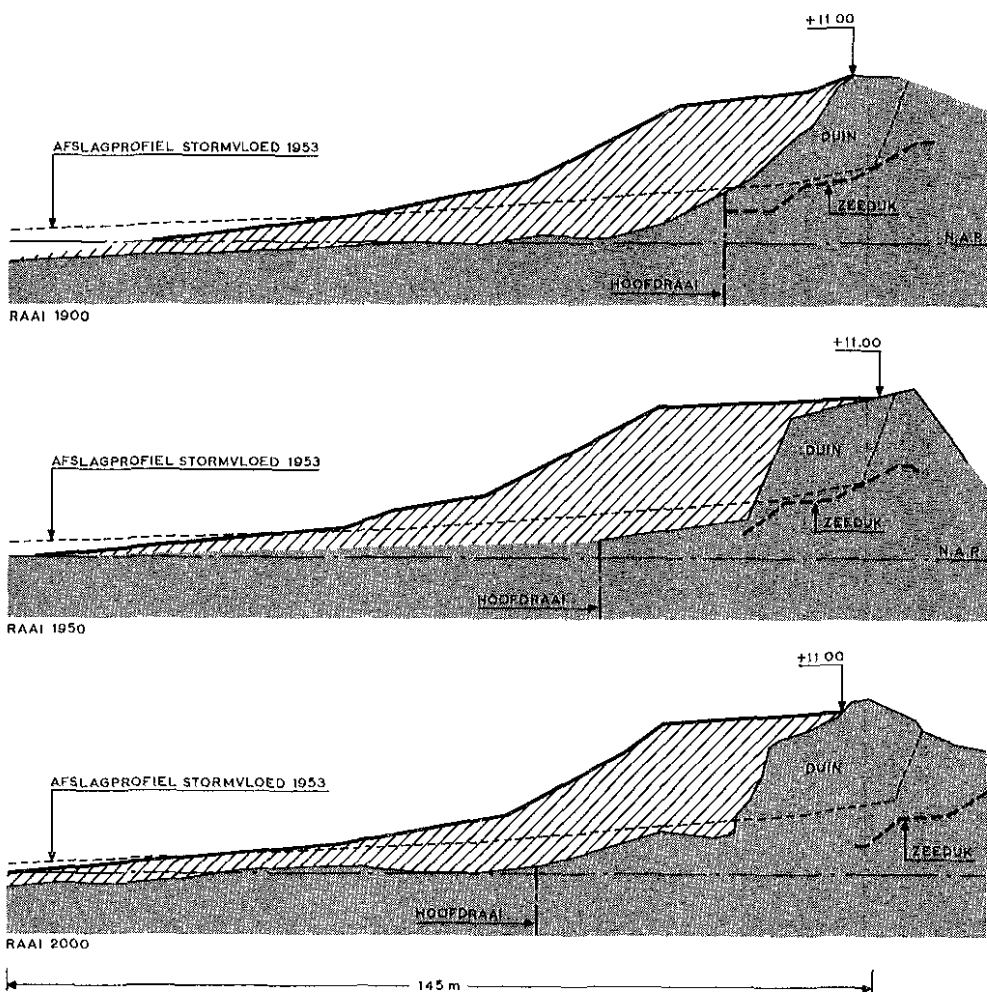
De afnemende duinregel in het
voorjaar van 1973, gezien van
west naar oost

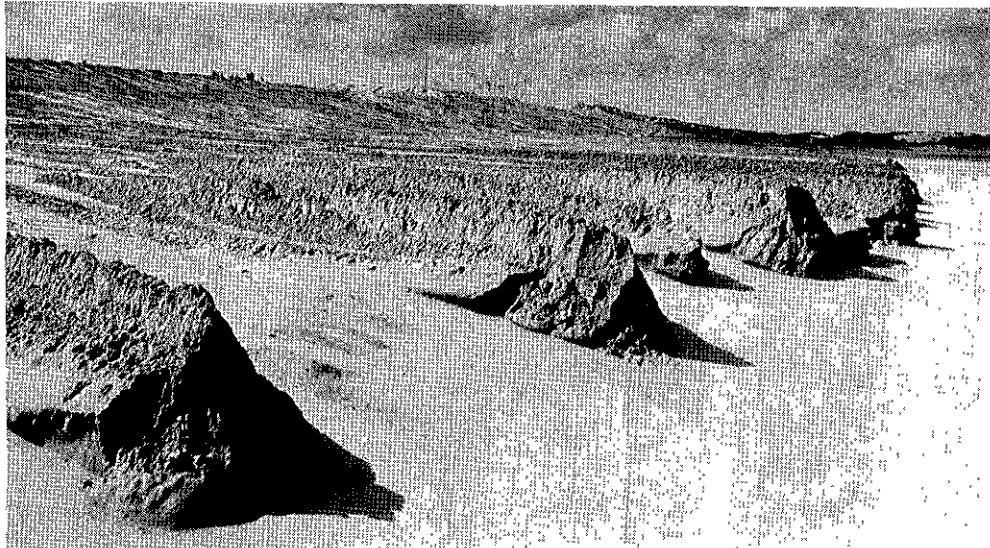
stens aanvulling nodig zijn tot een minimum-profiel. Eenvoudshalve werd daarbij gerekend op een duintalud van 1 : 3, een duinvoet-hoogte van N.A.P. + 2 m en een helling van 1 : 40, zowel van het droge als van het natte strand. De daarvoor benodigde hoeveelheid zand bedroeg globaal 65 000 m³, bij een geschat verlies van 20 %. Terwille van de afwerking van het duin en rekening houdend met een eventueel hogere ligging van de duinvoet, werd een hoeveelheid van ongeveer 100 000 m³ zand nodig geacht voor de uitvoering van het werk.

Voor verdere duinverzwaring, waarbij het duin dan respectievelijk 5 m, 10 m of 15 m verder zeewaarts zou reiken dan bij het minimumprofiel, zou naar schatting nog eens achtereenvolgens 80 000 m³, 95 000 m³ en

De noordwesthoek van de Onrustpolder na de zandsuppletie, gezien van oost naar west; september 1973

Fig 5 Duinprofielen aan de noordwesthoek van de Onrustpolder voor en na het aanbrengen van de zandsuppletie in 1973





120 000 m³ zand nodig zijn. Bij het vaststellen der afslagprofielen werd geen rekening gehouden met zandverlies ten gevolge van langstransport. De verdere duinverzwaring zou als een verzekering kunnen worden beschouwd tegen de vermoedelijke achteruitgang van de duinregel in de komende jaren. De in de Sophiahaven vrijkomende hoeveelheid specie bleek aanmerkelijk groter te zijn dan aanvankelijk was geschat. In de maanden juli en augustus 1973 werd 420 000 m³ specie gebaggerd, waarvan 300 000 m³ op het strand en tegen het duin aan de noordwestzijde van de Onrustpolder is gespoten. Een belangrijk deel van dit materiaal, onder meer veel slib, is weer in zee verdwenen. Daarbij kwam dat de duinvoet in feite niet op N.A.P. + 2 m, maar op N.A.P. + 4 m moest worden aangelegd. Een inhoudsberekening uit de dwarsprofielen geeft niettemin aan dat toch ruim 210 000 m³ materiaal aan de duin- en strandversterking ten goede is gekomen; plaatselijk is het duin daarbij zelfs 25 m naar voren gebracht.

Inmiddels zijn in november en december 1973 en eind 1974 enkele zware stormen over zuidwest-Nederland getrokken, die ook het duin aan de Onrustpolder niet ongemoeid hebben gelaten. Uit hoogtemetingen vóór en na de stormen is berekend dat in november 40 000 m³ specie verloren ging, zodat het verliespercentage ruim 18 bedroeg en dat nogmaals bijna 20 000 m³ ofwel 10 % was verdwenen na de storm van 14 december 1973. Ondanks dit verlies is het duin ter plaatse nog zwaarder dan het minimale profiel dat nodig is om een stormvloed als die van 1953 te kunnen doorstaan, dit dankzij de royaal aangebrachte zandsuppletie.

Na de bouw van de Oosterscheldedam zou plaatselijk een veel rustiger situatie zijn ontstaan. De zandsuppletie was dan ook slechts bedoeld als een tijdelijke maatregel. Ook de verdediging van dit punt zal dus nader moeten worden bezien, nu tot een andere verdediging van de aan de Oosterschelde gelegen gebieden is besloten.

De invloed die de wind uitoefent op een watervlak waar hij langdurig overheen strijkt, komt vooral tot uiting in golfbewegingen aan de oppervlakte van dat water, waterstandsveranderingen en waterstromingen. In dit artikel wordt niet de golfbeweging besproken, maar de twee laatstgenoemde windeffecten. Men noemt een windeffect extern wanneer de waterbeweging op een bepaald stuk water verandert onder invloed van de windkracht elders, bij voorbeeld op zee; men noemt ze intern wanneer er verschijnselen optreden tengevolge van de windkracht in het gebied zelf.

Voldoende kennis van allerlei windeffecten is een onmisbare voorwaarde voor de veiligheid van het zeeweringstelsel. Men moet immers zowel op lange termijn als op zeer korte termijn kunnen voorspellen wat voor windkrachten er kunnen optreden, en wat de uitwerking ervan zal zijn op de waterbeweging. Bij degenen die geïnteresseerd zijn in de gevolgen die de wind kan hebben voor waterstromingen, hebben zich recentelijk de milieu-deskundigen gevoegd. Juist deze groep stelt veel belang in interne windeffecten in afgesloten bekkens, waardoor de vermenging van waterlagen in zulke bekkens kan worden bewerkstelligd en daarmee aan een voorwaarde voor een goed kwaliteitsbeheer van het water tegemoetgekomen.

De te verwachten invloed van de wind op de waterbeweging is ook een factor van belang bij het ontwerpen van compartimenteringsplannen voor de Oosterschelde; bij iedere compartimentering zal ook de windinvloed anders zijn.

De berekening van interne windeffecten – waar dit artikel meer bepaald over gaat – geschiedt altijd aan de hand van modellen. Welke resultaten men krijgt, hangt voor een groot deel af van het model dat men hanteert. Voor we nu een aantal van de tegenwoordig gebruikte modellen de revue laten passeren, is het nodig eerst een paar begrippen te definiëren. De waterstand na eliminatie van de golfbeweging wordt de *gemiddelde waterstand* genoemd. De gemiddelde waterstandsverhoging die in een punt optreedt tengevolge van de wind wordt *windopzet* genoemd, en het tegenovergestelde verschijnsel *windafzet*. In een afgesloten bekken waar een constante wind overheen strijkt, zullen ook punten zijn

Berekening van het interne windeffect op afgesloten bekkens

waar de waterstand noch omhoog noch omlaag gaat. De lijn door deze punten heet de *zwaartelij*n; wat hoogte betreft stemt hij overeen met de gemiddelde waterstand.

Modellen

De modellen, waarmee men de waterbeweging onder invloed van de wind tracht te benaderen, zij van drieërlei aard.

Men kent mathematische modellen, hydraulische en analoge modellen. Onder de term *mathematisch model* verstaat men de wiskundige beschrijving van het verschijnsel met behulp van formules en het oplossen van de daarbij gehanteerde vergelijkingen. Er zijn één-, twee- en driedimensionale mathematische modellen. Bij de ééndimensionale modellen wordt het beschreven gebied – een meer, een zeearm, of iets dergelijks – geschematiseerd tot een samenstel van geulen, alle met een verondersteld rechthoekig dwarsprofiel. De waterbeweging over ondiepten en zandplaten wordt in deze modellen verwaarloosd. Met behulp van deze modellen kan men de waterstandsveranderingen berekenen die in de geulen optreden bij een verondersteld permanent windveld, dat wil zeggen een wind van over het gehele gebied gelijkblijvende snelheid en richting, die ook in de tijd niet veranderen. Verder berekent men met dit model de gemiddelde stroomsnelheden in het dwarsprofiel van de geulen.

Het voordeel van deze methode is daarin gelegen, dat ze voor niet te grote gebieden vrij eenvoudig met de hand kan worden uitgevoerd. Daartegenover staan echter nadelen. De sterke schematisering brengt mee dat de berekende waterstanden nog wel eens belang-

rijk afwijken van wat men in de natuur meet. Om deze reden wordt de informatie, die een dergelijk sterk geschematiseerd model biedt, als slechts 'kwalitatief' aangemerkt, dat wil zeggen dat ze wel iets meedeelt over de aard, maar niet veel over de omvang van het verschijnsel. Berekeningen volgens deze één-dimensionale methode zijn onder andere uitgevoerd voor het Grevelingenmeer, onder verschillende omstandigheden van windsnelheid en windrichting.

Figuur 1, resultaat van een berekening in het één-dimensionale model, laat duidelijk de horizontale rondstroming zien die, tengevolge van de wind ontstaat in het stelsel van ongelijke onderling verbonden geulen. Een ander resultaat, dat ook door metingen bevestigd wordt, is dat de stroomsnelheid die aan het oppervlak ontstaat als gevolg van de wind, in de

orde van grootte ligt van 2 à 3‰ van de bijbehorende windsnelheid.

Bij het tweedimensionale mathematische model wordt het gehele beschouwde gebied verdeeld in een aantal vierkante vakken. Met behulp van dit model kunnen windopzetten en windafzetten worden berekend op de knooppunten van de vakken. Het tweedimensionale karakter van het model komt ook tot uiting in het feit dat de stroomsnelheden hier berekend worden in twee loodrecht op elkaar staande richtingen. De resulterende stroomsnelheid wordt daar vervolgens uit samen-gesteld. In verticale zin levert dit model alleen gemiddelde stroomsnelheden. Dit is vanzelfsprekend ongelijk aan de werkelijkheid, waar de horizontale stroomsnelheid over de verticaal varieert.

In het tweedimensionale model kan men een

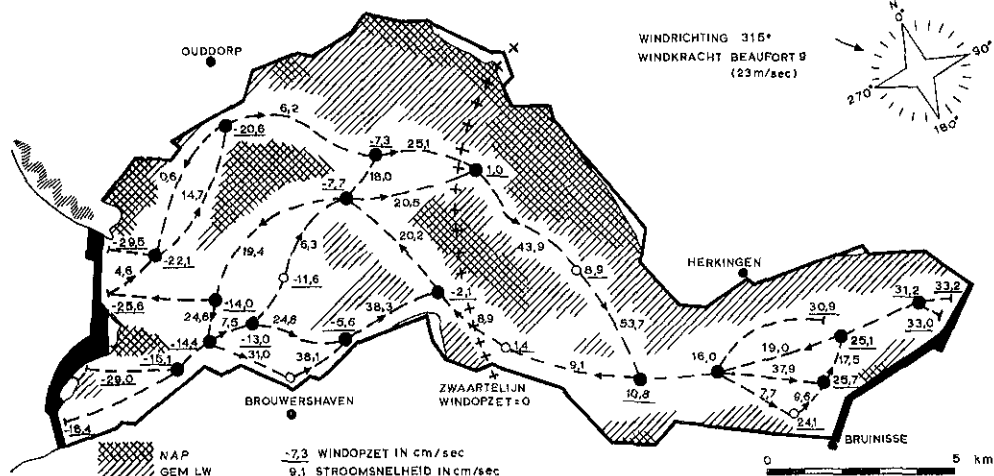


Fig. 1. Waterstanden en stromingen, berekend met het één-dimensionale mathematische model. De niet-gearceerde gedeelten stellen stroomgeulen voor

in de tijd naar richting en snelheid wisselende wind voorstellen. Berekeningen volgens dit model zijn wederom uitgevoerd voor het afgesloten Grevelingenbekken (fig. 2).

Vergelijkt men de resultaten van het tweedimensionale model met die van het één-dimensionale, dan blijken de windop- en afzetten in het één-dimensionale model groter te zijn. Achteraf bleek dit verschil te worden veroorzaakt door het hanteren van verschillende rekenmethoden. Met de berekeningsmethodes als zodanig had het niets te maken. De stroomsnelheidsberekeningen van de twee modellen zijn moeilijk te vergelijken, omdat ze in het tweedimensionale model per vakje worden uitgevoerd, terwijl de stroomsnelheid in een geul van het één-dimensionale model constant is. Er zijn wel kwalitatieve vergelijkingen mogelijk; die wijzen uit dat

beide modellen ongeveer dezelfde horizontale circulatiestromingen presenteren. Berekeningen met het tweedimensionale model zijn zo omvangrijk, dat men er een computer bij moet inschakelen. Ook het tweedimensionale model levert alleen stroomsnelheden gemiddeld over de verticaal. De verticale watercirculatie, waar milieudeskundigen juist zo'n belangstelling voor hebben, kan er niet mee worden berekend. Berekening van het snelheidsverloop in verticale zin vereist de toevoeging van nog een dimensie aan het model. Maar ook dit wordt mogelijk met het zeer geavanceerde rekentuig dat thans ter beschikking staat. Het driedimensionale model voor de berekening van het windeffect op meren en getijdenarmen vertoont een principiële overeenkomst met het tweedimensionale. Het bestaat als het

ware uit een stapel tweedimensionale modellen, bij voorbeeld tien op elkaar. In ieder van de lagen waarin het meer hiertoe wordt verdeeld, worden de windeffecten tweedimensionaal berekend. De lagen zijn onderling met bepaalde voorwaarden gekoppeld, zodat er ten slotte de berekening van de waterstandsverhogingen en -verlagingen aan de oppervlakte uit resulteert. De snelheidsverdeling over de verticaal wordt gepresenteerd als de reeks van op elkaar volgende gemiddelde horizontale snelheden in elk van de lagen. Daaruit kunnen dan de verticale circulatiestromingen worden afgeleid. Het driedimensionale model verkeert nog in het ontwikkelingsstadium. Men heeft er hoge verwachtingen van. De computer is hier nog onontbeerlijker dan bij het tweedimensionale model.

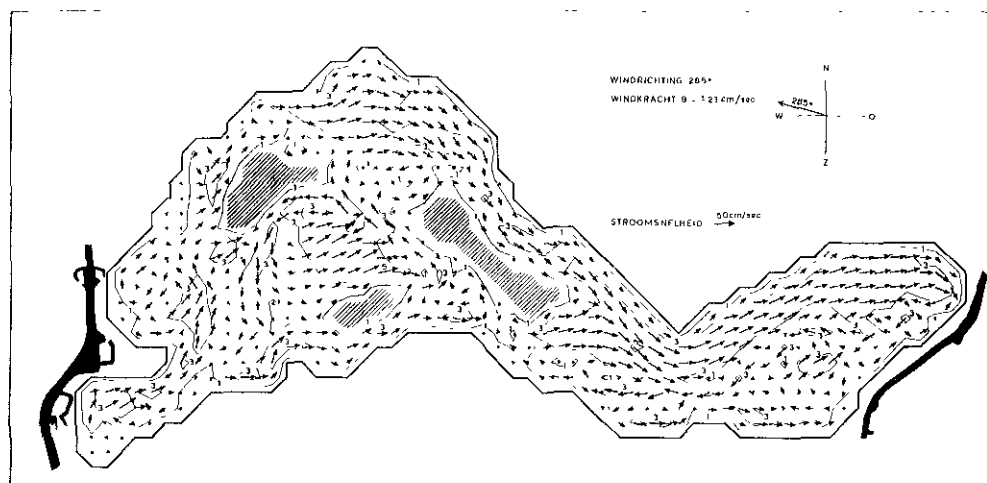


Fig. 2. Stroomsnelheden in het Grevelingenmeer, berekend met het tweedimensionale mathematische model

Na dit overzicht van de mathematische modellen nu nog een enkel woord over de *hydraulische* en *analoge* modellen.

Het onderzoeken van het windeffect in natte modellen is in principe wel mogelijk, maar er zijn nogal wat praktische bezwaren aan verbonden. Een van de belangrijkste is wel dit: uit schaalwetten die op het model van toepassing zijn blijkt, dat de windsnelheden in het model bijna even groot moeten zijn als de nagebootste.

De windgolven die men daarmee opwekt zijn in verhouding tot de rest van het model echter veel te groot. Op die manier wordt niet alleen het verschijnsel windeffect onjuist gereproduceerd, maar ook het uitvoeren van metingen in het model wordt er ten zeerste door bemoeilijkt. De bouw van windtunnels om de toch altijd omvangrijke *hydraulische modellen*,

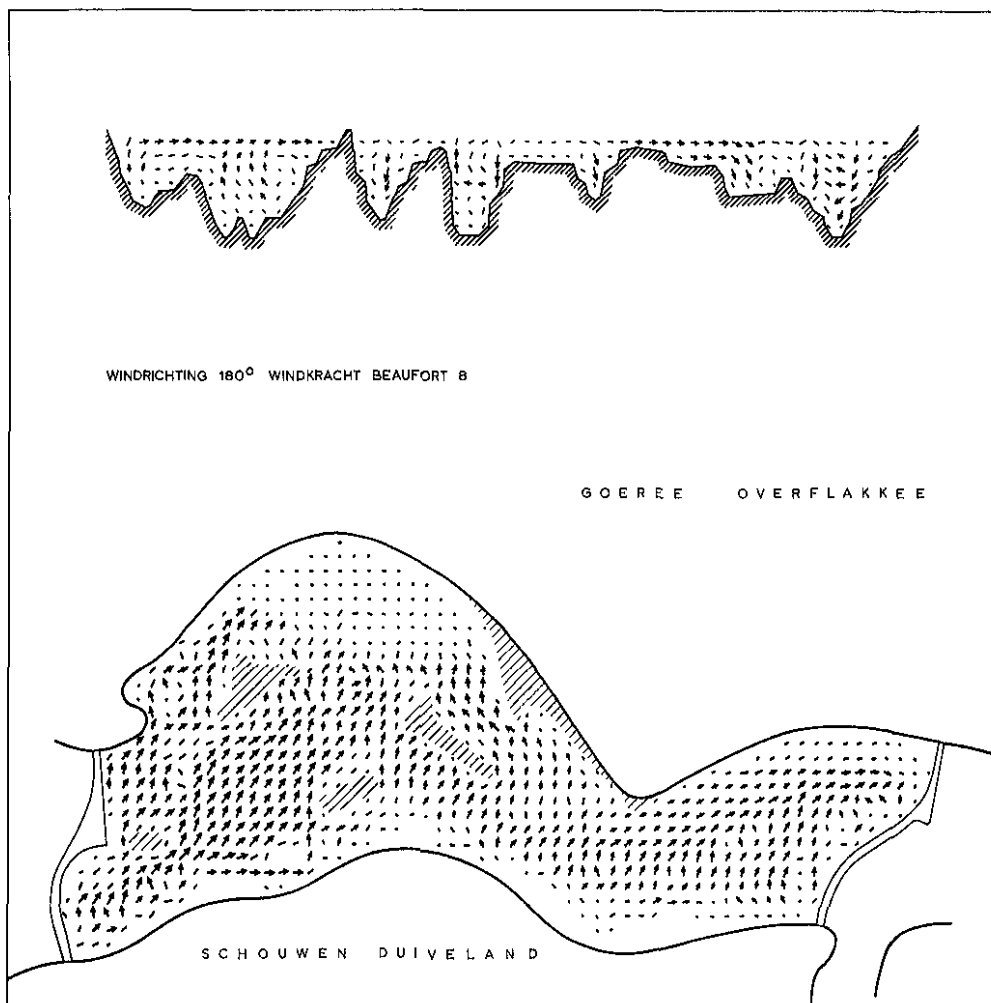


Fig. 3. Horizontale oppervlaktestromen en verticale stromingen in het Grevelingenmeer, berekend met het driedimensionale mathematische model. De aangenomen wind woei gedurende 10 000 seconden over het wateroppervlak, een te korte periode om normale circulatiestromingen op gang te brengen

is een omslachtig en kostbaar karwei. Van daar dat men de voorkeur geeft aan de ontwikkeling van mathematische modellen. Opgemerkt moet nog worden dat in het Waterloopkundig Laboratorium wel wind gebruikt wordt voor het opwekken van golven – maar zoals de lezer zich herinnert – over golven hebben we het hier niet.

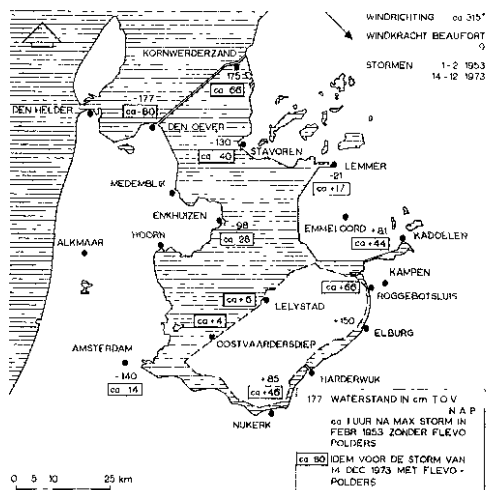
Het *analoge model* Deltar, dat ten behoeve van de Deltadienst werd ontwikkeld (zie Bericht 18, november 1961) bootst de windinvloed na met behulp van elektrische stromingen en weerstanden.

Wat betreft de resultaten staat de Deltar in dit opzicht op één lijn met het ééndimensionale mathematische model.

Nieuwe wegen voor het onderzoek

Al eerder zijn ten behoeve van het milieu-

Fig. 4. Waterstandsverschillen op het IJsselmeer ter gelegenheid van de stormen van februari 1953 en december 1973. (gegevens. Dienst der Zuiderzeewerken)



onderzoek in het Grevelingenbekken metingen verricht naar de op- en afwaaiing en de daarmee samenhangende stromingen (zie Bericht 59, februari 1972). Het betrof hier vooral de stroming in diepe troggen. Onder meer ter toetsing van de toen uitgevoerde berekeningen zijn onlangs metingen uitgevoerd met als doel het verkrijgen van een overzicht van de windinvloed op het gehele Grevelingenbekken.

De verticale en horizontale circulatiestromingen in een afgesloten bekken hebben een gunstige invloed op de zuurstofverdeling over de totale watermassa. Echter, ook met het oog op de re-activering van tijdelijk aan het bodemslib gebonden gifstoffen als bijvoorbeeld zware metalen, is het van belang de circulatiestromingen terdege te kennen. Het is mogelijk dat slib omhoog wordt gevoerd tengevolge van verticale circulatiestromingen. Het onderzoek in deze richting is zeer moeilijk en concrete resultaten, die een bewerking door de computer mogelijk maken, kunnen er voorschans nog niet van worden verwacht. Op het ogenblik wordt voor praktische toepassingen vooral gewerkt aan de ontwikkeling van het driedimensionale mathematische model. Allerlei nieuwe wetmatigheden worden daarbij vooralsnog meer vermoed dan bewezen. Op- en afzetten tengevolge van de wind blijken bij voorbeeld direct afhankelijk te zijn van de afmetingen van het gebied waarin ze optreden. Het IJsselmeer, waarvan de afmetingen binnen één generatie aanmerkelijk zijn veranderd, biedt een gunstige gelegenheid om dit verschijnsel te observeren. Men vergelijke bijvoorbeeld de waterstandsmetingen tijdens stormen van 1953 en 1973. In de tussentijdse periode is het water-

oppervlak van het IJsselmeer door de aanleg van de beide Flevopolders aanzienlijk verkleind. In 1953 is tussen Den Oever en Elburg een waterstandsverschil gemeten van meer dan 3,25 m. Verkleining van het IJsselmeer resulteerde in een duidelijke vermindering van deze opzetten en afzetten, zoals fig. 4 laat zien. Opgemerkt wordt nog, dat zulke zeer grote waterstandsverschillen tengevolge van wind in de Deltabekken niet zullen voorkomen. De veel grotere diepte der geulensystemen daar zal dit verhinderen, aangezien de waterstandsverschillen die kunnen optreden onder invloed van wind omgekeerd evenredig zijn aan de diepte van het betreffende water.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Derde schutsluis, inlaatsluis en jachtensluis

In de afgelopen periode heeft men een begin gemaakt met de uitbreiding van de noordelijke voorhaven ten behoeve van de derde sluis. Het vrijkomende zand wordt grotendeels gebruikt voor het aanvullen van de sluissterreinen. De opbouw van de peilers van de inlaatsluis werd voortgezet. Met het sluis-hoofd aan de Hollands-Diep-zijde van de jachtensluis werd een begin gemaakt. In zeven velden van voorgespannen liggers van de overbrugging van de sluizen heeft men de ruimte tussen de liggers aan-gevuld met beton. Nu dit klaar is, moeten er nog beton-aanvullingen komen in drie velden.

Ook is men begonnen met de constructie van gebouw K, een dienstgebouw voor de Rijks-waterstaat en voor de Politie te Water.

Verkeerskokers op het Helle-gatsplein

Dit werk verloopt bijzonder voorspoedig. Alle tunnelmoten voor de noordelijke zowel als de zuidelijke verkeerskokers

zijn klaar. Van het middelste kunstwerk zijn de vloeren gestort. Men is nu een bekisting aan het stellen voor het op-gaande werk.

Geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en storte-bedden voor de Inlaatsluis en de Jachtensluis

Er is nu 1 530 000 m³ specie gebaggerd uit de toeleidings-geul en de voorhavens. De bouw van de geleidedammen is gereed, voorzover ze liggen buiten de zuidelijke ringdijk van de bouwput. Men is nu be-gonnen aan het gedeelte van de geleidedammen buiten de noordelijke ringdijk.

Brouwershavense Gat

Bouwput voor de doorlaatsluis

Zowel de westelijke als de oostelijke ringdijk zijn klaar gekomen. Daar de westelijke ringdijk nu tijdelijk de functie van hoofdwaterring vervult kan het damlichaam ontgraven worden. Alleen moeten de wegen op de binnenberm van de dam nog intact gelaten worden totdat de wegverhar-dingen op de oostelijke ringdijk zijn aangebracht. Wanneer die zijn voltooid kan het verkeer over de oostelijke ringdijk worden omgelegd, en kan het gehele damlichaam worden

ontgraven. Alle bekledingen van de dam, met uitzondering van de wegverhardingen, zijn opgenomen en afgevoerd. De meeste afkomende materialen -- asfaltbeton van bermen en taluds, en gepenetreerde stort-steen -- zijn verwerkt langs de havendam van de in de nabij-heid van het werk gelegen haven Middelpaalt.

De mijnsteen die bij het ont-graven van de dam vrijkomt wordt afgevoerd naar de werk-haven Schelphoek. Aanvankelijk was men van plan de mijnsteen op te slaan in de haven Middelpaalt en omstreeks 1977 op-nieuw te gebruiken voor het maken van aansluitingen van het damlichaam met de dan voltooide sluis. Bij de Ooster-scheldewerken is echter binnen-kort behoefte aan mijnsteen, reden waarom de mijnsteen daarheen wordt afgevoerd. Het bij het graven van de bouw-put vrijkomende zand -- om-streeks 600 000 m³ -- wordt af-gevoerd en gebruikt voor het vormen van depots en het maken van een duinregel.

De depots komen op verschil-lende plaatsen langs de Greve-lingen zijde van de Brouwers-dam. In totaal zullen ze 500 000 m³ zand gaan bevatten, waarvan 300 000 m³ voor inrichtings-werken van het Grevelingen-meer en 200 000 m³ voor het later aanvullen van de bouwput. In de duinregel die aan de zee-zijde van de Brouwersdam wordt gevormd, wordt het res-terende zand verwerkt. In totaal is tot nu toe 150 000 m³ zand ontgraven en afgevoerd; voor het grootste gedeelte naar de depots aan de Grevelingen zijde van de Brouwersdam. Om het zand beneden de grondwater-stand te kunnen ontgraven is een bemaling nodig. Over de vereiste capaciteit van de be-maling, en de situering van de bronnen is advies gevraagd aan het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening. Op grond van dit advies zullen in totaal 40 bronnen worden ge-plaatst met elk een capaciteit van 50 m³/sec bij een opvoer-hoogte van 35 m. Tot nu toe zijn 16 bronnen aangebracht, waar-mee de waterstand plaatselijk tot N.A.P. -- 5 m is verlaagd.

Oosterschelde

Men is in de verslagperiode voortgegaan met de samenstelling van wapeningsnetten voor steenasfaltmatten op het werkterrein van de haven Schelphoek.

Door het asfaltschip 'Jan Heijmans' werd met steenasfaltmatten nog een gedeelte van de randbezinking ten westen van de in het sluitgat Hammen geplaatste pylonen aangebracht.

In het sluitgat Roompot ging men verder met het leggen van betonblokkenmatten. In deze periode werden 43 stukken van 200 x 30 m gezonken. Vanaf 1 februari 1974, toen de eerste betonblokkenmat werd gelegd, tot 31 december 1974, werden 134 stukken afgezonken met een totale oppervlakte van 751 000 m². In deze periode werd ook begonnen met het storten van fosforslakken in de drempel van de Roompot. Er werden in totaal 70 000 ton fosforslakken gestort, in een laagdikte van 1 à 1,5 meter. In verband met de ontwikkelingen rond de Oosterscheldeafsluiting zijn deze werkzaamheden inmiddels stilgelegd. Wel stortte men nog staalslakken op de betonblokkenmatten. In de verslagperiode werden 30 000 ton staalslakken gestort.

In de werkhaven Neeltje Jans werd stortsteen 60-300 kg aan-gevoerd en in depot gelost. In de werkhaven Schelphoek werd steenslag 20-40 mm aan-gevoerd, bestemd voor de ver-vaardiging van steenasfaltmatten. Deze steenslag werd deels rechtstreeks uit aanvoer overgeslagen in elevatorbakken en deels in depot gelost.

In de werkhaven Schelphoek is een begin gemaakt met het baggeren van een put die gaat dienst doen als fosforslakken-depot.

Verantwoording van de foto's

Hofmeester 2
Prov. Waterstaat Z.H. 13
Waterloopk. laboratorium 30 31
de Priester Heemstede 33
J. v. d. Kan 41
K L M. Aerocarto 45
Kotuis Middelburg 47 49

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
bodembreer 180
bodemontwikkeling 146, 156
Boonpolder 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
drooggevalen 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
giftstoffen 242, 444, 492
glijvlakberekening 44
Goeree 223, 349, 415
golfkering 76
golfklap 346
golfmeting 71, 84, 143, 148, 473
golfonderzoek 84
grenspeer 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
Kraanelland 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
ontzifting 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
Relmerswaalplan 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 Wester-
schelde, werkgroep 439
Schaar van Roggen 134, 198
scheepstoot 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
steenafvalmat 183, 362
stikstof 20, 240, 496
stofbalans 496
storm 141, 348, 465
stormvloed 146, 397, 467
Stormvloedcommissie 59
stratificatie 23, 255
strooimeting 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
Waterloorkundig 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

