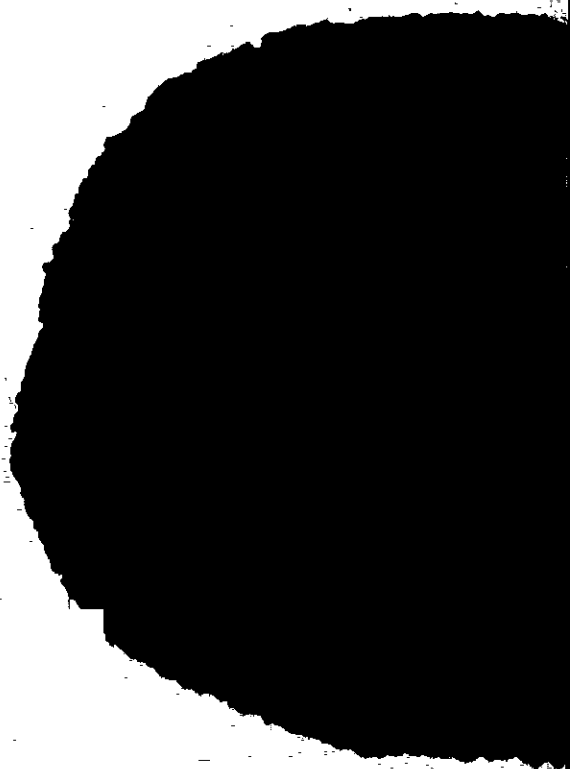


Driemaandelijks Bericht
nummer 66, november 1973

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1,
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 13,20 per jaar
of f 3,60 per nummer

Inhoud

*Twee jaar onderzoek naar het aquatisch milieu
in het Grevelingenmeer* 271

*Vegetatiegordels op en langs drooggevallen
oeverstroken* 277

*Broedplaatsen voor sterns, plevieren en
kluten in het Deltagebied* 285

*Landschapsoecologisch onderzoek op de
Slikken van Flakkee* 291

A. De werken van het Deltaplan

Ontwerp voor de sluis op Noordland 298

*Productie en verwerking van blokkenmatten
als bodembescherming* 303

*De inrichting van de Plaat van Oude Tonge in
het Grevelingenmeer* 309

Plaatval in de Roggenplaat 315

Vorderingen 324

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

Het Grevelingenmeer is als afgesloten zoutwaterbekken nu ruim twee jaar geleden ontstaan; het lijkt, mede met het oog op het lopende onderzoek naar de mogelijkheid en wenselijkheid het toekomstige Zeeuwse Meer door tussendammen in compartimenten te verdelen, interessant aan de hand van de verzamelde gegevens een terugblik te werpen op deze twee jaar.

In dit artikel zullen een aantal facetten van het door de afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst uitgevoerde onderzoek worden belicht.

Reeds eerder is gewezen op de invloed van lokale bronnen van belasting.

Uit inventariserend onderzoek blijkt dat verreweg de grootste hoeveelheden verontreiniging in het meer worden gebracht via het gemaal nabij *Battenoord* en de afvalwaterpersleiding van *Ouddorp*.

De exacte verdeling van de totale belasting vindt men aangegeven in fig. 1. Opgemerkt moet worden dat het Grevelingenmeer er in dit opzicht veel gunstiger aan toe is dan bijvoorbeeld het Brielse Meer (zie Bericht 61, augustus 1972).

Zowel de afwezigheid van zeer omvangrijke lozingen van ongezuiverd huishoudelijk of industrieel afvalwater als de gunstige verhouding tussen afwaterend en ontvangend water-oppervlak van 2 : 3 hebben tot gevolg dat de invloed van de lokale belastingsbronnen van beperkte omvang is. Desondanks zal elke vermindering van de omvang van de lokale belasting ten goede komen aan het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer. Daarom zijn plannen opgesteld tot sanering van de bestaande lozingen van afvalwater. Het rioienstelsel van Ouddorp zal tezamen met

Twee jaar onderzoek naar het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer

dat van Stellendam en Goeree te zijner tijd worden aangesloten op een persleidingsstelsel met afvalwaterzuiveringsinstallatie, waarvan het effluent op de Zuiderdiepboezem zal worden geloosd. Het afvalwater van Herkingen en Oude Tonge, dat thans wordt geloosd via het gemaal te Battenoord, zal te zijner tijd van het Grevelingenmeer worden afgeleid en na zuivering op het Haringvliet worden gebracht. Voorts zal Scharendijke op korte termijn worden aangesloten op het persleidingsstelsel en de zuiveringsinstallatie van Westerschouwen, waarvan het effluent op de Oosterschelde wordt geloosd.

Het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer wordt in hoofdzaak bepaald door het zoutgehalte van het water. Immers, het zoutgehalte beïnvloedt alle organismen door wijzigingen in de osmotische druk, de relatieve verdeling van opgeloste stoffen, de coëfficiënt van absorptie, verzadiging van opgeloste gassen, dichtheid, viscositeit, absorptie van straling en penetratie van geluid. Het zoutgehalte heeft dus verschillende ecologische effecten, afhankelijk van het voorkomen en niveau van andere factoren, in het bijzonder temperatuur, zuurstofgehalte en ionensamenstelling. Voor de afsluiting van de Grevelingen traden zowel in de kom als in de mond aanzienlijke fluctuaties op in zoutgehalte, die sterk afhankelijk waren van de oppervlatafvoer van de grote rivieren. Na de aanleg van de Grevelingendam en de afsluiting van het Haringvliet nam deze invloed af, om tenslotte na de sluiting van de Brouwersdam nagenoeg geheel te verdwijnen. Doordat tijdens de afsluiting van het Brouwershavense Gat de rivierafvoeren gering waren en de Haringvlietstuizen nagenoeg

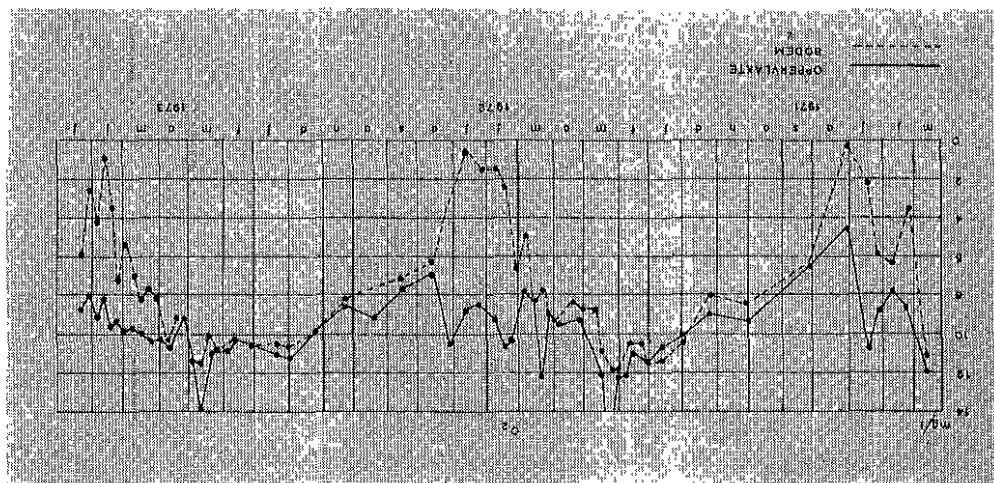
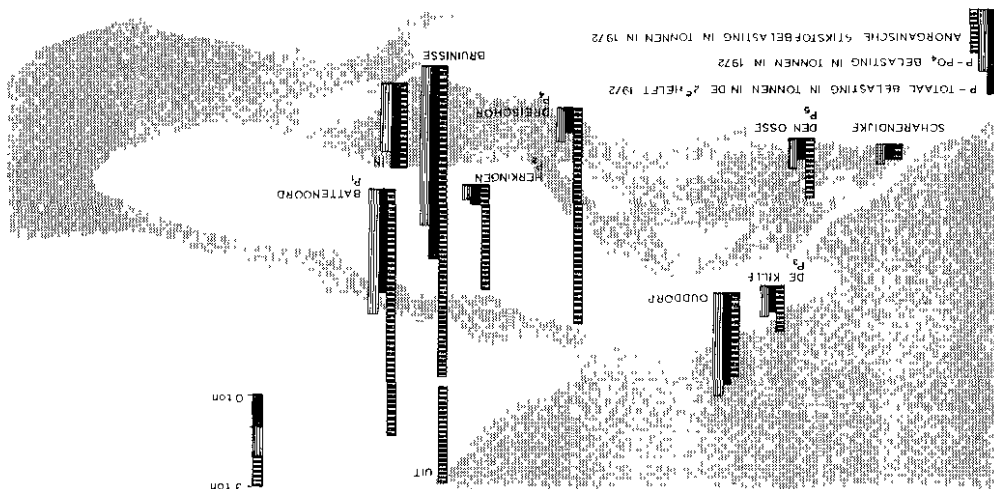


Fig. 1. Belasting van het Grevelingenmeer met verontreinigende stoffen in 1972

waren gesloten, was het zoutgehalte van de Grevelingen op het moment van de laatste afsluiting toevallig hoog – ca. 17 000 mg Cl/l. Onder invloed van schut- en lekwater van de sluis nabij Bruinisse, uitgeslagen polderwater, en neerslag kan dit zoutgehalte lager worden, maar in de afgelopen twee jaar is het niet verder gedaald dan tot 16 500 mg Cl/l. Dit vormt een essentiële voorwaarde voor de ontwikkeling van een stabiel en gevarieerd aquatisch milieu in het Grevelingenmeer. Maatregelen zijn dan ook in voorbereiding om verdere daling te voorkomen.

De voedselrijkdom in het Grevelingenmeer blijft na een abrupte groei onmiddellijk aansluitend aan de afsluiting thans weer in sterke mate af te nemen. Dit oligotrofiëringsproces zal waarschijnlijk nog enige jaren voortduren.

Fig. 2. Verloop van het zuurstofgehalte, de zwevende stof, de zichtdiepte en het fosfor- (Dreischor) over de jaren 1971/1973





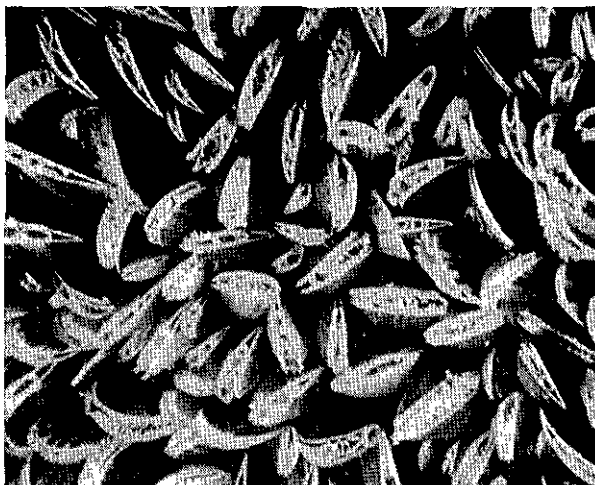
Het niveau waarbij een evenwichtssituatie optreedt, zal mede bepaald worden door de omvang van de brutobelasting aan nutriënten op het meer. Hoe geringer deze belasting is, des te lager zal het nutriëtniveau uiteindelijk zijn. Een laag nutriëtniveau is eveneens een uiterst belangrijke voorwaarde voor de vorming van een stabiel en gevarieerd ecosysteem.

In vergelijking met de waterkwaliteit in het Zijpe blijkt het fosfaatsniveau van het Grevelingenmeer nog betrekkelijk hoog te zijn, terwijl de hoeveelheid anorganische stikstof en zwevende stof er relatief gering is. De zuurstofhuishouding ligt op een nagenoeg gelijk niveau en de zichtdiepte en het zoutgehalte zijn, gemiddeld over het jaar, in het Grevelingenmeer groter dan in het Zijpe.

Uit het verloop van zuurstofverzadigings-

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

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



Op de schelpen van Mossels, Allkruken en Muiltjes bevindt zich een Zeester, die bezig is een schelp te openen en Slik-anemoontjes (*Saginata troglodytes*). Opname van juli 1973



waarde en zuurgraad blijkt dat de totale biomassa van het fytoplankton vermoedelijk in kwantitatief opzicht in 1973 geringer was dan in 1972.

Uit de gemiddelde gehalten van de verschillende waterkwaliteitsparameters over 1972 in het Grevelingenmeer als functie van de lokatie blijkt dat in de bovenste waterlagen van het meer een gunstige, vrij gelijkmatige verdeling van de verzamelde waterkwaliteitsparameters aanwezig is. In de waterlagen nabij de bodem kunnen echter als gevolg van grote verschillen in diepte en het daarmee samenhangende optreden van thermische stratificatie, gradiëntsituaties en zuurstoftekort, aanzienlijke verschillen voorkomen.

De resultaten van het onderzoek naar de levensgemeenschappen in het Grevelingenmeer, dat na de afsluiting werd verricht,

stemmen eveneens tot optimisme. Het zoute milieu en de relatief goede waterkwaliteit van het Grevelingenmeer vormden blijkbaar een goede basis van waaruit herstel en opbouw van een nieuwe levensgemeenschap mogelijk was. Het stagnante zoute water is zelfs uniek in deze klimaatzone en kan, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan, levensmogelijkheden bieden voor soorten die op deze breedtegraad tot nu toe onbekend waren. Een aantal sponzensoorten die het eerste jaar na de afsluiting niet meer waren waargenomen, werden opnieuw aangetroffen.

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

is bij deze gelegenheid geweest dat de bodem op slechts enkele plaatsen na vrij was van afgestorven organisch materiaal. In het zand van het centrale ondiepe gedeelte ten zuiden van de Hompelvoet werden bijvoorbeeld vrij veel exemplaren aangetroffen van de zee-klit, *Echinocardium cordatum*, een soort die bij voorkeur in helder zand voorkomt. In de diepere delen, waar meer dan 8 m water staat, werden aan de oppervlakte aanzienlijk minder organismen aangetroffen dan in de ondiepe delen, die zeer rijk zijn aan bodemleven. De aanwezigheid van grote hoeveelheden bodemdieren is vooral in de ondiepe gebieden van grote betekenis voor een aantal vogelsoorten. Een laag slib van enkele meters, waarin zeer veel afgestorven organisch materiaal voorkwam, werd aangetroffen in de diepe putten bij Scharendijke. De verwachting leeft, dat zich ook in andere diepere delen organisch slib heeft opgehoopt. Op een diepte van 7 à 10 m werd in de put ten zuiden van Battenoord een soortgelijke organische-sliblaag aangetroffen, gemiddeld 1,65 m dik. De omvang van dit veld moet nog worden vastgesteld. Op de bovenzijde van deze organische-sliblagen vindt men uitgebreide melkwitte woekeringen, vermoedelijk bestaande uit zwavelbacteriën en schimmels, die duiden op mineralisatieprocessen. Bij Battenoord – waar het organisch slib zich wellicht heeft opgehoopt door aanvoer van afgestorven materiaal met stroming door wind – werden op deze laag sliknamoontjes, krabben en platvissen aangetroffen. Omdat dit veld na de zomer werd aangetroffen, kan de aanwezigheid van de organische stof gerangschikt worden onder de normale seizoenverschijnselen. De organische stof zal in de loop van de winter mineraliseren. Mogelijk zet dit proces zich in de lente en zomer nog voort, doch uiteindelijk mineraliseert de stof geheel. Opvallend waren de verschillen in samenstelling van de levensgemeenschap in de onderzochte delen van het meer, niet alleen over de verticaal, doch ook verspreid over het hele meer.

In het plankton werden zelfs enkele voor deze streken nieuwe soorten aangetroffen. Het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek verwacht dat de uiteindelijke soortenrijkdom van diverse groepen bodemgebonden en zwevende organismen in zout stagnerend water ongeveer 50% zal bedragen van het aantal overeenkomstige diersoorten dat momenteel in de Oosterschelde onder water voorkomt.

Voor de bodemgebonden wiergroepen op harde substraten variëren deze cijfers van 60

tot 80%. Van enkele aspectbepalende planktongroepen wordt ongeveer 80% van het huidige in de Oosterschelde voorkomende aantal in het Grevelingenmeer verwacht. In het aquatisch milieu in het Grevelingenmeer stellen zich thans nieuwe verhoudingen in tussen de elementen van flora en fauna. Vanuit milieuhygiënisch en hydrobiologisch oogpunt kan die toestand belangwekkend worden genoemd; maar het is tevens een toestand die in hoge mate afhankelijk is van de te treffen beheersmaatregelen.

Vegetatiegordels op en langs drooggevallen oeverstroken

Ten gevolge van de afsluiting der zeearmen in Z.W.-Nederland zijn de oecologische omstandigheden voor de oeverstroken in dat gebied ingrijpend veranderd.

Nu in de afgesloten bekkens een gefixeerd waterpeil heerst, of een gering schijntij, zijn de oeverzones doorgaans veel smaller dan ten tijde van eb en vloed. Onder oeverzone wordt hier allereerst verstaan de strook aan weerszijden van de waterlijn tussen de uiterste grenzen van afwaaiing en overspoeling; en voorts de aangrenzende zone aan de landzijde, die direct of indirect door het water in de bekkens wordt beïnvloed en de aangrenzende zone onder water waar plantengroei voorkomt. De breedte en vorm van de oeverzone zijn onder meer afhankelijk van de geomorfologie, de gesteldheid van bodem en ondergrond, van wind en golfslag en van de aanwezigheid van vegetatie en de aard ervan. Verschillende combinaties van deze factoren geven verschillende oevertypen te zien, van zeer flauw glooiende tot hoge en steile randen, van kaal tot dichtbegroeid.

Behalve het wegvallen van het getij oefent ook de verandering in de zouthuishouding een diepgaande invloed uit, zowel op de vegetatie als op de bodem-fauna.

Voor we prognoses kunnen opstellen aangaande de te verwachten ontwikkeling van de oeverstroken, is het nodig inzicht te krijgen in de processen die hier een rol spelen, zowel de biotische als de abiotische. Dit inzicht is nog te weinig volledig om bij de huidige stand van het onderzoek nauwkeurige voorspellingen te doen. Wel is het mogelijk om enige typen en fenomenen te vermelden.

In de afgesloten zeearmen kan men drie grote

groepen van oecotopen onderscheiden, te weten een zout, een brak en een zoet bekken; van deze groepen zijn respectievelijk het Grevelingenmeer, het Veerse meer en het Haringvliet voorbeelden. Onderling verschillen zij behalve in zoutgehalte ook in grootte, ligging en vorm, alsmede in de kwaliteit van het oppervlaktewater. Er is verder verschil te maken tussen oevergedeelten waar wél verdediging wordt toegepast en stroken waar dit niet het geval is. In dit artikel zullen als voorbeeld uitsluitend enige oevertypen ter sprake worden gebracht, waar geen oeververdediging is aangebracht.

Van de grote hoeveelheid mogelijke typen noemen wij er hier vier.

Allereerst een flauwe tot zeer flauwe ononderbroken helling op onbegroeid, zandig of slikkig substraat van betrekkelijk homogene samenstelling. Onder invloed van verschillen in windkracht en -richting resulteert dit soort helling veelal in een brede tot zeer brede oeverzone zonder steile wanden.

Ten tweede een onderbroken talud, waar door verschillen in de samenstelling van de ondergrond en/of de aanwezigheid van een schelpenbank of -dek, soms aan of voor de waterlijn wallen ontstaan, waarachter veelal een ondiepte ligt met slikkige bodem. De breedte van dit oevertype is gering in vergelijking met het vorige.

Een volgend stadium kan bij dit type een begin van steile randen te zien geven.

Door toeneming van het reliëf neemt ook de weerstand van de ondergrond tegen de golven toe met als gevolg een verhoogde turbulentie. Hierdoor wordt los en relatief licht materiaal opgewerveld, terwijl de minder erosiegevoelige lagen of banken langer weerstand

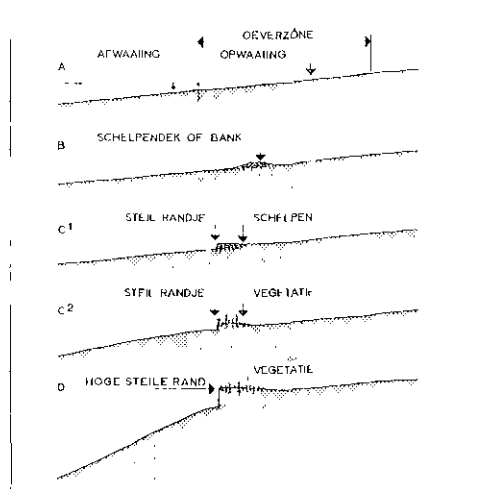


Fig 1. Schematische voorstelling van de mogelijke ontwikkeling van een onverdedigde oeverstrook

bieden aan golfslag en stroming. In de oeverzone aanwezige vegetatie kan een soortgelijk effect hebben. Door sedimentatie van ingevangen zand en slib ontstaat bovendien niveauverhoging ten opzichte van de waterpiegel. Steile randjes kunnen hiervan het gevolg zijn.

Aanhoudende golfslag en stroming tenslotte, kunnen afhankelijk van bodemsamenstelling, structuur en beworteling, resulteren in hoge steile randen van 30 tot 80 cm.

Zoute bekkens

Als voorbeeld van de vegetatie-ontwikkeling in een zout bekkens beschrijven we de gang van zaken in het Grevelingenmeer, waarvan de saliniteit, afhankelijk van verdamping, neerslag en spuien, varieert van 16 000 tot 17 000 mg Cl/l. Voor de afsluiting van het Grevelingenmeer in 1971 vond men op de oevers, die onder dagelijkse getijde-invloed stonden, weinig of geen hogere planten. Wel werden er velden van zee gras gevonden. Toen het waterpeil bij de afsluiting werd gefixeerd op N.A.P. -20 cm vielen grote delen van de voormalige oeverzone droog. Wind en golfslag kregen op de vlakke en onbeschermden oevers vrij spel. Als gevolg van deze erosieve krachten kwam plaatselijk afslag van de oevers voor. Vooral langs de diepere geulen van de Hompelvoet heeft dit tot gevolg gehad dat de oeverlijn zich heeft gewijzigd, en dat er zich plaatselijk 'klifkusten' hebben gevormd, soms 70 en 80 cm hoog. Elders langs deze oever heeft de aanwezigheid van een natuurlijke oeververdediging in de vorm van schelpenbanken of een schelpendek de erosie enigermate belemmerd. Was deze afdekkingslaag blootgespoeld of blootgewaaid, dan kregen

wind en golven minder vat op de oeverstrook; op zulke gedeelten vindt men thans lage doch steile randjes van 1 tot 5 cm hoogte, of een vlakke kust.

Op de Slikken van Flakkee treft men weinig steile oevers aan. Op het zeer flauwe talud—de helling bedraagt plaatselijk niet meer dan 1°/00—kunnen de golven ongestoord uitlopen, waarbij weinig turbulentie optreedt, en dus weinig materiaaltransport.

Een andere wijze van natuurlijke oeververdediging wordt gevormd door begroeiing met en aanspoeling van wier en zee gras, die of de stroming en de golfslag remt of de oever en het aansluitende onderwatergedeelte zodanig afdekt, dat erosie in meerdere of mindere mate wordt tegengehouden. Doorgaans ontstaat voor een brede of hoge veeg gordel—veek is een ander woord voor plantaardig aanspoelsel—een steil randje, of hij vormt bij een vlakke oever een wal, waarachter een haf ontstaat. In vele ondiepe gedeelten van het zoute Grevelingenbekken breiden zich zee grasvelden uit.

Na verloop van tijd treft men op de voormalige kale oeverstroken de eerste pionierplanten aan, zoals Zeekraal en Schorrekruid. De begroeiing kan zand en slib invangen en zodoende obstakels vormen voor overspoelend water.

Naarmate de vegetatie-successie voortschrijdt, of als een ingezaaid plantendek aanslaat, treedt een verdergaande natuurlijke oeverbescherming op. Enerzijds worden bodempartikeltjes door de plantenwortels beter bijeengehouden dan in de oorspronkelijke, min of meer losse pakking het geval was, anderzijds kan enige verhoging van het landniveau optreden door sedimentatie, waarbij kleine



Drassige oever; langs de buiten-
rand *Vaucheria*, op het land o a
Moeras-andijvie, Zeeaster,
Kweldergras en Schijnsperrie



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



afslagranden kunnen ontstaan variërend van enkele centimeters tot enkele tientallen centimeters hoogte. De lage zoutminnende vegetatie van de oeverstroken kan variëren van zeer ijl, zoals in jonge Zeekraal- of Schorrekruidbegroeiing, tot dicht, zoals bij Fioringras of Zilte rus-vegetatie het geval kan zijn. Indien er beweiding plaats vindt in deze natuurlijke oevervegetatie zullen veelal enkele soorten gaan domineren, zoals Kweldergras, Rood zwenkgras, Fioringras en soms Zilte rus. Deze soorten kunnen zich handhaven doordat ze niet afgegraasd worden, zoals Zilte rus of doordat ze begrazing goed tot redelijk verdragen, zoals bij diverse grassoorten het geval is.

Naast de natuurlijke oevervegetatie is op vele plaatsen een plantendek ingezaaid. Op natte en zoute plaatsen, zoals op lage oeverstroken, is daar echter weinig van opgekomen. Op deze plaatsen blijft men dus aangewezen op de van nature voorkomende soorten. Op de plekken waar in meerdere of mindere mate ontzilting heeft plaatsgehad, zoals op hoge, zandige oeverwallen en steile randen, groeien ook andere dan uitgesproken zoutminnende planten.

De vegetatie op hogere oevers is onafhankelijk van het zoute meerwater omdat het waterverbruik grotendeels gedekt wordt door neerslag en eventueel zakwater. Echter, ook deze plantengroei beschermt dikwijls de oever mede tegen afslag. Bij ongunstige stroming of aanhoudende golfslag kan eventueel ook een gevestigde vegetatie aan erosie onderhevig zijn. Afhankelijk van de resistentie van de oevervegetatie treedt dan minder of meer afslag op. Dit uit zich in een vaak grillige oeverlijn, waarbij de meest resistente soorten

lang stand kunnen houden. Dikwijls vindt men daar ook enkele pollen op enige afstand buiten de huidige oeverlijn, die de vroegere vegetatiegrens aangeven; dat is bijvoorbeeld te zien op de Kabbelaarsbank.

Brakke bekkens

Het brakke Veerse Meer heeft thans een saliniteit van ongeveer 10 000 mg Cl⁻/l. Kort na de afsluiting in 1962 vertoonde dit meer in eerste instantie een soortgelijk beeld als de Grevelingen. Naarmate het zoutgehalte echter afnam en de ontzilting van de planten verderde ontstond ook voor andere dan uitgesproken zoutminnende planten een geschikt milieu.

Door verschillen in hoogteligging en doorlatendheid van de ondergrond en door toepassing van verschillende beheersmaatregelen is een grote diversiteit in milieus ontstaan. De voormalige 'blikken' of zandplaten, Aardbeien-eiland, Haringvretter en Middelplaten zijn daar duidelijke voorbeelden van.

Het Aardbeien-eiland is een klein eilandje van 4 ha oppervlak, waarop de vegetatie zich van het begin af aan ongestoord heeft kunnen ontwikkelen. Met het dalen van de saliniteit en het ontstaan van een zoetwaterbel onder de zandplaat, bevordert doordat het waterpeil in de winter tot N.A.P. -70 cm daalt, hebben ook zoutmijdende soorten zich er kunnen vestigen. Langs en op een groot deel van de oostelijke oever is een rietzoom aanwezig van 2 tot 6 m breedte. Het riet handhaaft zich ondanks het hoge zoutgehalte van het water in het meer, omdat de kern van de rietvegetatie zich vanuit het eiland, waar het in zoet grondwater staat, meerwaarts heeft kunnen uitbreiden en daar dicht langs de oever in de



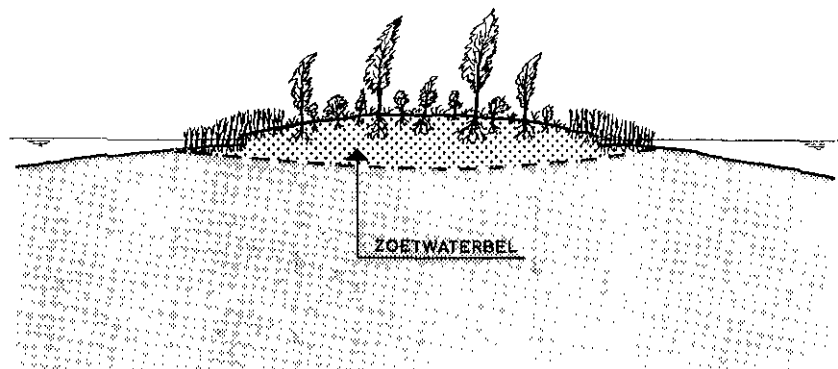
Oever met afslagrandje. Op het land o.a. Zeeaster, Kweldergras, Fioringras en Schijnspurrie. Op de vooroever Sterrekroos en resterende pollen met Fioringras

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

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

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

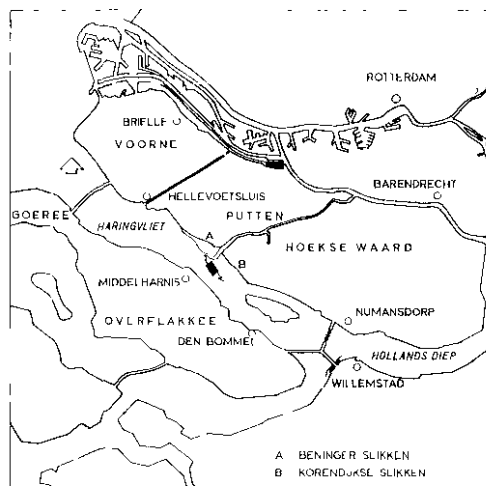
De noordelijke en zuidelijke oevers zijn begroeid met een lage vegetatie van Gerande schijnspurrie en Zeebies met Kweldergras-soorten. De beide oevers worden geregeld overspoeld door golven die door wind en scheepvaart worden veroorzaakt. Aan de westelijke oever komt de meeste afslag voor. De kustlijn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



rand thans bedekt wordt door een tapijt van onder meer Fioringras, Zilte en Gerande schijnsparrie en pollen van onder andere Zilte rus en Rood zwenkgras. Op verscheidene plaatsen komt houtopslag voor tot aan of zelfs in de oeverzone. Daar is duidelijk waarneembaar hoe het wortelgestel van duindoorn en hier en daar een Wilg de oever tegen afkalving beschermt; een grote duindoornhorst aan de zuidwestelijke punt van het eiland vormt een duidelijke hindernis voor de golf-erosie. De Middelplaten vertonen een geheel ander aanzien. Op deze platen, die gedeeltelijk zijn ingezaaid met een grasmengsel, wordt de houtopslag ten behoeve van weidevogels verwijderd. Bovendien wordt het terrein grotendeels gemaaid, en beweid, 's zomers door schapen en runderen en 's winters door kolganzen. De oevers tonen echter overeenkomsten met delen van het Aardbeieneiland door hun begroeiing met Kweldergrassoorten, Zilte rus, Zeeaster, Strandzoutgras en andere zoutplanten. Ook hier komen lage steile randjes voor.

Langs de vlakke delen van de oevers wordt de veekrand plaatselijk gemarkeerd door een smalle gordel van Valse voszegge, Zilte rus, Strandzoutgras en Schijnsparrie-soorten. De noordelijke oever vertoont ten gevolge van zijn steiler talud en van de door de scheepvaart veroorzaakte golfbeweging meer afslag dan de meestal vlakke zuidelijke oever. Het is slechts met moeite dat de oevervegetatie zich hier handhaaft en enige weerstand biedt tegen erosie. De afslagranden zijn met een tapijt van grassoorten, voornamelijk Fioringras, kruiden, Schijnsparrie en dergelijke, en wieraanspoelsels bedekt, terwijl enkele bulten met soortgelijke vegetatie op 30 tot 80 cm van de kustlijn in het water de voormalige vegetatiegrens markeren. Riet en restanten van een duindoornhorst bieden, evenals op het Aardbeieneiland, weerstand tegen afslag.

Op de Haringvleter doet zich een enigszins vergelijkbare situatie voor. Rond een centraal gedeelte met een ingeplante bosopstand ligt een brede zone van ingezaaid grasland, dat begraasd wordt door runderen en paarden. Op enkele stroken langs de oevergedeelten, die niet beschoeid zijn, komt een interessante vegetatie voor, die vergelijkbaar is met die van een half-natuurlijk zilt grasland. De vlakke en wat slijkige oever is begroeid met Kweldergras, Zilte en Gerande schijnsparrie, Zeeaster en op de lage en slijkige delen veel Zeekraal. Bovendien groeit hier en daar een pol Engels slijkgras. Plaatselijk is afkalving te constateren aan vrij grote bulten van Kweldergras, die



30 tot 100 cm voor de kustlijn als eilandjes boven water steken.

In het Veerse Meer worden op de ondiepe delen onder water geen zeegrasvelden aangetroffen, wel verschillende soorten wieren.

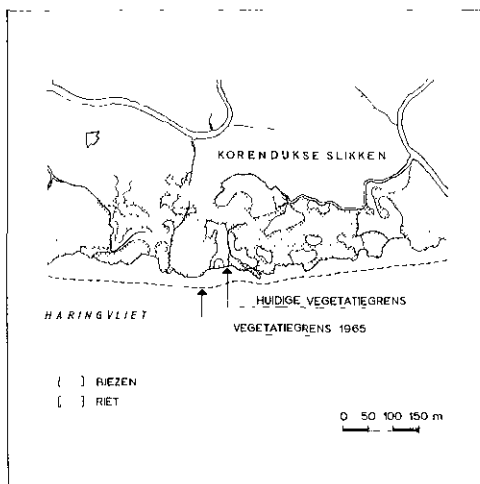
Zoete bekkens

In ontzilte bekkens, zoals het Haringvliet, komen andere problemen aan de orde dan in zoute bekkens.

Helling en samenstelling van de ondergrond, wind, stroming en golfslag bepalen ook hier de vorm en structuur van de oevers en vooroevers. De vegetatie echter is van wezenlijk andere aard. Snelle ontzilting, zoals in het onderhavige geval, betekent een hele schok voor de eventueel aanwezige zoutminnende vegetatie die voor een belangrijk deel zal afsterven; daarna treedt geleidelijk regeneratie op in de vorm van een zoetwater-oeverbegroeiing met resten van zoutminnende vegetatietypen. Langs en in het zoete water is de waterkwaliteit van grote invloed. Onder bepaalde milieu-omstandigheden kan men na verloop van tijd fonteinkruid- en kranzwier-velden onder water verwachten. Deze 0,5 tot 3 m diep groeiende vegetatie, die zelfs een laag, mits stabiel, zoutgehalte kan verdragen, is van invloed op golfslag en stroming vlak langs de oevers, en kan als zodanig een rol spelen in de afslag en eventuele aanwas van de oever. Deze vegetatie is in het Haringvliet echter nog niet waargenomen en het is de vraag of ze zich hier ooit zal ontwikkelen. Het Haringvliet kent immers geen vast peil, doch een zwakke getijbeweging, terwijl door de werking van de Haringvlietssluisen soms vrij aanzienlijke peilschommelingen – zij het met een tamelijk lange periode – kunnen optreden.

Fig. 3. Situatie van de Beninger en Korendijkse Slikken in het Grevelingenmeer. Het zwart-gemaakte terreingedeelte is afgebeeld in fig. 4

Fig. 4. Schema van de oevervegetatie op de Korendijkse Slikken



Ondanks gedeeltelijk blootspoen van het wortelgestel houdt de Schietwilg stand



Bij stabilisatie van het waterpeil op een betrekkelijk vast niveau zijn in een zoet bekkentwee uitgangssituaties voor oevervorming mogelijk: een onbegroeide en een begroeide oever. Van beide zal een voorbeeld worden aangehaald. Hoewel, zoals uit het vorenstaande blijkt, het Haringvliet strikt genomen niet geheel past in de vergelijking der drie te onderscheiden typen van afgesloten bekkens met stabiel peil, kan het toch tot op zekere hoogte wel als voorbeeld van een verzoet bekkent dienen.

In het oostelijk deel van het Haringvliet ligt de Ventjagersplaat, tamelijk beschermd door een verkeersdam en enige steendammen loodrecht daarop.

Langs deze oever is reeds een zeer fraaie zonering van plantengordels te zien. Langs de waterlijn treft men zowel hoge als lage vegetaties aan. Van de hogere begroeiing noemen we Riet en Lisdodde, en de gordels van Zeebies, Mattenbies en Asters, die 1 tot 30 m breed kunnen zijn. De lage vegetatie kenmerkt zich door een mozaïekpatroon en bestaat uit Waterbies, Zilte rus, Fioringras, Schijnspurrie en dergelijke meer, meestal gevolgd door een gordel van bovengenoemde hogere vegetatiezones. De veelvuldige en vooral onregelmatig optredende peilvariaties hebben hier wel invloed op de oevervorm en de vegetatie, zij het dat die invloed beperkt blijft door de ligging en door de aanwezige dammen.

Enerzijds vindt hier en daar ontgroning plaats, hetgeen te zien is aan pollens van onder andere Fioringras, Zilte rus en Harig wilgenroosje buiten de oeverbegroeiing, anderzijds treft men ook aanwas en uitbreiding van de vegetatie aan; op de slikbanken hebben zich bijvoorbeeld Waterbies en enkele grassoorten, waarvan overwegend Fioringras, en enkele pollens Straatgras en Kweldergrassen en enige kruiden als Zilte schijnspurrie, Zeeaster en Moerasandijvie, gevestigd en uitgebreid.

Op de Korendijkse en Beninger Slikken was reeds voor de afsluiting begroeiing aanwezig. De thans aanwezige vegetatie kenmerkt zich door een brede rietgordel, die plaatselijk tot in het water komt. Oorspronkelijk was een duidelijke zonering aanwezig in de vorm van gordels van Zeebies en van Ruwe bies, die voor de rietzoom lagen. Door aanhoudende golfslag – de oever ligt op het zuidwesten en heeft bovendien te lijden van de scheepvaart – en waarschijnlijk ook door onregelmatige peilvariaties zijn deze gordels sterk teruggedrongen. Vooral bij de Beninger Slikken, die naar de Haringvlietzijde langzaam en geleide-

lijk aftopen, is dit duidelijk waarneembaar. De oorspronkelijk brede gordels zijn thans of zeer smal of tot aan de rietzoom verdwenen. Ontgroning schijnt echter nauwelijks plaats te vinden, zij het dat hier en daar wortels van de Ruwe bies blootgespoeld worden, hetgeen een mogelijke oorzaak voor de achteruitgang van deze soort is.

Opvallend is dat Ruwe bies sterker lijkt te reageren op de golfslag dan Zeebies. Riet blijkt het meest resistent te zijn. Echter, waar Ruwe bies beschermd staat, zoals in en rond schuilhutten van rijshout, is de vitaliteit zeer goed. De planten worden daar tot 3 m hoog. De Korendijkse Slikken worden gekenmerkt door een veel vlakkere ligging, waardoor aan de waterlijn een abrupt niveauverschil voorkomt. De oorspronkelijke vrij strakke oeverlijn is, waarschijnlijk door stroomverlegging, sterk aangetast en vertoont thans een grillige aanblik. Ook hier bleken rietpollen bij afkaveling langer stand te houden dan Ruwe bies en Zeebies, hetgeen waarschijnlijk te danken is aan hun dichtere groei en diepere wortelgestel.

Nadere studie zal moeten uitmaken welk mechanisme een rol speelt bij de vegetatieverschuiving.

Broedplaatsen voor sterns, plevieren en kluten in het Deltagebied

Stranden, schorren en inlagen zijn de natuurlijke broedplaatsen voor een aantal specifieke aan dit milieu gebonden vogelsoorten, zoals de Grote Stern, de Visdief, De Noordse Stern, de Dwergstern, de Bontbekplevier, de Strandplevier, de Kleine Plevier en de Kluut. De laatste jaren verdwijnen veel van deze broedplaatsen, niet alleen door toedoen van de Deltawerken, maar ook van industrievestigingen, en haven- en stadsuitbreiding en, niet te vergeten, de toenemende recreatie. Op drooggevalle gebieden in de afgesloten Deltabekkens kunnen echter onder bepaalde voorwaarden vervangende biotopen voor deze soorten worden ingericht. Wil die inrichting zin hebben, dan moet vooraf een aantal elementaire vragen worden beantwoord aangaande de betrokken vogelsoorten zoals:

Welke eisen stellen deze broedvogelsoorten aan hun milieu? Wat zijn nu hun belangrijkste broedgebieden in de Delta? Mag men verwachten dat deze gebieden als broedgebied voor de betrokken vogelsoorten blijven voortbestaan? Welke middelen staan ons ten dienste om nieuw te vormen gebieden zo te beheren dat er geschikte broedgebieden ontstaan voor een zo groot mogelijke variëteit van vogels?

Vrijwel alle hierboven genoemde soorten zijn aangewezen op of hebben een voorkeur voor een zout milieu in de omgeving van hun broedgebied. Hun voedsel bestaat namelijk uit visjes en een aantal soorten ongewervelde dieren die in zoute milieus leven. Alleen de Visdief en de Kleine Plevier komen ook in zoete milieus voor.

De Grote Stern broedt zowel in oudere als in

jongere duintjes en hooggelegen schelpenbanken, zonder of met een spaarzame begroeiing. Tot het begin der vijftiger jaren broedden er nog 40 000 paar in ons land. In 1965 was er nog meer één kolonie van 600 broedparen, op het Waddeneiland Griend. De voornaamste oorzaak van deze achteruitgang waren de pesticiden in het milieu. Na 1965 is er weer enig herstel te zien. Er zijn nu drie kolonies in Nederland, een op Griend, een op de Kwade Hoek in de Kop van Goeree en een op de Hompelvoet in het Grevelingenmeer.

De Visdief broedt op hogere delen van schorren, jonge duintjes, inlagen en afgesloten kreken, hooggelegen kale of matig begroeide schelpenbanken en terreinen die worden opgespoten. Ook de Visdief is sterk in aantal achteruitgegaan: in 1954 werd het totaal aantal broedparen geschat op 50 000-60 000, de laatste jaren op 8000-13 000.

De Noordse Stern stelt ongeveer dezelfde eisen aan het milieu als de Visdief; hij broedt echter niet in het binnenland.

De Dwergstern broedt op zandplaten en stranden, meestal daar waar schelpen liggen; ook vindt men hem op opgespoten terreinen. Omstreeks 1950 broedden er in Nederland ongeveer 500 paar; nu nog maar 100 paar, waarvan 50 in het Deltagebied.

De Bontbekplevier en de Strandplevier broeden op stranden en soms in lage duintjes. Ook vindt men ze op zandplaten met spaarzame begroeiing. Op de platen in de Grevelingen geven de plevieren de voorkeur aan die plaatsen die spaarzaam begroeid zijn met zeekraal en schorrekruid, afgewisseld met zanderige stukjes met schelpen. De Kleine Plevier broedt meer in de omgeving van een

zoet dan van een zout milieu; hij kiest voornamelijk die plaatsen waar door werkzaamheden zand- of slikvlakten ontstaan.

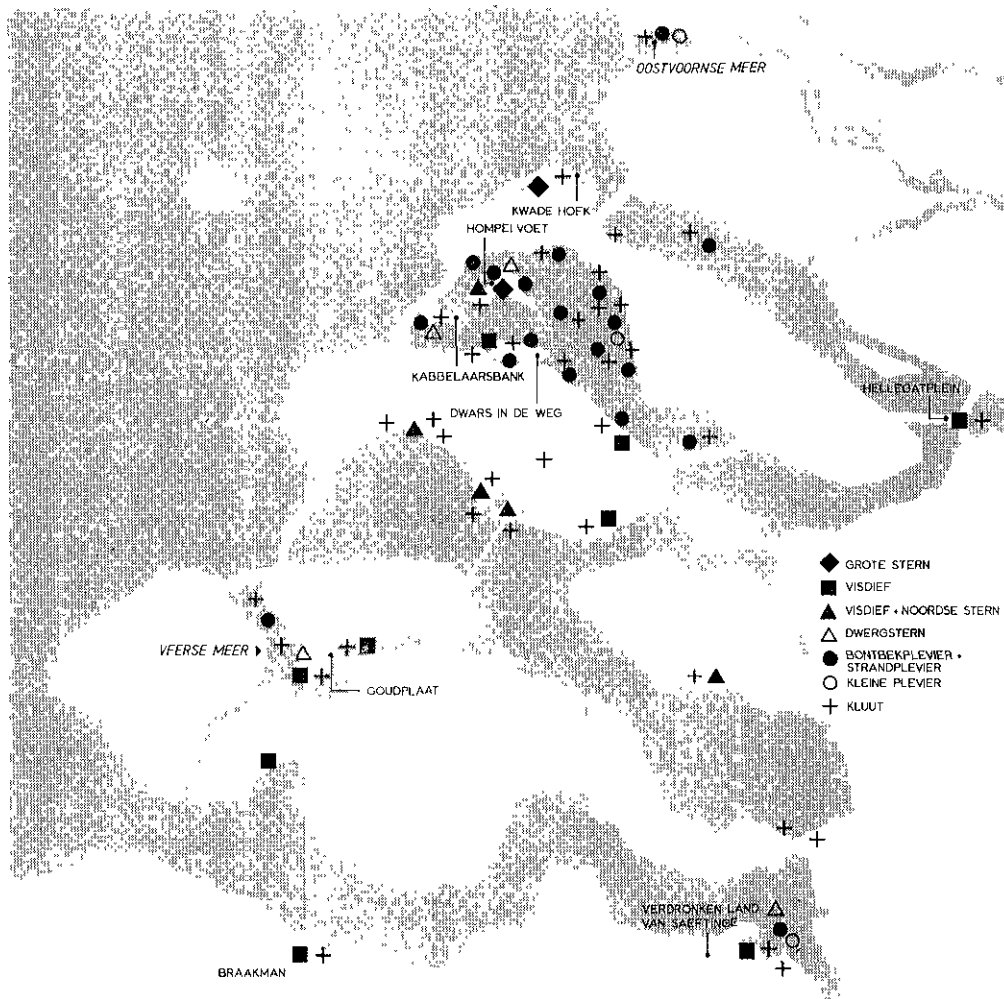
De *Kluut* broedt op schorren, inlagen en afgesloten kreken, daar waar de vegetatie bijvoorbeeld door beweiding of zoutinvloeden niet te hoog is opgeschoten. Ook vindt men hem op bouwlanden, opgespoten terrein, strandvlakten en platen zonder begroeiing of met een matige begroeiing.

Broedplaatsen in het Deltagebied

De belangrijkste broedplaatsen van de *Grote Stern* zijn de Kwade Hoek en de Hompelvoet. Op de Kwade Hoek broeden er elk jaar enkele honderden. Op de Hompelvoet zijn de aantallen sinds de afsluiting van de Grevelingen sterk gestegen. In 1971 hebben er 415 paar gebroed, in 1972 waren het er 1500, en in 1973

Strandplevier tussen zeekraal

Fig. 1. Overzicht van de broedplaatsen van de besproken vogels in het Deltagebied





broedden er 2100 paar. Ook hebben er enkele paren in het Land van Saeftinge gebroed. In de Schouwense inlagen worden vrijwel elk jaar enkele pogingen gedaan om tot broeden te komen.

De *Visdief* broedt in Saeftinge (400), in de Schouwense inlagen (360), in de Braakman (30), in de natuurreservaten in het Veerse Meer (250), op de platen in de Grevelingen (132), waarvan 120 paar op de Hompelvoet, en nabij het Hellegatsplein (60). De getallen gelden voor het broedseizoen 1973.

De *Noordse Stern* wordt op sommige plaatsen aangetroffen in Visdiefkolonies; het grootste aantal broedt in de Schouwense inlagen (56).

De *Dwergstern* broedt in het Deltagebied niet meer in zijn oorspronkelijke, natuurlijke biotopen. Slechts op de Goudplaat (26) in het Veerse Meer en op de platen Hompelvoet (8), Kabbelaarsbank (5) en Dwars in de Weg (6) in de Grevelingen treft men hem nog broedend aan. De *Bontbekplevier* en de *Strandplevier* treft men op vele plaatsen. Werkelijk grote aantallen vinden we in de Grevelingen, waar dit jaar 90 paar Bontbekplevieren en 350 paar Strandplevieren broedden. Eenzelfde beeld, van een zeer groot aantal broedparen is vlak na de afsluiting te zien geweest in de Braakman en het Veerse Meer. Ongeveer vijf jaar na de afsluiting begonnen de aantallen daar echter weer terug te lopen.

De *Kleine Plevier* broedt alleen in het Land van Saeftinge en het Oostvoornse Meer.

De *Kluut* broedt in het land van Saeftinge (230), de Schouwense inlagen (175), de Braakman (10), het Oostvoornse Meer (7), het Veerse Meer (120) en op vrijwel alle platen in het Grevelingenmeer (200).

Zowel Bontbekplevier, Strandplevier als Kluut broeden in kleinere aantallen op tal van andere plaatsen in het Deltagebied; de Dwergstern broedt mogelijk ook op opgesloten terreinen in het Sloegebied.

De belangrijkste natuurlijke broedgebieden zijn dus het Verdrongen land van Saeftinge, de Kwade Hoek en de Schouwense inlagen. De biologische waarde van het verdrongen land van Saeftinge wordt tegenwoordig wel onderkend. Met het behouden van deze waarde wordt bij technische ingrepen zoveel mogelijk rekening gehouden, doch het gevaar van een aanzienlijke waardevermindering door water- en luchtvervuiling blijft aanwezig als gevolg van de industrialisatie langs de Schelde. De Schouwense inlagen zullen hun waarde als broedgebied voor deze soorten vogels alleen kunnen behouden als in de nabijheid zout water aanwezig blijft.

De Kwade Hoek wordt als natuurreservaat beheerd; dit gebied wordt niet bedreigd.

De hier beschouwde soorten broeden ook binnen de afgesloten bekkens, en wel in de Braakman, het Oostvoornse Meer, het Veerse Meer, in het Grevelingenmeer en op het Hellegatsplein. In het Oostvoornse Meer worden veel broedsels verstoord door de toenemende recreatie. De broedplaatsen in de Braakman en in het Veerse Meer liggen in natuurreservaten. Het beheer is er op gericht deze vogelsoorten hier te behouden. De broedplaatsen bij het Hellegatsplein blijven ondanks het verkeer er vlak langs en de werkzaamheden nog steeds bezet.

In het Grevelingenmeer is de Hompelvoet van zeer grote waarde als broedterrein. In belangrijkheid volgens Dwars in de Weg en Kabbelaarsbank. Plevieren en Kluten broeden op

alle drooggevalle platen en schorren in behoorlijke aantallen. Vooral in het Grevelingenmeer kan, zolang het zout is, door juist beheer een aanzienlijk deel van de broedvogelpopulatie behouden blijven. De permanente drooggevalle slikken en schorren in de afgesloten Deltabekken raken echter van nature begroeid met verschillende elkaar opvolgende vegetatiesoorten, die deze gebieden op de lange duur ongeschikt zouden maken als broedgebied voor de vogels die wij hier bespreken. Een onbeheerd natuurgebied schakelt zichzelf dus langs natuurlijke weg uit als broedbiotoop. Het is derhalve noodzakelijk de toekomstige broedgebieden met zorg te kiezen en te beheren.

Men zou geneigd zijn de vogels zelf eerst maar eens te laten kiezen welke broedplaatsen zij bij voorkeur bezoeken. Maar niet in alle gevallen is het in overeenstemming te brengen met de andere eisen van een bestemmingsplan, om die voorkeursgebieden ook inderdaad voor de vogels te reserveren. We kunnen in plaats daarvan ook zoeken naar potentieel geschikte gebieden, waarvan bekend is dat ze in biotoop overeenkomen met bestaande broedplaatsen. Het verdient dan aanbeveling rekening te houden met de houdbaarheid van dergelijke tot vogelbroedterreinen bestemde gebieden; hoe meer dat van nature het geval is, des te eenvoudiger kunnen de beheersmaatregelen zijn. Men kan tenslotte ook bepaalde gebieden bewust omvormen tot broedbiotoop. Voortzetting van de bestaande vestigingen geniet in eerste aanleg de voorkeur, maar dit kan stringente beheersmaatregelen nodig maken om het gebied geschikt te houden. Voor vele vogelsoorten zal men dan ook een bevredigende oplossing kunnen vinden in de tweede hiervoren genoemde richting.

Aan welke eisen moet een terrein voldoen om geschikt te zijn als broedgebied voor deze vogels?

In het algemeen is de eerste eis dat er een voedselgebied in de nabijheid ligt. Voor de Grote Stern moet een dergelijk gebied zich binnen ± 40 km van de broedplaats bevinden. Voor de Kluut mag het voedselgebied niet verder dan enkele honderden meters van de broedplaats verwijderd zijn. De sterns brengen het voedsel namelijk naar de jongen toe, maar bij steltlopers moeten de jongen zelf voor hun voedsel zorgen. In de eerste dagen eten de jongen meest insecten, pas als ze wat ouder worden gaan ze over op ongewervelde dieren uit het slik.

De Kluut zoekt zijn voedsel door met zijn snavel horizontaal door het slik te maaien.

Zijn snavel is daartoe ideaal gevormd, namelijk plat en naar boven gebogen. Zo voedsel zoeken is echter alleen mogelijk in zacht slik. De aanwezigheid van voedsel is op zichzelf nog niet voldoende. Het moet ook bereikbaar zijn. In een afgesloten bekken kan een vogel alleen fourageren op het gedeelte tussen de waterlijn en de maximale diepte die hij nog kan bereiken. Om een zo groot mogelijke oppervlakte te bieden moet het fouragerterrein daarom zo traag mogelijk afhellen. Oevers met door afslag steil staande randen zijn vooralsnog niet geschikt omdat er een te geringe vooroever voor ligt. Het slik is op deze plaatsen echter wel voedselrijk.

Bij de slikken en schorren ontstaat op de lange duur overal een zodanig lange vooroever dat alle energie van de golven erop verloren gaat. De oevers zal dan afvlakken, maar zijn voedselrijkdom behouden. Voor een natuurgebied is een teruggang van enkele tientallen meters van de oeverlijn nauwelijks verlies te noemen, terwijl de daardoor ontstane ondiepe vooroever voor vele vogels uitstekende fourageermogelijkheden biedt, met name voor sterns, ganzen, zwanen en grondeleenden. Indien echter afslag om een of andere reden ontoelaatbaar wordt geacht, kan men op een diepte van minimaal 90 cm een oeversverdediging aanbrengen zodat de oevers erachter toch kunnen worden afgevlakt, zonder gevaar voor aantasting.

Bij dit afvlakken kan men zelfs nog zand aanbrengen aan de binnenzijde van de dam. Hierdoor wordt het aantal meters oeverlijn dat voor fourageren beschikbaar komt, nog groter. Speciale aandacht dient wel besteed te worden aan de waterkwaliteit in de zo gevormde lagunen. De detritus-ophopingen mogen niet leiden tot zuurstofloosheid van het water. Dat zou tezamen met de hogere watertemperatuur zelfs kunnen leiden tot groei-uitbarstingen van bacteriën als het gevreesde *Clostridium botulinum*.

Zodra met in acht nemen van deze voorwaarden een terrein gekozen is dat ingericht kan worden als vogelbroedterrein, komen de maatregelen aan de orde om de vegetatie kort te houden of zelfs te weren.

Hiervoor zijn tal van mogelijkheden, die hieronder worden besproken.

Een vrij intensieve *beweidning* houdt de vegetatie kort. Daarbij komt dat het grazend vee de bodem plaatselijk dichttrapt, zodat er plekken ontstaan waar het water in een vochtige periode niet wegzakt. Op sommige plaatsen zullen de oevers kapotgetrapt worden, waardoor kale stukjes ontstaan. Beweidning met schapen wordt al toegepast in de reservaten

in het Veerse Meer. De schapen bleken daar tal van kiemplanten van ruigte veroorzakende planten op te eten. Bij minder intensieve beweiding zullen plaatselijk toch nog enkele ruigte planten als Braam, Duinhoorn, Wilde roos en Meidoorn opstaan.

Schapen eisen echter een behoorlijk toezicht; voor de vogels betekent dit een frequente verstoring van de rust. Daarbij zijn schapen gevoelig voor de leverbotziekte. Runderen grazen enigszins selectief, waardoor meer differentiatie in de vegetatie optreedt.

's Winters staan ze op stal zodat ze voor eventuele ganzentroepen dan geen verstoring betekenen. Wanneer de runderen in het broedseizoen in het terrein worden gebracht vertrappen zij daar echter vrij veel eieren of zelfs jonge vogels. Met paarden zijn in dit opzicht nog minder goede ervaringen opgedaan dan met koelen.

Beweiding biedt voor Grote Stern, Dwergstern en Plevieren geen oplossing.

Maaien is een bewerking die over een grote oppervlakte hetzelfde resultaat geeft. Differentiatie zal dan moeten voortkomen uit verschillen in de bodemsamenstelling, de hoogte- ligging en de vochtigheid. Door maaien kunnen geschikte broedgebieden voor Kluten, Visdiefjes en Noordse Sterns in stand worden gehouden. De zandplaten zijn doorgaans voedselarme gebieden, zodat deze maatregel slechts enkele keren per jaar behoeft te worden uitgevoerd, zeker als het maaisel wordt afgevoerd. De bewerking kan bovendien tot gevolg hebben dat er zich na verloop van tijd een interessante lage vegetatie vestigt. Het maaien mag vanzelfsprekend niet tijdens het broedseizoen geschieden, maar bij voorkeur er vlak voor, zodat de vegetatie in ieder geval in het voorjaar zo kort mogelijk is.

Ook *branden* wordt als beheersmaatregel toegepast om de vegetatie laag te houden. Het is een goedkope methode maar voor de hier besproken vogels biedt ze weinig voordeel.

Ploegen en frezen zijn maatregelen die de successie van de vegetatie elke keer terugbrengen naar het beginpunt. Op vruchtbare gronden zullen zich binnen zeer korte tijd weer planten vestigen, waardoor deze maatregel elk jaar moet worden herhaald.

Deze methode kan op onvruchtbare zandplaten op kleine schaal worden toegepast, bijvoorbeeld voor broedplaatsen van de Dwergstern.

Verziltig kan op twee manieren tot stand worden gebracht, namelijk door overspoelen met zout water en door strooien met keuken-

zout. Het strooien van keukenzout dient vrij intensief te geschieden en steeds herhaald te worden. De hoeveelheden benodigd keukenzout bleken bij proeven op de Goudplaat bovendien zo hoog dat aan toepassing op grote schaal niet valt te denken.

Overspoeling is veel eenvoudiger. Op plaatsen waar de oever vlak genoeg is zal overspoeling gedurende de winter verschillende malen vanzelf optreden. Dit heeft alleen in zoutwaterbekkens een remmende uitwerking op de vegetatie.

In het Grevelingenmeer blijkt dat onder invloed van de wind peilschommelingen optreden van maximaal 20 cm. Daarbij komt dan op vlakke onbegroeide oevers nog de opwaaiing, waardoor de overspoeling tot boven het reeds verhoogde waterpeil uitkomt. Dit laatste effect zal echter wel verdwijnen als er geringe begroeiing op de platen komt.

Door peilschommelingen in het gehele bekken kan men hetzelfde effect bereiken. Dit is echter nadelig voor de dan aanwezige vogels, aangezien hun voedsel gedurende die tijd onbereikbaar wordt doordat het in dieper water komt. Het verdient aanbeveling hiermee bij de inrichting van broedgebieden rekening te houden. Door overspoeling kunnen geschikte broedterreinen ontstaan voor alle hier besproken vogelsoorten.

Als men vegetatiebeperking zoekt door bedekking van de bodem met *schelpen* en/of *grind*, dient zo mogelijk gebruik te worden gemaakt van reeds bestaande schelpenbanken die veelal een goede biotoop vormen voor de hier besproken vogels en die, naar de ervaring leert, pas na lange tijd begroeid raken. Zonodig kan daar dan een extra laag schelpen of grind worden opgebracht. De schelpenlagen dienen bij voorkeur vroeg in het voorjaar te worden aangebracht. Het verdient aanbeveling voordien de aanwezige begroeiing te verwijderen door ploegen of frezen. Indien de *schelplaag* of *grindlaag* voldoende dik is zal het geruime tijd duren voordat hij is gestoven en er opnieuw plantengroei ontstaat. Slechts harde soorten schelpen zoals kokkels komen in aanmerking, omdat verguisde schelpen de vegetatie-ontwikkeling niet meer remmen. Deze methode is vooral waardevol voor Dwergsternen en Pleviertjes, hoewel deze terreinen veelal voldoende groot zijn om ook door de andere soorten gebruikt te worden. Door gebruik te maken van *gifstoffen* als Simazin kan de vegetatie gedood worden. Dit doet men bijvoorbeeld op de Goudplaat in het Veerse Meer. Simazin is een vrij langzaam werkend middel, dat bij voldoende dosering als allesdoder gebruikt kan worden. Deze

stoffen kunnen echter uitspoelen en op plaatsen terecht komen waar zij minder gewenst zijn; tegen het gebruik van herbiciden pleit ook dat de maatregel jaarlijks herhaald dient te worden. Het verdient aanbeveling eerst de bijverschijnselen van het gebruik van deze middelen nader te bestuderen.

Als men op geringe diepte in de bodem een ondoorlatende laag aanbrengt van *plastic* of *beton* wordt de plantengroei sterk geremd of zelfs onmogelijk gemaakt. Met deze methode worden momenteel op kleine schaal proeven genomen in het Lauwerszeegebied. Wordt op het plastic of het beton een laag schelpen of grind opgebracht, dan wordt plantengroei geheel onmogelijk.

Een terrein kan van nature *verdrogen* door de aanwezigheid van sterk doorlatende profielen of een dikke bovenlaag van grof zand. Men kan verdroging echter ook bewust uitlokken, bijvoorbeeld door middel van een diepe ontwatering met een drainagesysteem.

Op grond van de huidige kennis kunnen ten aanzien van de opgesomde mogelijkheden de volgende aanbevelingen worden gedaan. Voor de Grote-Sternkolonie op de Hompelvoet is de meest voor de hand liggende oplossing een uitbreiding van het bestaande areaal door het verwijderen van de ingezaaide vegetatie in de buurt van de huidige kolonie. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door frezen of ploegen. Op de plaatsen waar de vegetatie verwijderd is kan een laag schelpen worden aangebracht. Wil men deze toestand voor lange tijd continueren dan verdient het aanbeveling een drainage aan te brengen waardoor de vegetatie zich slechts zeer langzaam en spaarzaam zal kunnen vestigen. Om de rust in de kolonie te waarborgen moeten bovendien de reeds getroffen beschermingsmaatregelen worden gecontinueerd. De storing door recreanten kan wellicht verminderd worden door langs de noordgrens van het gebied rijshoutschermen te plaatsen. Voor de Visdief en Noordse Stern is een intensieve beweiding met schapen de eenvoudigste oplossing. Ook kunnen daarvoor in aanmerking komende gebieden jaarlijks gemaaid worden. Er kan op die manier een interessante combinatie ontstaan van een waardevolle vegetatie en een broedkolonie van vogels. De Dwergstern heeft schelpenbankjes nodig. De schelpen kunnen aangebracht worden op een ondoorlatende laag op geringe diepte, bijvoorbeeld beton of kunststof. Op deze plaatsen kan met een vrij dunne laag schelpen worden volstaan. Deze handelwijze garandeert voor vele jaren geschikte



Stern aan de waterkant

biotopen. De Plevieren zullen ook gebruik maken van de voor Sterns geschikt gemaakte plaatsen. Men zal ze echter ook vinden in stuifduintjes en langs rijshoutschermen. De beste oplossing voor al deze soorten kan gevonden worden door het maken en/of in stand houden van met zout water overspoelde plaatsen waar de ondergrond geschikt is. Voor de Kluut is de aanwezigheid van geschikte fourageerterreinen in de nabijheid van het broedterrein van overwegend belang. In vele gevallen zijn dit de overspoelde slikken. Andere geschikte terreinen kunnen het best beweide worden met runderen, of worden gemaaid. De verschillende mogelijkheden worden op uiteenlopende terreinen in het Deltagebied experimenteel op hun bruikbaarheid getoetst.

Landschapsoecologisch onderzoek op de Slikken van Flakkee

In Bericht 55 (februari 1971) werd reeds gewezen op de belangrijke plaats die de slikken en schorren, gelegen voor de waterkeringen – de zogenaamde oeverlanden – in het milieu van het Deltagebied zijn gaan innemen.

We lezen daar: 'Men is de bijzondere bekoring en specifieke waarde gaan ontdekken van slikken en schorren met hun aparte vegetatie en rijk vogelleven, terwijl men ze vroeger meestal slechts onherbergzaam en onaantrekkelijk vond. Zij worden thans als een belangrijke uitbreiding van het natuurlijke landschapsareaal beschouwd. Aan dit areaal zullen van plaats tot plaats verschillende bestemmingen kunnen worden gegeven, waarbij zowel aan de belangen van allerlei vormen van recreatie als aan die van de natuurbescherming recht kan worden gedaan'.

Bij nadere uitwerking zal men moeten bezien hoe deze bestemmingen kunnen worden gerealiseerd. Het ligt voor de hand bij het toekennen van de bestemmingen zoveel mogelijk uit te gaan van de mogelijkheden die het landschap biedt, en daar zo goed mogelijk gebruik van te maken. Deze mogelijkheden zijn in de afgesloten Deltameren niet gering, als gevolg van de grote verscheidenheid in landschapsvormen; meren, met groepen eilanden, dijken en flauw hellende oeverlanden. Het is dan ook zeker mogelijk om recreatie- en natuurgebieden harmonisch op elkaar te doen aansluiten, ja ze zelfs op sommige plaatsen in elkaar te laten overlopen. Om de mogelijkheden van een dergelijk landschap goed te leren kennen is zowel sociaal als natuurwetenschappelijk onderzoek nodig. In dit artikel wordt alleen het natuurwetenschappelijke onderzoek behandeld, en daarvan met name het abiotische deel. In een volgend

Bericht zullen de biotische aspecten en de integratie van abiotische en biotische gegevens besproken worden.

Bezien we het landschap van de Deltameren, dan kunnen we verschillende onderdelen onderscheiden: het water, de oude zandplaten, de flauw hellende oeverlanden, de voormalige slikken en schorren, de oude duinen en de pas opgespoten terreinen. Elk van deze onderdelen vertoont eigen, veelal specifieke kenmerken, die zich gemakkelijk in het terrein laten onderscheiden. Voor elk landschapsonderdeel kan men zich afvragen: welke zijn nu deze kenmerken, hoe zijn ze ontstaan en hoe zullen ze zich in de nieuwe situatie ontwikkelen? Het blijkt al dadelijk, dat deze kenmerken niet los van elkaar staan, maar onderling sterk verweven zijn: welke vogelsoorten er voorkomen hangt onder meer af van de bodemgesteldheid en van de vegetatie; de vegetatie wordt beïnvloed door de bodemsamenstelling, en deze varieert met het reliëf. Bodemsamenstelling en reliëf beïnvloeden de vochtinhouding in de bodem, en ga zo maar door. Men zal van een bepaald landschapsonderdeel dus zowel de kenmerken als ook de relaties tussen die kenmerken moeten kennen. Het landschap is een samenhangend systeem, waarin bepaalde wetmatigheden gelden; het is, met andere woorden een oecosysteem. Het onderzoek van dit systeem wordt landschapsoecologie genoemd. In dit Bericht worden de eerste resultaten beschreven van een landschapsoecologische studie op de Slikken van Flakkee, die sinds 1972 in nauwe samenwerking met de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders wordt verricht.

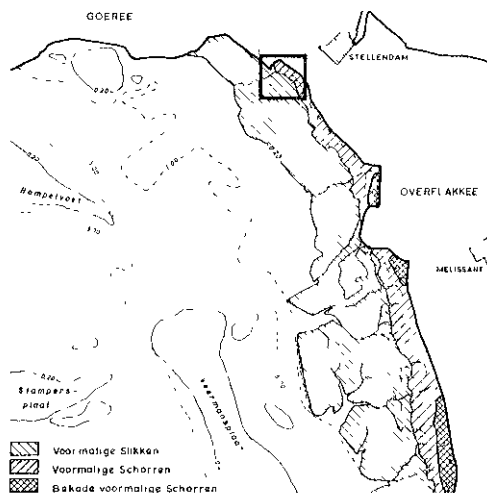
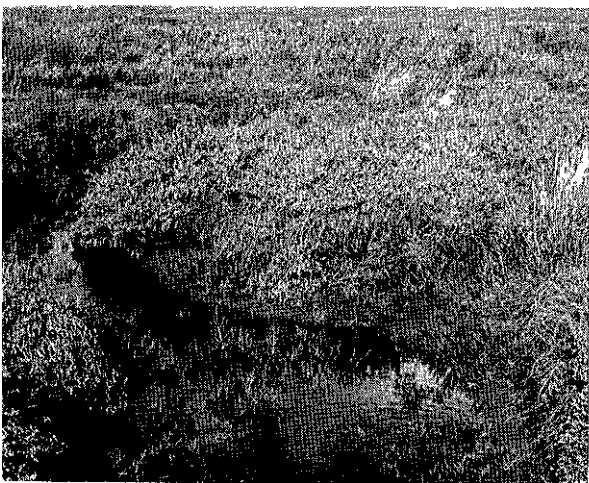


Fig. 1 Overzicht van de slikken en schorren langs de zuidelijke oevers van het eiland Flakkee. Het omrande gedeelte is vergroot weergegeven in fig. 2

De voormalige schorren met kreek, oeverwal en kom. Op de oeverwal (rechts) o.a. *Abies* en *Kweldergras*. In de kreek voornamelijk *Zeekraal*



De Slikken van Flakkee omvatten een gebied van buitendijkse gronden dat grenst aan Goeree-Overflakkee; ze bestaan uit 1400 ha drooggevallede slikken en zandplaten en 300 ha voormalige schorren en kwelders. Dit gebied werd als onderwerp van een landschapsoecologische studie gekozen omdat hier nog alle inrichtingsmogelijkheden open zijn, en de resultaten van het onderzoek toegepast kunnen worden op grote gebieden van het toekomstige Zeeuwse Meer. In het onderzoek staan het behouden en vergroten centraal van de variatie zowel in de ruimte als in de tijd. De nadruk dient te liggen op het streven naar een bestemmingsbepaling en inrichting die is gebaseerd op de aanwezigheid en de te verwachten variatie in ruimte en tijd, en op het verkrijgen van gebieden met een eigen karakter en zich uiteindelijk op eigen kracht ontwikkelende en functionerende systemen. De mens moet harmonisch in het systeem worden ingevoegd, hetgeen kan leiden tot functieverdeling van het gebied. De ontwikkeling van de beschikbare ruimten moet zodanig zijn dat een zo goed mogelijke bijdrage wordt geleverd aan het welzijn van mens, dier en plant.

Het landschapsoecologisch onderzoek dat in het gebied waarvan fig. 1 een overzicht geeft, werd uitgevoerd, kan worden onderscheiden in een aantal fasen:

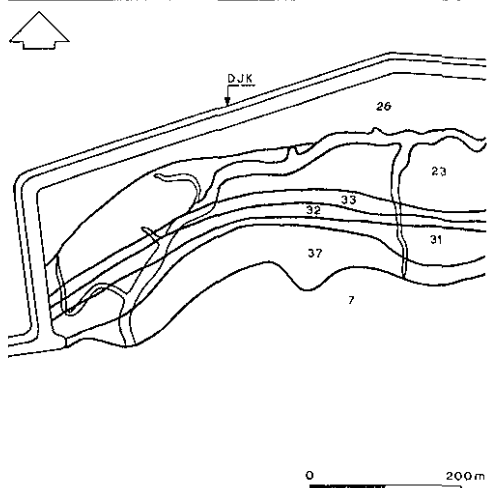
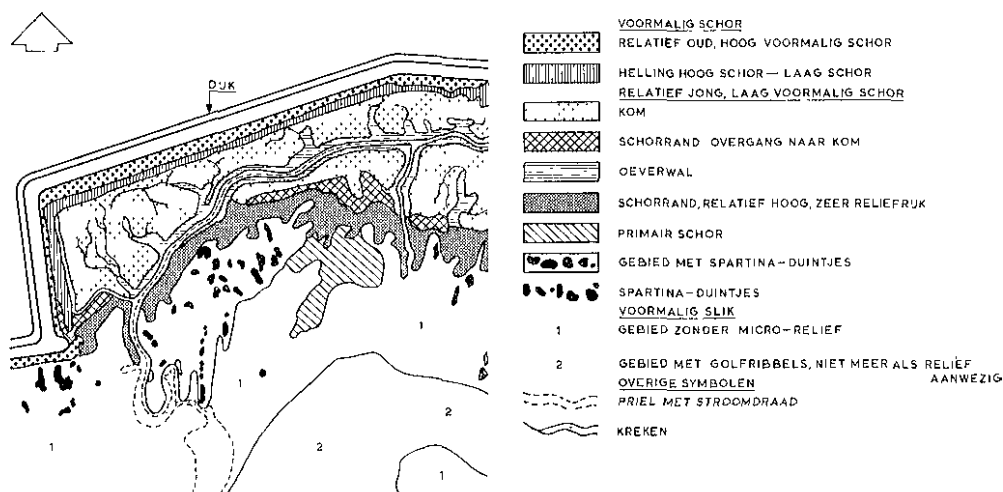
allereerst inventarisatie per landschapscomponent, beschrijving zowel als kartering. Dan integratie van de landschapscomponenten tot landschapseenheden en de kartering daarvan, en tenslotte evaluatie van het landschap.

Geomorfologie

Het gebied van de Slikken van Flakkee, dat op grond van zijn ontstaanswijze als één totaal landschap beschouwd kan worden, is in vier fysiografische hoofdeenheden onderscheiden, en wel: de voormalige slikken, een groot-schalig zeer zwak hellend gebied met weinig reliëf; de voormalige schorren, die vooral gekenmerkt worden door de aanwezigheid van kreken, met daarlangs de hoger liggende oeverwallen en daarachter de lage kommen, en waarvan sommige delen omgeven worden door een lage kade, de zomerpolders; een zanddepot, een aangelegd zandplateau, dat ongeveer 4 m boven de omgeving uitsteekt; en de dijk, die de scheiding vormt met het binnendijkse gebied.

De hoofdeenheden zijn verder onderverdeeld op grond van hoogteligging, ontstaanswijze, ouderdomsprocessen, reliëfvormen en -patronen en menselijke invloed.

Gebleden is, dat zowel in het voormalige slik



PROFIELTYPEN	PROFIELVERLOOP			CODE
	BEGINNENDE ZAND	LUTUMGEHALTE EN INDELING VAN DE KLEI ZAVEL-LAAG	BUZONDERHEDEN	
MIDDENSCHOR	20 - 30			23
	40 - 50	25-35 KLEI A	NAAR BENEDEN OVERGAAND IN LICHT ZAVEL	26
SCHORRAND	20 - 40	5-8 L ZAVEL A		31
	20 - 40	8-12 L ZAVEL B		32
	20 - 40	12-17 ZW ZAVEL A		33
	0 - 10	5-12 L ZAVEL	BEGINNEND SCHOR	37
OEVERWALLEN	50 - 75	8-12 L ZAVEL B		42
SLIKKEN		15-3 KL ARM ZAND B		7

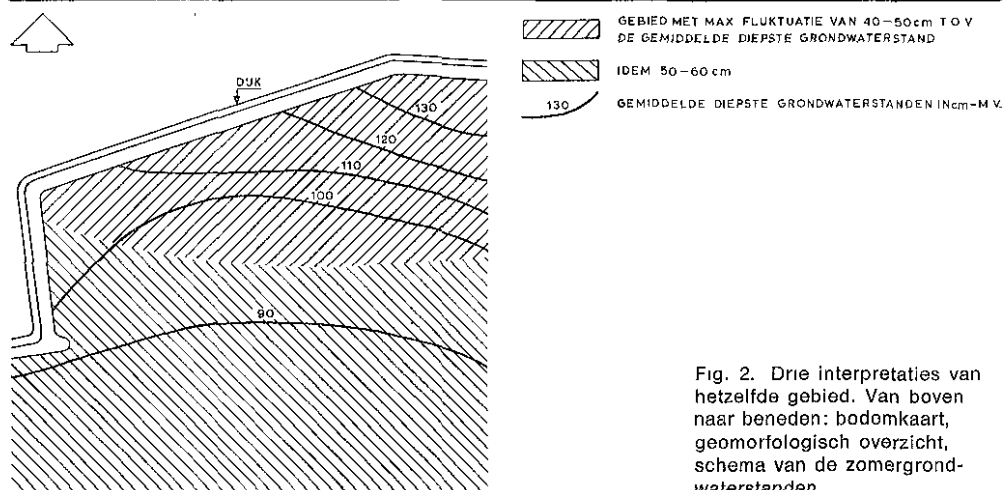
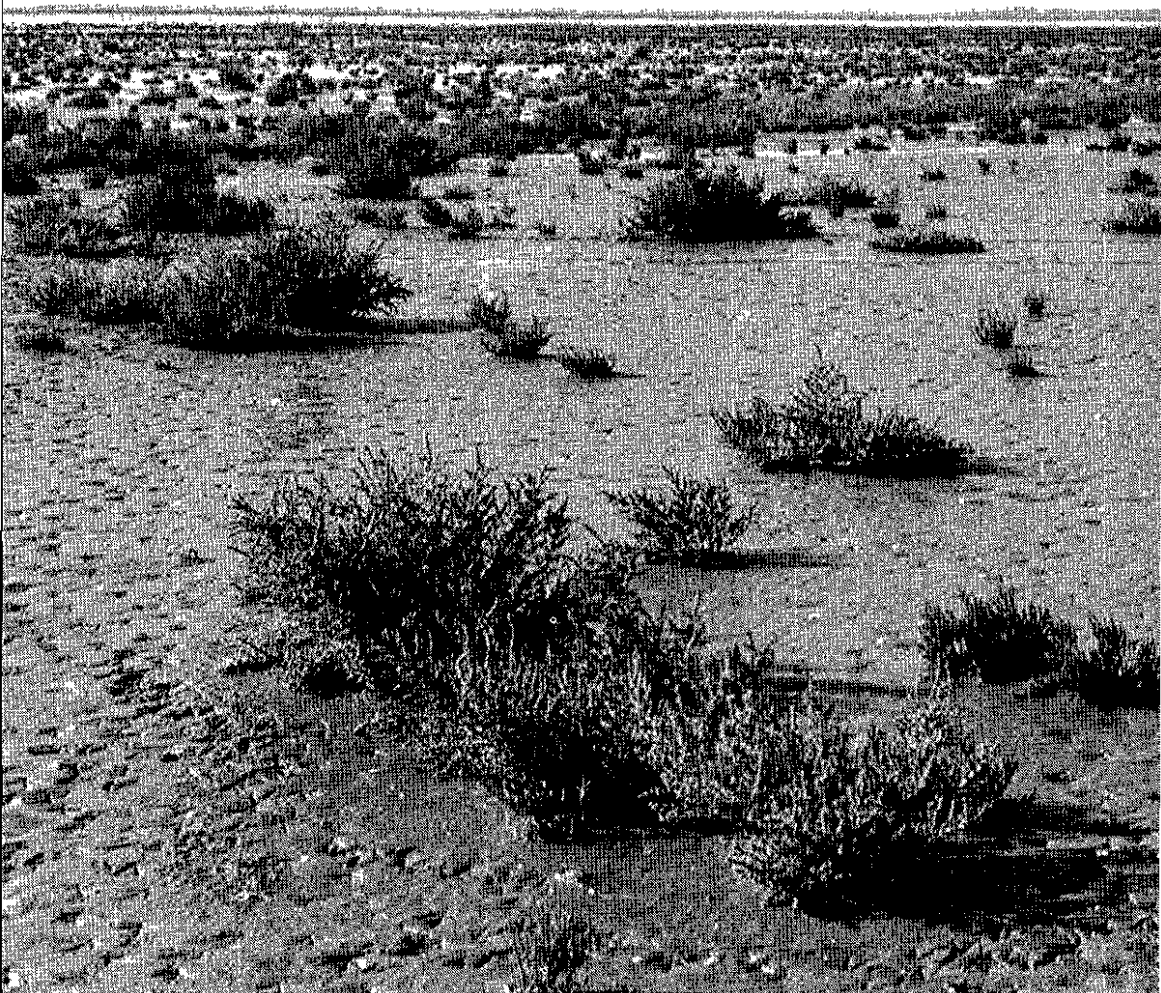


Fig. 2. Drie interpretaties van hetzelfde gebied. Van boven naar beneden: bodemkaart, geomorfologisch overzicht, schema van de zomergrondwaterstanden

als in het voormalige schor een duidelijk verschil bestaat tussen het noordelijk en het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee; de grens tussen beide delen ligt ter hoogte van het zanddepot. De noordelijke voormalige slikken onderscheiden zich van de zuidelijke onder meer door een rechte oeverlijn zonder steile randjes en een geringer micro-reliëf, een flauwere helling en een geringere hoeveelheid geultjes. Dit gehele gebied wordt overspoeld, en er is minder winderosie. Het noordelijke voormalige schor onderscheidt zich van het zuidelijke door onder andere een geringere breedte, een geringere hoogte ten opzichte van het voormalige slik en het ontbreken van een duidelijke helling, door meer primair schor, een smaller middenschor en een grotere kreekdichtheid. De belangrijkste geomorfologische processen welke zich na de

Het landschap van de voormalige Slikken van Flakkee
Pionierbegroeiing met Zeekraai





Spartinaduintjes op de overgang van het voormalige slik en het voormalige schor. Als de wind op de kust staat kan het meerwater tot aan de schorrand worden opgeblazen



Het uitgestrekte landschap van de voormalige slikken met zwak hellende over. Op de achtergrond het Grevelingenmeer en de kust van Schouwen

afsluiting hebben voorgedaan zijn winderosie en accumulatie en af- en opwaaiing, waardoor regelmatig grote delen van het voormalige slik overspoeld worden met water vanuit het meer.

De grote diversiteit van patronen en vormen in het gebied is grotendeels te danken aan processen die in het voormalige getijdenstelsel werkzaam waren. Deze processen zijn door de afsluiting beëindigd, maar het geomorfologische beeld is er als getuige van overgebleven en verleent daardoor aan het gebied een eigen karakter.

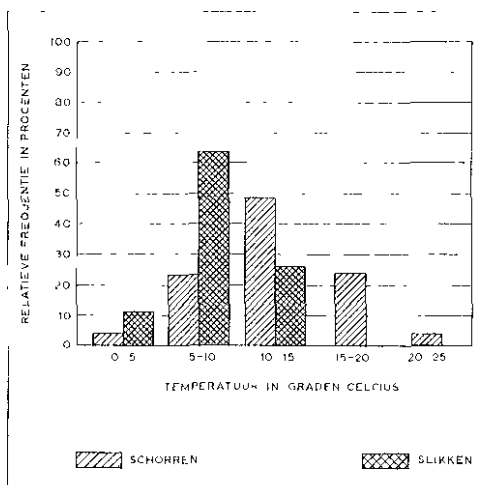
Beschouwen wij nu eerst de bodemgesteldheid van de bovengrond, tot ongeveer 1,20 m onder het maaiveld. Bodemkundig zijn de Slikken van Flakkee in eerste instantie onder te verdelen in twee grote gebieden: de voor-

malige slikken en de voormalige schorren. De voormalige slikken zijn wat betreft de bodemsamenstelling nogal uniform. We treffen in feite slechts één profieltype aan, bestaand uit middelfijn kleiarm zand tot aan het oppervlak. Op de voormalige schorren komt heel wat meer variatie voor. Een algemeen kenmerk van de hier voorkomende bodemsamenstelling is dat op een enkele meters dik zandpakket een meer kleirijke laag voorkomt. Op grond van de profielopbouw kunnen op de voormalige schorren vier grote bodemgroepen onderscheiden worden: de bodems van het oude schor, met de bekende delen, van het middenschor – de kommen –, van de schorrand – dat is de zone van het schor die grenst aan het slik – en van de overwallen. Op grond van de verschillen in de begindiepte van het zand en van de texturele samenstelling van de



Als zandverstuivingen optreden vangt de vegetatie een groot deel in. Hierdoor ontstaan interessante reliefverschillen

Fig. 3. Frequentieverdeling van het verschil tussen de hoogste en de laagste dagelijkse luchttemperatuur boven slikken en schorren. Periode 7 augustus–1 november 1972



bovenliggende laag zijn de vier bodemgroepen verder onderverdeeld; in totaal zijn er dan 25 bodemeenheden in het schorregebied te onderscheiden.

Nu de bodems van het schor permanent boven water liggen zal als gevolg van het rijpingsproces inklinking optreden. Op het oude schor met de reeds goed gerijpte bodems zal de inklinking gering zijn. Op de nog weinig gerijpte bodems van het midden-schor zal de dikte van het zaveldek tot 40 à 50% kunnen inklinken, waardoor een maaiveldverlaging van ongeveer 15 cm te verwachten is. Op de grotendeels matig gerijpte bodems van de schorrand en de oeverwallen zal de inklinking van weinig betekenis zijn. De klinkverwachting is berekend over een periode van 80 à 100 jaren.

Het onderzoek van de diepere ondergrond – tot enkele meters onder het maaiveld – had voornamelijk tot doel, voor water slecht doorlatende lagen te lokaliseren. Gebleken is dat in het grootste deel van het gebied een slecht doorlatende laag aanwezig is. De begindiepte ligt op een enkele uitzondering na tussen 1 en 3 m beneden het maaiveld. Er werden verschillende soorten slecht doorlatende lagen gevonden, bestaande uit humeuze klei, veen en oude zeeklei. Die delen van het gebied waar de slecht doorlatende laag ontbreekt, blijken goed aan te sluiten bij de gebieden op Goeree-Overflakkee waar dit volgens de geologische kaart ook het geval is. Het zijn oude erosiegeulen die voornamelijk met wadzand zijn opgevuld, soms vermengd met geërodeerde veenresten.

Hydrologie

Het hydrologisch onderzoek van het ondiepe grondwater heeft zich in de afgelopen periode beperkt tot het volgen van de grondwaterstanden. Er is een onderscheid gemaakt tussen de gegevens voor de zomer en voor de winter. In het zomerseizoen treden de diepere grondwaterstanden op, terwijl in de winter ondiepe grondwaterstanden voorkomen. Uit de gegevens in de zomer van 1973 zijn de gemiddelde laagste grondwaterstand afgeleid ten opzichte van het maaiveld, en de maximale fluctuaties ten opzichte van deze stand. Behalve door de bodemgesteldheid, de geomorfologie, de terreinhoogte en de helling, wordt de gemiddelde diepste zomergrondwaterstand en vooral de maximale fluctuaties ervan sterk beïnvloed door het al of niet aanwezig zijn van een slecht doorlatende laag in de ondergrond. Indien de slecht doorlatende laag over een wat groter

oppervlak ontbreekt, dan worden daar lagere laagste waterstanden gemeten dan in de naastliggende gebieden waar de slecht doorlatende laag wel aanwezig is. In de eerst genoemde gebieden is de maximale fluctuatie over het algemeen minder dan 40 cm, terwijl daar waar de slecht doorlatende laag wel aanwezig is de overeenkomstige waarden voor het grootste deel variëren tussen de 60 en 80 cm. Deze hoge fluctuatiewaarde heeft tot gevolg dat het grondwater in sommige delen van de slikken ook zomers tot in het maaiveld kan komen.

Gezien binnen zeer ruime marges varieert de gemeten diepste grondwaterstand overigens van 70 à 80 cm beneden het maaiveld langs de waterlijn tot 110 à 130 cm beneden het maaiveld in de schorren langs de dijk. Voor het gedrag van de wintergrondwaterstand is de som van de dagelijkse overschrijding van een bepaald referentieniveau als kengetal gekozen. Op deze manier komt niet uitsluitend de diepte van de grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld tot uiting, maar tevens de tijdsduur waarover deze ondiepe grondwaterstand optreedt. Ook daar blijkt duidelijk de grote invloed van de slecht doorlatende laag in de ondergrond. Ontbreekt die, dan komt het grondwater niet of slechts gedurende zeer korte perioden tot in het maaiveld. Van de gebieden waar de slecht doorlatende laag in de ondergrond voorkomt blijken slechts de schorren daarvan weinig invloed te ondervinden. Hier komt het grondwater ook 's winters niet in het maaiveld. Op het overige deel van het gebied heeft die invloed tot gevolg, dat het grondwater in de winterperiode gedurende vrij lange tijd tot in het maaiveld staat.

Zouthuishouding

Om de mate waarin ontzilting optreedt, en de snelheid waarmee dat gebeurt, te kunnen volgen, zijn in de herfst van 1972 op een

groot aantal plaatsen monsters genomen en geanalyseerd. Op dat deel van de slikken waar een slecht doorlatende laag aanwezig is, blijkt nog geen ontzilting te hebben plaatsgevonden. Het deel waar de slecht doorlatende laag ontbreekt, is reeds geheel of gedeeltelijk ontzilt. Door de gunstiger ontwatering van de schorren ten opzichte van de slikken zijn die delen van de schorren waaronder de slecht doorlatende laag aanwezig is, matig tot redelijk goed ontzilt. Daar waar de slecht doorlatende laag in de ondergrond van de schorren ontbreekt, is volledige ontzilting opgetreden.

Microklimaat

Bij het microklimatologisch onderzoek werden de temperatuur en de windsnelheid in studie genomen. Afgezien van incidentele metingen zijn door stagnatie in de ontwikkeling van de meetapparatuur nog te weinig windsnelheidsgegevens bekend, dan dat daaruit reeds enige algemene conclusies voor het gebied zouden zijn op te maken.

Uit de gegevens over de luchttemperatuur en de bodemtemperatuur tot 10 cm diepte is gebleken, dat het verloop van de luchttemperatuur op 10 cm hoogte op de schorren extremer is dan op de slikken, hetgeen kan worden verklaard door verschillen in *begroeiing en bodemvochtigheid*.

Met behulp van een op een eenvoudig model voor de warmtebeweging in de bodem gebaseerde formule is het temperatuurgeleidingsvermogen van de slikken in de zomer geschat en daarmee het temperatuursverloop met de diepte en de tijd voor stralingsdagen. Voor de schorren is dit niet gelukt.

In de tabel hieronder zijn de resultaten van enige incidentele windmetingen waargegeven, verricht op het schor in twee kreken; een die parallel loopt aan de windrichting, en een loodrecht daarop. Bij deze laatste blijkt nabij *de bodem duidelijk het beschuttende effect* van het bodemreliëf.

Windgegevens verzameld op zaterdag 10 maart 1973 op de slikken van Flakkee.
Heersende windrichting: west.

	W-O kreek, 1,5 m diep		N-Z kreek, 1,2 m diep	
	windsnelheid in m/sec	verschil in windsnelheid	windsnelheid in m/sec	verschil in windsnelheid
200 + m.v.	6		6	
200 + kreekbodem	4,5	+ 1,5	6	0
maaiveld	3,5	+ 1,0	4	+ 2
10 cm + kreekbodem	4,0	— 0,5	1,5	+ 2,5

In Bericht 64 (mei 1973) is uiteengezet waarom indlen de Oosterschelde wordt afgesloten in deze afsluitdam een doorlaatwerk moet worden opgenomen. Voor de capaciteit van deze sluis is dan die situatie maatgevend waarin een geheel zoet Zeeuwse Meer geforceerd doorgespoeld moet worden met 325 m³/sec gemiddeld over het etmaal. Tevens moet de sluis dan als inlaatwerk dienst kunnen doen voor het geval dat besloten wordt een deel van het meer achter de Oosterscheldedam zout te houden.

Hoewel de uiteindelijke situatie van een geheel zoet Zeeuwse Meer maatgevend is voor de ontwerp-capaciteit heeft de ontziltingsfase mede een grote invloed op de dimensionering van de sluis. Als het gehele Zeeuwse Meer ontzilt zal worden, zoals in het Deltaplan is voorzien, zal het zoute Oosterscheldewater verdrongen moeten worden door zoet Rijn- en Maaswater. Via de Volkerak-inlaatsluis komt er dan zoet rivierwater binnen in het Zeeuwse Meer, terwijl zout en brak water geloosd kan worden via de sluis, die in de Oosterscheldedam zal worden gebouwd ter plaatse van het tegenwoordige werkeiland Noordland. Ten gevolge van zijn kleiner soortelijk gewicht zal het zoete water de neiging vertonen zich in een laag over het zoute water te verspreiden, waardoor een gestratificeerd systeem zou ontstaan. Zonder aanvullende maatregelen kan het zoute water dan ook niet veel dieper dan de bodemligging van de sluis weggehaald worden. Omtrent het effect van de windinvloed valt nog weinig te zeggen, althans wat de grootte betreft van de schijnbare diffusie. Is deze invloed onvoldoende, dan kan het diepere zoute water weggehaald worden door voor de sluis een dichtheidsscherm te plaatsen waarmee de grenslaag tussen het zoute en zoete water tot een lager niveau teruggebracht wordt. Als alternatief voor dit scherm zou men volledig kunstmatige menging van het zoute en zoete water kunnen overwegen, bijvoorbeeld met behulp van luchtbellen-schermen. Deze laatste methode vergt echter meer tijd voor hetzelfde ontziltingsresultaat. Ongeacht de uitslag van het onderzoek naar de beste ontziltingsmethode is er bij het dimensioneren van de sluis op Noordland

Ontwerp voor de sluis op Noordland

voorlopig van uitgegaan dat er, eventueel tijdelijk, een dichtheidsscherm geplaatst zal worden. Daarbij wordt dus verondersteld dat de sluis zal worden gebruikt als lozingsmiddel, aangezien dat voor de dimensionering de meest ongunstige veronderstelling is.

Voor het dimensioneren van sluis en dichtheidsscherm is het van belang de optredende vervallen met de bijbehorende frequentieverdeling te kennen, alsook de waterstanden en mogelijke golven aan weerszijden van de sluis. Op een toekomstig Zeeuwse Meer zal waarschijnlijk naar een peil van N.A.P. gestreefd worden; voorlopig wordt echter ook op extremen van N.A.P. + 0,50 en N.A.P. -1,00 m gerekend. Voor de maatgevende situatie met geforceerde lozing kan ervan worden uitgegaan dat het Zeeuwse Meer minstens het streefpeil van N.A.P. zal hebben, daar geforceerde lozing immers alleen ten tijde van overvloedige wateraanvoer plaats kan vinden. De waterstanden aan de zeezijde van de Oosterscheldedam zijn bepaald met behulp van tweedimensionele getijberekeningen. Gebleken is dat de H.W.-standen ten gevolge van de afsluitingswerken 10 cm hoger zullen worden (G.H.W. na 1978 N.A.P. + 1,50 m) en de L.W.-standen 5 cm lager (G.L.W. na 1978 N.A.P. - 1,30 m). Dat het tijverschil buitendijks iets groter zou worden was ook reeds door de Deltacommissie voorspeld. Gedeeltelijk wordt die tendentie bevestigd door recente metingen voor de Brouwersdam. Op de astronomische getijbeweging zijn de wind-effecten met bijbehorende frequenties gesuperponeerd. Gecombineerd met het verwachte Zeeuwse Meer-peil leveren deze berekeningen een frequentieverdeling op van

vervallen en waterstanden bij de Oosterschelddedam.

Aankankelijk werd overwogen de sluis te ontwerpen als een open bak, zoals bijvoorbeeld de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Aangezien de Oosterscheldesluis evenwel meer naar zee komt te liggen dan de Haringvlietssluis, en de te sluiten geul veel dieper is dan het Haringvliet, is er ook een veel grotere golfaanval te verwachten dan in het Haringvliet. De keuze is daarom gevallen op een oplossing waarbij het dijkprofiel van de Oosterschelddedam ononderbroken doorloopt ter plaatse van de sluis; de sluis zelf bestaat dan uit gesloten kokers, die onder het dijklichaam doorlopen. Op deze diepte doet de golfaanval zich veel minder gevoelen. Aan de hand van berekeningen en modelproeven kunnen de effectieve doorstroom-

opening van de sluis, de grootte van de doorstroomopening, de spleethoogte van het eventuele dichtheidsscherm en de ligging van de onderzijde van de schermopening ten opzichte van het wateroppervlak in onderling verband geoptimaliseerd worden. Genoemde variabelen zijn echter afhankelijk van de gewenste ontziltingsdiepte en het relatieve dichtheidsverschil van het water aan weerszijden van de sluis. Gezien het huidige bodempatroon van de Oosterschelde valt te verwachten dat het dichtheidsscherm bij de gemiddelde waarde van het maximale verval goed blijft functioneren tot een ontziltingsniveau van N.A.P. -25 à 30 m. Het dichtheidsverschil over de sluis moet tijdens de ontziltingsperiode gesteld worden op 25 kg/m^3 . Uit een aantal mogelijke combinaties van bovengenoemde variabelen is als meest aan-

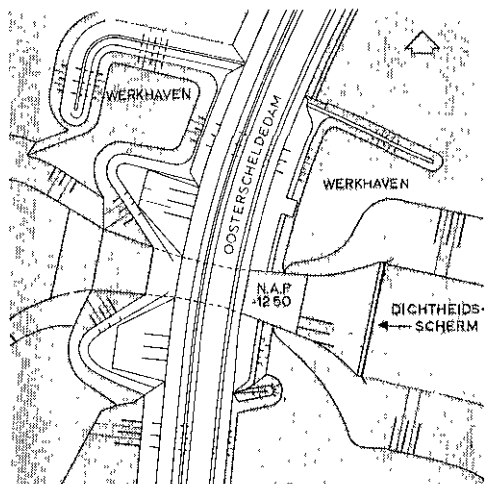


Fig. 1 Situatie van de sluis op Noordland, de toeleidingsgeul en het dichtheidsscherm

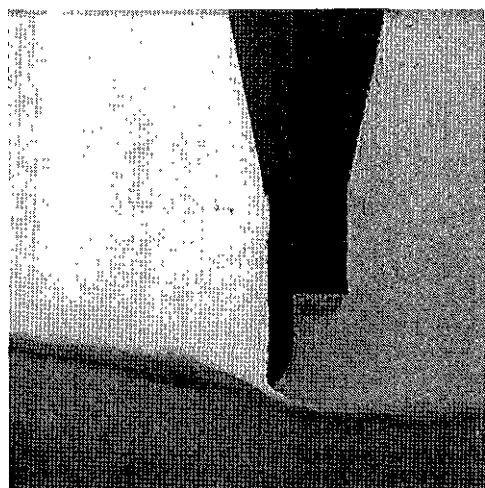
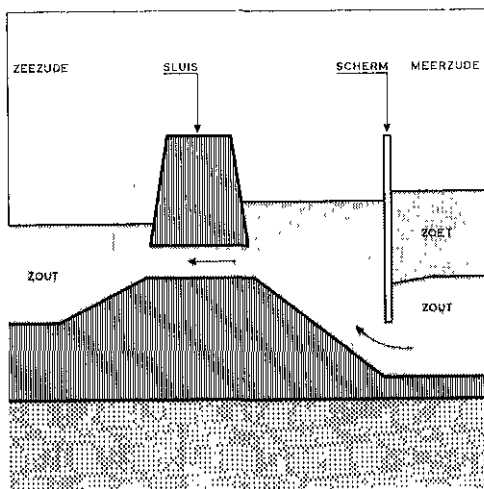


Fig. 2. Principe van het dichtheidsscherm
Daarnaast: het scherm in het model



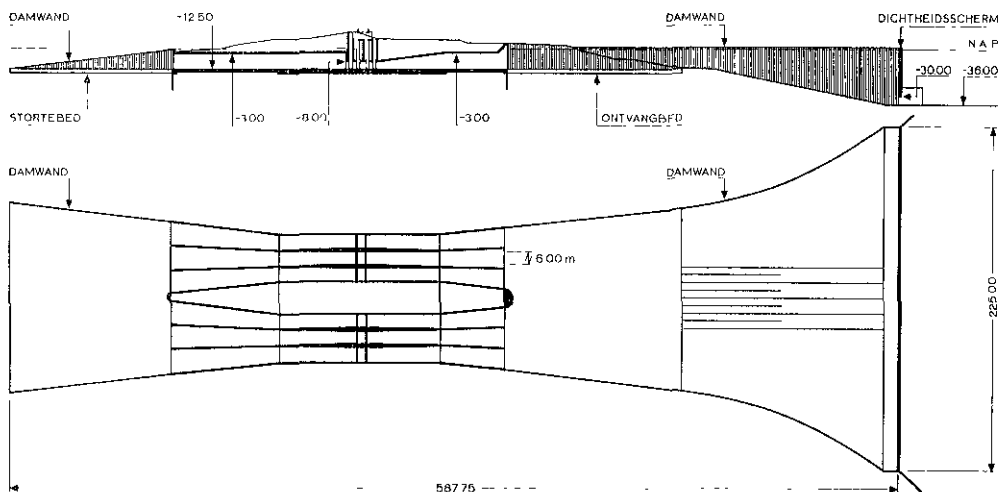
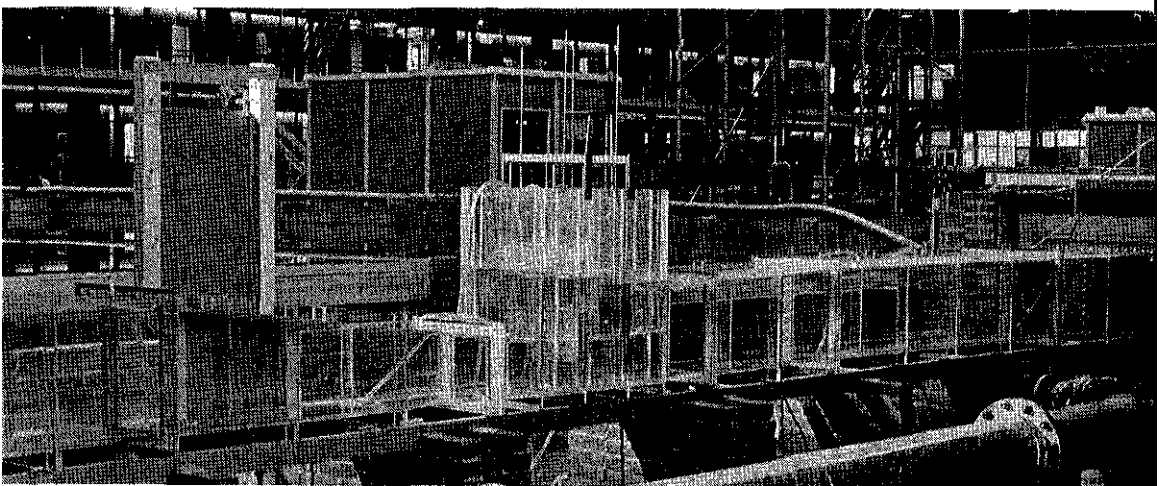
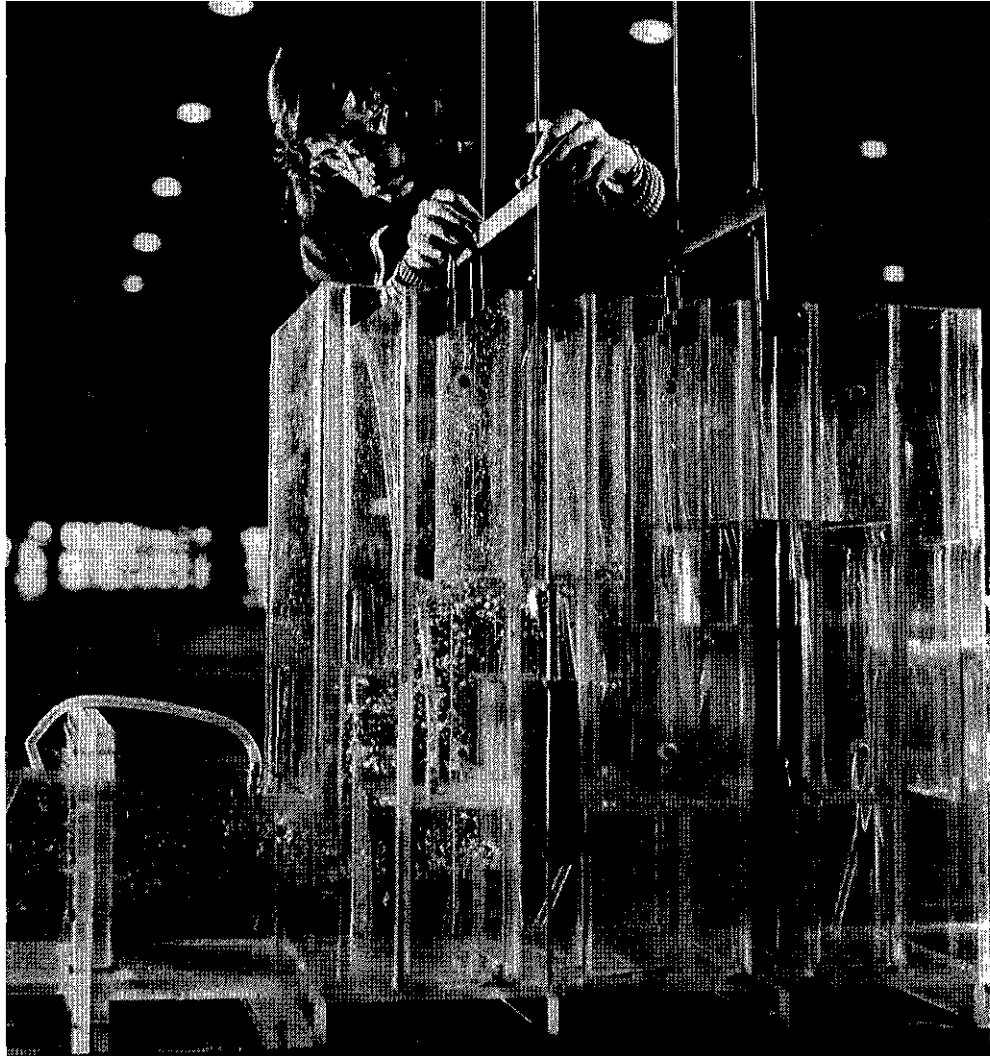


Fig. 3. Verticale en horizontale lengtedoorsnede van de sluis

trekkelijke oplossing gekozen een sluis met een effectieve doorstroomopening van 228 m^2 en indien een dichtheidsscherm geplaatst gaat worden, een spleethoogte onder het scherm van 6 m en een bodemligging ter plaatse van het scherm op N.A.P. -36 m . Enkele argumenten pleiten ervoor, de sluis zo diep mogelijk te leggen. Immers, hoe dieper de sluis ligt, hoe gemakkelijker hij het zoute water kan afvoeren, eventueel ook zonder hulp van een dichtheidsscherm. Ook de golfaanval op de schuiven neemt af, en met name vermindert de kans op cavitatieverschijnselen, die het staal van de sluisdeuren vermoeien, en die optreden wanneer de sluiskeel in plaats van water opeens lucht aanzuigt. Ook zou het bij een diepe situering vrijwel niet meer kunnen voorkomen dat een golfdal in de koker doorloopt, en er golfklappen veroorzaakt.

Plexiglasen model van een der kokers van de doorlaatsluis in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft; rechts: detail





Constructief is diepe situering van de sluis echter veel moeilijker, en de kosten lopen daarbij sterk op. De diepte moest daarom wel beperkt blijven. Bovendien is het ter beperking van de afmetingen van de schuiven aantrekkelijk de koker een venturivorm te geven, dus met een trechtervormige in- en uitlaatopening. Door deze vormgeving kan een hoge afvoer-coëfficiënt worden bereikt, zodat men kan volstaan met een kleinere bruto doorstroomopening ter plaatse van de schuiven in de keel. Maatgevend voor de diepteligging van de keel van de sluis bleek de frequentie van luchtaanzuigen te zijn, die zou optreden wanneer de sluis als lozingsmiddel voor *geforceerde doorspoeling* moest dienst doen. Een frequentie van 1 maal per 10 jaar werd aanvaardbaar geacht. Uit berekeningen en modelonderzoek bleek dat aan dit criterium

kon worden voldaan bij een plafonddiepte in de keel van de sluis van N.A.P. -8 m, mits de afvoercoëfficiënt beperkt bleef tot 1,4. Bij een volledige venturivorm zou de afvoercoëfficiënt oplopen tot ca 1,8, hetgeen grote stroomsnelheden in de sluis oplevert en een belangrijk grotere frequentie van luchtaanzuigen dan eenmaal in de tien jaar. Daarom is besloten aan de zeezijde in verticale zin geen venturivorm te kiezen, maar een horizontaal plafond. Bij een berekende afvoercoëfficiënt van 1,4 dient de bruto doorstroomopening ter plaatse van de schuiven 162 m^2 te bedragen. Na vergelijking van een aantal varianten is de keuze gevallen op een sluis bestaande uit twee groepen van drie kokers, waarbij in de keel het plafond op N.A.P. -8 m en de bodem op N.A.P. $-12,5$ m ligt; elke sluiskeel is 6 m breed.

In verband met de vormgeving en de frequentie van het binnenlopen van golfdalen in de kokers is de plafonddiepte aan de zeezijde en aan de Zeeuwse-Meerzijde op N.A.P. -3 m gesteld. De sluisbodembodem aan de zeezijde en Zeeuwse-Meerzijde is evenals in de keel op N.A.P. -12,5 m gekozen. Gedetailleerd modelonderzoek aan deze koker bevestigt de berekende waarde van de afvoercoëfficiënt van ongeveer 1,4.

De sluis bestaat dus volgens het ontwerp uit twee groepen van drie kokers van ieder 220 m lang. Iedere koker heeft een keel van 4,5 bij 6 m, de bovenkant van de vloer ligt op N.A.P. -12,5 m

Uit boringen en sonderingen bleek dat de sluis op staal kon worden gefundeerd. De twee kokergroepen van ieder drie kokers worden daarbij door elastische dilatatievoegen van elkaar gescheiden. De te verwachten zettingsverschillen zijn van geringe aard. Daar de kokers zijn opgebouwd uit moten van ongeveer 14 m en over deze lengte een maximaal zettingsverschil te verwachten is van 1,5 cm, kunnen de zettingsverschillen op eenvoudige wijze in de voegen tussen de kokermoten worden vereffend. De kokers dienen zo zwaar te zijn dat ze, wanneer de sluis voorafgaand aan de aanleg van de dam eroverheen wordt drooggezet, vanwege hun eigen gewicht niet kunnen opdrijven. De te verwerken hoeveelheid beton zal 71 000 m³ bedragen. Verder zal 7800 ton wapeningsstaal en 1200 ton damwandstaal verwerkt moeten worden waarbij dan niet het materiaal voor het dichtheidsscherm met toeleidingswanden is gerekend.

Een ander probleem vormt nog de toeleidingsgeul naar de sluis. De sluis zou niet in de Roompot, maar in het werkeiland Noordland gesitueerd moeten worden, en er zou dus een verbindingsgeul moeten worden gegraven tussen de Roompot en de sluis. Indien het zoutscherm toegepast zal worden, zal dit in de verbindingsgeul geplaatst moeten worden, zo dicht mogelijk voor de sluis. De bodem van de geul zal evenals die onder het scherm op N.A.P. -36 m moeten liggen.

Tussen het scherm en de sluis is eveneens een toeleidingsgeul nodig, zodanig gevormd, dat er bij verschillende spuidebielen een gunstige stroomverdeling over de kokers van de sluis optreedt. Bovendien dient deze toeleidingsgeul een geleidelijke overgang te waarborgen tussen het scherm, met een constructiebreedte van 225 m en een bodemligging op N.A.P. -36 m, en de sluis, met een constructiebreedte van 91 m en een bodemligging op N.A.P. -12,5 m.

In principe komen voor de verbindingsgeul tussen Roompot en scherm en voor de toeleidingsgeul van scherm naar sluis drie varianten in aanmerking. Men zou beide geulen met een rechte as ongeveer in het verlengde van de sluisas kunnen graven, of de toeleidingsgeul met een rechte as ongeveer in het verlengde van de sluisas en de verbindingsgeul met een flauwe kromming (straal 700 m) naar de Roompot. Tenslotte zou men ook de toeleidingsgeul met een kromming (straal 160 m) kunnen aanleggen en de verbindingsgeul recht naar de Roompot.

Het bleek dat zowel de rechte als de kromme toeleidingsgeul tussen scherm en sluis een gunstig stroombeeld voor de sluiskokers opleverden, nadat de dimensionering van deze geul met behulp van uitgebreid modelonderzoek geoptimaliseerd was. Voor de verbindingsgeul tussen de Roompot en het scherm geniet uit een oogpunt van selectieve ont-trekking een rechte geul de voorkeur boven een gebogen geul. In een bochtstrooming gaat het interne grensvlak tussen de zoute bovenlaag en de zoute onderlaag namelijk onder een helling staan, waardoor eerder zoet water onder het scherm doorstroomt dan bij een horizontale grenslaag, zodat het rendement van het scherm daalt. Berekeningen tonen echter aan dat een zeer flauwe kromming in de geul zoals bijvoorbeeld volgens de tweede variant, een te verwaarlozen invloed op de ligging van het grensvlak heeft doordat de stroomsnelheden in de geul erg laag zijn. Om functionele redenen bestond dus geen duidelijke voorkeur voor een bepaalde variant. Voornamelijk om uitvoeringstechnische en financiële redenen biedt de tweede variant de beste oplossing. De hoeveelheid zand die deze geul oplevert, komt namelijk vrijwel overeen met wat men ter plaatse voor de afsluitingswerkzaamheden aan zand nodig heeft.

Naar de bodembescherming aan weerszijden van de sluis is nog onderzoek gaande. Voorlopige resultaten van het in dit verband uitgevoerde modelonderzoek aan het stortebed aan de zeezijde geven de indruk dat de omvang der te verwachten ontgrondingen aanvaardbaar zal zijn bij een stortebedlengte van 185 m aan de zeezijde, en 115 m aan de binnenzijde. Hiervan zal dan aan de zeezijde ongeveer 105 m en aan binnenzijde de volledige 115 m binnen de bouwput vallen, terwijl het aan de zeezijde resterende deel in den natte aangebracht zal kunnen worden. Er zou in het sluiscomplex bovendien een voorziening moeten worden aangebracht voor het in- en uitlaten van vis.

Bij de laatste grote afsluiting in het Delta-gebied, die van de Oosterschelde, zullen zeer grote hoeveelheden bodembescherming moeten worden aangebracht onder ongunstige omstandigheden. Omdat de bekende typen bodemverdediging onder deze omstandigheden niet meer leken te zullen voldoen, is een nieuw type zinkstuk ontworpen met vaste ballast: de blokkenmat.

Productie en verwerking van blokkenmatten als bodembescherming

Eerder werd van deze technische vernieuwing kort melding gemaakt in Bericht 64 (mei 1973). Twee constructieve varianten van de blokkenmat zijn thans voldoende ontwikkeld om als bodembescherming te kunnen fungeren. In beide gevallen is het basiselement een filterdoek van polypropreen, al dan niet voorzien van een rietmat. Of er een rietmat wordt toegevoegd hangt af van het filterdoek dat men gebruikt.

Doek met een gewicht van niet meer dan 750 gram per m² moet men, om mechanische beschadiging tijdens het nastorten te voorkomen, wel bedekken met een rietmat. Wordt daarentegen doek gebruikt van 1210 gram per m², dan kan de rietmat achterwege worden gelaten. Dit zwaardere doek is namelijk op zich bestand tegen mechanische beschadigingen. Er is dan ook gekozen voor het zwaardere doek.

Om het filterdoek om te vormen tot blokkenmat worden er op regelmatige afstanden volgens een soort roosterwerk kunststofpenen doorgestoken, waarop vervolgens het beton voor de vaste ballast wordt gestort. Op deze wijze ontstaat een vakverdeling vergelijkbaar met het roosterwerk van een klassiek zinkstuk. Dit garandeert een goede gewichtsverdeling van de vaste ballast over het stuk, terwijl het bovendien verhindert dat een eventuele extra-bestorting met staal- of loodslakken zijdelings van het doek glijdt.

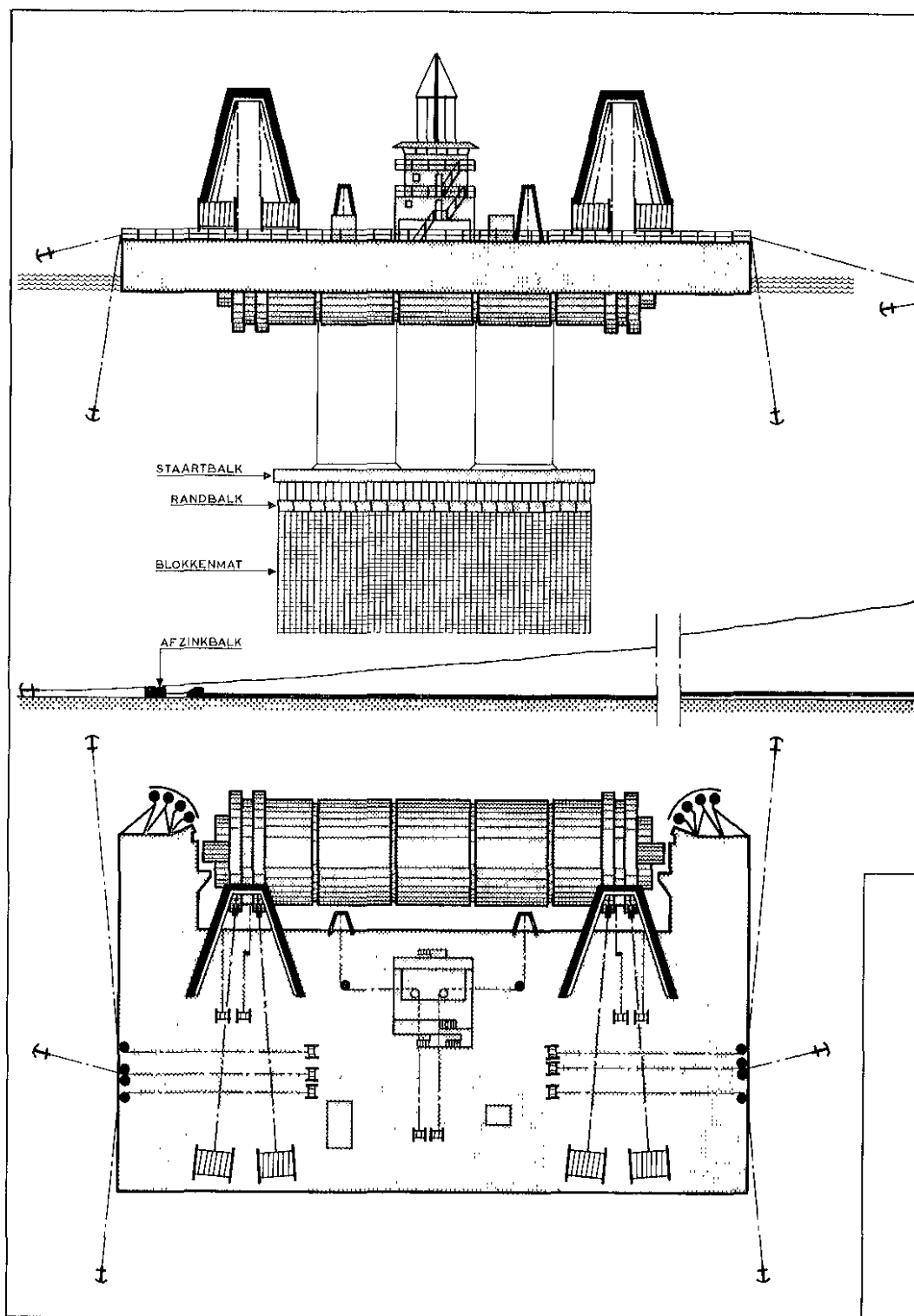
De blokken die men op het filterdoek stort, zijn 17 cm hoog, en hebben een zodanige breedte en lengte, dat 50% van het filterdoek met blokken is bezet. Het gewicht van de op deze wijze aangebrachte vaste ballast bedraagt 200 kg/m².

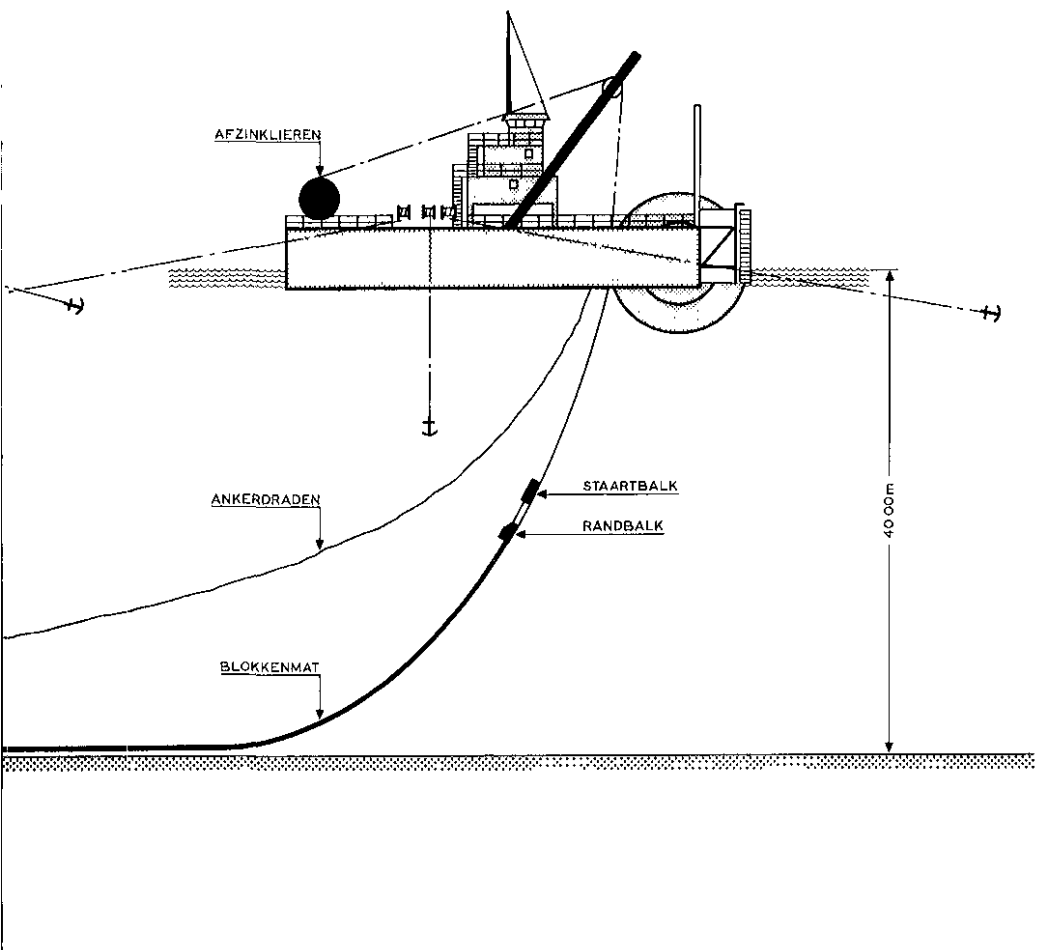
Toch wordt de blokkenmat nog nabestort, met

als doel tegen te gaan dat het filterdoek tussen de betonblokken bij hoge stroomsnelheden en sterke turbulenties gaat klapperen.

Productie- en zinkmethode

Zoekend naar een rationele methode van fabricage en afzinken van een bodembescherming van blokkenmatten, heeft men enige tijd met het idee gespeeld, om de fabricage te doen plaatsvinden in een drijvende fabriek, die telkens zou worden verankerd waar de bodembescherming moest worden neergelegd en die dan alle werkzaamheden van productie en afzinken in combinatie zou kunnen uitvoeren. Toch is die gedachte reeds spoedig verlaten. De te verwachten productie is namelijk te gering om de grote investeringen te rechtvaardigen. Bovendien kan zo'n fabriek geen stukken in voorraad maken; bij slecht weer ligt dus het hele bedrijf stil. Er is derhalve gekozen voor een fabriek op de vaste wal, zij het onmiddellijk aan de waterkant. De fabriek is gebouwd aan de werkhaven Sophiapolder op de Noordbevelandse wal. Wanneer een blokkenmat in de fabriek in etappes is opgebouwd, wordt hij vanaf het werkterrein opgerold op een grote drijvende cilinder met een lengte van 45,20 m en een diameter van 10 m. Deze rol wordt met blokkenmat en af naar de zinkplaats gesleept, en daar met de uitstekende aseinden gekoppeld aan een reeds gestelde zinkponton. Vervolgens wordt aan het einde van de mat een afzinkbalk bevestigd, die de mat naar de bodem drukt. Door de zinkponton te verhalen wordt de cilinder steeds verder afgerold; via de koppeling is het daarbij mogelijk de rol aan te drijven of af te remmen. Het zinkbedrijf wordt minder kwetsbaar wan-





neer men met twee rollen werkt. Ook de continuïteit van het bedrijf verbetert daardoor. De capaciteit van het hele bedrijf wordt bepaald, niet door de snelheid die men bij de fabricage kan bereiken, maar door het tempo van verwerking. De hoeveelheid beschikbare zinkdagen en het aantal gunstige tijdstippen spelen daarbij een belangrijke rol. De matten moeten omstreeks de kentering, en bij voorkeur tijdens de L.W.-kentering, worden afgezonden. Gegevens omtrent de werkbaarheid met dit type mat ontbreken nog; gezien de uit te voeren manoeuvres en de ervaringen die men al bij proefnemingen heeft opgedaan, waarbij golfhoogten tot $\frac{1}{2}$ m aanvaardbaar bleken, mag men wat dit betreft vrij optimistisch wezen. Bij normale werktijden zal één ploeg gemiddeld per week 3 stukken van 200 m lang kunnen afzinken.

Fig. 1. Voor-, zij- en boven-aanzicht van de afzinkponton

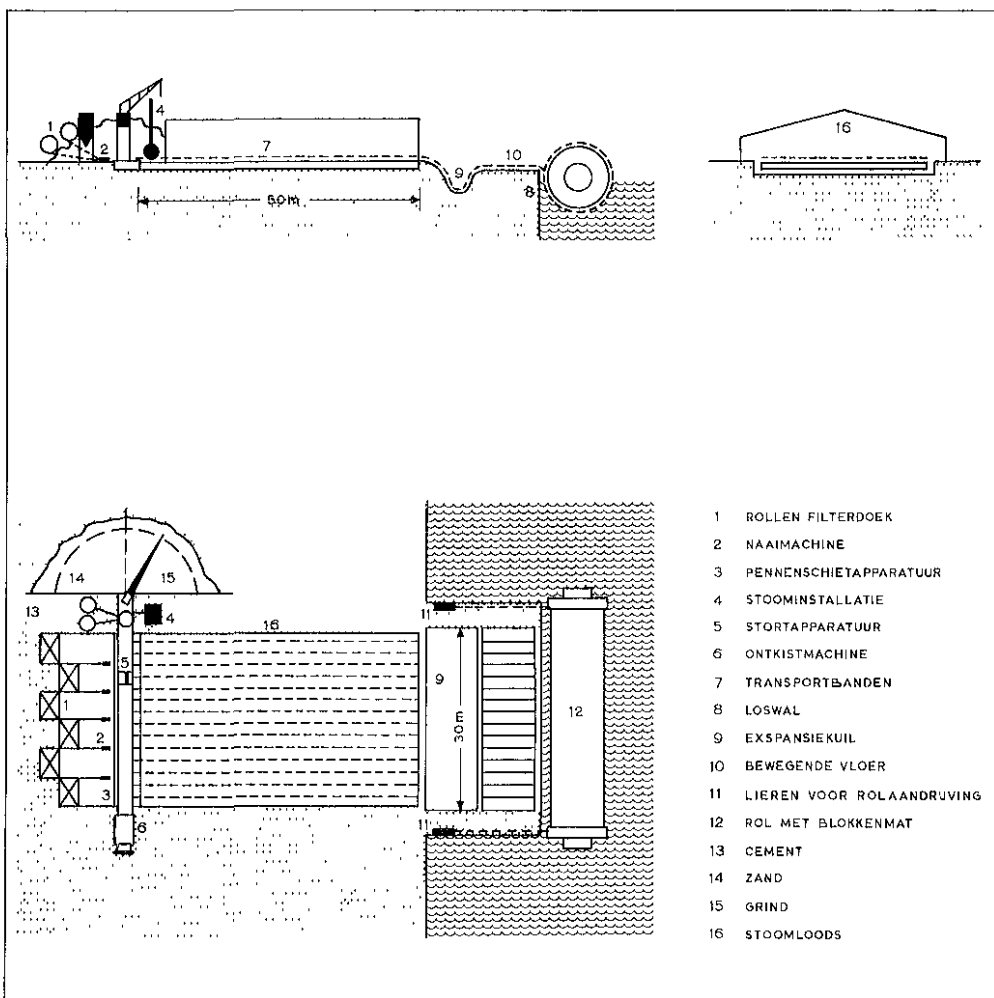
Om dit tempo bij te houden moet de fabriek 14 strekkende meter blokkenmat per uur fabriceren. Een blokkenmat vergt bij die snelheid een fabricagetijd van ongeveer anderhalve dag. De fabriek kan echter ook elke dag een mat afleveren, en dan kunnen er twee ploegen ingezet worden voor het afzinken. Elke 24 uur zou er dan een mat naar de bodem gaan.

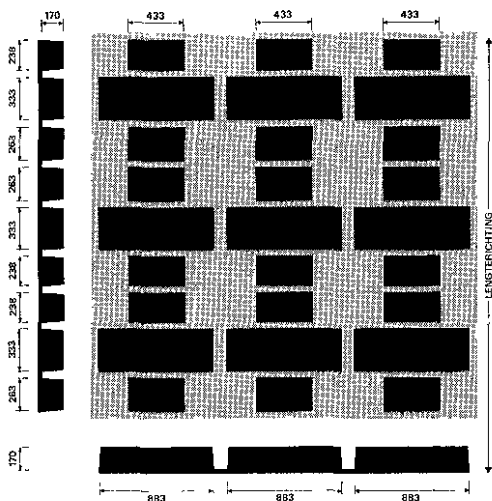
De fabricage van deze matten geschiedt volgens een lopende band-systeem, waarbij de blokkenmat in etappes wordt opgebouwd en onmiddellijk op de zinkrol wordt opgerold. Aan het begin van de lopende band worden de rollen filterdoek in een zodanige positie geplaatst, dat ze, mits gelijktijdig afgerold, de volledige breedte vormen van de op te bouwen blokkenmat.

Door het begin van deze nieuwe banen vast

Fig. 2. Patroon van de vaste betonballast op de bodemmat.

Fig. 3. Overzicht van de fabriek voor de fabricage van blokkenmatten.



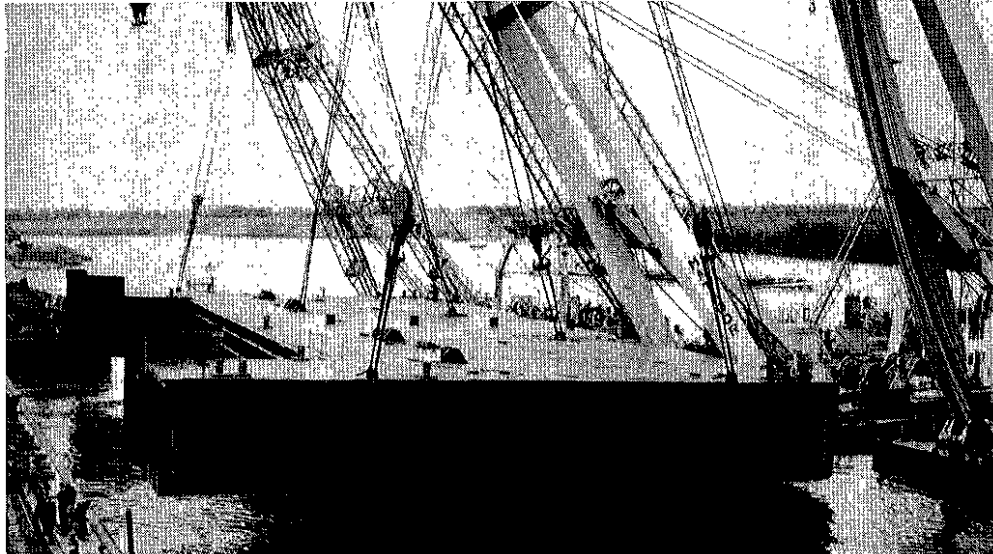


beladen. Bij hoogwater echter, wanneer de blokkenmat 7 m boven het werkterrein op de rol gebracht moet worden, schiet de lierkracht te kort om de mat naar zich toe te trekken. Door een gedeelte van de vloer op het werkterrein tussen de fabriek en de zinkrol beweegbaar te maken, verkleint men echter de weerstand die de mat op weg naar de zinkrol ondervindt. Zo volstaat de normale lierkracht toch om de zinkrol te beladen.

Materieel

De afmetingen van het afzinkmaterieel zijn afhankelijk van de omstandigheden waaronder de blokkenmatten aan de bodem moeten kunnen worden gebracht en de afmetingen der zinkstukken. Omgekeerd worden de maximale afmetingen van de blokkenmatten weer bepaald door de technische mogelijkheden van het materieel. Bij het ontwerpen van het materieel is voorts natuurlijk gebruik gemaakt van, en rekening gehouden met de ervaring die in voorgaande jaren werd opgedaan met de huidige zink- en verankeringsystemen. Als maatgevende omstandigheid waarbij moet worden gezonken heeft men een waterdiepte van 40 m aangenomen, een stroomsnelheid van 1 m/sec en een maximale golfhoogte van 0,5 m. De bepaling van de krachten op de blokkenmat en de ponton zijn gebaseerd op de door het Waterloopkundig Laboratorium en het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation verstrekte resultaten van onderzoeken in modellen; daarbij gold als criterium, dat de ponton met gedeeltelijk afgerolde blokkenmat een stroomsnelheid kon weerstaan van 1,7 m/sec, en de verankerde ponton alleen een stroomsnelheid van 2 m/sec. Op grond van bovenstaande onderzoeken zijn de maximale afmetingen van het zinkstuk bepaald op 29,50 x 200 m. Het benodigde materieel bestaat uit een zinken afrempontoon en een aantal zinkrollen. De ponton dient om de rol waarop de blokkenmat is aangebracht, tijdens het afrollen op de juiste plaats te houden en de blokkenmat met de gewenste snelheid af te voeren. De rollen bestaan uit een inwendig versterkte plaatstalen cilinder, waarvan de kopeinden geschikt zijn gemaakt voor het aankoppelen van de rol aan de ponton, het bevestigen van de afzinkkabels en de beladingskabels, en het stabiliseren van de rol in de gewenste stand. De ponton, die dwars op de stroom wordt verankerd, is aan één zijde voorzien van een uitsparing waarin de zinkrol kan worden gemanoeuvreerd om de verbinding tussen ponton en rol tot stand te brengen. De uitstekende aseinden van de rol worden

te maken aan het eind van de reeds in de fabriek aanwezige mat, wordt de nieuwe mat vanzelf door het in werking zijnde proces in de fabriek gevoerd: de eerste mat trekt de tweede mat de fabriek in. Nadat de banen in de fabriek in breedterichting aan elkaar zijn genaaid, worden er vervolgens langs onderen kunststofnagels ingeschoten. Op het aldus regelmatig ingeschoten patroon van kunststofnagels wordt bij 80 graden C het beton voor de vaste ballast gestort in de vorm van het roosterwerk. Is het beton voldoende verdicht dan kan het onmiddellijk ontstort worden. De samenhang met de mat is dan echter nog zo zwak, dat het niet gewenst is de mat in dit stadium van vervaardiging aan het filterdoek verder door de fabriek te trekken. Daarom wordt de blokkenmat totdat het beton voldoende verhard is, door middel van een beweegbare palletvloer verder gevoerd. De verhardingstijd brengt men terug door het gestorte beton vervolgens door een stoomloods te leiden, waar een temperatuur heerst van 80° C. Heeft de verharding plaats gevonden, dan kan de mat de fabriek verlaten. Met de regelmaat van de klok wordt op deze wijze iedere 8 minuten, gedurende 30 seconden, 2 m blokkenmat uit de fabriek gestoten. De zinkrol kan die stootproductie echter niet rechtstreeks verwerken. Om de mat met meer regelmaat om de zinkrol te brengen, wordt de fabrieksproductie eerst in een kuil gedeponeerd waardoor de met lieren aangedreven zinkrol ruimer tijd krijgt de blokkenmat naar zich toe te trekken. Onder normale omstandigheden wordt de zinkrol met lieren gewenteld, en zo met de mat



Het casco van de ponton wordt tewatergelaten

na het invaren opgesloten tussen aanslagen, waarvan de buitenste kunnen worden verwijderd om het invaren mogelijk te maken. Deze koppeling – ontleend aan ervaringen met het koppelen van caissons – laat slechts geringe horizontale bewegingen van de twee vaartuigen ten opzichte van elkaar toe; maar verticaal kunnen ze volledig onafhankelijk van elkaar bewegen. Dit laatste is noodzakelijk omdat de rol tijdens het afrollen van de mat langzamerhand omhoog komt.

Wanneer de rol aan de ponton is gekoppeld worden aan elke zijde twee afremkabels aan de rol bevestigd; tijdens het afrollen nemen zij de krachten op die ten gevolge van gewicht en stromingsdruk door de mat worden uitgeoefend. De lieren voor deze afremdraden kunnen gezamenlijk een trekkracht leveren van 400 ton. Voor het op de juiste plaats brengen van de kop van het zinkstuk wordt een afzinkbalk aan de mat bevestigd, die met van tevoren gestelde en voorgetrokken ankers op zijn plaats wordt gehouden. De afmetingen van de ponton bedragen 60,90 x 34,29 x 4,88 m, terwijl de hoogte van de opbouw boven de waterlijn 22 m bedraagt. De diepgang van de rol met blokkenmat bedraagt 8 m.

Op de ponton worden zes anker/verhaallieren opgesteld waarmee nauwkeurig in een van tevoren vastgestelde baan kan worden verhaald. Alle lieren op de ponton worden bediend vanuit het centraal opgesteld bedieningshuis, waar ten behoeve van de manoeuvres ononderbroken informatie binnenkomt omtrent kracht, uitgevierde draadlengte en afvier- en oprolsnelheid van de lierdraden.

Om de ponton met gelijkblijvende snelheid in een van tevoren vastgestelde rechte baan te verhalen, moeten richting en afstand ten

opzichte van de wal tijdens het zinken regelmatig worden gecontroleerd, zodat de koers zonodig kan worden gecorrigeerd. Hiervoor is een geheel nieuw plaatsbepalingssysteem ontwikkeld, gebaseerd op het principe van de Laserstraal. De metingen van deze wallinstallatie worden met een computer gecodeerd en telemetrisch naar de ponton overgeslemd. Op de ponton worden de ontvangen gegevens gedecodeerd en in eenvoudige vorm weer gegeven.

De ligging en positie van de blokkenmat onder water kunnen in de commandohut zichtbaar gemaakt worden door middel van een onder de ponton aangebracht verplaatsbaar echolood. Indien nodig kan de ligging van de blokkenmat zolang hij verbonden is met de zinkbalk, alsnog worden gecorrigeerd.

De tot nu toe uitgevoerde proeven hebben voldoende gegevens opgeleverd om de technische uitvoerbaarheid van de zinkmethode positief te kunnen beoordelen.

Omstreeks het midden van september werd de openbare aanbesteding gehouden van de werken die worden uitgevoerd als eerste fase van de inrichting van de Plaat van Oude Tonge voor de oeverrecreatie. Deze plaat, waarover een gedeelte van de Grevelingendam is aangelegd, vormt, voorzover hij aan de meerzijde van de dam ligt, het enige gebied van behoorlijke omvang dat in het oostelijke deel van de Grevelingen is drooggevallen.

De inrichting van de Plaat van Oude Tonge in het Grevelingenmeer

De eerste fase van de werken omvat in hoofdzaak de uitvoering van het grondwerk en van de oeververdediging; in de tweede fase zullen de ontsluitingsweg en de overige recreatieve voorzieningen, zoals parkeerplaatsen en toiletgebouwtjes, aan de orde komen. Het gebied zal naar verwachting in het voorjaar van 1975 voor het publiek kunnen worden opengesteld; het zal het eerste grote recreatieproject zijn dat door het Rijk binnen het raam van het voor het Grevelingenbekken in het leven geroepen interdepartementale samenwerkingsprogramma tot stand wordt gebracht.

Op het eerste gezicht zal het wellicht verwondering wekken dat juist het oostelijke deel van het Grevelingenmeer werd uitverkoren voor het eerste recreatieproject van formaat, terwijl de recreatietrek toch in hoofdzaak zal zijn gericht op het aan de kustzone grenzende westelijke deel. Een viertal motieven heeft echter tot deze keuze geleid.

In de eerste plaats de overweging dat de Plaat van Oude Tonge zich uitstrekt langs de Grevelingendam. De autoweg op deze dam maakt deel uit van een verkeersader die momenteel de belangrijkste wegverbinding vormt tussen de zuidelijke vleugel van de Randstad en het Grevelingenmeer en de overige recreatiegebieden in het middendeel van de Delta. Waar deze verkeersstroom het recreatiegebied bereikt dienen de mogelijkheden om recreanten op te vangen te worden benut. Aan het vroegtijdig scheppen van mogelijkheden voor openluchtrecreatie op de Plaat van Oude Tonge moet daarom grote waarde worden toegekend.

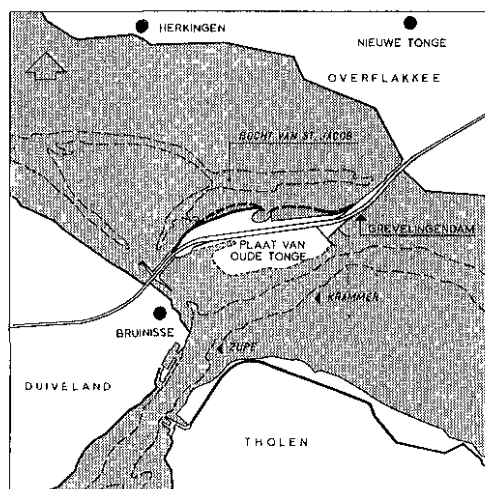
Met de ligging aan een belangrijke weg hangt samen dat in toenemende mate reeds sponstaan recreatief gebruik wordt gemaakt van

het gebied, waardoor allerlei onveilige verkeerssituaties ontstaan op de Grevelingendam. Op sommige mooie dagen zijn in de afgelopen zomer reeds 1100 recreanten en 300 auto's geteld op en nabij de Plaat van Oude Tonge. De auto's worden behalve op de plaat zelf ook geparkeerd langs de aan de andere zijde van de autoweg gelegen weg voor langzaam verkeer en steeds meer ook op de bermen van de autoweg zelf. Dit parkeergedrag en ook het daaruit voortvloeiende oversteken van voetgangers, waaronder veel kinderen, veroorzaakt tal van gevaarlijke verkeerssituaties. Slechts door het nieuwe gebied rechtstreeks vanaf de autoweg bereikbaar te maken kan in deze situatie op bevredigende wijze worden voorzien.

Een tweede argument voor vroegtijdige uitvoering van de voorgenomen werken ligt in het feit dat de Plaat van Oude Tonge door zijn geëxponeerde ligging op het noordwesten sterk te lijden heeft van aantasting door golven. De hiermee samenhangende problematiek kwam reeds uitvoerig ter sprake in Bericht 62 (november 1972). Om te voorkomen dat een deel van het in te richten terrein verloren gaat is een spoedige verdediging tegen oeverafslag noodzakelijk. Deze oeververdediging moet bij voorkeur tot stand worden gebracht in samenhang met de overige inrichting van het gebied.

Tenslotte is in aanmerking genomen dat in het westelijke deel van het Grevelingenmeer in 1972 door de voltooiing van de Brouwersdam reeds een nieuwe recreatiezone ter beschikking is gekomen voor enkele duizenden recreanten. Het uitgestrekte strand aan de buitenzijde van de Brouwersdam is bereikbaar via de weg over de buitenberm, die er onmid-

Fig. 1. De Plaat van Oude Tonge, gelegen aan weerszijden van de Grevelingendam



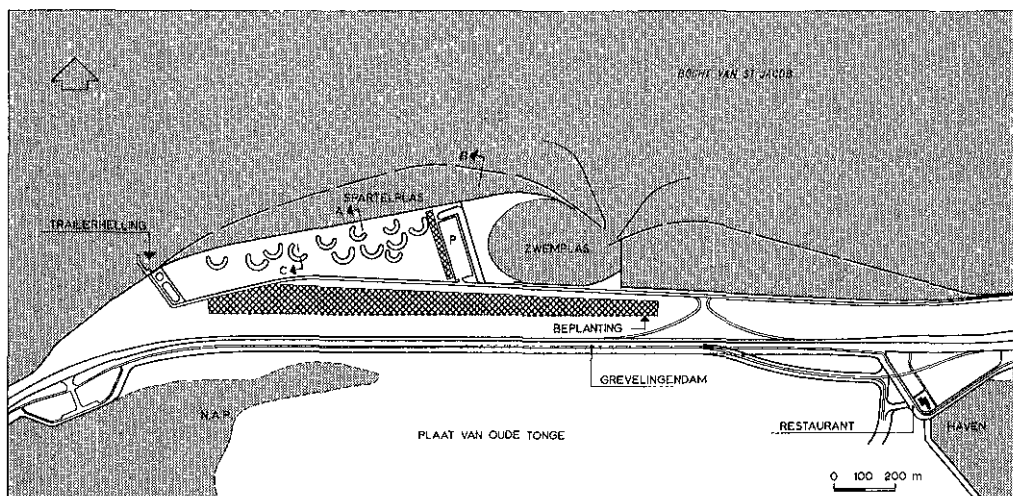
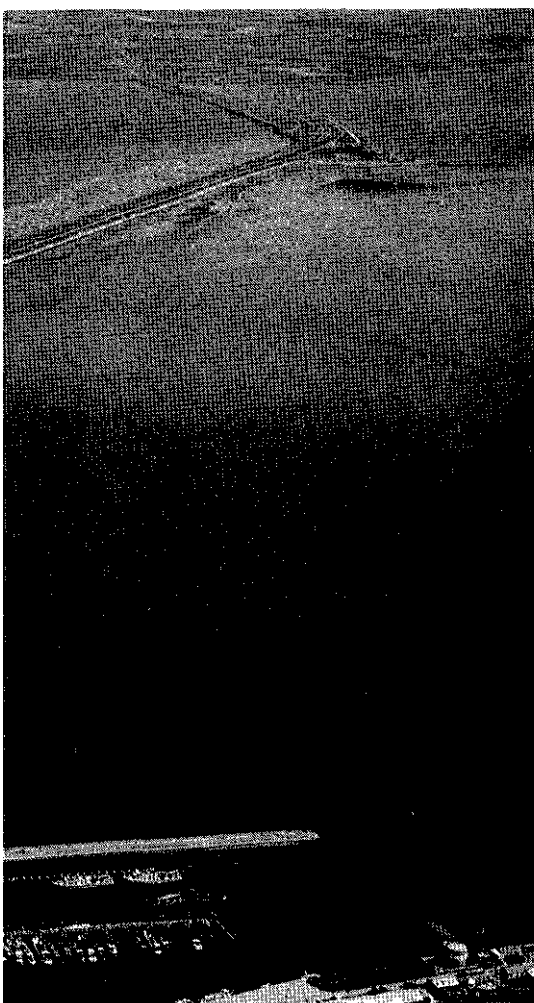
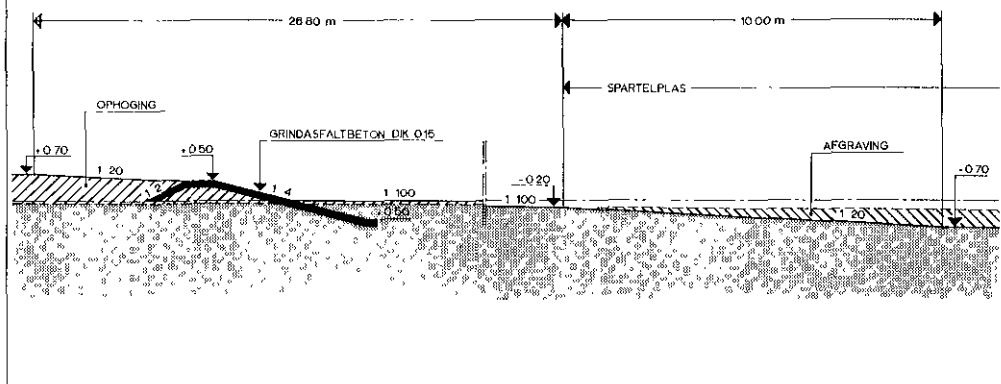


Fig. 2. Overzicht van het uit te voeren werk



dellijk langs voert, terwijl de zone langs de binnenzijde eveneens door een aparte weg met vele parkeerplaatsen en twee boottrailerhellingen is ontsloten. Ook voor het uitgestrekte oevergebied van de Punt van Goeree zijn de eerste noodzakelijke voorzieningen reeds getroffen, in de vorm van een oeververdediging en een parkeerterrein voor 500 auto's. Voor een evenwichtige ontwikkeling van de openluchtrecreatie in het Grevelingenmeer is het gunstig dat nu ook in het oostelijk deel recreatieve voorzieningen tot stand worden gebracht.

Het drooggevalen deel van de Plaat van Oude Tonge heeft een oppervlakte van rond 70 ha en een lengte van bijna 3,5 km. De bodem bestaat er uit fijn slibhoudend zand; hij ligt betrekkelijk laag: slechts over een oppervlakte



van 15 ha reikt hij hoger dan N.A.P. + 0,50 m. Tussen de plaat en het diepere water bevindt zich een uitgestrekte ondiepe zone. Hoewel het gebied al door vele oeverrecreanten is ontdekt, moet het – vooral vanwege de laaggelegen, drassige bodem – ongeschikt worden geacht voor enkele uren verpozing. Het voor de recreatie in te richten deel zal daarom worden opgespoten tot N.A.P. + 0,70 m. Vanwege zijn betrekkelijk geringe breedte zal de plaat worden ingericht als openbaar oeverterrein. De tamelijk lange oever kan daarbij een grote variatie verkrijgen, zodat verschillende aspecten van de recreatie tot hun recht kunnen komen. In het plan is geen plaats ingeruimd voor accommodaties voor de verblijfsrecreatie, zoals campings of bungalowparken. Een en ander sluit aan op de door de regering als uitgangspunt aanvaarde inrichtingsschets voor het Grevelingenbekken die in 1967 door de Commissie Inrichting Delta-wateren werd vervaardigd (Bericht 45, augustus 1968).

De inrichting van het gebied is afgestemd op intensieve bezetting in het centrale deel en meer verspreid gebruik westelijk daarvan; het oostelijke deel verkrijgt meer het karakter van een natuurgebiedje.

In het centrale deel kan men weer twee delen onderscheiden: enerzijds een oeverstrook langs de westrand van een ruime baai, die is ontworpen ter plaatse van een bestaande ondiepe inham; en anderzijds een oeverstrook langs het open water van de Grevelingen, die tegen aantasting door golven en stroom verdedigd wordt door een onderbroken grinddam een eindweegs uit de oever op de dieptelijn van N.A.P. – 0,70 m en een aanvullende ver-

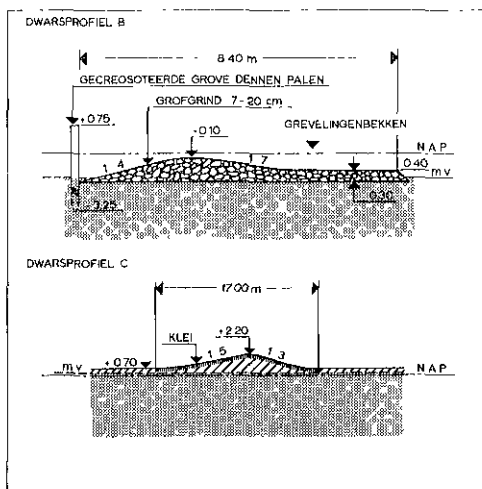
dediging van grindasfaltbeton langs de droge oever.

De bodem van de baai verloopt vanaf de oeverlijn onder een helling van maximaal 1 : 50 naar een diepte van 1,80 m; de baai is daardoor geschikt voor gebruik door kleine kinderen en minder geëfende zwimmers. De langs de andere oeverstrook achter de grinddam gelegen ondiepe vooroever, – maximaal 100 m breed – biedt een ruime speelgelegenheid voor kinderen. Meer geëfende zwimmers kunnen via de openingen in de grinddam dieper water bereiken.

Westwaarts verenigen de beide delen van de oeververdediging, de grinddam en de asfaltglooiing, zich tot één geheel. Over een afstand van rond 500 m vormt de verdediging daar de begrenzing van een waterzone die zich voortdurend zal verdiepen, totdat een diepte van wellicht N.A.P. – 1,50 m is bereikt. De moeilijk begaanbare verdediging zal het te water gaan beperken. Deze oever zal daardoor rustiger blijven en wellicht geschikt zijn voor hengelars. Ook is hier een trailerhelling ontworpen voor het te water laten van bootjes.

Het oostelijke deel van de plaat wordt aan de natuur overgelaten, het bestaat uit nauwelijks drooggevalen grond en ondiep water. Waterwaarts moet dit gebied worden vastgelegd door een grinddam, waarin op enige plaatsen verlagingen zijn aangebracht ten behoeve van de verversing van het water achter de dam. De oeververdedigingen zijn ontworpen naar analogie van de in het Veerse Meer gebruikelijke constructies. De algemene principes daarvan zijn uiteengezet in reeds genoemd Bericht 62.

Fig. 3 (links en rechts). Dwarsprofielen A, B en C van fig. 2



Bij noordwesterstorm moet in dit deel van het Grevelingenmeer met een opwaaiing van 30 cm rekening worden gehouden. De hoogte van de oeververbindingen is daarop afgestemd. Bij de grinddammen is aan de Grevelingenzijde een helling van 1 : 7 aangehouden. Blijkt deze helling voor het te gebruiken grind 7/20 cm bij de te verwachten golfaanval niet voldoende te zijn, dan kan na enige jaren op de dan verlaagde grinddam een rug van lichte stortsteen worden aangebracht. In het centrale deel en in de mond van de baai zijn de binnenzijde van de grinddam en de openingen daarin door palen gemarkeerd, ten gerieve van baders en zwimmers.

Aan de oostzijde van de baai zijn beperkte voorzieningen getroffen voor de watersport, in de vorm van een aanlegsteiger met een nuttige lengte van 40 m, die tevens dienst kan doen als zwemsteiger en als vissteiger. De grinddam aan de oostzijde van de baai zal ter wille van de bereikbaarheid van de steiger vanaf de landzijde zo vlak mogelijk worden afgewerkt en worden gepenetreerd met asfalt-emulsiebeton. Het voor de ophoging van de plaat benodigde zand kan deels worden ontleend aan de baai en de vooroever, en overigens aan een zandwinplaats in de omgeving.

Vanwege het toekomstige autosnelwegkarakter van de weg over de Grevelingendam moet de ontsluiting van het gebied worden gecombineerd met de bestaande ontsluitingsweg van het meer oostelijk gelegen segmentvormige oeverterrein. Beide gebieden hebben een betrekkelijk geringe breedte, zodat kan worden volstaan met een doorgaande langsontsluiting. Thans heeft de autoweg op het punt waar het bestaande segment aansluit op het

nieuwe project een gelijkvloerse verbinding met de weg voor langzaam verkeer, met daaraan gelegen een wegrestaurant en het segmentvormige recreatieterrein. Ter plaatse van deze kruising heeft de hoofdweg twee rijbanen. De nieuwe ontsluitingsweg van de Plaat van Oude Tonge is nu ontworpen als voortzetting van de bestaande weg op het segment. Daarmee zou dan tevens voorzien zijn in de aansluiting van het nieuwe gebied op de autoweg en op de parallelweg aan de andere zijde. De vraag rijst evenwel of het, gezien de toeneming van het verkeer over de Grevelingendam, verantwoord is de gelijkvloerse kruising te handhaven wanneer aan het bestaande recreatiegebied een nieuw en attractief element wordt toegevoegd. In het ontwerp van de tweede fase van het project, de ontsluiting van het gebied en de aansluiting op de autoweg, is er daarom voorhands van uitgegaan dat het gewenst zal zijn de bestaande kruising op te heffen en te vervangen door een gedeeltelijk ongelijkvloers knooppunt.

Wanneer dit ongelijkvloerse knooppunt wordt uitgevoerd, moet tegelijk het overige deel van de autosnelweg op de Grevelingendam worden verdubbeld. De ondertunneling van deze weg, alsmede het zuidelijk paar spruitwegen van het knooppunt, vereisen een plaatselijke omlegging van de weg voor langzaam verkeer en van het waterkerende gedeelte van de Grevelingendam in zuidelijke richting. De plaats van het knooppunt wordt in hoge mate bepaald door het bestaande wegrestaurant en moet voorts worden afgestemd op de hoofdontsluiting van het aan de andere zijde van de Grevelingendam gelegen deel van de Plaat van Oude Tonge, dat nu nog door het

getij wordt bespoeld, maar dat na de afsluiting van de Oosterschelde voor nadere inrichting beschikbaar zal komen.

De ontsluitingsweg van het nieuwe gebied zou bij een voortzetting van de baanverdubbeling van de autoweg voorbij Bruinisse eveneens kunnen worden doorgetrokken naar de westelijk van Bruinisse ontworpen recreatie-elementen.

Op grond van een globale raming verwacht men dat het onderhavige gebied omstreeks 1980-1985 op een mooie zomerzondag rond 3000 recreanten zal kunnen opvangen en omstreeks het jaar 2000 zelfs het dubbele. In het centrale deel van het gebied waar de meeste recreanten kunnen worden verwacht is nabij de baai een parkeerterrein ontworpen voor 550 auto's; overigens kunnen de bezoekers parkeren op de bermen van de ontslui-

heid worden aangelegd. Voor meerdere beschutting van de oeverrecreanten is in het centrale deel een twaalfstal halfcirkelvormige grondruigen ontworpen, waarvan de taluds gedeeltelijk met struikgewas zullen worden beplant.

Tegelijk met de uitvoering van de tweede fase van het project zullen de overige recreatieve voorzieningen tot stand worden gebracht: sanitaire voorzieningen, horecavoorzieningen, afvalbakken, bromfietsen- en fietsenstallingen en drijflijnen voor het afbakenen van diepere watergedeelten. Deze voorzieningen zullen geleidelijk tot stand kunnen worden gebracht al naar de behoefte daaraan blijkt te groeien. Wat betreft de sanitaire voorzieningen zal worden begonnen met de installatie van 12 toiletten en 6 douches verdeeld over een drietal gebouwtjes. In het nabij het centrale



Recreatie aan het Grevelingenmeer

tingsweg, die daartoe plaatselijk zouden kunnen worden verhard.

In overeenstemming met het open en wijde landschap is de beplanting zo summier mogelijk gehouden. Nabij de baai en het parkeerterrein, en ook langs de zuidzijde van de ontsluitingsweg, zijn enige beplantingsstroken ontworpen. Tussen de Grevelingendam en de beplantingsstrook langs de weg kan, na geblesene behoefte, aanvullende parkeergelegen-

parkeerterrein te stichten hoofdgebouwtje zal tevens een dienstruimte worden ingericht voor het toezichthoudend personeel. Dit gebouwtje wordt zodanig opgezet dat er naderhand een verkoopruimte voor consumpties en andere benodigheden aan kan worden toegevoegd.

Het thans tot stand te brengen project biedt een goede uitgangssituatie voor de verdere ontwikkeling van de recreatie langs de Grevelingendam. De wijze waarop een en ander zich gaat voltrekken, zal sterk afhangen van de overige ontwikkelingen in het oostelijke deel van het Grevelingenmeer. Daarbij speelt onder meer de mogelijke aanleg van een spaarbekken voor de drinkwatervoorziening een belangrijke rol; daarvan zou een sterke stimulans uit kunnen gaan voor een intensivering van de recreatieve ontwikkeling.

Plaatval in de Roggenplaat

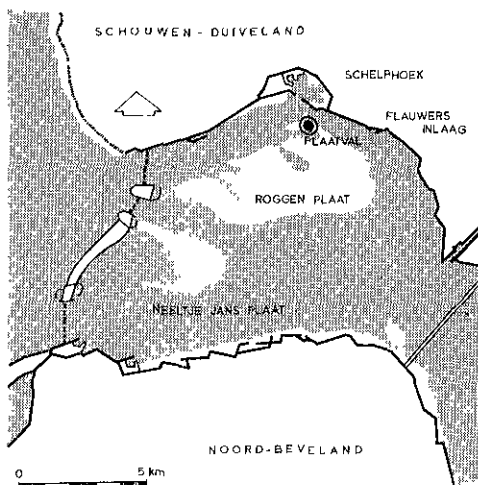
In het weekeinde van 6 op 9 april 1973 trad een plaatval in de Oosterschelde op en wel aan de noordzijde van de Roggenplaat, tegenover de oostelijke havendam van de Schelphoek.

De val werd geconstateerd door personeel van de Visserij-inspectie, dat ter plaatse mosselpercelen had uitgezet. Op 10 april 's avonds werd de meetdienst van de Rijkswaterstaat te Zierikzee op de hoogte gesteld. Op 12 april verrichtte deze dienst ter plaatse van de val een peiling. Omdat in het betreffende gebied in het verleden alleen overzichts-peilingen hadden plaatsgevonden, werd het aantal meetraaien voor dit geval verdubbeld. Bij de peilingen is gebruik gemaakt van het radiografisch plaatsbepalingssysteem Decca. De daarbij gebruikelijke raaiafstand van ongeveer 180 m was teruggebracht tot ongeveer 90 m.

De laatste peilingen vóór het optreden van de hier besproken val hadden plaatsgevonden in de nazomer van 1971. De val, zo blijkt uit vergelijking der peilingen, is in hoofdzaak opgetreden in de raaien C 3.20; C 3.45 en C 3.70 met als centrum raai C 3.45; het bij de val verplaatste zand heeft zich voornamelijk in noordwaartse richting bewogen en is terechtgekomen in de diepe put van de Hammen. Deze diepe geul had aanvankelijk een diepte van ruim 52 m; door de val werd die teruggebracht tot ruim 30 m. De totale verdieping bedroeg 1 260 900 m³, verspreid over een oppervlakte van 180 900 m², hetgeen een gemiddelde diepte van 7 m impliceert, met als maximum een verdieping van 12,8 m, geconstateerd in raai C 3.45. De totale verondieping van de put in de Hammen bedroeg 1 075 900 m³ over een oppervlakte van 128 700

m², hetgeen neerkomt op een gemiddelde verondieping van 8,40 m. Hier is de maximale in raai C 3.45 opgetreden verondieping 21 m. Uit bovenstaande gegevens blijkt dat van de afgeschoven hoeveelheid specie 85% is teruggevonden in de geul. Dat is bijzonder veel; in de meeste gevallen wordt een aanzienlijk geringer deel van de verplaatste specie in de aangrenzende geul teruggevonden.

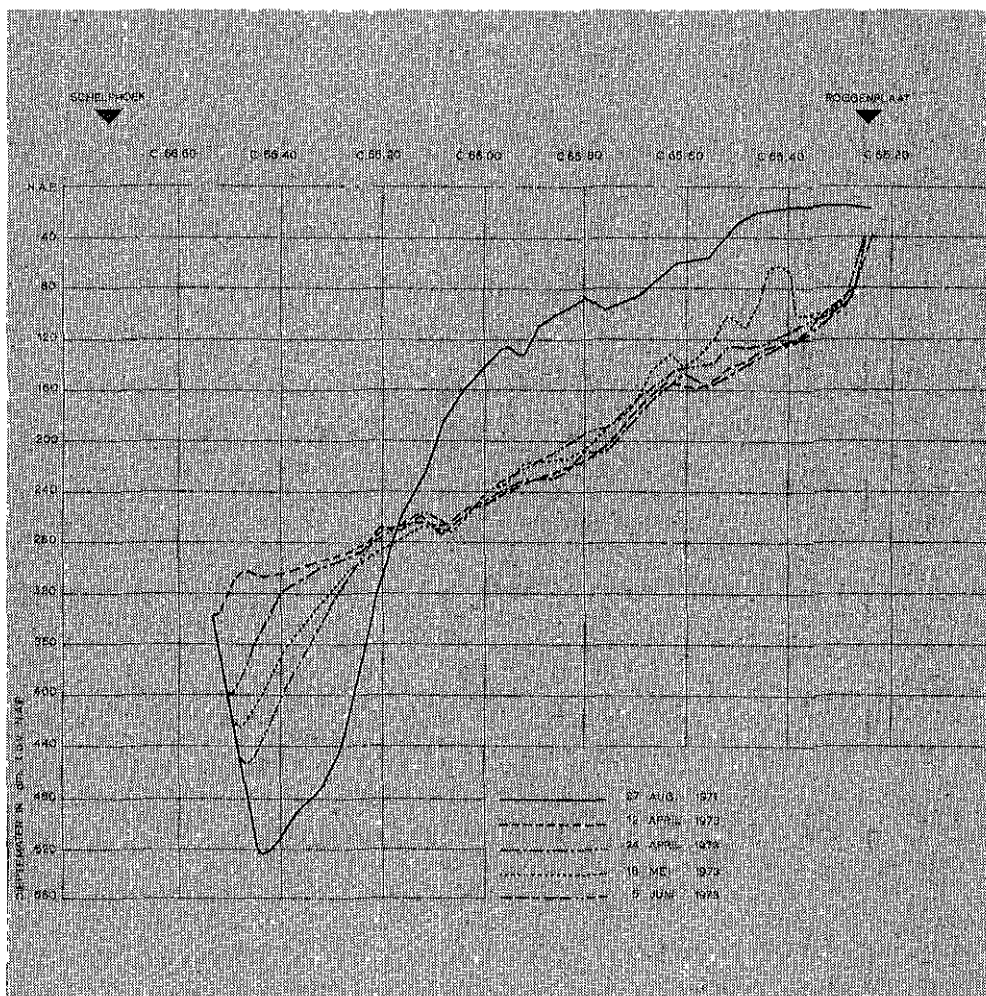
Fig. 1. Situatie van de plaatval in de Roggenplaat, tegenover Schelphoek



Aangezien werd verwacht dat een groot deel van het in de geul terechtgekomen zand weer zou eroderen ten gevolge van de ter plaatse optredende stroomsnelheden, zijn de peilingen ter plaatse van de val met regelmatige tussenpozen herhaald, en wel op 24 april, 18 mei en 5 juni 1973. Om enige indruk te geven van de veranderingen zijn in figuur 2 de resultaten van alle peilingen in de periode 27 augustus 1971–5 juni 1973 van raai C 3.45 in profiel weergegeven.

Uit vergelijking van de proefielen van 12 april 1973 (de eerste peiling na de val) met die van 5 juni 1973 (laatste peiling) blijkt dat inmiddels ter plaatse van de val weer aanzanding heeft plaatsgevonden. Teneinde de oorzaak van de val te bepalen

Fig 2 Profielen in raai C 3.45 voor en na de plaatval



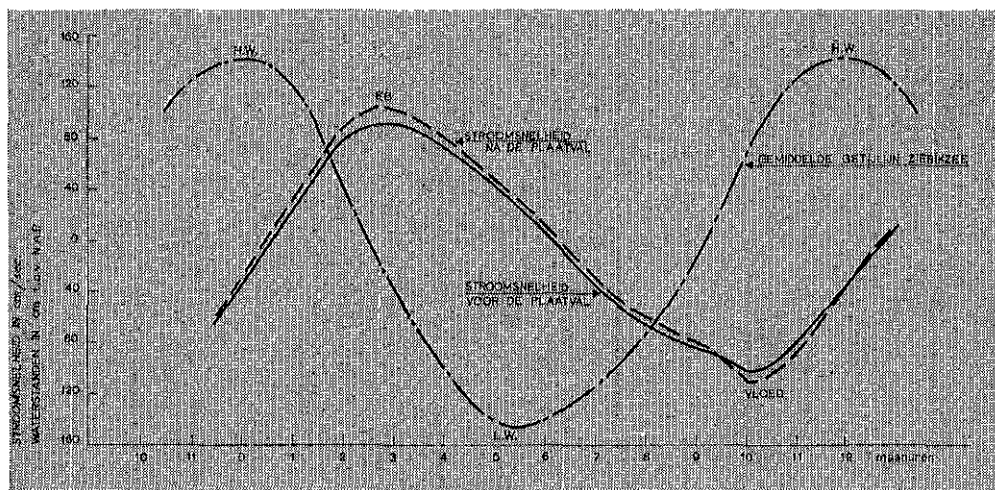
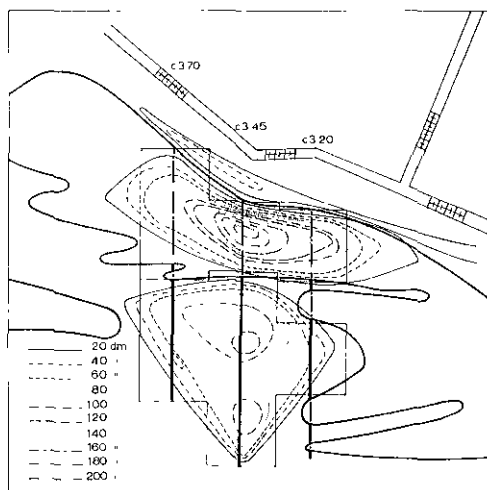


Fig. 3. Stroomsnelheden en waterstanden in de Hammen voor en na de plaatval

Fig. 4. Balans van de verdiepingen en verondiepingen ten gevolge van de plaatval
Getrokken lijnen: verdieping
Gebroken lijnen: verondieping



wordt een grondmechanisch onderzoek verricht waarover in het tweede gedeelte van dit artikel reeds enige, zij het noodgedwongen, voorlopige opmerkingen worden gemaakt. Eerst geven we echter een kort overzicht van de hydraulische veranderingen. Voor dijkpaal 37 van de voormalige Heertjesinlaag is in de jaren 1860–1880 een oeverwerk aangelegd. Dit werk vormt met de langs de Heertjesinlaag (thans Schelphoekhaven) en de Flauwersinlagen gelegde zinkstukken een aaneengesloten oeververdediging, waardoor de opdringende stroomgeul op veilige afstand uit de waterkering kon worden gehouden. Nadat in 1957 in dit oevergedeelte een dijkval had plaatsgevonden, vreesde men dat de genoemde oeverwerken door afschuivingen zouden kunnen worden ondermijnd en dat daardoor op de duur ook de waterkering

gevaar zou gaan lopen. Daarom is een globaal onderzoek ingesteld naar de getijstroom in dit oevervak. In mei 1966 zijn in de Hammen drijfvermetingen verricht om het stroombeeld te bepalen bij maximale vloed- en ebstroom. Voorts zijn tijdens drijfvermetingen in één meetpunt de stroomsnelheden gedurende een volledig getij gemeten op zeven punten in de verticale. In datzelfde meetpunt zijn de stroomsnelheden opnieuw gemeten kort na de plaatval op de Roggenplaat in april 1973. De bodem die ter plaatse van het meetpunt aanvankelijk op N.A.P. –38 m lag, bleek toen op 34 m beneden N.A.P. te liggen. De gemeten stroomsnelheden van zowel vóór als na de plaatval zijn, herleid naar gemiddelde getijomstandigheden, voorgesteld in figuur 3.

Uit de drijfvermetingen volgt dat de stroombanen zich tijdens maximale vloed concentreren boven het diepste punt van de geul, dicht onder de Schouwense oever. In de omgeving van dit punt komen sterke wervelingen voor. De maximale ebstroom blijkt op regelmatige wijze door de geul te stromen. Ook na de plaatval was het stroombeeld hier zeer verward, vooral van 1 à 2 uren vóór H.W. tot H.W. Het stroombeeld vertoonde woelingen en kolkingen van uiteenlopende intensiteit.

Uit de stroommetingen blijkt dat de tengevolge van de plaatval opgetreden verondieping een geringe toename heeft teweeggebracht van de snelheid zowel bij de maximale eb als bij de maximale vloed. Ook de snelheidsverdeling in de eb-verticaal is gewijzigd. Vóór de plaatval kwamen op 2 en 5 m boven de bodem ebstroomsnelheden voor ter grootte van respectievelijk 30 en 40% van de gemiddelde stroomsnelheid.

Direct na de plaatval waren deze percentages opgelopen tot 75 en 90%. De vloedverticalen zijn vrijwel ongewijzigd gebleven. De vloed-snelheden op 2 en 5 m boven de bodem bedragen 80 en 95% van de gemiddelde snelheid.

De toename van de snelheden nabij de bodem bij eb betekent dat het uitschurende effect van de stroom groter is geworden. Beprijpelijkerwijs vertoont de bodem het daaraan beantwoordende beeld van versnelde verdieping.

Grondmechanisch onderzoek

Om de oorzaak van de plaatval vast te stellen wordt een grondmechanisch onderzoek verricht. Daarbij wordt getracht onder meer vast te stellen hoe het komt dat niet al het materiaal uit de val in de aangrenzende geul is teruggevonden, waarom er nazakkingen en aanzandingen in het gebied van de val zijn geconstateerd, en of de inmiddels optredende aanzandingen in de toekomst weer tot een plaatval kunnen leiden.

Dit onderzoek wordt van primair belang geacht voor de grondmechanische problematiek van de afsluiting van de Oosterschelde. Men dient er immers een inzicht in te krijgen in hoeverre langs de steller wordende oevers van de werkeilanden en van de damaanzetten bij Noord-Beveland en Schouwen ook dergelijke vallen verwacht kunnen worden; en in hoeverre soortgelijke vallen verwacht kunnen worden langs de randen van de toekomstige bodembescherming die straks – in de kritieke fase van de sluiting – de afsluitdam zou moeten beschermen tegen ondermijning.

Een vergelijking van het dwarsprofiel van de plaatval in figuur 5 met dwarsprofielen van bovengenoemde verschijnselen leert, hoezeer deze problemen met elkaar in verband staan.

Het grondmechanisch onderzoek kan worden onderscheiden in vooronderzoek, onderzoek op korte termijn en onderzoek op langere termijn. We behandelen hier afteen enkele facetten van het vooronderzoek en van het grondmechanisch onderzoek op korte termijn.

Het vooronderzoek is begonnen met het gebruikelijke onderzoek naar de oorzaak en naar de plaats die de val inneemt in het huidige ervaringspatroon.

Geologische en grondmechanische onderzoeken in het verleden hebben uitgewezen dat vrijwel alle grote oevervallen zijn opgetreden ter plaatse van voormalige dwarsgeulen verplaatste zand losgepakt was.

De huidige plaatval is in grootte – lees diepte maal inscharing – slechts overtroffen door twee andere. De huidige val heeft echter de grootste inscharing, namelijk 550 m, en het flauwste evenwichtstalud – 1 : 2.

Of deze plaatval wellicht, evenals vroegere oevervallen, bij een extreem laag water begonnen is of bij laag water geëindigd is zal in een later stadium worden nagegaan. Er was een extreme laagwaterstand 5 dagen voordat de val geconstateerd werd.

In grote lijnen kan de plaatval allereerst worden geweten aan de vastlegging van de tegenoverliggende oever van de Schelphoek, en pas in de tweede plaats aan het feit dat het verplaatste zand losgepakt was.

De vastlegging van de tegenoverliggende oever had tot gevolg dat de oeverwaarts gerichte verplaatsing van de Hammen tot stilstand kwam. De geul werd daardoor dieper. Tegelijkertijd ging de aanzanding aan de kant van de plaat nog door. Zand van vrij losse pakking werd onder een steeds invloed van de getijstromen. Een dergelijk talud kan door zijn losse pakking op een gegeven ogenblik zijn stabiliteit verliezen en grondverplaatsingen inleiden.

Toch lijkt het waarschijnlijk dat deze grondverplaatsingen pas kolossaal groot worden als voor de val tijdelijk een zeer rustig milieu aanwezig is geweest waarin ook fijne delen konden bezinken en tot (extra) losse pakking leiden. Daarbij kan gedacht worden aan de

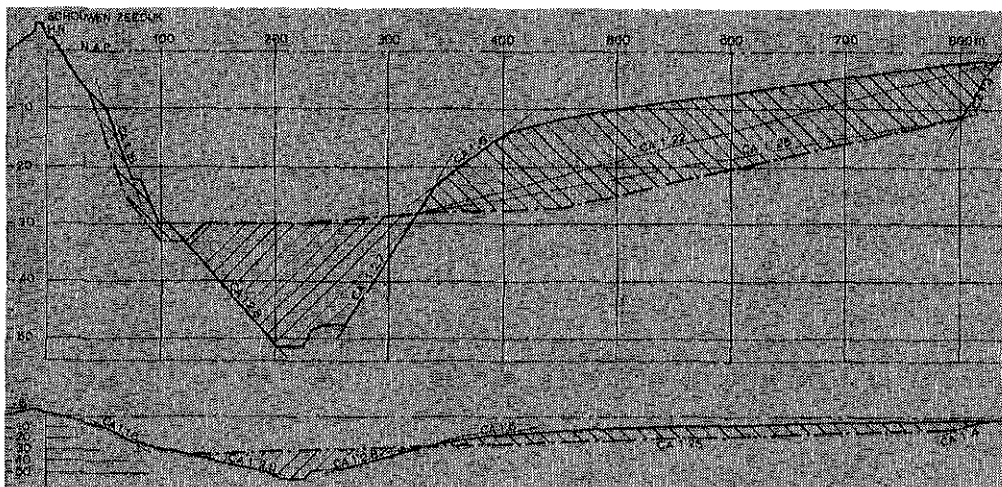


Fig. 5. Vertrokken en onvertrokken overzicht van de hellingen voor en na de plaatval

wegvloeiën. Te veel fijne delen in de vorm van slib gaan echter het vloeien van het zand weer tegen

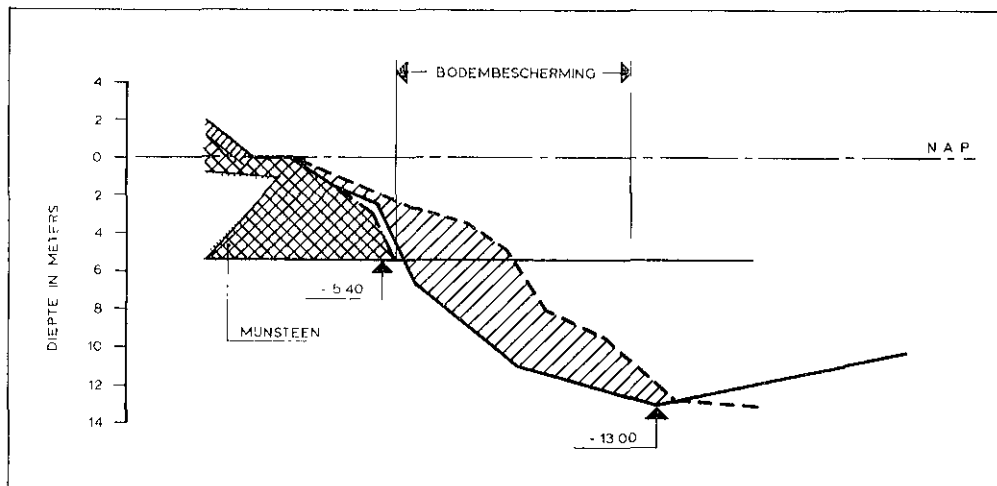
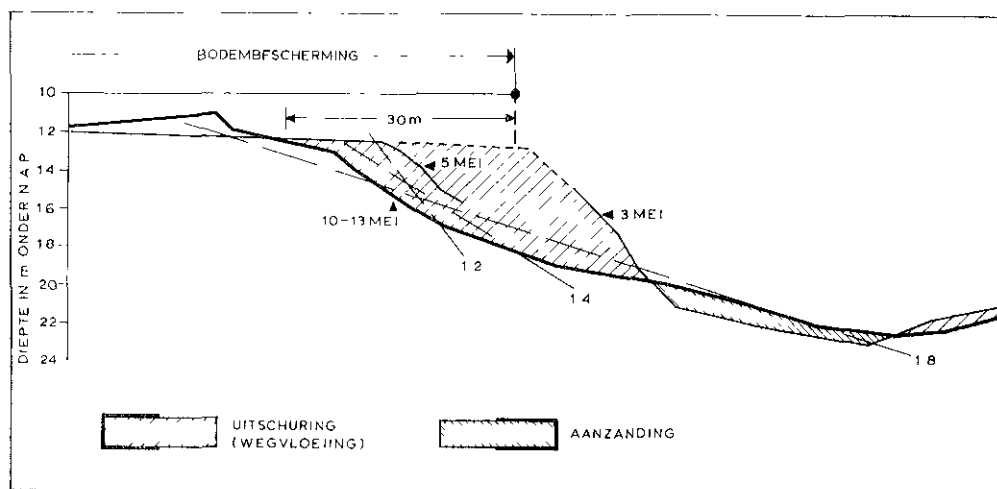
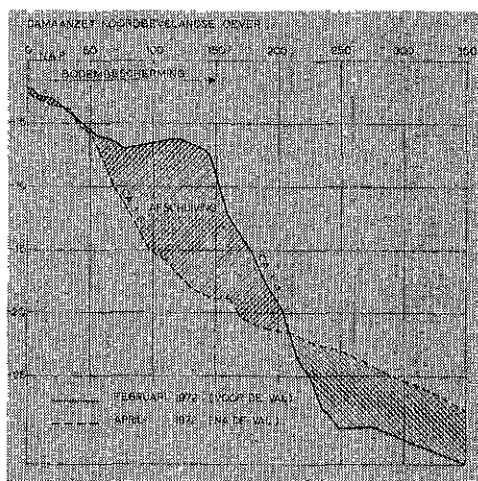
tijdelijke aanwezigheid van een dwarsgeul of vlieje of ook aan een recente aanzanding. Figuur 7 laat zien hoe een dergelijke verstoring zich tijdens de geulvorming kan manifesteren.

Als gezegd lijkt het waarschijnlijk dat zeer grote grondverplaatsingen alleen optreden, wanneer er losgepakt zand met relatief veel fijne delen aanwezig is. De losse pakking kan tot grote wateroverspanningen aanleiding geven als er plaatselijk in het talud een verstoring optreedt. Er volgt dan een vloeingsproces, dat in grote mate beheerst wordt door de consolidatie-eigenschappen van het zand. Nu zijn het vooral de fijne delen die de consolidatie van deze wateroverspanningen kunnen tegengaan. Daardoor kan het zand over grote afstand en onder zeer flauwe hellingen

Na het grondmechanisch vooronderzoek naar de oorzaak van de plaatval volgt het onderzoek op korte termijn. Het grondonderzoek is begonnen met een meting van het poriëngehalte, gevolgd door een boring in de 22 meter dikke geulopvulling, zodra men de beschikking had over de peiling na de val. De geulbodem die ter plaatse van N.A.P. - 52 m tot N.A.P. - 30 m omhooggekomen was, bleek zich inmiddels alweer snel te verdiepen. De metingen dienden met *spoed* te worden uitgevoerd, voordat het zand weer door de stroom geërodeerd zou zijn. De boring had enerzijds tot doel de aanwezigheid van relatief veel fijne delen in het zand na te gaan en anderzijds om monsters te verschaffen voor het bepalen van korreleigenschappen zoals het kritieke poriëngehalte. De meting van het poriëngehalte had tot doel aan te tonen welke losse pakking nog na de vloeijing van zand verwacht moest worden. Meting van het poriëngehalte wordt steeds in combinatie met een sondering uitgevoerd.

Aan de hand van de sondering kan reeds vóór het bepalen van het kritieke poriëngehalte een indruk gegeven worden omtrent de pakking. De sondering nu wees uit dat de sondeerwaarden slechts zeer geleidelijk opliepen - tot 100 kg/cm^2 - in het afgezette zand, maar dat ze ter plaatse van de oude geulbodem binnen 1 meter opliepen tot meer dan 500 kg/cm^2 . Het afgezette zand kon derhalve over de hele hoogte van de afzetting in principe als losgepakt beschouwd worden. De meting van

Fig 6 Vergelijkbare afschuringen Van boven naar beneden val van de Noordbevelandse over ter plaatse van de toekomstige aanzet van de Oosterscheldedam (april 1972), val in de rand van de bodembescherming van het Brouwershavense Gat (april 1971); ondermijning van de oeverbescherming van het werkeiland Roggenplaat (mei 1972)



het poriëngehalte gaf duidelijk twee verschillende lagen te zien. Het zand dat het eerst gevloerd was en onderin de geul terechtgekomen, had een groter poriëngehalte dan het zand bovenin. De korrelverdelingen geven aan dat het zand onderin duidelijk grover was en minder fijne delen bevatte.

De metingen werden vanaf een boorbak uitgevoerd. Wegens de grote waterdiepte, en de sterke stroom en golfslag moest een gunstig moment afgewacht worden, voordat tot de metingen kon worden overgegaan. Toen de boorbak voor de meting gesteld lag, was de bodem ter plaatse alweer van N.A.P. - 30 tot N.A.P. - 34,50 m verdiept. Dat de metingen zo vlót tot grote diepte uitgevoerd konden worden mag vanwege de aard van het zand uitzonderlijk genoemd

worden. De huidige metingen zijn de diepste welke ooit ten behoeve van een oever- of plaatvalonderzoek werden uitgevoerd.

Als verdere stappen in het onderzoek zullen vervolgens geologisch vooronderzoek, voortgezet terreinonderzoek, voortgezet geologisch onderzoek en laboratorium-onderzoek moeten worden verricht.

Het geologisch vooronderzoek dient uitslag te geven over de aanwezigheid van oude weer opgevolde dwarsgeulen of zandwinputten. Voortgezet terreinonderzoek in het gebied van de val dient om voortgezet geologisch onderzoek en laboratoriumonderzoek mogelijk te maken met betrekking tot het gebied van de val zelf. Figuur 10 geeft aan welke boringen, poriëngehalte-metingen en sonderingen reeds in uitvoering zijn. Dit betreft metingen op drie

Fig. 7. Veronderstelde geulvorming voorafgaand aan de plaatval:

- 1: geulvorming voor de oever beschermd werd
- 2a: profiel na uitschuring van de plaat door een vlije
- 2b: geulvorming tijdens het aanzanden van de plaat
- 3: peiling voor de val
- 4: peiling na de val

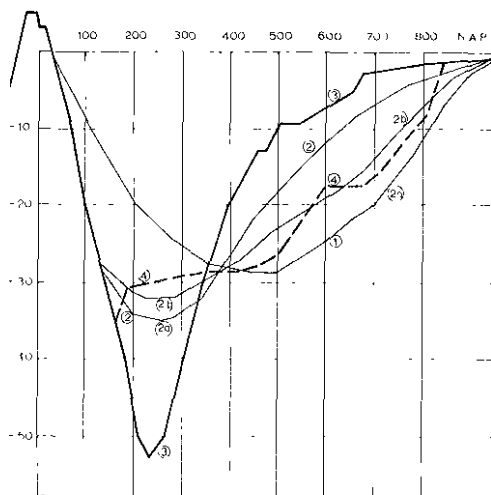
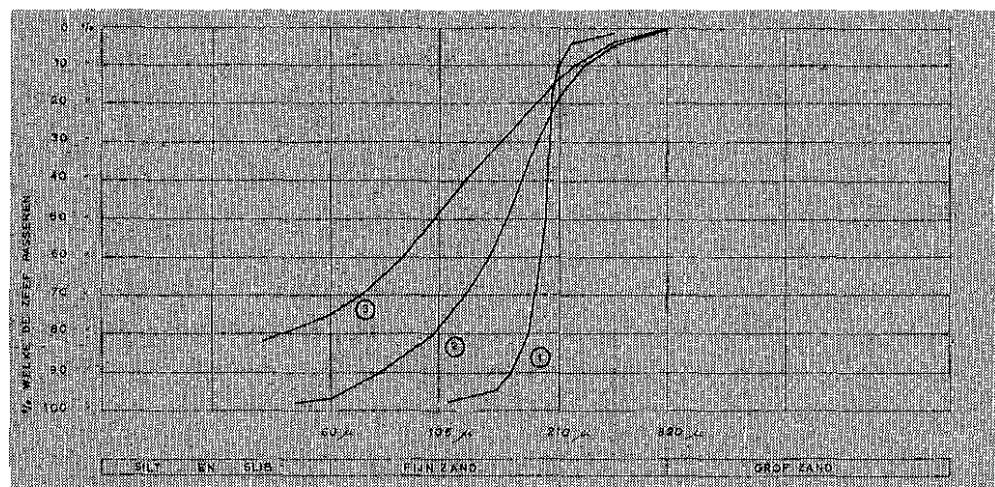


Fig. 8. Verschillen in korrelverdelingen van wel- en niet-zettingsvloeiingsgevoelig zand



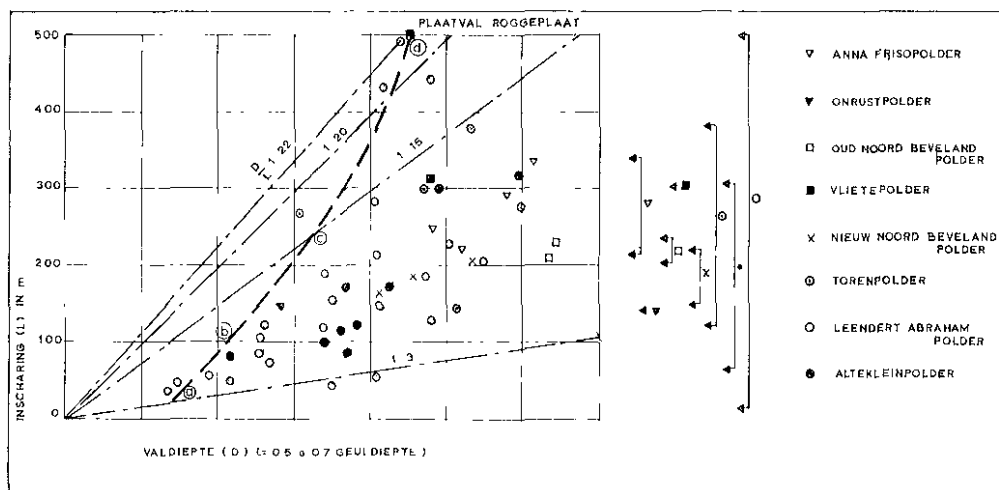


Fig. 9. Vergelijking van de plaatval in de Roggenplaat met oeverwallen langs de Noord-bevelandse oever in de periode 1882-1945

Fig. 10. Programma van boringen en sonderingen in het gebied van de plaatval

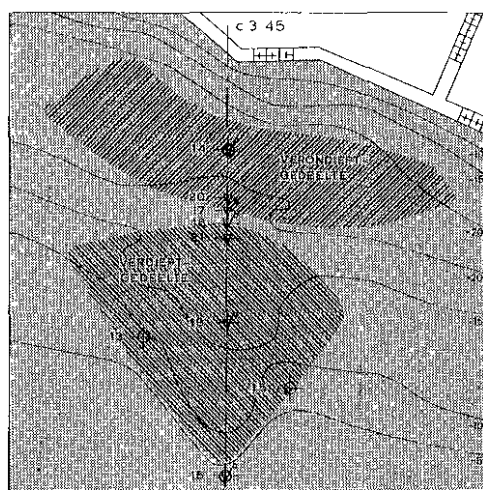
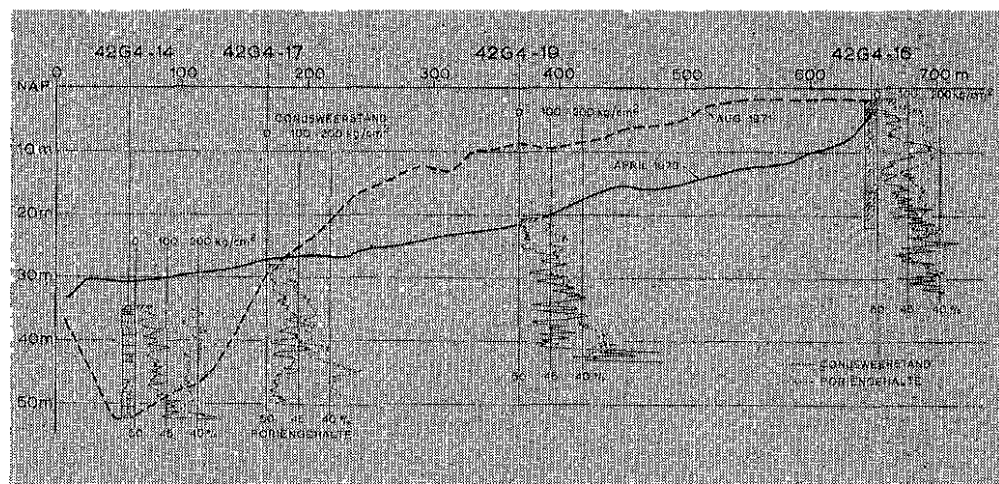


Fig. 11. Verloop van conusweerstand en poriegehalte in een aantal punten van het doorgemeten profiel



punten rondom de vai, teneinde de samenstelling van de oorspronkelijke bodem na te gaan, en metingen op vier punten langs de vroegere geulrand en een punt midden in het valgebied om de grondslag ter plaatse in kaart te brengen.

Voorzover dat mogelijk is worden alle bevindingen vergeleken met bevindingen van de andere onderzoeken die betrekking hebben op de afsluiting van de Oosterschelde. Zo worden ten behoeve van het onderzoek naar de stabiliteit van de rand van de bodembescherming *modelproeven en berekeningen* uitgevoerd om de werking van de bodembescherming op een eventuele zettingsvloeiing na te gaan. Ook worden computerberekeningen 'CONSOL' die gebruik maken van de eindige-elementenmethode en waarover reeds

geschreven werd in Bericht 61 (augustus 1972) verder ontwikkeld ten behoeve van het berekenen van deze problematiek.

Teneinde deze berekeningen goed te kunnen uitvoeren, en met name de materiaaleigenschappen goed in te voeren, wordt voorafgaand aan de berekeningen een 'spanningspad-analyse' uitgevoerd, die in verscheidene opzichten meer inzicht blijkt te kunnen verschaffen in de gehele problematiek.

Voorts ligt het in de bedoeling de juistheid van de bevindingen te toetsen aan een proef op ware grootte, waarbij een zettingsvloeiing te weeg wordt gebracht en haar eventuele schadelijke werking nagegaan. Tenslotte wordt de reeds bestaande uitgebreide inventarisatie van oevervallen verder aangevuld met de bevindingen die uit de nieuwe interpretatie volgen.

Verantwoording van de foto's

Duikgenootschap Nederland	274	275		
L. P. Pieterse	310			
H. L. F. Saeijs	287			
B. Hofmeester	279	280	281	283
F. Velthuisen	314			
R. A. Buysrogge	292	294	295	296
Waterloorkundig Laboratorium	299	300	301	

Vorderingen

1 juli – 1 oktober 1973

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Sluisbouw

De verlenging van de bestaande overbrugging van het schutsluizencomplex is bijna gereed. Geheel volgens de planning zal het nieuwe gedeelte van de brug in de loop van november in gebruik genomen kunnen worden; de baileybruggen kunnen daarna worden gedemonteerd. De verwijdering van de baileybruggen is tevens noodzakelijk om de fuikmoten van de derde schutsluis te kunnen maken. Van de derde sluis is de schutkolk tussen de hoofden gereedgekomen. Het bovenhoofd is in een vergevorderd stadium van uitvoering. Binnenkort zal begonnen worden aan één van de moeilijkste onderdelen van het werk: het maken van de keermuren aan de uiteinden van de derde schutsluis, aansluitend op die van de tweede schutsluis.

Aan de inlaatsluis is in de verslagperiode niet veel gedaan; voortgegaan werd met het maken van de vloeren van de vleugelwanden voor de inlaatsluis en met het aanbrengen van trippalen voor de stortebedvloeren tussen de pijlers van de inlaatsluis.

In de verslagperiode zijn in een vlot tempo acht vloermotoren voor de jachtensluis gestort. De

wapening van de eerste wand is aangebracht; de wand zelf zal spoedig worden gestort.

De bouw van pijlers en het maken van voorgespannen liggers voor de overbrugging van de inlaatsluis werd voortgezet. Eén van de pijlers is thans gereed.

Daar in 1974 zal worden begonnen met de uitbreiding van de noordelijke voorhaven, worden thans de ter plaatse aanwezige bomen gerooid.

Oosterschelde

In de havens van de werkeilanden Noordland en Roggenplaat werden fosforslakken en staalslakken aangevoerd, die of rechtstreeks werden verwerkt of in depot opgeslagen.

In de werkhavens Sophiapolder en Schelphoek werd rijkshout en filterdoek aangevoerd voor het vervaardigen van zinkstukken.

Het zandperswerk voor het werkterrein op Schouwen werd voortgezet en is inmiddels voltooid. Half september werden de win- en de perszuiger van het werk afgevoerd. Ten behoeve van de toegangsweg tot het terrein werd langs de inlaagdijk een ophoging gemaakt van zand. Het onderprofiel daarvan werd afgewerkt en een begin werd gemaakt met het aanbrengen van klei in de bekledingen.

Voor de verbreding van de Cauersweg werd een cunet ontgraven en met zand aangevuld.

Op de wegverbreding, de toegangsweg naar het terrein en de weg op het terrein werd een asfaltverharding aangebracht. De betonfabriek op het haven-terrein van de werkhaven Sophiapolder nadert zijn voltooiing. In deze fabriek zullen zinkstukken met vaste betonballast worden vervaardigd volgens een procédé dat elders in dit Bericht wordt beschreven. In de maand oktober zal de fabriek proefdraaien, dan zal ook een begin worden gemaakt met het leggen van de aldaar gefabriceerde zinkstukken met

afmetingen van 200 x 30 m.

De ponton voor het leggen van de stukken is aangevoerd.

In de loop van september werd het asfaltschip 'Jan Heymans' aangevoerd in de werkhaven Schelphoek. Dit schip is inmiddels aangepast en gereedgemaakt voor zijn nieuwe taak: het leggen van steen-asfaltmatten.

Het gedeelte van de bodembescherming in de Roompot dat bestaat uit zoolstukken afgestort met fosforslakken, kwam nagevoeg gereed.

In de sluitgaten Hammen en Schaar van Roggenplaat werden kraagstukken en zoolstukken afgezonken.

De werkzaamheden aan de bouwput van de sluis in het werkeiland Noordland vonden normaal voortgang.

In deze periode werd 250 000 m³ zand door de cutterzuiger Beverwijk 54 uit de bouwput ontgraven. Het uitkomende zand werd grotendeels in de westerlijke ringdijk met opslagterrein verwerkt.

De taludverdediging van de westerlijke ringdijk bestaat tot N.A.P. + 4 m uit geopeneteerde stortsteen; dit gedeelte kwam gereed.

Met de verdediging van N.A.P. + 4 m tot N.A.P. + 9 m, dat zal bestaan uit asfaltbeton, werd eind september een aanvang gemaakt.

Als begin van de aanleg van de oostelijke ringdijk werd een mijnsteenkade geklapt met behulp van splijtbakken.

De palen, bestemd voor de pylonen van de kabelbanen in de sluitgaten, werden in gedeelten te Dintelmond aangevoerd. Daar is men nog steeds bezig ze aan elkaar te lassen.

Op 10 september 1973 werd het hefeiland voor het plaatsen van de pylonen aangevoerd, en gesteld in het sluitgat de Hammen. In deze periode werden twee palen in de Hammen geheld.

Negen van de twaalf torens die op de ingehelde palen moeten worden gelast, werden in deze periode te Dintelmond aangevoerd. Om uitschuringen naast de pylonen te voorkomen, werden ter plaatse bestortingen aangebracht.

