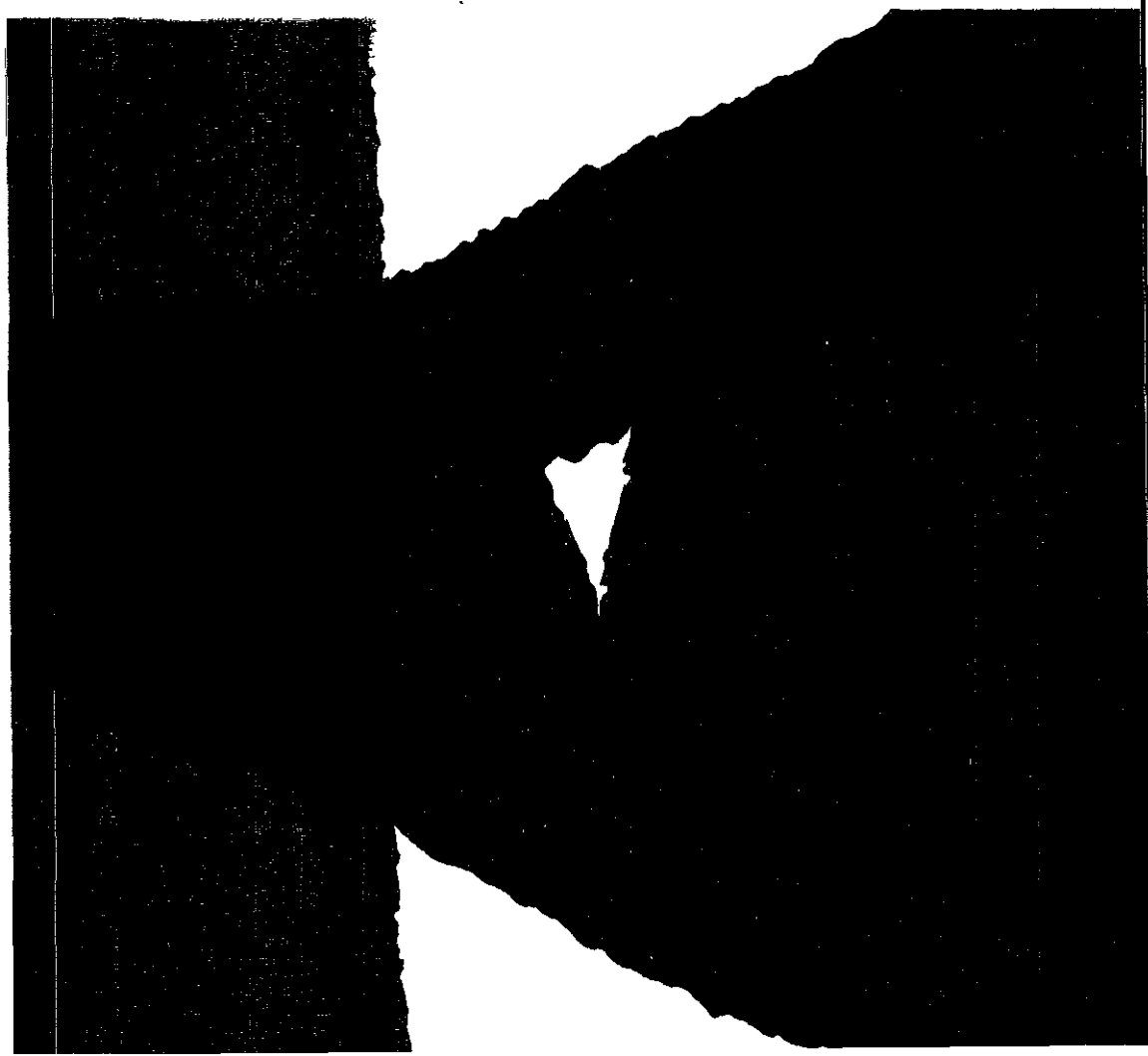


Driemaandelijks Bericht
nummer 84, mei 1978

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 20,- per jaar
of f 5,50 per nummer

Inhoud

De probabilistische benadering van bouwkundige ontwerpen. I 171

Ontwikkelingen in het denken over dijken 175

Dijkversterkingen in Zuid-Holland 181

Dijkversterkingen in Noord-Brabant 187

Milieu-aspecten van de partiële dijkverhoging langs de Oosterschelde 190

Voorzieningen voor een wegverbinding over de stormvloedkering 201

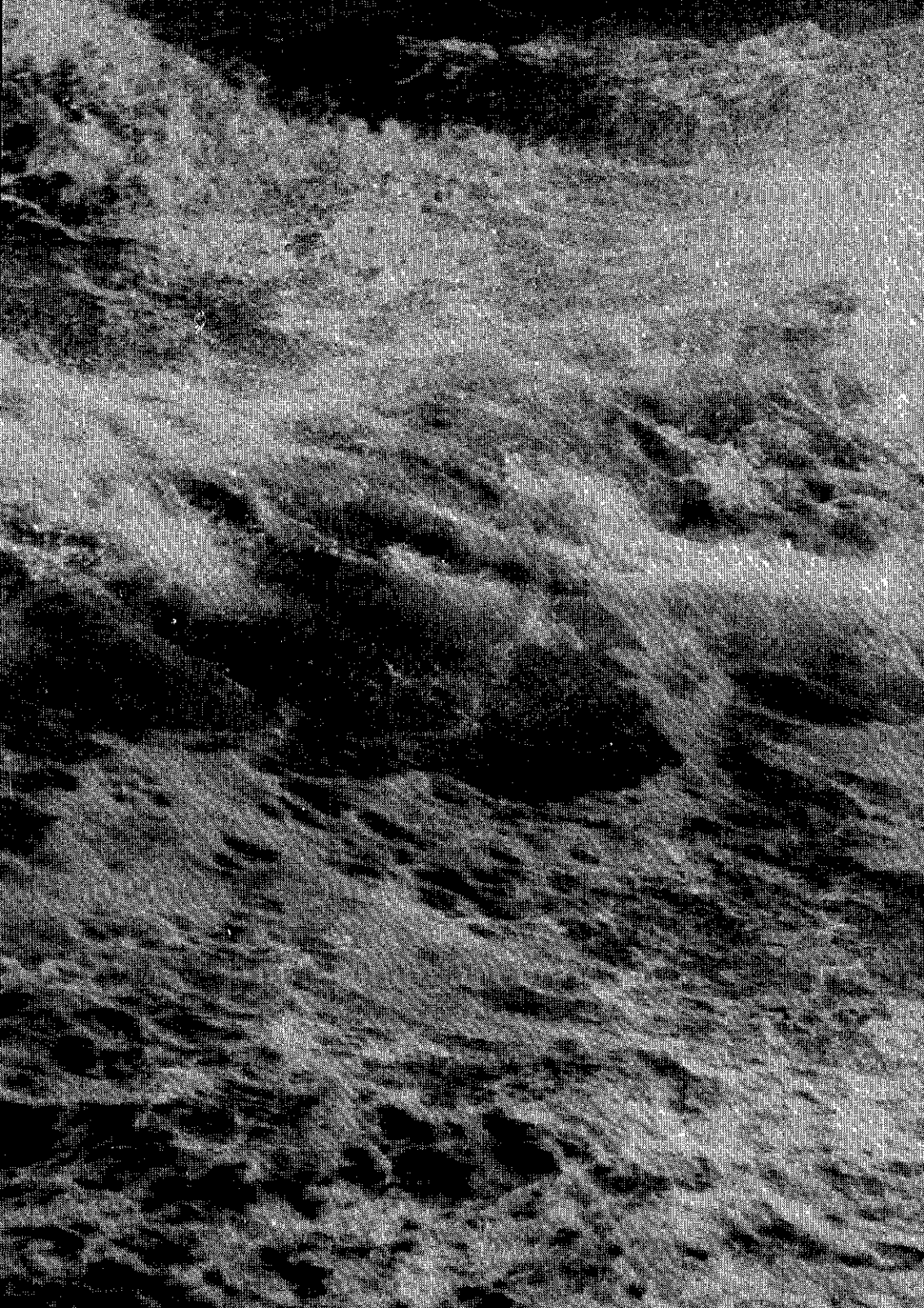
De Deltagoot 206

Arbeidsvoorzieningen voor de Oosterscheldeverken 209

Vorderingen van de studies en voorbereidingen in verband met de stormvloedkering, 2e halfjaar 1977 213

Samenvattingen/Summaries 217

Vorderingen 220



De probabilistische benadering van bouwkundige ontwerpen. I

Te beginnen met deze aflevering plaatsen wij in het Driemaandelijks Bericht een serie artikelen over een thans in gebruik komende nieuwe benaderingswijze van bouwkundige ontwerpen: de probabilistische of waarschijnlijkheidsmethode. Dit eerste artikel legt er in algemene termen de aard en de toepassing van uit, en spitst een en ander toe op de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde. In volgende artikelen zal nader ingegaan worden op wat men wel noemt de 'ontwerpfilosofie' met betrekking tot de probabilistische benadering, en de instrumenten die er zijn om het ontwerp zo te analyseren en de onderdelen ervan zo op elkaar af te stemmen dat gesproken kan worden van een harmonisch en evenwichtig ontwerp. Vervolgens zal de randvoorwaardenproblematiek aan de orde komen, en dan de wijze waarop de belastingen probabilistisch worden berekend. Daarna zullen de probabilistische benadering van de constructie zelf, en de bepaling van de bezwijkkans van de totale constructie en van de onderdelen, meer en detail behandeld worden. De serie wordt besloten met een evaluatie van de studies die in verband met de stormvloedkering zijn uitgevoerd.

Het tweede artikel in dit nummer gaat onder meer ook over de waarschijnlijkheidsmethode, en behandelt de vraag hoe deze benaderingswijze in de toekomst wellicht gebruikt zal kunnen worden bij het ontwerpen van dijken.

In Nederland is het nog niet zo lang gebruikelijk, dat primaire zeeweringen zoals zeedijken, gedimensioneerd worden op basis van statistische gegevens.

De Deltacommissie heeft daar een begin mee gemaakt, door te stellen dat de kruinhoogte van zeeweringen gerelateerd moet worden aan de

waarschijnlijkheid van stormvloedhoogwaters. Als statistische basis fungeert hiervoor de hoogwateroverschrijdingsfrequentielijn, die aangeeft hoe vaak per jaar een bepaalde hoogwaterstand wordt overschreden. In principe is voor alle plaatsen langs de Nederlandse kust zo'n lijn beschikbaar, of kan hij worden samengesteld op basis van lijnen van naburige plaatsen.

De achterliggende gedachte is, dat dijken bezwijken als gevolg van hoge waterstanden. Echter, ook de golven, meer speciaal de golfoverslag, is mede verantwoordelijk voor het bezwijken van een dijk.

Ongelukkig genoeg is er weinig bekend omtrent de waarschijnlijkheid van golven bij hogere waterstanden, vooral voor wat betreft de golfhoogte en de golfperiode. Bij gebrek aan deze gegevens wordt bijvoorbeeld de kerende hoogte van een zeedijk bepaald op grond van een stormvloedstand daar ter plaatse met een overschrijdingsfrequentie van $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar en de 'bijbehorende' 2% golfoploop. Met die laatste uitdrukking bedoelt men dat niet meer dan 2% van de optredende golven tijdens het stormvloedhoogwater over de zeewering mag slaan. Samenvattend: er wordt verondersteld dat een zeewering bezwijkt bij de overschrijding van één bepaalde stormvloedstand die gepaard gaat met één bepaalde 2% golfoploop. Deze benadering wordt de *deterministische* benadering genoemd, omdat slechts één combinatie van een waterstand en een golfhoogte bepalend geacht wordt voor het bezwijken van een hoogwaterkering. Bij het ontwerpen van de stormvloedkering werd tot voor kort een overeenkomstige gedachtengang gevolgd. De stormvloedkering werd dus gedimensioneerd op

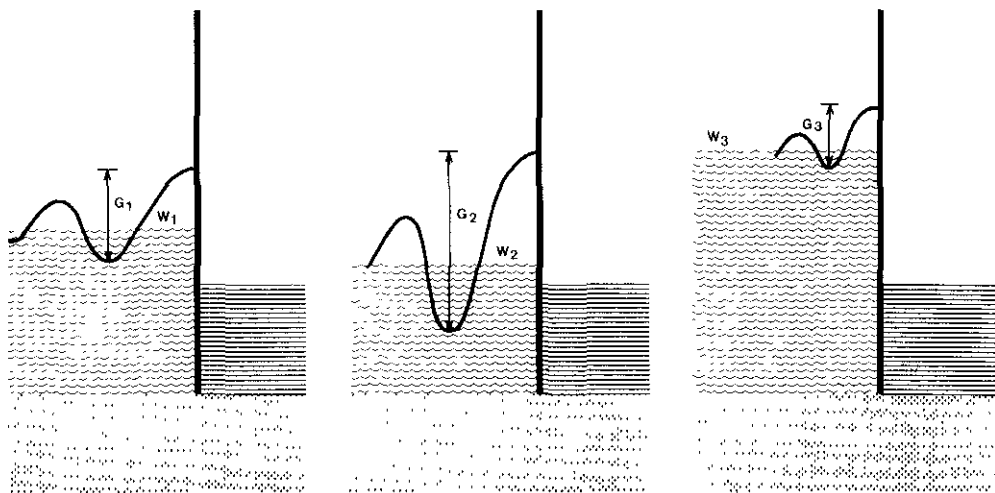


Fig. 1. Kracht K wordt, bij gelijkblijvende binnenwaterstand, opgeleverd door drie verschillende combinaties van W (Verval) en G (golfhoogte)

krachten die veroorzaakt worden door één buitenwaterstand, één binnenwaterstand en één ontwerp golf. Het is echter bekend, dat tijdens een stormvloed een groot aantal golven voorkomen, ieder met een zekere kans van optreden. De krachten die door deze golven samen met die ene combinatie van buiten- en binnenwaterstand worden veroorzaakt, hebben dus ook verschillende kansen van voorkomen.

Als dat zo is, dienen ook andere waterstanden in de beschouwingen te worden betrokken; alleen het ontwerp peil beschouwen is niet toereikend. Globaal geschetst komt dit op het volgende neer:

Kracht K kan worden veroorzaakt door waterstand W_1 , golfhoogte G_1 en golfperiode T_1 . Maar kracht K kan ook worden veroorzaakt door W_2 , die bijvoorbeeld kleiner is dan W_1 , G_2 , en T_1 , maar ook door W_2 , G_3 , T_2 of W_3 , G_2 , T_2 . In princi-

pe zijn er oneindig veel mogelijkheden om kracht K te veroorzaken. Ieder van deze combinaties heeft echter een andere kans van voorkomen. Stel dat W_1 het ontwerp peil is. Een veel lagere waterstand zou dan gepaard moeten gaan met een veel hogere golf, om samen kracht K te leveren. Een zeer hoge golf is echter bij een lage waterstand een zeer zeldzame gebeurtenis, die daardoor dan ook weinig zal bijdragen aan de totale kans van optreden van kracht K. Deze totale kans is de sommatie van de kansen van alle combinaties van W, G en T die kracht K kunnen veroorzaken.

Deze benadering, die leidt tot het bepalen van de statistische kansverdeling van krachten, wordt de *probabilistische* benadering van de belastingen genoemd. Er komt nu tot uitdrukking dat niet één bepaalde combinatie verantwoordelijk is voor het optreden van de ontwerpbelasting K, maar dat er oneindig veel combinaties zijn, ieder met zijn eigen kans van voorkomen, die tot het optreden van kracht K aanleiding geven. Zijn de gegevens met betrekking tot waterstanden en golven in voldoende mate bekend, dan wordt ook duidelijk wat de kans van optreden is van die combinatie van één waterstand en één golf die eerst als deterministisch uitgangspunt gefungeerd heeft. De deterministische belastingbepaling wordt daarmee één element uit de probabilistische benadering. In het geval van de stormvloedkering is inmiddels duidelijk geworden dat de oude deterministisch bepaalde ontwerpbelasting een extreem kleine overschrijdingskans heeft. Bij het toepassen van meer geavanceerde methoden blijkt veelal dat in vergelijking met orthodoxe methoden veel meer gegevens nodig zijn. Dat is ook hier het geval, en daarmee wordt een nieuw probleem ingevoerd. Deze problematiek

en de wijze waarop die behandeld wordt, komen in een volgend artikel aan de orde.

De stormvloedkering constructief

Het ontwerp van een bouwkundige constructie wordt gebaseerd op de veronderstelde sterkte van de toe te passen materialen en de veronderstelde nauwkeurigheid van de toe te passen berekeningsmethoden.

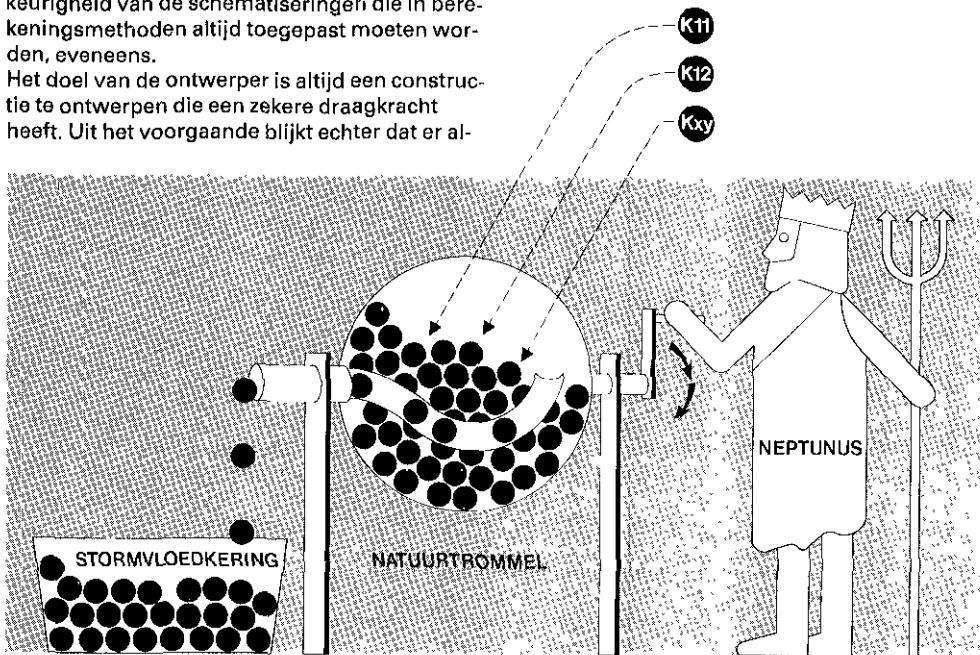
Het is echter bekend, dat bouwmaterialen als hout en staal niet altijd dezelfde draagkracht bezitten: de ene balk is de andere niet, en er zijn altijd maatafwijkingen, initiële spanningen en vervormingen. Voor in weer en wind gefabriceerde betonnen constructies is dit nog duidelijker.

Bij de deterministische benadering van een ontwerp wordt aan het gegeven dat er onzekerheden bestaan met betrekking tot de eigenschappen van de toe te passen materialen tegemoetgekomen door het toepassen van een veiligheidscoëfficiënt. De moderne bouwvoorschriften hanteren een benadering die al iets meer probabilistische elementen bevat, en daarom semi-probabilistisch genoemd wordt. Er worden dan verschillende rekenfactoren gehanteerd voor die onderdelen van het ontwerp waar onzekerheden in zitten. Bij de echte probabilistische benadering wordt gesteld dat deze onzekerheden in termen van waarschijnlijkheid uitgedrukt moeten worden. Met andere woorden: de sterkte-eigenschappen van materialen hebben statistische kansverdelingen en de nauwkeurigheid van de schematiseringen die in berekeningsmethoden altijd toegepast moeten worden, eveneens.

Het doel van de ontwerper is altijd een constructie te ontwerpen die een zekere draagkracht heeft. Uit het voorgaande blijkt echter dat er al-

tijd een kans bestaat dat de gewenste draagkracht niet gehaald wordt, bijvoorbeeld omdat er toevallig enige slechte stalen balken verwerkt worden, of omdat er onzichtbare grindnesten in het beton voorkomen. Immers niet al het materiaal kan beproefd worden, dan zou er voor de bouw zelf niets meer overblijven! Er kunnen ook rekenfouten gemaakt zijn, en zo verder. Daarnaast is het mogelijk, dat de belasting groter is dan verwacht, zodat de constructie toch bezwijkt, ook al lijkt zij sterk genoeg. Voor de ontwerper is het dus van belang, de grootte te kennen van de kans dat zijn constructie bezwijkt. Deze bezwijkkans kan, uitgaande van een bekend ontwerp, berekend worden als zowel de kansverdelingen van de belastingen als de kansverdelingen van de constructie-eigenschappen bekend zijn. Door al deze verdelingen met elkaar in verband te brengen – te convolu-

Fig. 2. De natuur als producent van belastingen met een zekere kans van voorkomen. Bij de probabilistische methode wordt rekening gehouden met dit kansaspect



eren, zegt het jargon – bestaat in theorie de mogelijkheid de bezwijkkans te berekenen. Is die kans groter dan een vooraf bepaalde waarde, dan kan het ontwerp aangepast worden totdat de bezwijkkans de gewenste waarde heeft. Praktische problemen leveren vooral de kansverdelingen van de constructie-eigenschappen op. Die zijn namelijk veelal gebrekkig of zelfs in het geheel niet bekend. In zulke gevallen valt men terug op de semi-probabilistische methode, gekoppeld aan een probabilistische benadering van de belastingen. Er wordt dan uitgegaan van een ontwerp-belasting die een zekere, vooraf bepaalde overschrijdingskans heeft, en die vervolgens vermenigvuldigd wordt met de eerder genoemde rekenfactoren ter verdiscontering van de constructie-eigenschappen. Uit deze rekensom volgt bij welke belasting de constructie juist bezwijkt; en dat is dan de bezwijkbelasting. Het verschil tussen de twee benaderingen is duidelijk. De probabilistische benadering geeft een bezwijkkans, waaraan lage belastingen en een slechte constructie zowel als hoge belastingen en een sterke constructie bijdragen, *uitgaande van hetzelfde ontwerp*. De semi-probabilistische benadering geeft één bezwijkbelasting op basis van één ontwerp-belasting met een zekere overschrijdingskans, waarbij de constructie geacht wordt te zijn bezwaken. Ook de overeenkomst met de probabilistisch en deter-

ministisch bepaalde randvoorwaarden ten aanzien van waterstanden golven zal duidelijk zijn. Bij het ontwerp van de stormvloed worden beide methoden naast elkaar gehanteerd. De probabilistische methode om de constructie te benaderen is echter nog niet ver genoeg gevorderd om nu al in het ontwerp verwerkt te worden. Daarom wordt thans de semi-probabilistische methode gehanteerd. Indien de probabilistische methode nog tijdig voldoende betrouwbare resultaten oplevert, dat wil zeggen op een tijdstip dat ze nog in het ontwerp kunnen worden verwerkt, dan zal daarop worden overgestapt.

De aanpak die we hier beschrijven, is niet nieuw. Reeds in de twintiger jaren van deze eeuw was de probabilistische methode in theorie toepasbaar. Aan de praktische uitvoering echter zijn zoveel problemen verbonden, waaronder moeilijkheden van rekentechnische aard, dat het tot het huidige computertijdperk geduurd heeft voordat een veelomvattende poging tot uitvoering van deze methode kon worden ondernomen. Wel zijn in het verleden al elementen van de probabilistische benadering in vereenvoudigde vorm toegepast, bijvoorbeeld bij de aanleg van Europoort – de havenlichten van Hoek van Holland – en in de offshoretechniek. *In de vliegtuigbouwkunde is de methode reeds langer in gebruik.*

Ontwikkelingen in het denken over dijken

De huidige ontwerppraktijk van dijken is voornamelijk gebaseerd op de richtlijnen van de Deltacommissie, ingesteld na de stormramp van 1953. De Deltacommissie was van mening dat gebroken diende te worden met het oude systeem, waarbij dijkbouw en dijkverbetering geschiedde volgens – door allerlei verschillende instanties opgemaakte – plannen waaraan uiteenlopende opvattingen ten grondslag lagen. Dit systeem heeft er in het verleden toe geleid dat in de onderscheiden delen van het land onderling verschillende, niet logisch op elkaar afgestemde opvattingen gehanteerd werden omtrent de eisen waaraan met het oog op de veiligheid moest worden voldaan. De waterkeringen die tezamen een bepaald gebied beschermden, boden daardoor ten onrechte niet steeds dezelfde mate van veiligheid.

Om daar eenheid in te brengen heeft de Deltacommissie richtlijnen geformuleerd, die bij het opmaken van plannen voor de aanleg of verbetering van hoofdwaterkeringen dienen te worden gevolgd. Deze richtlijnen beperken zich in hoofdzaak tot de benodigde hoogte van een dijk, hoewel ook het profiel en de kwaliteit van het dijklichaam een factor vormen in de totale veiligheid.

De ervaring van jaren had geleerd dat de toegepaste dijkconstructies in vele gevallen niet bestand waren tegen de overslag van veel water. Het overslaande water tastte de kruin en het binnenbeloop aan, en dit vormde veelal de inleiding tot het doorbreken van de dijk. Derhalve was de commissie van mening dat aan dijkconstructies een zodanige kruinhoogte moet worden gegeven dat bij waterstanden gelijk aan het ontwerppeil nog geen noemenswaardige overslag is te verwachten.

Reeds in 1939 ontdekte ir. Wemelsfelder een wetmatigheid in het optreden van stormvloed. Die wetmatigheid blijkt als men de waargenomen stormvloedstanden uitzet op zogenaamd waarschijnlijkheidspapier. De punten vormen dan een vrijwel rechte lijn, de hoogwateroverschrijdingslijn. Door deze lijn te extrapoleren, door te trekken buiten het waarnemingsgebied, kan men ook iets zeggen over de kans van voorkomen van extreem hoge, nog niet waargenomen stormvloedstanden. De algemene grondslag voor het ontwerp van een primaire zeeuwering in Nederland is thans een peil met een overschrijdingskans van 1/10 000 per jaar. Dit peil wordt het basispeil genoemd.

De door de hoofdwaterkering beschermde belangen lopen echter zeer uiteen. Naarmate een hoofdwaterkering een economisch belangrijker gebied beschermt, zullen de eisen hoger moeten zijn. Het ontwerppeil wordt derhalve gevonden door op het basispeil een correctie aan te brengen die afhankelijk is van het belang van het beschermde gebied.

De kruinhoogte van een hoogwaterkering wordt gevonden door bij het al of niet gecorrigeerde basispeil een bepaalde waakhogte op te tellen. De waakhogte bestaat uit een aantal extra verhogingen voor golfoploop, bui-oscillaties en buistoten, en de verwachte bodemdaling, zetting en klink.

Golfoploop. Tijdens stormvloeden kan er een aanzienlijke golfbeweging voor de dijk optreden. De golven lopen, evenals dat bij het strand het geval is, tegen het talud op. De uiteindelijke plaats tot waar de golfhoogte reikt hang hoofdzakelijk af van de stormvloedstand, van de golfhoogte en van de helling en de ruwheid van het talud. Daarnaast zijn eventuele bermen en de lengte van het voorland van invloed.

Omdat de golfbeweging voor de dijk zeer onregelmatig van karakter is, is ook de golfoploop onregelmatig. In afwachting van een betrouwbare waarschijnlijkheidsverdeling van golfoplopen heeft de Deltacommissie vastgesteld, dat de dijkskruin zo hoog dient te zijn dat slechts 2% van het aantal golven aanleiding mag geven tot golfoverslag, ofwel tot een waterstroming over de binnenzijde van de dijk. De extra benodigde hoogte voor golfoploop wordt berekend door de 2% golfoploop te karakteriseren met behulp van één significant geachte golfhoogte, die behoort bij het ontwerppeil.

Bui-oscillaties en buistoten. Onder bui-oscillaties worden onregelmatige schommelingen van de waterspiegel rond de stormvloedstand verstaan. Zij hebben gewoonlijk een periode van ongeveer een half uur en worden vooral waargenomen tijdens uitschietende extra harde stormwind. **Buistoten** zijn afzonderlijk optredende waterspiegelverheffingen van een zeer geprononceerd karakter. Deze secundaire waterbewegingen zijn niet in de hoogwateroverschrijdingslijn opgenomen, en dienen dus in de waakhoogte te worden verrekend.

Bodemdaling, zettingen en klink. Omdat nieuwe dijken gedurende een lange periode veiligheid moeten bieden, dient rekening te worden gehouden met de relatieve bodemdaling van ons land en met het feit dat de dijkskruinen door zetting van de ondergrond en inklinking van het dijklichaam zelf, in de toekomst nog een zekere verlaging ondergaan.

De waakhoogte is nu gelijk aan de som van de genoemde componenten.

De kruinhoogte zelf is dus de som van ontwerppeil, golfoploop, bui-oscillaties, bodemdaling en klink.

Het dijkontwerp

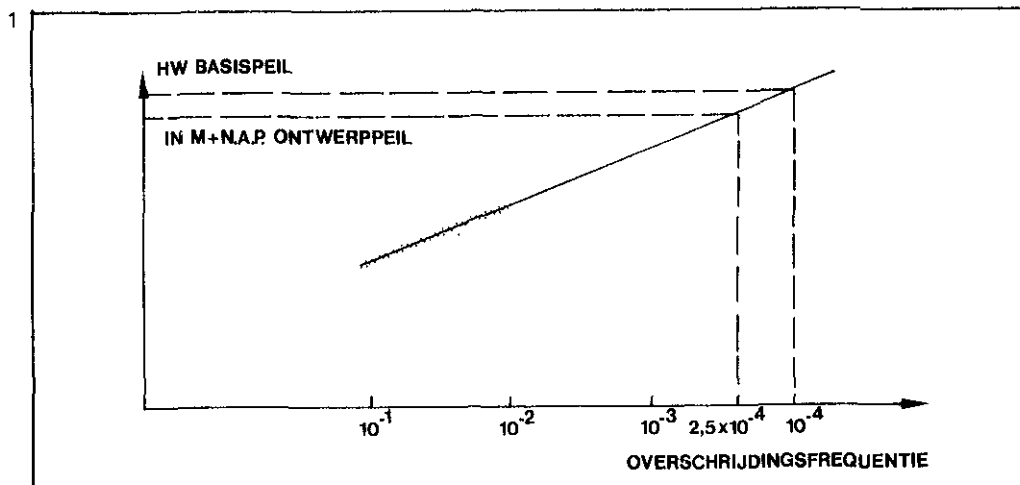
Tot nu toe is alleen de kruinhoogte aan de orde geweest. Het ontwerp van de dijk zelf omvat echter meer dan alleen de kruinhoogte. Immers, de geometrie wordt verder bepaald door de taludhellingen aan de zeezijde en aan de landzijde en door de eventuele aanwezigheid van bermen, dat zijn horizontale gedeelten in het talud. Het is overigens zeer wel mogelijk meer dan één taludhelling toe te passen, waartussen eventueel overgangen worden geconstrueerd in de vorm van bermen. Het dijkontwerp omvat ook de keuze van de toe te passen materialen. In een ver verleden werd hoofdzakelijk klei gebruikt; modernere technieken hanteren meer zand dan klei, deels vanwege de geringe beschikbaarheid van goede klei.

Zoals reeds vermeld is de kruinhoogte mede afhankelijk van de taludhelling. Welke helling een

Fig. 1. De Overschrijdingsfrequentie van stormvloedstanden die nog niet zijn voorgekomen, wordt afgeleid uit de puntenwolk die het resultaat is van waarnemingen

Fig. 2. Stormvloedstand en golfoploop dragen ieder bij tot de noodzakelijke kruinhoogte. Het buitenprofiel van de dijk bevat doorgaans een vlakke berm

Fig. 3. Verschillende dijkprofielen, die beide voldoen aan de Deltanorm. De dijk met het flauwe talud beslaat meer terrein, maar heeft een kleiner grondlichaam

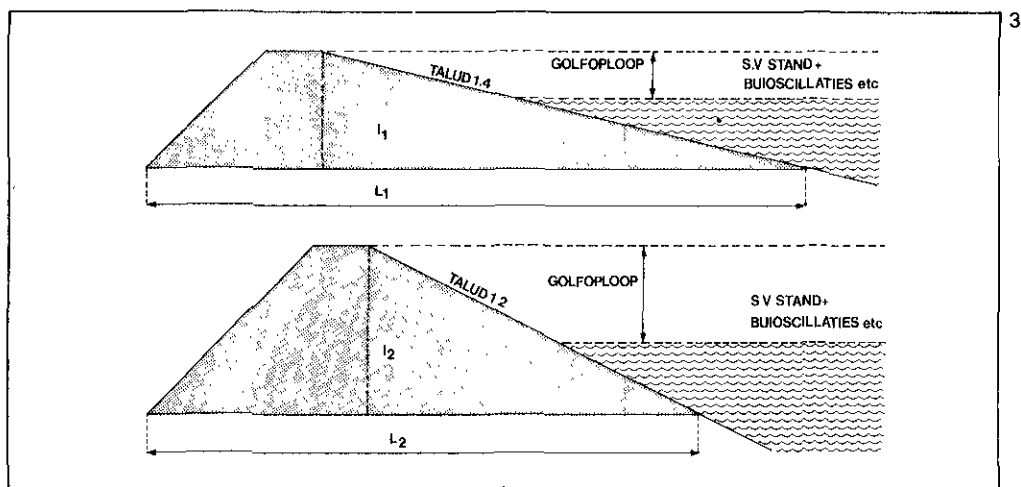
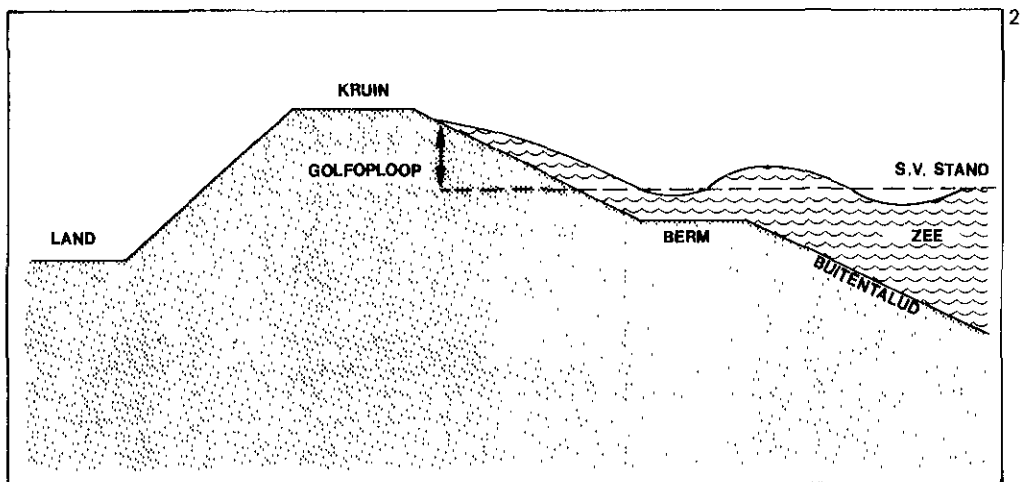


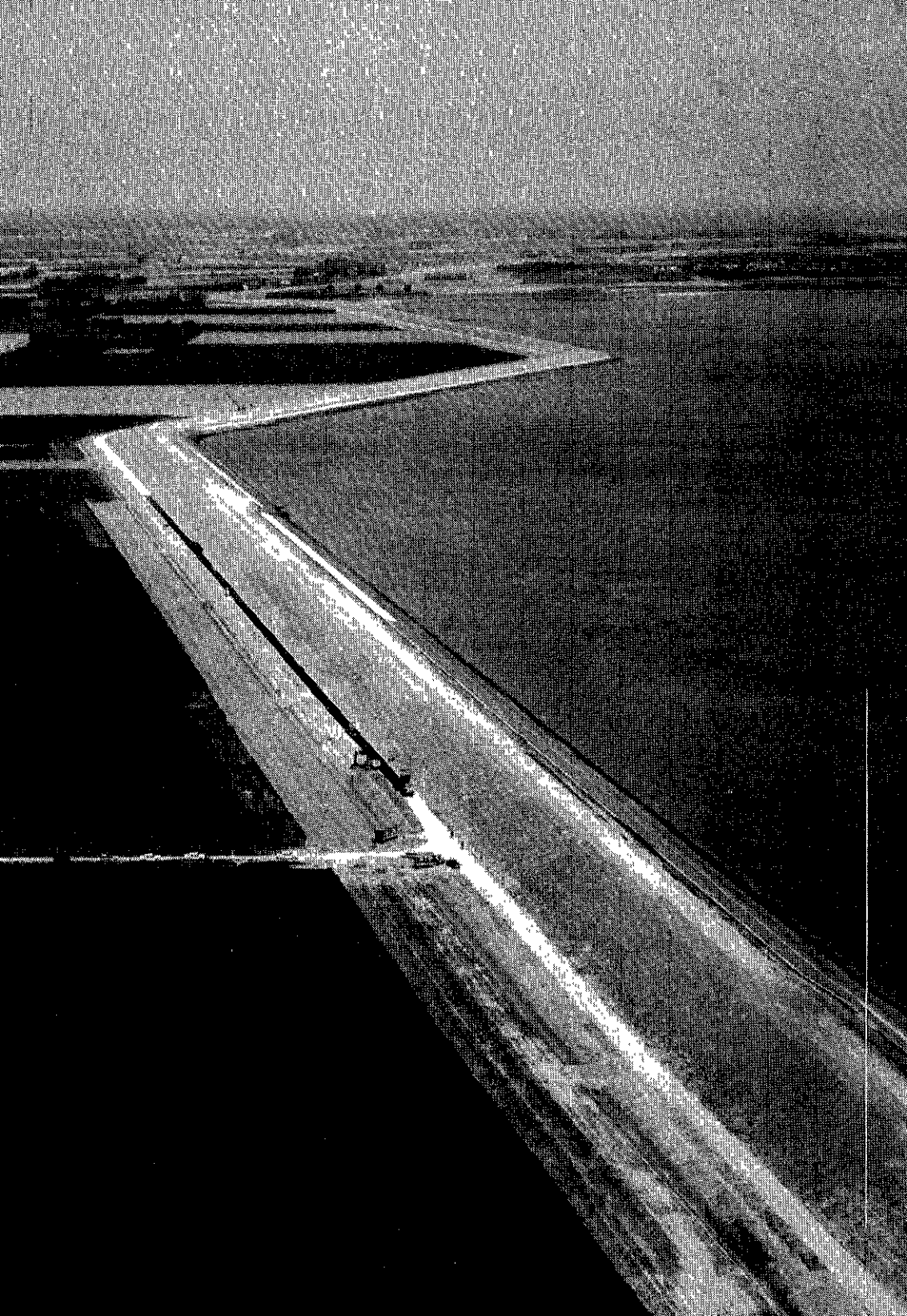
talud moet hebben, wordt door geen enkele instantie voorgeschreven, al zijn er wel adviezen beschikbaar die aangeven dat zeer steile taluds vermeden moeten worden. De taludhellingen, en daarmee gedeeltelijk dus ook de kruinhoogte, worden dan ook meer dan door technische argumenten bepaald door uitvoeringsoverwegingen, de mogelijkheden tot grondverwerving en de kosten van de bouwmaterialen. Dat dit tot nogal verschillende dwarsprofielen aanleiding kan geven is te zien in figuur 3. De ene dijk heeft een buitentalud van 1 : 4. Het buitentalud van de tweede is tweemaal zo steil, namelijk 1 : 2. Het is duidelijk dat voor een profiel met een taludhelling van 1 : 4 meer aanlegruimte nodig is dan voor een profiel onder een helling van 1 : 2 : L_1 is groter dan L_2 . De benodigde hoeveelheid dijkspecie is in het eerste geval echter belangrijker minder dan in het tweede: I_1 is kleiner dan I_2 .

Het zal dus van plaatselijke factoren afhangen hoe hoog de kruin komt te liggen en welk dwarsprofiel er uiteindelijk zal worden gemaakt. In beide gevallen houdt de ontwerper zich volledig aan de richtlijnen van de Deltacommissie.

De grote verdienste van de Deltanorm is vooral daarin gelegen dat de uitgangspunten die leiden tot een kruinhoogte die in voldoende mate de veiligheid waarborgt, nu voor de gehele Nederlandse zeekust dezelfde zijn. Dit is een essentiële verbetering ten opzichte van de oude ontwerp-uitgangspunten, die zulver op ervaring stoelden, wat doorgaans neerkwam op de ontwerp-norm: de hoogst bekende waterstand plus één meter.

Dat de richtlijnen die de Deltacommissie geformuleerd heeft uiteindelijk toch niet voldoende zijn om tot consistente dijkontwerpen voor de





gehele Nederlandse kust te komen, realiseerde deze commissie zich terdege. Vooral op het gebied van de golfoploop was weinig bekend, en de commissie beval verder onderzoek daarnaar dan ook krachtig aan. Dit onderzoek moest zich dan vooral richten op de invloed die golven en stormvloedstanden hebben op het bezwijken van het dijklichaam. Helaas bestaat er nog steeds maar weinig inzicht in het bezwijkmechanisme van dijken, dat een zeer gecompliceerde materie vormt. Deze kennis is echter onmisbaar om inzicht te krijgen in de echte kans op het bezwijken van een zeedijk. Net als bij de probabilistische benadering van de stormvloedkering is dit immers het gegeven waarom de ontwerper verlegen zit. Uit de probabilistische benadering valt wellicht voor de toekomst nog meer te leren met betrekking tot het ontwerpen van zeedijken. De golfoploop die mogelijk is, wordt in werkelijkheid namelijk niet bepaald door één significante golfhoogte behorende bij het ontwerppeil. Bij iedere stormvloedstand is sprake van een statistische kansverdeling van golven en daarmee van golfoplopen en golfoverslaghoeveelheden. Net als bij de stormvloedkering leveren de zeewaterstand en de golfhoogte een verschillende bijdrage aan de belasting van een dijk. Dit betekent dat dan ook niet alleen van het ontwerppeil zou moeten worden uitgegaan, maar ook van andere waterstanden, waarbij dan weer andere golfoplopen behoren. Als uitgangspunt van het dijkontwerp zou dan een simultane kansverdeling van waterstanden en golfoplopen gehanteerd moeten worden. In onze redenering tot nu toe gingen we uit van één en dezelfde taludhelling en dezelfde taludbekleding. Om de bezwikkans van de dijk te bepalen moet echter net als bij de stormvloedkering, de sterkte van de constructie, uitgedrukt in termen van waarschijnlijkheid, mee in de beschouwing worden getrokken. Na de vaststelling van de invloed die de taludhelling en de bermen op het bezwijkgedrag van de dijk hebben, zullen daarom ook de materiaaleigenschappen, zoals de bekledingsruwheid en -sterkte, de sterkte van de dijkspecie, de samenstelling van de ondergrond en dergelijke meer, in kansverdelingen ingevoerd moeten worden in een bezwijkmodel. Voordat dit praktisch kan worden uitgevoerd is nog veel studie vereist. Als eerste stap echter moet zo goed mogelijk bekend worden wat het aandeel van de golfoverslag en de gemiddelde zeestand is op het bezwijken van een dijk. Dan kan, op basis van de reeds eerder genoemde simultane kansverdelingen van waterstanden en golven, de kansverdeling van dijkbelastingen worden bepaald. Vervolgens is het dan mogelijk om bij een gewenste overschrijdingskans een belastingssituatie te bepalen,

waarin waterstand en golfbeweging evenwichtig vertegenwoordigd zijn voor wat betreft het bezwijkgedrag van de dijk.

Hoe belangrijk dit is, moge het volgende nog verduidelijken. Tijdens de stormramp van 1953 zijn veel dijken bezweken waarvan het buitentalud van de heersende windrichting afgekeerd lag. Het profiel van deze dijken was in het verleden dan ook hoofdzakelijk bepaald op grond van de stormvloedstand, terwijl het optreden van golven slechts een ondergeschikte rol speelde; de waakhogte was daardoor relatief gering. De dijken echter die op de stormstreek gelegen waren, hadden een waakhogte die in meters kon worden uitgedrukt, omdat hier wel rekening gehouden was met aanzienlijke golfoploop. De Deltacommissie heeft dit onderkend, en gesteld dat nergens noemenswaardige golfoverslag mag plaatsvinden. De 2% overslag-norm die zij hiervoor hanteert is fysisch echter maar zwak onderbouwd, zowel wat betreft het bezwijkmechanisme als de randvoorwaarden. Men neemt immers maar één significante golfhoogte aan. Een probabilistische benadering van deze materie zou het aantal onzekerheden kunnen verkleinen.



Dijkversterkingen in Zuid-Holland

In Bericht 70 (november 1974) werden onder andere de procedures belicht die moeten worden gevolgd bij versterkingswerken aan bestaande waterkeringen ingevolge de Deltawet. Daar werd ook reeds gewezen op de vele belangen, die bij de versterking van de waterkeringen betrokken zijn. Omdat zich in Zuid-Holland in de jaren daarna met betrekking tot deze aspecten een aantal belangrijke ontwikkelingen heeft voorgedaan, en het destijds geschetste beeld niet onaanzienlijk is gewijzigd, wordt in dit artikel opnieuw op deze materie ingegaan. Tevens wordt een overzicht gegeven van de stand der werkzaamheden in de provincie Zuid-Holland.

De zorg voor de instandhouding van een goed systeem van waterkeringen is een belangrijk aspect van de waterstaatszorg. De grote bevolkingsdichtheid van ons land, met name in Zuid-Holland, stelt hoge eisen aan de waterkeringen. Tevens dwingt de geringe beschikbare ruimte tot een intensief grondgebruik voor verschillende doeleinden. Veelal leidt dit dan ook tot gebruik van dezelfde ruimte voor verschillende doeleinden en belangen, met name ter plaatse van de overgang van land naar water. De recreatie, de scheepvaart, de rivierafvoer, de natuurwetenschappelijke, culturele en historische waarden, de industrie, het wegverkeer, de woongemeenschappen en de waterkering moeten allemaal aan hun trekken komen. Het streven is, al die belangen harmonieus te integreren. Daarbij dient te worden bedacht, dat een voldoende veilige waterkering dient ter bescherming van alle andere genoemde belangen.

Bij het opstellen van plannen ter versterking van de waterkeringen staan derhalve de normen pri-

mair, waaraan de versterkingen moeten voldoen, en die zijn vastgelegd in het rapport van de Deltacommissie.

Voor de vormgeving en dus de wijze van versterking is echter binnen de daarvoor gegeven normen nog een groot aantal mogelijkheden aanwezig. In die speelruimte ligt de kans om ook de andere bij de beoordeling van de versterking van de waterkering betrokken belangen tot hun recht te doen komen. Daarbij onderscheiden we een aantal belangen van sociale en economische aard, en landschappelijke, culturele en natuurwetenschappelijke belangen. Vanuit een sociaal en economisch gezichtspunt is de veiligheid tegen overstromingen het eerste belang, dat alle andere draagt. Daarnaast dient het belang te worden gerespecteerd van woongemeenschappen op en nabij de waterkering, met de bijbehorende infrastructuur, waaronder we de industrieën langs de waterkering kunnen rekenen, die mede van groot belang zijn voor de instandhouding van de woongemeenschappen. De recreatie op en nabij de waterkering is een derde sociaal-economisch belang waar rekening mee moet worden gehouden. Voorts dient zorg gedragen te worden voor een goede en veilige scheepvaartafwikkeling op de rivier; tevens dient te worden gezorgd voor een goede waterafvoer in het belang van de veiligheid tegen overstroming. De landschappelijke, culturele en natuurwetenschappelijke belangen kunnen als volgt worden geconcretiseerd: handhaving van rivier- en dorpsgezichten; instandhouding van monumentale bebouwing en bebouwing met groeps waarde; handhaving van de waterkering als onderdeel van het landschap en zorg voor de flora en fauna. De genoemde belangen zijn natuurlijk niet zelden onderling tegenstrijdig. Tot 1975 werd door

de waterschappen in Zuid-Holland, die veelal verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van de werken op grond van de Deltawet, bij het opstellen van de ontwerpen voor de versterkingen incidenteel overleg gepleegd met de vele instanties die de verschillende belangen behartigen. Daarbij deed zich het probleem voor, dat deze belangen nog niet altijd waren geïnventariseerd.

Langzamerhand begon echter de gedachte te groeien, dat voor de bevordering van de uniformiteit bij de dijkversterkingsplannen in deze provincie een formeel kader zou moeten worden geschapen. Daarom namen Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland het initiatief een en ander formeel te structureren, en in april 1975 kwam het tot instelling van een Coördinatiecommissie Dijkverzwaring. Deze commissie zou tot taak krijgen het ontwerpen van de dijkverster-

kingsplannen te begeleiden, en zo mogelijk de problemen die het gevolg waren van tegenstrijdige belangen tot een oplossing te brengen. De commissie heeft een adviserende taak, zowel ten behoeve van het college van Gedeputeerde Staten als van de waterschapsbesturen.

In eerste instantie beperkte het werkgebied van de commissie zich tot de waterkeringen in de Alblasserwaard en de Krimpenervaard. Eind 1976 werd besloten alle versterkingen van de waterkeringen in Zuid-Holland in de commissie te behandelen.

In deze commissie zijn vertegenwoordigd: de Rijkswaterstaat, de Provinciale Waterstaat, de Provinciale Planologische Dienst, de Landinrichting, de Natuurbescherming, de Monumentenzorg, de Stichting 'Het Zuidhollands Landschap', de Stichting 'Natuur en Milieu' en de Stichting Centrum Milieubeheer. Aan het be-



trokken waterschap, en aan de bij een bepaald plan betrokken gemeente of lokale dijkgroep wordt de status van waarnemer toegekend. Later werd ook een vertegenwoordiger van de Stichting Lek en Merwe als commissielid toegelaten, aangezien deze stichting geacht kon worden de belangen van de plaatselijke dikgroepen te behartigen.

De commissie vergadert sinds haar installatie in augustus 1975 met een frequentie van ongeveer één keer per maand. Aanvankelijk waren de vergaderingen besloten; op aandringen van enkele leden werd echter al snel tot openbaarheid besloten.

De te volgen procedure voor nieuwe dijkversterkingsplannen is onlangs door de Coördinatiecommissie definitief opgesteld en door Gedeputeerde Staten aanvaard. In grote lijnen kan ze

in vier fasen worden verdeeld. Eerst wordt door het waterschap een schetsontwerp gemaakt; daarover wordt in de Coördinatiecommissie overleg gepleegd. Dan volgt een voorlichtings- en inspraakronde. Vervolgens wordt het voorlopig ontwerp opgesteld door het waterschap; de bezwaarschriften worden in de Coördinatiecommissie behandeld. Dit mondt uit in het opstellen van een definitief ontwerp en uitvoeringsplan door het waterschap, dat ter vaststelling wordt ingezonden bij de minister van Verkeer en Waterstaat.

De commissie heeft in de afgelopen paar jaren een bijzonder nuttige functie vervuld, omdat zij dikwijls in staat is gebleken oplossingen aan te dragen, waarbij een goed evenwicht werd gevonden tussen alle aspecten die van belang waren.

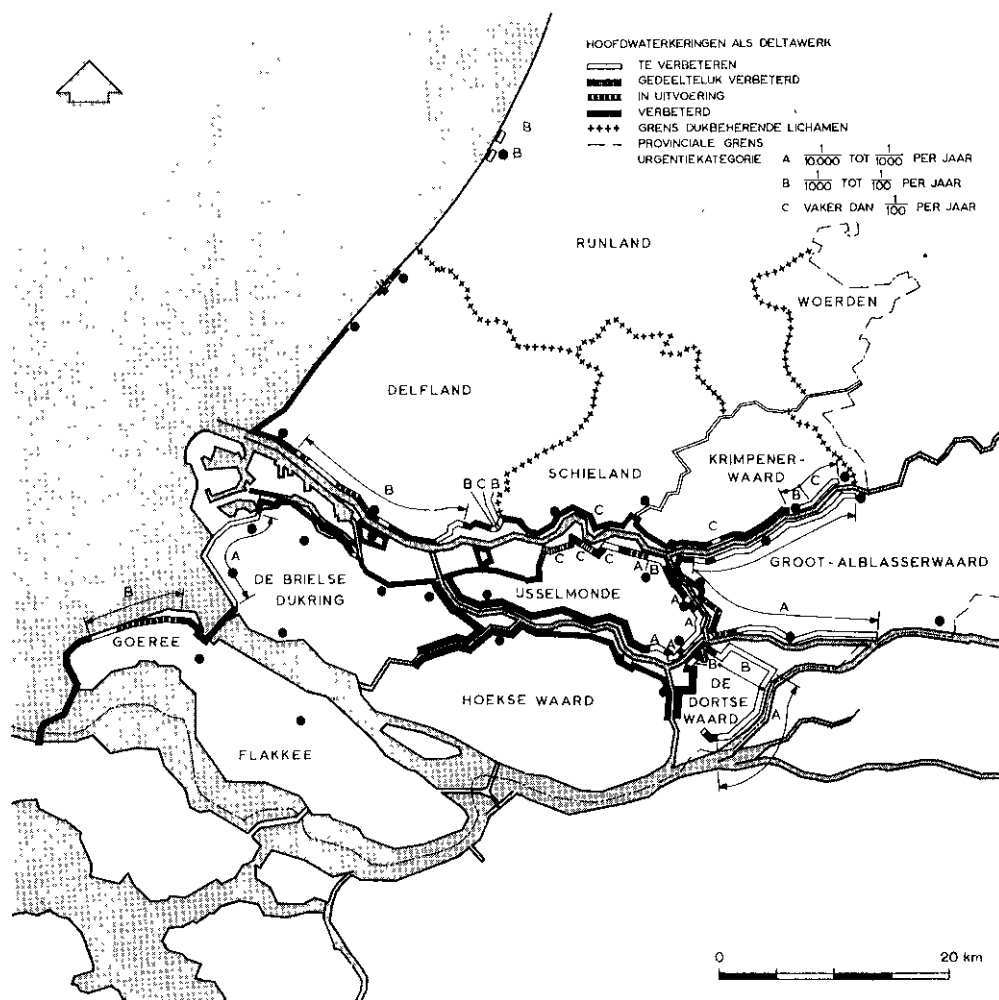
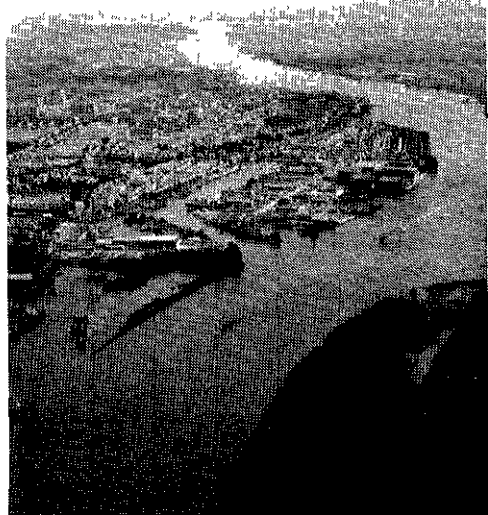
De commissie heeft het algemene advies gege-



Links: De Lek van Vianen westwaarts gezien. Hierboven: Uiterwaarden langs de Lek

ven om bij ieder dijkversterkingsplan voor een compenserend landschappelijk aanpassingsplan te zorgen. Met name met betrekking tot de Alblasserwaard is zij veel verder gegaan en heeft zij er in vrij veel gevallen voor gepleit de noodzakelijke verzwaring aan de buitenzijde van de bestaande waterkering aan te brengen, in de vorm van een zogenoemde parallelzijdig. Bij zo'n oplossing kan met name aan de binnenzijde van de bestaande waterkering veel bebouwing worden gespaard. Dit is slechts één van de vele mogelijkheden om het ruimtelijke beslag dat de waterkering legt, zo gunstig mogelijk te laten vallen. In de praktijk betekent dit veelal dat een zo gering mogelijk ruimtelijke beslag wordt nagestreefd door middel van wat men dan noemt een 'uitgekleid' ontwerp, waaruit een groot vertrouwen spreekt in ons vermogen om de natuur te beheersen. In verband met het feit

Overzicht van de uitgevoerde
en nog uit te voeren dijkver-
sterkingen in de provincie
Zuid-Holland, per 1 januari
1978



echter dat berekeningen, met name stabiliteitsberekeningen, slechts benaderd en geschematiseerd zijn, ondanks de groeiende kennis op grondmechanisch gebied en het intensieve en uitgebreide grondonderzoek, is het echter wel van belang, zulke 'uitgekiende' ontwerpen nuchter te bezien. In deze ontwerpen zoekt men de ruimtebesparing gaarne in constructies als damwanden, filters en dergelijke, soms misschien zonder er rekening mee te houden dat deze constructies gevoelig zijn voor de tand des tijds. In de commissie is dan ook slechts dan de behoefte gevoeld aan een dergelijke ontwerp, als er aanmerkelijke schade aan bestaande waarden mee kon worden voorkomen of verminderd, en het in de belangenafweging zinvol werd geacht.

Inmiddels kan worden gesteld, dat tweederde van de krachtens de Deltawet te versterken waterkeringen in Zuid-Holland nu aan de Delta-eisen voldoet. De werkzaamheden die in Zuid-Holland nu nog moeten worden uitgevoerd ter verkrijging van de beoogde veiligheid, worden hieronder kort besproken.

De versterking van de noordkust van Goeree is bij Koninklijk Besluit als Deltawerk vastgesteld. Met de werkzaamheden is een aanvang gemaakt; verwacht mag worden dat in 1979 over dit gedeelte de beoogde veiligheid zal zijn verkregen. Dan resteren nog de versterking van het Flaauwe Werk, waarvoor op dit moment de plannen worden voorbereid, en de definitieve keuze van de bescherming op langere termijn van de zeekering nabij het Westhoofd, hetzij door het aanleggen van een zanddam in zee, hetzij door middel van periodieke suppleties. Langs de gehele kust van Voorne is door het gereedkomen van de voorlopige voorzieningen aan de zeekering een veiligheid verkregen, die tijdelijk, tot het afronden van de definitieve versterking, aanvaardbaar is. In 1983 zal worden begonnen met de definitieve versterking, die dan in 1985 zal zijn afgerond. De werken in Rijnland omvatten de bouw van een nieuwe buitensluis in het uitwateringskanaal te Katwijk, en de versterking van de zeekering in Katwijk zelf. De werkzaamheden zullen naar verwachting in 1982 gereed zijn. De uitvoering van de versterking van de hoogwaterkeringen langs de Rotterdamse Waterweg en daarmee in open verbinding staande wateren wordt stelselmatig voortgezet.

Door de aanleg van de Philipsdam zal in 1985 ook voor Flakkee de door de Deltawet beoogde veiligheid worden bereikt.

Met de voltooiing van het totale werk – de aanleg van de Philipsdam niet meegerekend – is

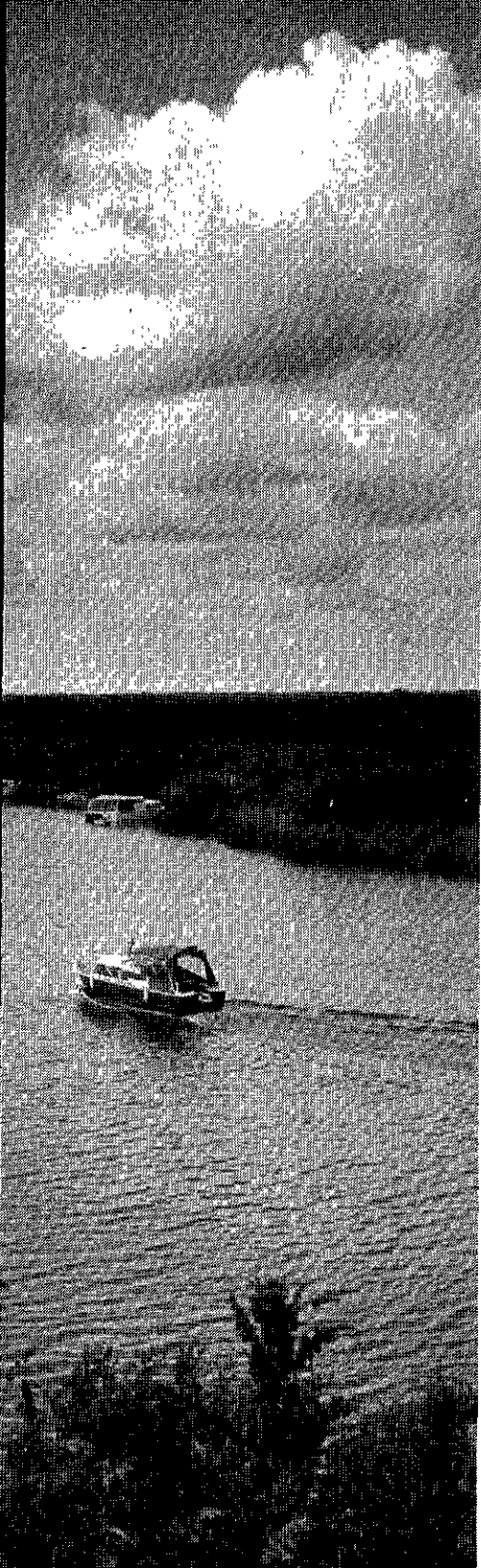
nog een bedrag van ruim f 700 miljoen gemoeid op prijsbasis eind 1977.

Het is duidelijk, dat voor een zo omvangrijke onderneming een straffe planning van de werkzaamheden noodzakelijk is.

In overleg met de waterschappen en de Provincie werd door de directie Zuid-Holland dan ook een meerjarenplanning opgesteld, die in gezamenlijk overleg jaarlijks wordt bijgesteld. De voorbereiding en de uitvoering van de werken zijn niet de taak van de Rijkswaterstaat, maar van de beheerders; dit wordt dus niet centraal georganiseerd.

De verschillende nog te verbeteren dijkvakken zijn verdeeld in drie urgentie categorieën: A, B en C. In categorie A vallen waterkeringen die in staat zijn stormvloed te keren met een overschrijdingsfrequentie tussen een tienduizendste en een duizendste per jaar, categorie B kan een stormvloedhoogte keren met een overschrijdingsfrequentie tussen een duizendste en een honderste keer per jaar en categorie C een nog hogere. Naast de overschrijdingskansen van de verschillende dijkvakken zijn ook andere factoren, zoals de grootte van het te beschermen gebied, de aanwezigheid van een tweede waterkering en de samenhang met andere dijkwerken, van invloed geweest bij het bepalen van de urgentie. Hoewel ernaar wordt gestreefd de waterkeringen met de hoogste urgentie het eerste te versterken, kunnen andere factoren een versnellende of vertragende invloed hebben. Dientengevolge komen werken die in een lagere urgentie categorie zijn ingedeeld, wel eens in uitvoering vóór werken met een hogere urgentie.





Dijkversterkingen in Noord-Brabant

De strijd tegen het water in het Deltagebied is door Noord-Brabant vanouds op twee fronten *gestreden: in het westen, waar de zee via de zee-armen rechtstreeks toegang had tot de Brabantse kust*, en in het noordwesten, waar zowel de zee als de grote rivieren van invloed waren op de hoogte van de te keren waterstanden. Het dijkbeheer vertoonde aanvankelijk nog een zeer verbrokkeld beeld. De doorgaande waterkering, die vanaf Geertruidenberg langs Donge, Amer, Hollands Diep, Volkerak, Eendracht, Ooster- en Westerschelde tot de Belgische grens liep, was te onderscheiden in 43 dijkvakken en kunstwerken, waarover 33 instanties het beheer voerden. Dat waren merendeels waterschappen, daarnaast ook enkele gemeenten en rijksinstanties. Kort na de watersnoodramp van 1953 is daarin verandering gebracht. Op 1 januari 1954 werd het waterschap 'De Brabantse Bandijk' ingesteld ter vervanging van de vele kleine beheerders. Dit waterschap is op zijn beurt op 1 januari 1977 opgegaan in het waterschap 'Hoogheemraadschap West-Brabant', waaraan sinds 1 september de zorg voor de instandhouding van alle waterkeringen tussen de mond van de rivier de Donge en de Belgische grens is toevertrouwd. De gewenste hoogte van de waterkeringen werd in het verleden afgeleid uit de ervaringsgegevens die uit overstromingen werden verkregen. Wijzigingen in de geografie hadden daarop een belangrijke invloed. Zo valt te veronderstellen dat de invloed van de zee op de Westbrabantse kust voordat de St.-Elizabetsvloed in 1421 tot de vorming van de grote zeearmen leidde en de zee in meer direct contact bracht met de Brabantse kust, aanzienlijk kleiner is geweest dan daarna. Ook het verleggen rond de eeuwwisseling van de Maasmond naar de Amer, door het graven van de Bergse

Maas, is daarop van invloed geweest. Door de zware overstromingen die in 1926 het rivieren-gebied troffen, werd de Maasmond aanzienlijk verdiept, met als gevolg dat de invloed van het getij en dus ook van de sindsdien optredende stormvloed en zich nog verder in bovenstroomse richting verplaatste. Dit leidde ertoe dat het vaststellen van gewenste dijkhoogten in 1928 tot een zaak van de provincie werd gemaakt. Niettemin bleven de waterkeringen in latere jaren nog op vele plaatsen te laag. Na de stormramp van 1953 bleek bovendien dat diverse dijkvakken ernstig waren verzakt.

Uitsluitend afgaan op vroegere stormvloed-waarnemingen, zonder daarbij rekening te houden met de overschrijdingskansen van deze extreme standen, kon niet meer. Dat had tot zeer ongewenste verrassingen geleid. De in 1953 opgetreden vloedstanden langs de Brabantse kust waren, afhankelijk van de plaats, tussen 30 cm en 70 cm hoger dan enige bekende vloed sedert het tijdstip van betrouwbare waarnemingen.

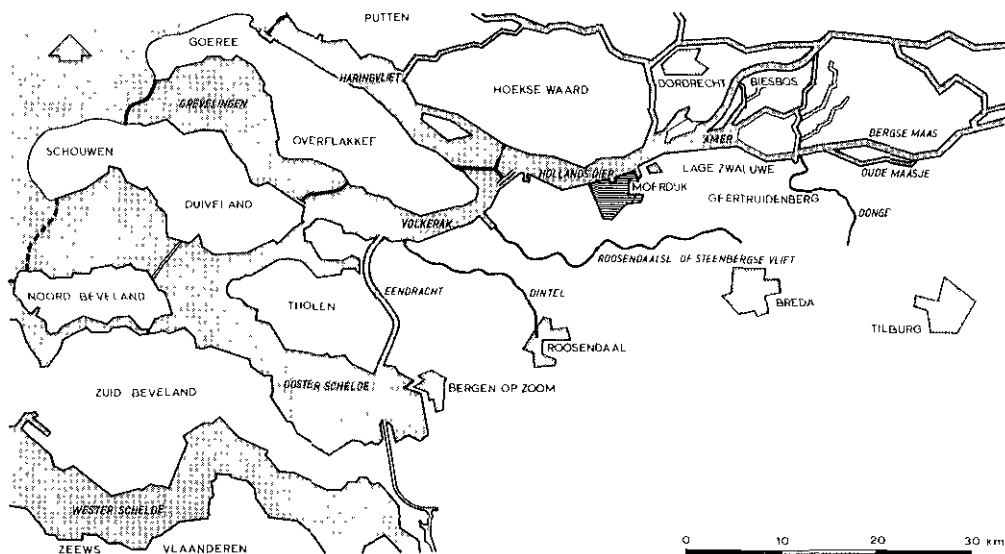
Na het herstel van de oorlogsschade van de tweede wereldoorlog werd een begin gemaakt met het ontwikkelen van plannen die ten doel zouden hebben, de invloed van de zee verder terug te dringen.

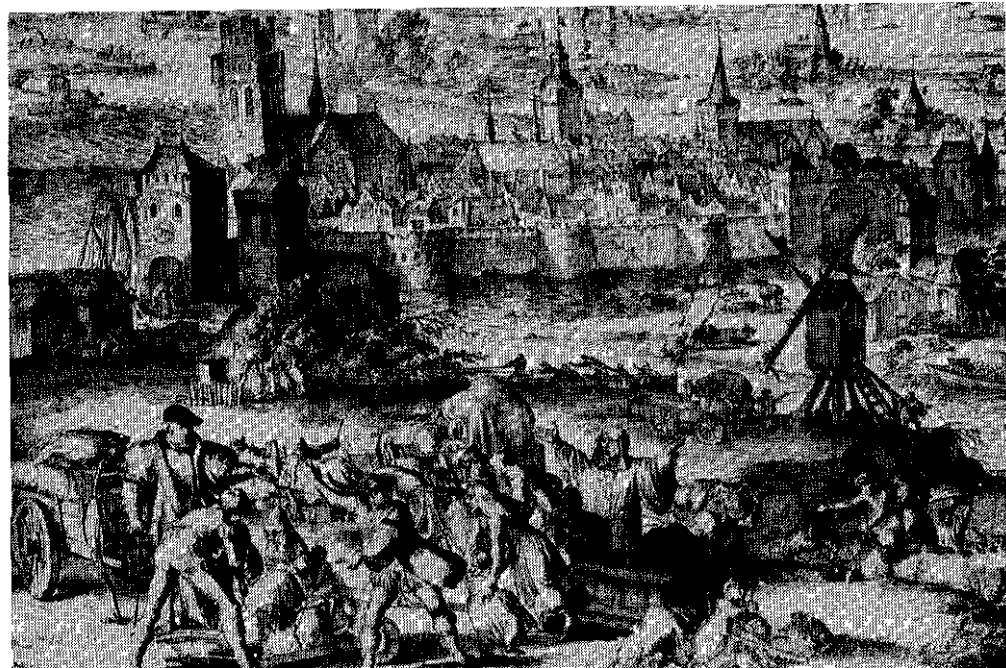
Door de Rijkswaterstaat werd een afdeling Dijkverhogingen ingesteld, gevestigd te Breda. Deze dienst werd onder meer belast met het ontwerpen van een plan voor de indijking van de Brabantse Biesbos. In het indijkingplan waren eveneens afsluitingsplannen opgenomen in de mond van de Donge en van het Oude Maasje, teneinde te voorkomen dat de binnendijks gele-

gen gebieden tengevolge van de lage ligging van de binnenkaden evenals de Biesbos regelmatig zouden worden overstroomd.

De watersnoodramp van 1953 betekende voorlopig het einde van deze meer landinwaarts ge-projecteerde indijkingplannen. Er bleek herbe-zinning noodzakelijk op de meest doelmatige wijze van beveiliging van de landsdelen tegen het overstromingsgevaar. De beschikbare krachten moesten allereerst worden gebundeld om de door de stormvloed geteisterde waterke-ningen te herstellen. Op vele plaatsen moesten de stroomgaten in de zeedijken en in de binnen-dijken worden gedicht; eerst in de vorm van noodherstel, naderhand gevolgd door definitief herstel. De uitvoering daarvan lag gedeeltelijk in handen van de Rijkswaterstaat. Op 8 april 1953 viel het laatste geïnundeerde gebied droog. Bij het definitieve herstel werden aan de hand van een zogenaamd 'zwakke-plekken-plan' ook verbeteringen aan de bestaande dij-ken ondernomen. De bedijking langs de zuidelij-ke oever van de Amer werd voltooid, en in wes-telijke richting voorbij Moerdijk-dorp verlengd tot ter hoogte van het in de latere jaren aange-legde industrieterrein Moerdijk.

De haven van Lage Zwaluwe werd in 1963 van het buitenwater afgesloten door de aanleg van een keersluis in de hoogwaterkering. Ook langs de westkust werden in de periode 1960-1964 op vele plaatsen dijkvakken verbeterd en versterkt. Daarbij werd rekening gehouden met het geringe vloedverhogende effect dat zou uitgaan van de gefaseerde uitvoering van de Deltawerken, met name van de aanleg van de Volkerakdam. Dit maakte het noodzakelijk, de steenglooingen





St. Elisabethsvloed, gravure
van A. Houbraken, 1422

langs de buitenzijde van de waterkeringen naar mate ze dichtter bij de Volkerakdam waren gelegen, hoger op te trekken. Toen in december 1975 door de regering werd besloten tot compartimentering van de Oosterschelde en in juni 1976 tot de bouw van een stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde, werd het duidelijk dat de in de Deltawet beoogde hogere veiligheid eerst 7 jaar later, in 1985, zou kunnen worden bereikt. De verlenging van de uitvoeringsduur van deze werken maakte het gewenst, voor de nog resterende tijdsduur een hogere veiligheidsnorm te hanteren voor de hoogte van de primaire waterkeringen ten zuiden van de Volkerakdam. Hiertoe werd een norm gekozen die paste bij stormvloedstanden met een frequentie van optreden van 1/500 x per jaar. De uitvoering van de partiële dijkverbeteringen langs de Westbrabantse kust, die wordt verzorgd door het bureau Dijkversterkingen Oosterschelde in nauwe samenwerking met het waterschap West-Brabant, is reeds ver gevorderd; voor de nog resterende dijkgedeelten verkeren de plannen in een eindstadium. Een bijzonder probleem daarbij vormt het sluisencomplex in de mond van de rivier de Dintel te Dintelsas, waarvan de 150 jaar oude spuisluis en de even-

oude tweede schutsluis niet meer in staat worden geacht, de noodzakelijke bouwkundige veranderingen te kunnen ondergaan, zodat naar een andere, meer ingrijpende oplossing zal moeten worden omgezien.

Door de afsluiting van het Haringvliet in 1970 werd een grotere veiligheid gerealiseerd op het Noordelijk Deltabekken. Deze situatie heeft de mogelijkheid geopend, opnieuw aandacht te besteden aan de vroeger reeds in studie genomen hoogwatervrijmakingsplannen. Door de afsluiting van het Haringvliet is de vanouds bestaande functie van de Brabantse Biesbos als stormvloedbergingsgebied, dat moet helpen om vloedstanden nabij Dordrecht beneden een aanvaardbaar peil te houden, komen te vervallen. De belangrijk lagere waterstanden die nu in dit gebied voorkomen, veroorzaakten dat de aanwezige kaden vrijwel geheel waterkerend werden, hetgeen de watervrijmaking van het oostelijk en noordelijk deel van de Biesbos door middel van enkele kreekafsluitingen tot een in economisch opzicht verantwoord project heeft gemaakt. Ook in de naaste toekomst zijn nog enkele watervrijmakingsplannen voorzien in het gebied van de boven-Donge, de beneden-Donge en het Oude Maasje.

De te treffen voorzieningen zullen in hoofdzaak bestaan uit de aanleg van keersluizen in de mondingen van deze rivieren. De lengte van de gesloten hoofdwaterkering wordt daardoor verkleind, terwijl de tegenwoordige functie van deze wateren toch zo volledig mogelijk kan blijven gehandhaafd.

Milieu-aspecten van de partiële dijkverhoging langs de Oosterschelde

Het besluit van de regering om de Oosterschelde af te sluiten met een beweegbare stormvloedkering in plaats van met een massieve dam, beoogt onder meer het huidige natuurlijke milieu zo goed mogelijk in stand te houden. Deze beslissing heeft echter ook tot gevolg dat het moment waarop maximale veiligheid zal worden bereikt, enkele jaren is uitgesteld. Werd hiervoor in het oude Deltaplan 1978 aangehouden, door de herziening is dit moment verschoven naar 1985. Om deze periode te overbruggen is daarom besloten tot partiële verhoging van de dijken langs de Oosterschelde. Dat werk moet in 1980 gereed zijn. Als ontwerpcriterium is een storm gekozen met een kans van voorkomen van 1/500 per jaar. Bij de partiële dijkversterking speelt, naast de technische en economische aspecten, ook de voor het werk beschikbare tijd een belangrijke rol.

Veel te verhogen dijken grenzen aan belangrijke natuurgebieden; daarom zijn er ook belangrijke natuurwetenschappelijke aspecten aan verbonden. Langs veel dijkvakken liggen schorren, slikken, inlagen en karrevelden met een bijzonder biologische betekenis; maar ook de dijk zelf kan van grote natuurwetenschappelijke waarde zijn. De betekenis van al deze gebieden is dat ze informatie bevatten over de complexe relatie van het land en de zee, zowel in de aanwezige planten en dieren als in de geomorfologie.

Van deze gebieden willen we in dit artikel de natuurwetenschappelijke betekenis nagaan, en overwegen op welke wijze die door de dijkversterkingen kan worden aangetast, en hoe die aantastingen eventueel kunnen worden voorkomen of verminderd.

Aangezien daar in het vervolg telkens naar wordt verwezen, zullen we eerst de voornaam-

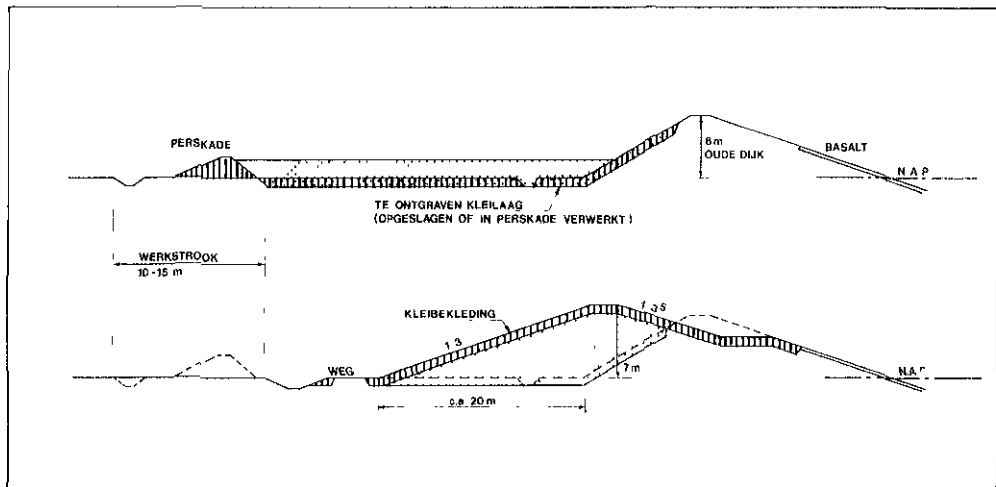
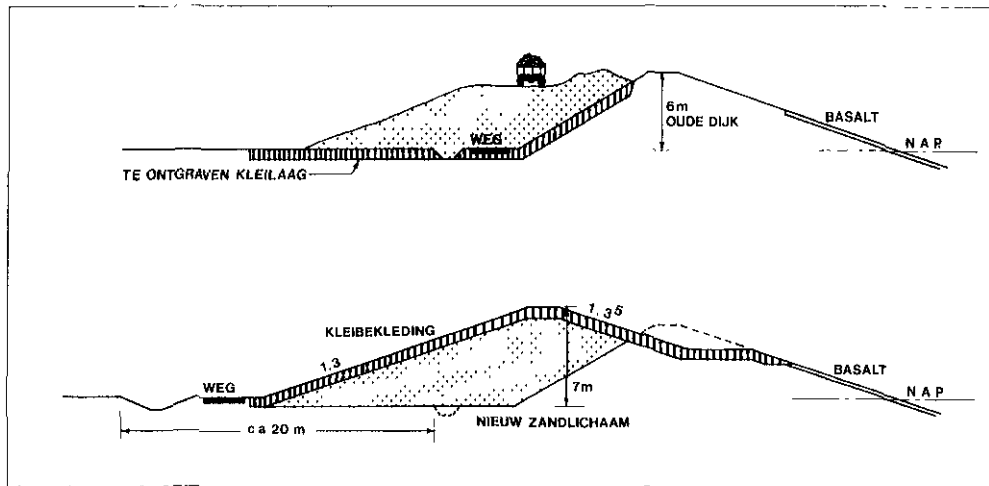
ste werkwijzen bij de dijkversterkingen langs de Oosterschelde kort bespreken. Er wordt hier in hoofdzaak gewerkt volgens twee methoden: een natte en een droge uitvoeringswijze.

Bij de natte uitvoering wordt het benodigde zand ter plaatse opgespoten tussen de oude dijk en een perskade, daarna wordt het zand onder profiel gebracht en afgedekt met een kleilaag en eventueel een nieuwe glooiing. Bij deze methode is tijdelijk een extra werkstrook nodig van 15 meter breed, die aan het eind van het werk weer in de oude toestand wordt teruggebracht, dat wil zeggen dat men de oorspronkelijke bodem, die bij het begin van het werk was verwijderd, weer terug aanbrengt, evenals de oude sloten en het draineersysteem. Op dynamische landbouwgronden zal na enkele jaren niets meer te zien zijn van zo'n werkstrook. In natuurgebieden, doorgaans het resultaat van een langdurige, weinig door de mens gestoorde ontwikkeling, zal dit herstel pas na lange of zeer lange tijd plaatsgevonden hebben.

Bij de droge uitvoering wordt het benodigde zand elders in een depot opgespoten, en vervolgens met vrachtauto's aangevoerd en meteen onder profiel aangebracht. Bij deze methode is geen tijdelijke werkstrook nodig. Door de hoge transportkosten is ze als regel duurder dan de natte uitvoeringswijze. De droge uitvoeringswijze wordt dan ook vooral daar toegepast waar slechts een geringe versterking nodig is, of waar een werkstrook onmogelijk is of uiterst ongewenst.

De buitendijkse natuurgebieden

De hoogste buitendijkse gebieden, waarop door hun hoogteligging boven gemiddeld hoogwater begroeiing van hogere planten mogelijk is, zijn



Droge en natte uitvoering van dijkverhogingen langs de Oosterschelde, in de uitvoeringsfase en definitief

de *schorren*. Ze worden doorsneden door een stelsel van krekken waardoor getijdewater wordt aan- en afgevoerd. Tussen de krekken liggen kommen, en op de overgang tussen kom en kreek hebben zich meestal oeverwallen ontwikkeld. De kommen zijn lager gelegen, slibrijker en natter dan de hoger gelegen, zandiger en drogere oeverwallen. Daardoor hebben kommen en oeverwallen ieder hun eigen specifieke bodemopbouw en vegetatie, die nog varieert afhankelijk van de ouderdom van het schor. Het totale schoroppervlak in Zuidwest-Nederland is de laatste decennia, met name ten gevolge van de Deltawerken, sterk afgenomen, en wel van 8000 ha in 1960 tot 4300 ha in 1977. Dit aantal zal met nog eens 1100 ha verminderen ten gevolge van de compartimentering van de Oosterschelde. In de Oosterschelde resteert dan nog slechts ongeveer 450 ha schor. In de Wes-



terschelde blijft ongeveer 2700 ha over, waarvan 2200 in het Verdrongen land van Saaftinge. De Westerscheldeschorren zijn echter allemaal verschillend, zowel ten opzichte van elkaar als ten opzichte van de Oosterscheldeschorren. Alle schorren zijn daardoor belangrijk als zeldzaam milieutype, en alle hebben ze een grote geomorfologische en vegetatiekundige betekenis, omdat ze in de landvormingsprocessen ieder hun eigen informatie bevatten. De hoogste schordelen kunnen bovendien nog van belang zijn als rustplaats voor steltlopers tijdens hoogwater, en als broedgebied voor vooral meeuwen en sterns.

Door de gecompliceerde opbouw van kreken, kommen en oeverwallen zijn schorren erg gevoelig voor menselijke ingrepen, zoals graafwerkzaamheden, materiaaldumping, transportactiviteiten en het tijdelijk gebruik als werkstrook. Dergelijke werkzaamheden hebben als regel een nivellerende invloed op het terrein: het onderscheid tussen kreken, kommen en oeverwallen verdwijnt, zowel wat betreft de hoogteverschillen als de bodemstructuur, terwijl de vegetatie wordt vernietigd. Herstel van de morfologie, de bodemstructuur en de ervan afhankelijke vegetatie kan uitsluitend plaatsvinden onder invloed van het getij. Dit is een langdurig proces, waarbij sterk betwijfeld kan worden of volledig herstel wel mogelijk is. Dit geldt temeer omdat na 1985 het gereduceerde getij een geringer effect op de morfologie van de hogere schorren zal hebben dan nu het geval is. Vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt verdient het dan ook aanbeveling dergelijke aantastingen te voorkomen, of ze nu bestaan in oppervlakteverlies en dus permanent zijn, dan wel tijdelijk: het herstelvermogen van deze gebieden is immers gering. Dit is mogelijk door de versterking van

dijken die langs schorren lopen naar de binnenzijde uit te voeren, zodat er geen activiteiten hoeven plaats te vinden op het schor zelf. Langs de Oosterschelde doet zich echter de complicatie voor dat bij veel dijken aan de buitenzijde een schor en aan de binnenzijde boerderijen zijn gelegen. Zowel uit financieel oogpunt als in het licht van de ter beschikking staande beperkte tijd is het dan aantrekkelijk om ter plaatse van die boerderijen de dijk naar buiten te versterken. In dat geval zou men bij een versterking van de buitenzijde van de dijk moeten kiezen voor een droge uitvoering, opdat zowel het ruimtebeslag als de aantasting van de structuur en de vegetatie van het overblijvende schor zo klein mogelijk blijft.

Minder kwetsbaar dan de schorren zijn de buitendijkse *slikken*. Dit zijn bij laagwater droogvallende gebieden die niet, of spaarzaam begroeid zijn met hogere planten. Deze intergetijdegebieden herbergen in hun bodem een rijk dierenleven. De wormen en schelpdieren die daar leven, vormen bij laag water een belangrijke voedselbron voor vogels, en bij hoog water voor platvissen en garnalen. Hierdoor vervullen de slikken een essentiële rol in het ecosysteem van getijdebekkens zoals de Oosterschelde.

Slikken zijn minder gecompliceerd opgebouwd dan schorren, en daardoor minder gevoelig voor beperkte ingrepen. Slikken komen bovendien nog in grote oppervlakken voor: in de Oosterschelde was er in 1977 nog 17 000 ha slik, en na 1985 blijft daarvan nog 12 000 ha over. De gebiedsverkleining zal als gevolg van dijkversterkingen relatief gering zijn, tenzij er belangrijke oppervlakken worden ingedijkt. Een dijkversterking over de rand van het slik hoeft daardoor geen grote waardevermindering van het gehele natuurgebied tot gevolg te hebben.

Een uitzondering moet echter worden gemaakt voor slikdelen waar zich reeds een spaarzame begroeiing van *Spartinagras* heeft gevestigd, die als eerste schoraanzet kan optreden. In de Oosterschelde kunnen deze spaarzaam begroeide delen bij uitstek de plaatsen zijn waar zich na 1985, in de situatie met gedempt getij, nieuwe schorren gaan vormen. Door buitendijkse afronding van hoeken en andere activiteiten kan deze pionierbegroeiing echter wellicht zo sterk achteruit gaan dat ze niet meer in staat is zich ter plaatse te handhaven. Mede met het oog op hun potentiële waarde na 1985 zouden deze schorren in wording dan ook even zorgvuldig behandeld dienen te worden als de echte schorren.

Binnendijkse natuurgebieden

Binnendijks vindt men inlagen en karrevelden.

Schor met kreek en kommen – met lang *Spartinagras* –, en oeverwallen – met *Obione*

Een inlaag is een doorgaans langgerekt gebied achter de waterkerende dijk, dat door een tweede dijk, de zogenaamde inlaagdijk van het polderland wordt gescheiden. Het maaiveld is als regel verlaagd als gevolg van ontgrondingen ten behoeve van de bouw van de inlaagdijk; daardoor treedt er vaak een zekere zoute kwel op. Inlagen hebben betekenis voor de plantengroei, de vogelstand en het leven in het water. De grootte en de aard van die betekenis wordt bepaald door het al dan niet aanwezig zijn van zoute kwel en waterafvoer. Daarbij kunnen variaties in de hoogteligging van het maaiveld en de bodemopbouw leiden tot interessante overgangen.

De plantkundige betekenis van inlagen wordt vooral afgemeten aan het voorkomen van *zoute plantengedenschappen zonder getijde-invloed*; daarbij beïnvloeden met name de veelvuldig

binnen de inlagen voorkomende overgangen van zout naar zoet, de waarde in hoge mate. Uitgesproken zoete inlagen worden vaak gekenmerkt door een relatief grote soortenrijkdom.

De betekenis van inlagen voor de vogelstand ligt enerzijds in hun functie als broedgebied van meeuwen, sterns en bepaalde soorten steltlopers, en anderzijds in hun functie als rust- en fourageergebied van steltlopers tijdens hoogwater. De betekenis voor het leven in het water wordt voornamelijk bepaald door de verschillen in zoute kwel en eventuele waterafvoer, waardoor in de verschillende inlagen sterk uiteenlopende milieus voor brak- en zoutwaterlevensgemeenschappen zijn ontstaan, vaak aangepast aan sterk variërende levensomstandigheden. Er zijn ongeveer 30 inlagen langs de Oosterschelde, met een totale lengte van ongeveer 30 kilo-



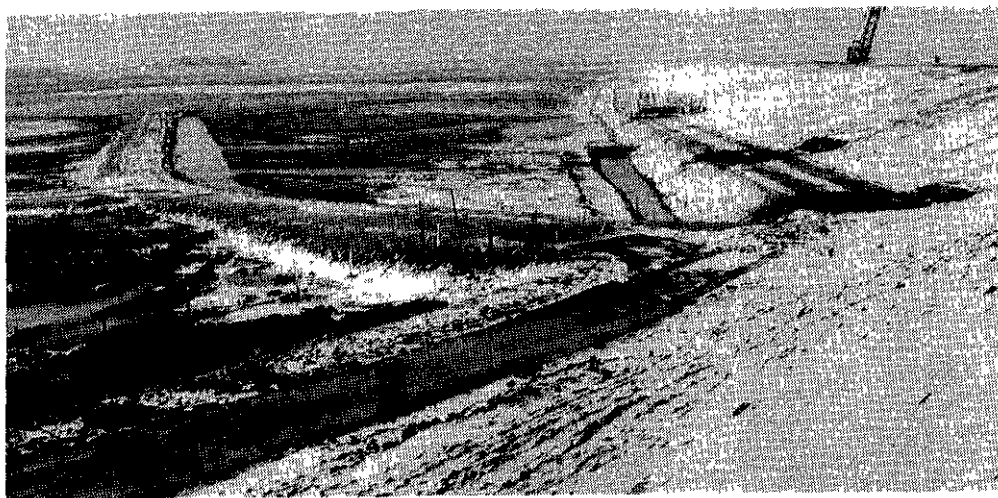
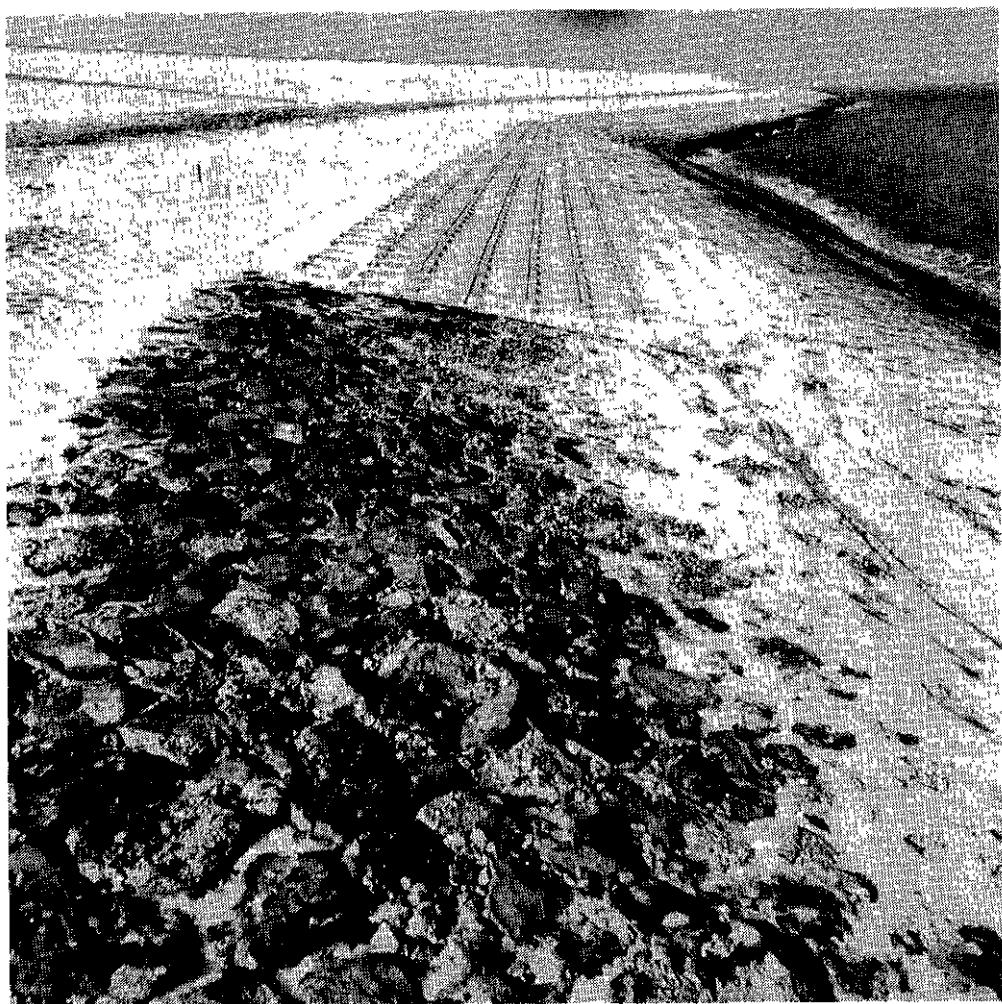
Links: Schor bij Kats na de dijkversterking. Langs de dijk is de zwaarbeschadigde extra werkzone te zien

Beneden. Inlaag bij Wemeldinge met rechts de zeedijk en links de inlaagdijk. Op de zeedijk een De Muraltmuurtje

meter en een breedte die varieert van 100 tot 250 meter.

Door hun geringe breedte zijn veel inlagen gevoelig voor oppervlakteverlies als gevolg van een dijkversterking aan de binnenzijde van de zeedijk. De mogelijkheid om dit oppervlakteverlies te voorkomen door een buitendijkse versterking is echter uit technisch oogpunt als regel niet aanvaardbaar, omdat aan de buitenzijde vrijwel altijd een diepe geul vlak onder de kust loopt. Versterking van de inlaagdijk aan de landzijde wordt eveneens nauwelijks aanvaardbaar geacht. Er zal dus vrijwel altijd voor een binnenwaartse verzwaring van de zeedijk worden gekozen. Wordt daarbij de natte werkwijze toegepast, dan zal bovendien een tijdelijke werkstrook noodzakelijk zijn. Met name in inlagen met belangrijke natuurwetenschappelijke bijzonderheden en vrij kort langs de dijk gelegen





kan het herstel van deze tijdelijke werkzone naar de oude situatie zeer langdurig en wellicht zelfs onmogelijk blijken. In dergelijke gevallen verdient een droge uitvoering dan ook de voorkeur. Dezelfde voorkeur voor droge uitvoering geldt voor zoete of weinig brakke inlagen met slechts geringe fluctuaties in het zoutgehalte. Deze inlagen zijn waarschijnlijk erg gevoelig voor een tijdelijk sterk verhoogde zoutlast, die bij een natte uitvoering nu eenmaal moeilijk is te voorkomen. Zoutere inlagen en inlagen met grotere fluctuaties in het zoutgehalte zijn hiervoor waarschijnlijk nauwelijks gevoelig. Welke invloed het nieuwe verbrede dijklichaam op den duur zal hebben op de zoute kwel naar de inlaag is niet nauwkeurig te voorspellen. Omdat inlagen zijn ontstaan als indirect gevolg van menselijk handelen, is het ook mogelijk nieuwe inlagen te creëren, bijvoorbeeld door het afsnijden van scherpe hoeken in een dijk. Bij een goede keuze van maaiveldhoogte, drainage en beheer voor zo'n nieuw gebied kan een gedifferentieerde, interessante uitgangssituatie ontstaan voor nieuwe natuurlijke ontwikkelingen.

Karrevelden zijn langs de zeedijk gelegen zilte graslanden met een verlaagd maaiveld als gevolg van ontgrondingen ten behoeve van eerdere dijkversterkingen of van veenwinning. Er is als regel sprake van een zekere zoute kwel, waardoor slechts een beperkt agrarisch gebruik mogelijk is. Karrevelden zijn voornamelijk van belang vanwege hun plantengroei en de vogels die ze herbergen. In dit opzicht is hun betekenis vergelijkbaar met die van veel inlagen. Ook de kwetsbaarheid voor dijkversterkingen komt sterk overeen.

Karrevelden zijn evenals inlagen, cultuurlandschappen. Dus is het ook mogelijk opnieuw kar-

revelden te maken. Daarbij kan met name gedacht worden aan kleiwinning ten bate van de huidige dijkversterkingen. Ook is de keuze van het nieuwe maaiveld, de drainage en het beheer erg belangrijk.

De dijken

Tenslotte de dijken zelf, als dragers van biologische informatie. Een dijk kan worden verdeeld in de steenglooiing in de intergetijdzone en het met klei beklede gedeelte erboven. De steenglooiing is van belang als vestigingsplaats van veel waterplanten en -dieren. Daarbij zijn vooral de natuursteenglooiingen van belang, zoals die met basalt en vulvordse steen. Door het onregelmatige model laten deze natuurstenen namelijk holtes over, waardoor er een soort kunstmatige rotskust ontstaat, waarop een vaak overvloedig planten- en dierenleven voorkomt. Betonblokglooiingen liggen meer aaneengesloten en zijn daardoor meestal slechts spaarzaam begroeid. De natuursteenglooiingen die in het kader van de dijkverzwaring moeten worden opgebroken zullen als regel worden vervangen door betonblokglooiingen en dan een geringere biologische waarde hebben. Daarom wordt zoveel mogelijk getracht interessante steenglooiingen in stand te houden of weer terug te brengen in de oude staat. De verwachting is dat de vernieuwde natuursteenglooiingen na verloop van tijd weer geheel zullen begroeiën met een flora en fauna in de oorspronkelijke samenstelling.

Het gedeelte boven de glooiing, de 'grasdijk', kan eveneens een rijke en gevarieerde flora hebben, met bijvoorbeeld Kaardebol en Graslathyrus, meestal het resultaat van een jarenlange ontwikkeling. Bij verzwaring wordt deze flora geheel vernietigd. De kans op terugkeer ervan moet erg klein worden geacht, omdat de mogelijkheden voor beheer op de nieuwe minder steile dijktafstanden doorgaans sterk verbeterd zullen zijn. Speciale aandacht verdienen nog de De Muraltmuurtjes. Dit zijn betonnen muurtjes die in het verleden als een vorm van dijkverhoging op veel dijken zijn aangebracht, en die nu als gevolg van de huidige dijkversterkingen vrijwel overal zullen verdwijnen. Deze muurtjes zijn vaak begroeid met korstmossen. Nu ze op grote schaal gaan verdwijnen, zullen de korstmossen sterk achteruitgaan. Daarbij zijn korstmossen in het algemeen erg gevoelig voor luchtvervuiling, wat hun aanwezigheid op de De Muraltmuurtjes een extra dimensie geeft. Vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt verdient het dan ook aanbeveling een aantal van deze muurtjes te laten staan als groeiplaats voor korstmossen.

Linksboven: Verschillende typen dijkglooiing: vooraan de oude basaltglooiing, achteraan de nieuwe glooiing van betonblokken

Hiernaast: Dijkversterking bij de Koudekerkse inlaag. De werkzaamheden zijn beperkt tot het dijklichaam; er is geen extra werkstrook

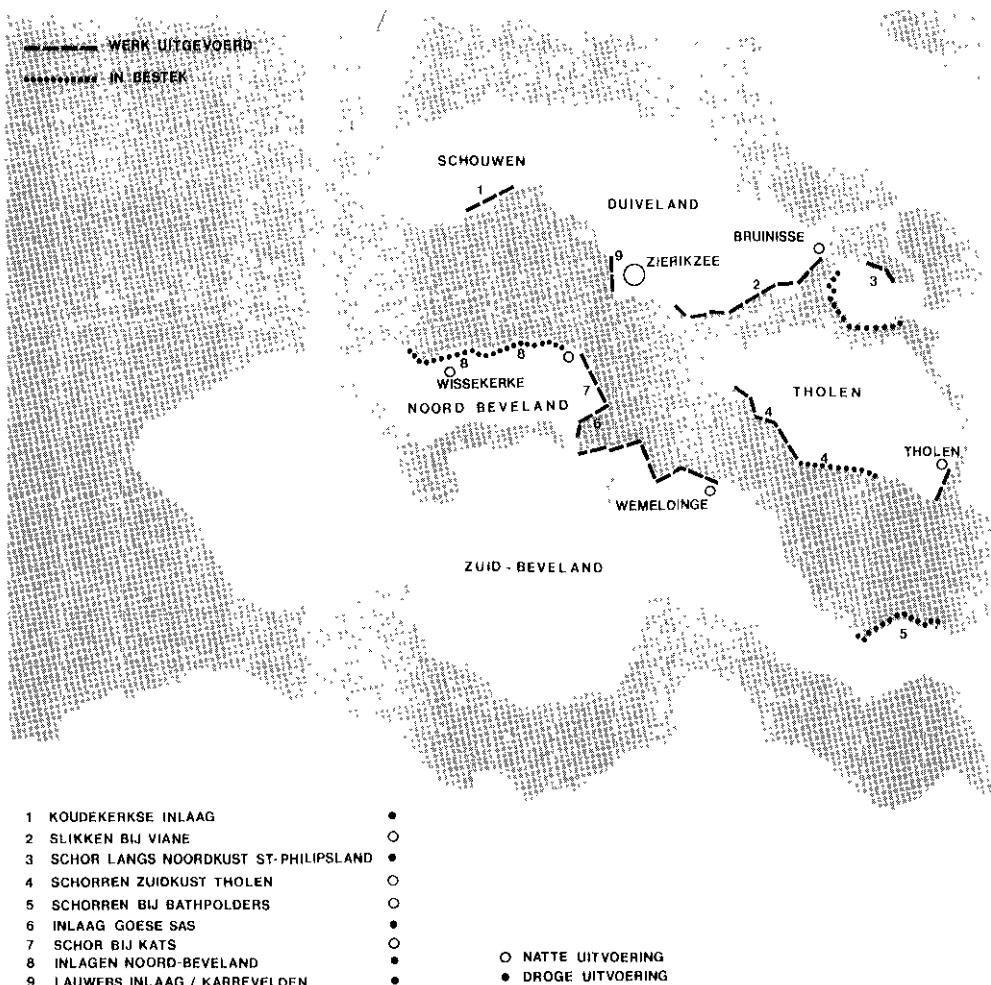
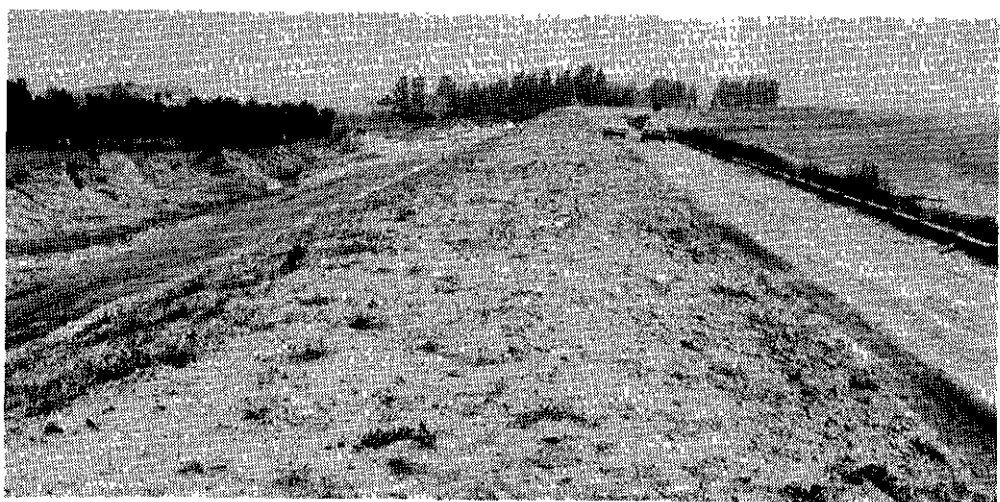
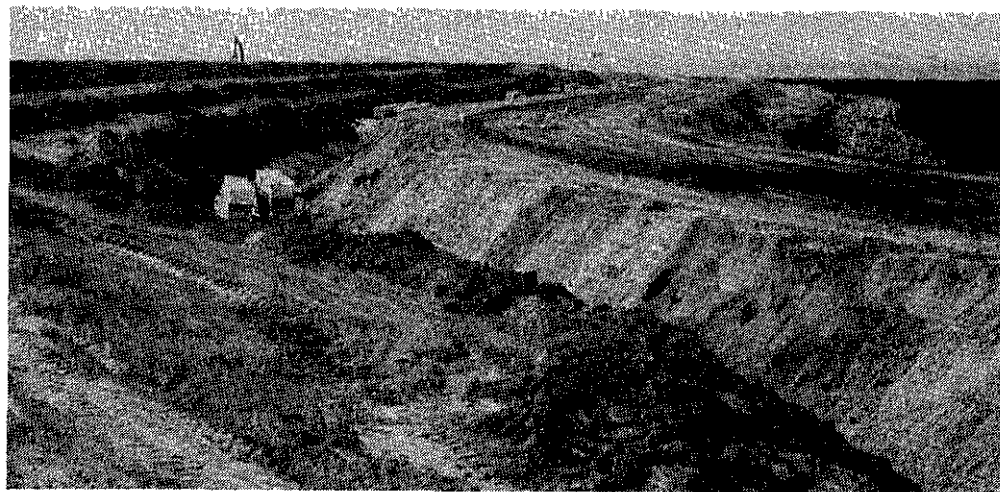


Fig. 3. Overzicht van de partiële dijkversterkingen langs de Oosterschelde

Rechtsboven: Dijkversterking aan de noordkant van St. Philipsland. Links is de oude dijk. Rechts is te zien in hoeverre de nieuwe dijk op het Schor komt te liggen

Middenrechts: Dijkversterking over de Slikken bij Viane tijdens de uitvoering. De weg ligt op de oude dijkkruin. Links is de werkstrook te zien. Op de benedenste foto is de werkstrook in de oude toestand teruggebracht





Van de ongeveer 145 kilometer te versterken dijk langs de Oosterschelde is momenteel 75 kilometer tracé vastgesteld. Daaronder zijn verschillende dijkvakken waarlangs belangrijke schorren, slikken en inlagen zijn gelegen. In een aantal gevallen is bij de tracékeuze en/of werkwijze rekening gehouden met de natuurwetenschappelijke betekenis en kwetsbaarheid van deze gebieden. Als voorbeeld kunnen worden genoemd de dijkversterkingen langs de Koudekerkse inlaag op Schouwen, reeds uitgevoerd, en langs de voornaamste inlagen op Noord-Beveland – thans in bestek –, waar in beide gevallen is gekozen voor een droge uitvoering, en de dijkversterking langs de slikken en het schor bij Viane op Duiveland, waar het werk vrijwel geheel binnendijs heeft plaatsgevonden. In de langs dit dijktracé gelegen spuikom heeft men de oorspronkelijke aanwezige lage zone langs de dijk, die grotendeels binnen het nieuwe dijktracé viel, opnieuw aangebracht, hetgeen naar verwachting zal leiden tot een snel herstel van de oude situatie. Van de belangrijke inlaag bij het Goesse Sas op Zuid-Beveland is echter een relatief groot oppervlak verloren gegaan als gevolg van een noodzakelijk geachte afronding van het dijktracé. Door een zorgvuldig uitgevoerde droge uitvoering heeft het oppervlakverlies echter tot het minimaal noodzakelijke beperkt kunnen blijven, terwijl het resterende deel van de inlaag vermoedelijk geen schade heeft ondervonden.

In een aantal andere gevallen is echter de natuurwetenschappelijke waarde meer of minder aangetast, met name in enkele grotere en kleinere schorcomplexen. Op Tholen is bij de buitenwaartse afronding van enkele hoeken de betekenis van twee kleinere schorcomplexen vrij ernstig aangetast, zowel door oppervlakteverlies als door tijdelijke activiteiten op de resterende

de schordelen. Bij het schor van Kats op Noord-Beveland is de verzwaring grotendeels naar buiten uitgevoerd, omdat binnendijs vlak langs de dijk twee boerderijen lagen. Doordat bovendien is gekozen voor een natte uitvoeringswijze is van een extra strook schor de structuur zo ernstig aangetast, dat herstel niet, of pas op lange termijn kan worden verwacht. Langs de noordkust van St.-Philipsland is reeds een klein gedeelte van de dijk versterkt in verband met de aanleg van een werkweg naar het werkeiland voor de Philipssluizen. Deze gedeeltelijke versterking heeft aan de buitenzijde plaatsgevonden, ten koste van een relatief vrij grote oppervlakte schor. Ook voor de rest van dit dijktracé zal waarschijnlijk de buitenwaartse werkwijze worden gekozen. Deze keuze hangt nauw samen met de minimale bereidheid van de betrokken grondeigenaren om gronden te verkopen. Bij de schorren langs de Bathpolders was aanvankelijk eveneens in principe gekozen voor een buitendijkse verzwaring. Op grond van met name stabiliteitsproblemen buitendijs is echter uiteindelijk toch voor een hoofdzakelijk binnendijkse verzwaring gekozen.

Wanneer een totaalbalans wordt opgemaakt over de resultaten tot op heden, dan komen de inlagen er wat betreft de aantastingen van oppervlak en natuurwetenschappelijke betekenis vrij gunstig af, evenals de enkele karrevelden die reeds bij de werkzaamheden betrokken zijn geweest. Ook bij de slikken zijn tot nu toe geen grote verliezen geweest wat betreft oppervlakte of natuurwetenschappelijke betekenis. De schorren, inclusief de schorren in wording, daarentegen hebben tot op heden relatief vrij grote verliezen geleden. Wanneer deze tendens zich voortzet, wat niet onwaarschijnlijk lijkt, dan loopt totaal 10 % van het schorrenareaal dat na 1985 in de Oosterschelde zal overblijven, alsnog de kans verloren te gaan, hetzij doordat het onder het dijklichaam komt, hetzij door bijkomende werkzaamheden.

Voorzieningen voor een wegverbinding over de stormvloedkering

Volgens het tijdschema voor de bouw van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde moest begin 1978 een beslissing worden genomen over het ontwerp van de pijlers.

Daarbij kwam de vraag aan de orde in hoeverre de pijlers tevens zullen gaan dienen als ondersteuning van een over de kering aan te leggen wegverbinding. Een beslissing over de verdere constructieve voorzieningen ten behoeve van de weg zelf, hoeft pas begin 1980 te worden genomen. Ook rees de vraag of, behalve de directe voorzieningen, voor de verdere toekomst nog extra mogelijkheden voor wegaanleg moesten worden opengehouden. In verband daarmee is een analyse gemaakt van de pijleralternatieven van de stormvloedkering in de Oosterschelde in verband met de toekomstige wegen. Men kan zich over de stormvloedkering verschillende wegtypen denken waarvoor op de pijlers dan een plaats moet worden ingeruimd. Ten behoeve van de constructie van een weg kan aan de Oosterscheldezijde van de pijler een console worden uitgebouwd, met een lengte afhankelijk van het dwarsprofiel van de weg die men wil bouwen of waarvan men de realisering wenst open te houden. Bij de maximaal mogelijke consolelengte van 7,60 m is de voor een wegverbinding maximaal beschikbare bruto breedte 26,50 m. Een nog grotere ruimte zou alleen gerealiseerd kunnen worden door een deel ervan op een hoger niveau te leggen. Het dwarsprofiel van de weg zou dan in drie afzonderlijke elementen moeten worden verdeeld. De volgende alternatieve voorzieningen aan de pijlers zijn in beschouwing genomen:

- I geen voorzieningen.
- II een verbreding van 3,5 m aan de bovenzijde.

III een verbreding van 6,0 m aan de bovenzijde;
voorbereidingen voor de mogelijke plaatsing van een kolom ten behoeve van een derde rijbaan.

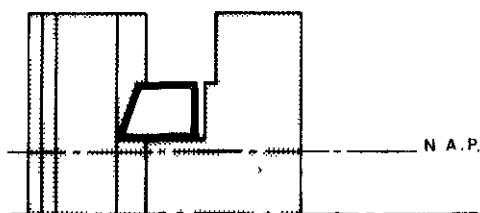
IV een verbreding van 7,6 m aan de bovenzijde;
voorbereidingen voor de mogelijke plaatsing van een kolom ten behoeve van een derde rijbaan.

IVa idem, met de kolom op een andere plaats. De alternatieven zijn getoetst aan de keuzemogelijkheden die ze bieden voor de in 1980 te nemen beslissing over de voor wegaanleg te reserveren ruimte, de fasering die ze mogelijk maken in de wegaanleg, en aan de kosten. Uit een oogpunt van keuzemogelijkheden en fasering blijken de alternatieven III, IV en IVa het gunstigst.

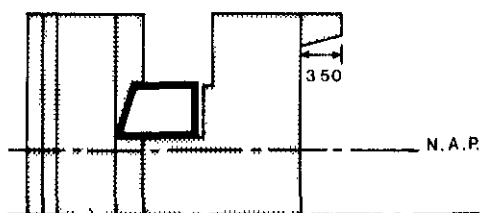
Het maximale dwarsprofiel voor een weg op de stormvloedkering dat kan worden gerealiseerd, is een dubbelbaansautosnelweg met een parallelverbinding. Op het ogenblik wordt de aanleg van een autosnelweg niet overwogen. De stormvloedkering zal ons allen echter verre overleven, naar mag worden aangenomen, en eventuele uitbreiding van de wegcapaciteit kan alleen maar op de kering zelf worden gevonden. Het zou derhalve zinvol kunnen zijn de mogelijkheden tot realisering van het maximaal mogelijke dwarsprofiel niet voor goed te blokkeren en tevens aandacht te schenken aan de mogelijkheden voor een gefaseerde uitvoering van de weg. Bij de alternatieven I en II is gefaseerde uitvoering niet mogelijk; bij de alternatieven III, IV en IVa wel.

De investering neemt af naarmate minder mogelijkheden worden opgehouden. Zonder extra investering in voorzieningen aan de pijlers kan

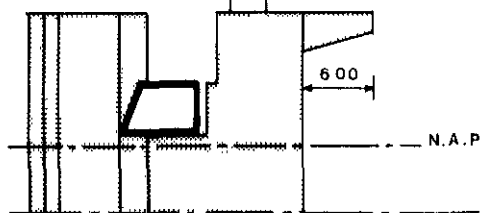
ALTERNATIEF 1



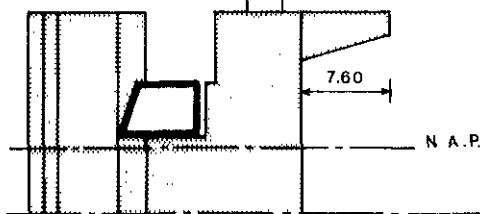
ALTERNATIEF 2



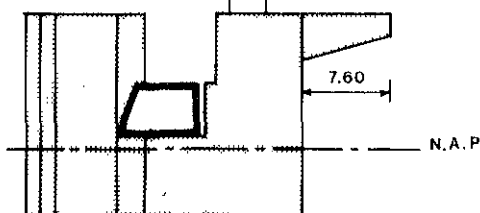
ALTERNATIEF 3



ALTERNATIEF 4



ALTERNATIEF 4a

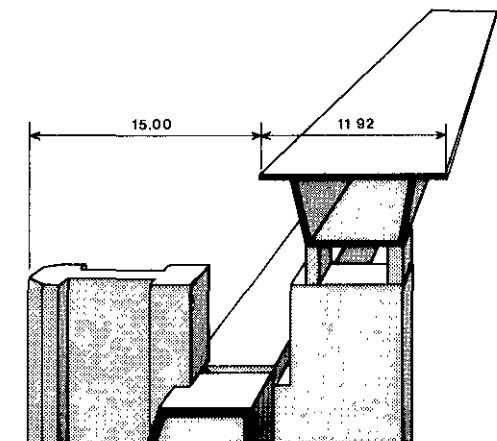


over de stormvloedkering ook in de toekomst nooit meer dan een enkelbaansautoweg met fietspad worden gerealiseerd. Het aantal keuzemogelijkheden voor de in 1980 te nemen beslissing neemt bij een slechts geringe extra investering sterk toe.

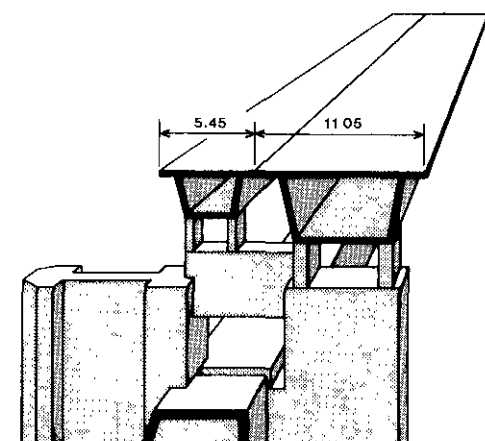
De overwegingen die een rol hebben gespeeld bij het opstellen van de alternatieve voorzieningen en de daarop mogelijke wegprofielen worden in het navolgende kort toegelicht. In de eerste instantie is uitgegaan van het hoofdwegennet, behorende bij het Concept Structuurschema Verkeer en Vervoer. Daarin wordt de weg aangeduid als enkelbaansautoweg. Naast de functie die de weg over de stormvloedkering zal vervullen voor het doorgaande snelverkeer, zal hij eveneens van betekenis kunnen zijn voor enkele andere verkeerssoorten, zoals fietsverkeer, gemotoriseerd langzaam verkeer en lokaal snelverkeer.

Het fietsverkeer zal naar verwachting een geringe omvang hebben. Bij enkele van de ontworpen wegtypen wordt de parallelverbinding gevormd door een in twee richtingen bereden fietspad. In andere gevallen zullen de fietsers gebruik moeten maken van een parallelweg waarop ook autoverkeer wordt toegelaten. Uit een oogpunt van verkeersveiligheid is dat onaanvaardbaar, vooral wanneer het autoverkeer enigszins intensief wordt. De veiligheid voor fietsers zou dan nog enigszins kunnen worden verbeterd door aparte fietsstroken te markeren door middel van onderbroken strepen. De strook voor fietsers blijft dan echter deel uitmaken van de rijweg voor motorvoertuigen. Het gemotoriseerde langzame verkeer, in hoofdzaak landbouwverkeer, zal naar verwachting eveneens een geringe omvang hebben. Op de Zee-landbrug worden dagelijks gemiddeld twee

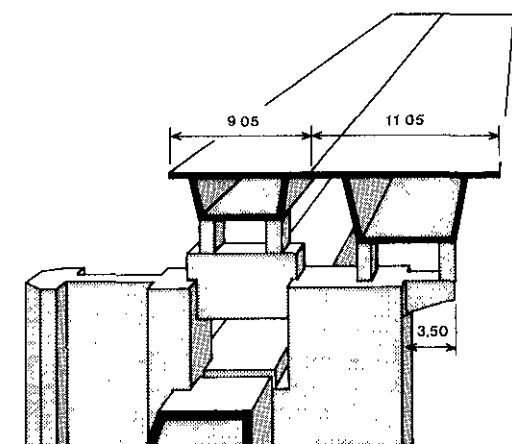
Fig. 1. De alternatieve voorzieningen aan de pijlers voor de stormvloedkering



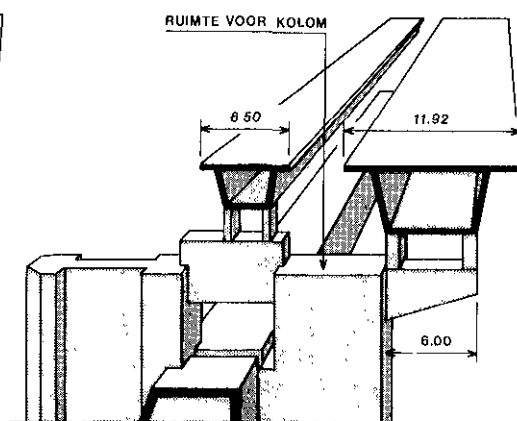
AUTOWEG



AUTOWEG + FIETSPAD

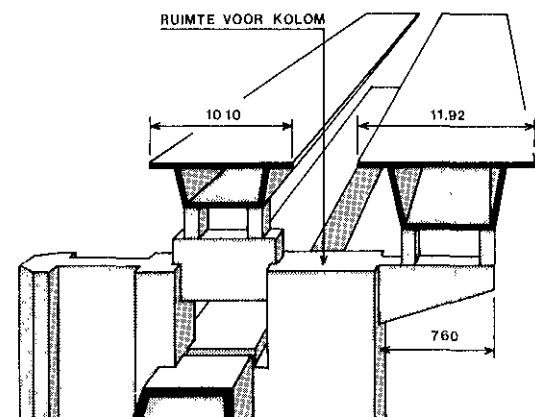


AUTOWEG + PARALLELWEG



AUTOWEG + FIETSPAD

(UITBREIDINGSMOGLIJKHEID OP EEN HOGER NIVEAU)



AUTOWEG + PARALLELWEG

(UITBREIDINGSMOGLIJKHEID OP EEN HOGER NIVEAU)

Fig. 2. Mogelijke wegprofielen over de stormvloedkering

passages van dit soort geregistreerd. Voor de weg over de stormvloedkering zou met eenzelfde aantal passages rekening gehouden kunnen worden. Bij de wegtypen zonder parallelverbinding of met een parallelverbinding in de vorm van een fietspad zou het gemotoriseerde langzame verkeer daarover kunnen rijden, of op grond van vergunningen de hoofdrijbaan gebruiken. Bij de wegtypen met een parallelweg voor alle verkeer kan de afwikkeling van dit langzame verkeer via de parallelweg plaatsvinden.

Welke invloed zal nu het recreatieverkeer hebben op het verkeersaanbod over de stormvloedkering? De damvakken Roggenplaat en Neeltje-Jans-Noordland zullen te zijner tijd mogelijkheden bieden voor recreatieve ontwikkelingen. Ook de stormvloedkering zelf zal een toeristische trekpleister kunnen gaan vormen. We laten hier de vraag onbeantwoord of het benutten van deze mogelijkheden wenselijk is en tot welke omvang recreatieve ontwikkelingen toelaatbaar moeten worden geacht. Binnen onze gedachten gang is het alleen van belang dat deze recreatieve mogelijkheden verkeer zullen oproepen dat samen met het doorgaande verkeer via de weg over de stormvloedkering moet worden afgewikkeld.

Om te voorkomen dat er in de berm van de hoofdrijbaan wordt geparkeerd, zouden er bijvoorbeeld op de Roggenplaat en op het damvak Neeltje-Jans-Noordland aansluitingen aan de hoofdrijbaan kunnen worden gemaakt van waaruit men per auto de damvakken kan bereiken. Een andere mogelijkheid is een parallelweg waarop snelverkeer wordt toegelaten. In enkele van de beschouwde wegtypen is zo'n parallelweg opgenomen.

Uitgaande van de door de Provinciale Waterstaat Zeeland opgestelde globale prognoses voor het doorgaande verkeer kan worden bepaald welke capaciteit daarnaast bij de verschillende wegtypen nog beschikbaar is voor lokaal

verkeer. Bij een enkelbaansautoweg komt dat neer op 500 motorvoertuigen per uur, en bij een autoweg met parallelweg voor alle verkeer op 4000 motorvoertuigen per uur. Met andere woorden, het type van de weg over de stormvloedkering zal bepalend zijn voor de ontsluiting van de recreatiegebieden. Voor elk van de beschouwde wegtypen is nagegaan welke omvang de recreatieve ontwikkeling op de damvakken zou kunnen verkrijgen, en of deze omvang in overeenstemming is met de mogelijkheden van het gebied. De totale capaciteit van het recreatiegebied is onbekend. Maar andere, algemene gegevens over het autogebruik van recreanten zijn wel bekend. Met behulp van normen ten aanzien van het percentage bezoekers dat per auto komt, het gemiddelde aantal personen per auto, de circulatiefactor, de maatgevende spitsuurintensiteit en dergelijke zijn de verkeersintensiteit in noordelijke en zuidelijke richting berekend voor het spitsuur op een topdag, uitgedrukt in percentages van het onbekende totaal. Op grond hiervan en van de reeds bepaalde maximaal toelaatbare intensiteiten voor lokaal verkeer bij de diverse wegtypen kan het maximaal mogelijke momentbezoek op een topdag aan een recreatiegebied op de damvakken worden bepaald.

Afhankelijk van het wegtype varieert dit momentbezoek van 14 000 tot 60 000 personen. Is dat nu veel of weinig? Om daar een indruk van te geven vermeldt de navolgende tabel de deelgebieden van de op de stormvloedkering aansluitende damvakken die mogelijkheden zouden kunnen bieden voor recreatieve ontwikkelingen, waarschijnlijk in hoofdzaak strand- en oeverrecreatie. De eerste kolom geeft een schatting van de oppervlakten die voor de recreatie beschikbaar komen; de tweede kolom geeft de geschatte bezetting, en de derde de resulterende momentcapaciteit per deelgebied. De totale momentcapaciteit komt dan, zeer globaal geraamd, op 30 000 bezoekers. Aangenomen is

Globale schatting momentcapaciteit deelgebieden stormvloedkering

deelgebied	voor recreatie beschikbaar komende opp. in ha	bezetting in pers./ha	momentcap. in pers.
damvak Roggenplaat	23	100	2 300
damvak Neeltje-Jans-Noordland	46	100	4 600
strand zeezijde	15	750	11 250
oevers bouwdoeken	30	400	12 000
Totaal			30150

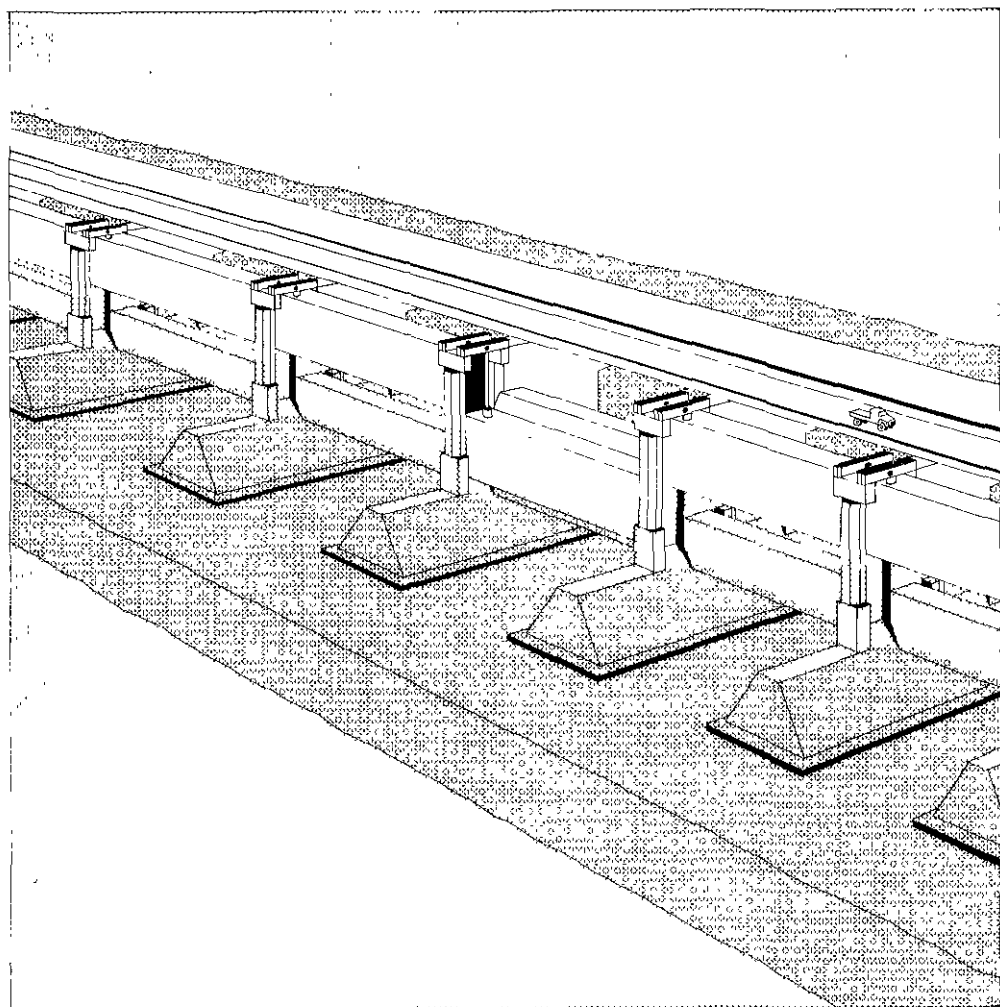
dat aan de zeezijde van het damvak Neeltje-Jans-Noordland later ten gevolge van aanzanding een strand tot ontwikkeling kan komen. Verder is voor de binnenzijde van de bouwdokken in totaal 6 km oeverlengte in rekening gebracht.

Bij enkele wegtypen kan de geraamde capaciteit van de damvakken slechts gedeeltelijk worden benut. Bij enkele andere wegtypen, te weten de autoweg met een parallelweg voor alle verkeer en natuurlijk ook een eventuele autosnelweg met parallelweg, kan de capaciteit geheel worden benut; de maximaal toelaatbare intensiteit voor het lokale verkeer wordt zelfs niet bereikt.

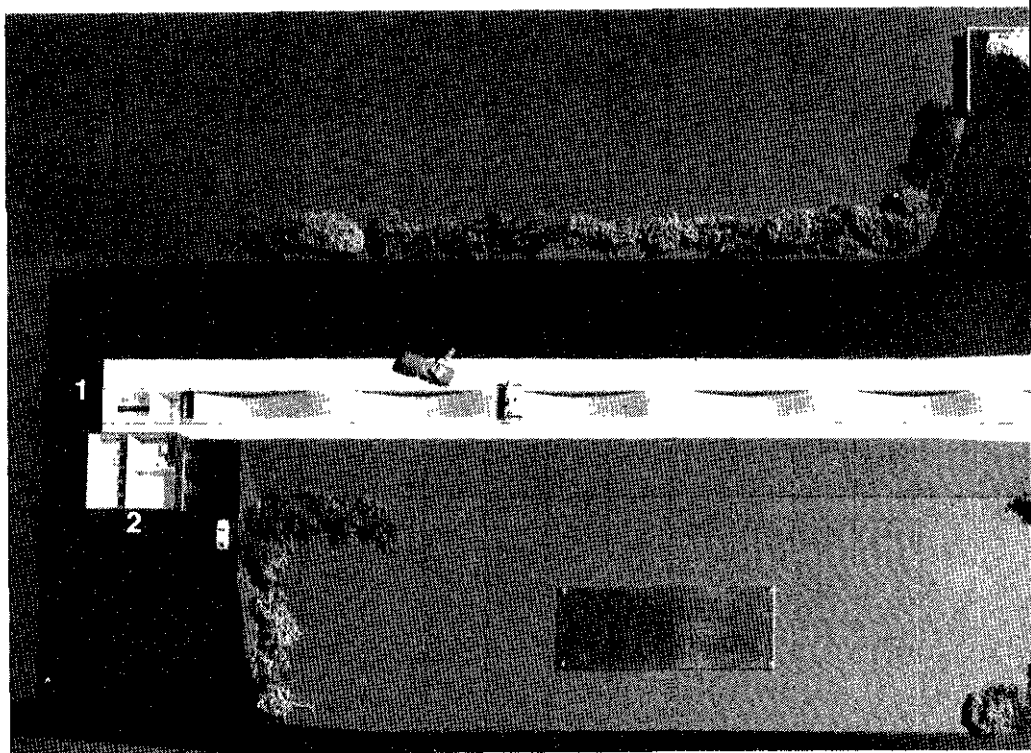
In 1977 is een Stuurgroep Oosterschelde ingesteld, waarin de provincie (die optreedt als voorzitter), het rijk, een aantal gemeenten en

waterschappen beslissingen voorbereiden over de bestemming van het Oosterscheldegebied. De gewenste ontsluiting van de verschillende damvakken zal in deze Stuurgroep worden geplaatst tegen de bredere achtergrond van de bestemming van het Oosterscheldegebied. Over functie en karakter van de doorgaande hoofdverbinding over de stormvloedkering wordt een beslissing genomen in het kader van het Structuurschema Verkeer en Vervoer.

Schets van een mogelijke wegverbinding over de stormvloedkering



De Deltagoot

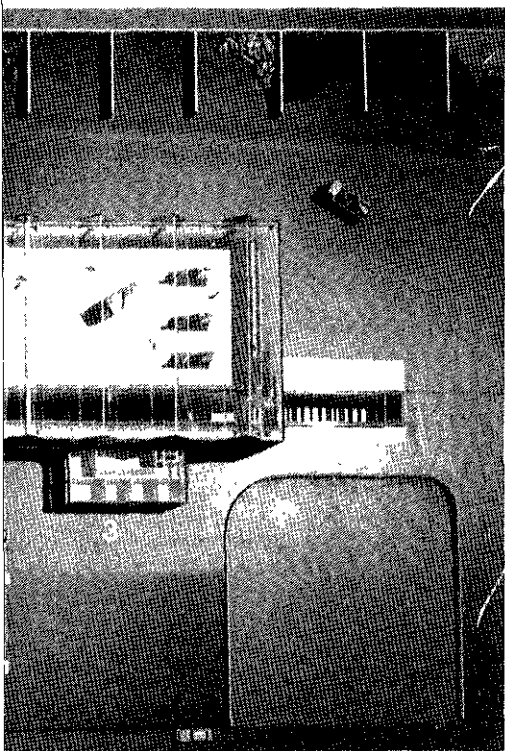


- 1 golfschot
- 2 trafo-ruimte
- 3 meetruimte en kantoor

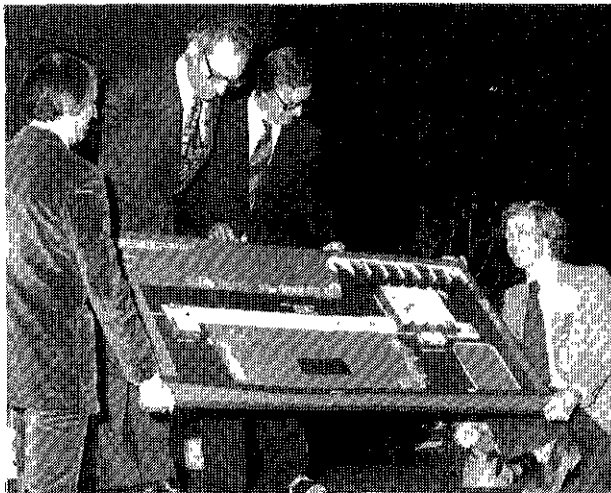
Tijdens de studieperiode voor het ontwerp van de stormvloedkering in de Oosterschelde is onder meer de mogelijkheid onderzocht de stormvloedkering op te bouwen uit caissons. Een van de problemen daarbij was dat men onvoldoende wist hoe waterspanningen worden opgebouwd in de grondslag onder een caisson. Zo'n opbouw van waterspanningen kan zich voordoen wanneer een caisson cyclisch belast wordt door golven. Het resultaat ervan kan zijn, dat de korrelspanningen in de ondergrond teloor gaan, en de caisson wegzakt in het zand.

Dit proces noemt men verweking van het zand, en vrijwel iedereen is ermee bekend: als je op het strand dichtbij de waterlijn met je voet op het natte zand stampt, wordt het papierig, het verveekt. Het proces mag, op deze wijze tot stand gekomen, eenvoudig schijnen, maar als het erop aankomt de stabiliteit van een caisson

onder golfaanval te beoordelen, wordt het een stuk ingewikkelder. Om het fundamentele inzicht in dit tegelijk grondmechanische en hydraulische probleem te vergroten, bleek het in het jaar van 1976 noodzakelijk in de werkhaven Neeltje Jans een proef te doen, waarbij het verloop van de waterspanningen in de grondslag onder een cyclisch belast caisson van ware grootte kon worden gemeten. Bericht 83 (februari 1978) bevat het verslag van deze proef. Tegelijkertijd werd een onderzoek begonnen in een diepe en brede golfgoot van Oregon State University in de Verenigde Staten, waar de mogelijkheid bestond een caisson te beproeven, weliswaar niet op ware grootte, maar toch van zodanige afmetingen dat de werkelijkheid zo dicht mogelijk benaderd werd. Bij de Neeltje Jans-proef werd de cyclische belasting op kunstmatige wijze opgewekt met een systeem van hydraulische vijzels. In de golfgoet van Oregon State University kon de belasting worden opgewekt met behulp van golven. Er kon daardoor studie worden gemaakt van het samenspel van een aantal factoren, te weten de opbouw van waterspanningen onder een caisson onder invloed van cyclische belastingen op de caisson, de variatie in de waterspanningen in de gehele grondslag waarover de golven zich voortplanten onder invloed van de steeds wisselende waterstand, en het verloop in de waterspanningen onder de caisson als gevolg van het verschil in waterstand aan weerszijden. Doordat in deze opstellingen een groot aantal meetinstrumenten ingebouwd kon worden, konden tevens onder gecontroleerde omstandigheden recent ontwikkelde rekentechnieken worden getoetst. Bij de onderzoeken die momenteel worden uitgevoerd ten behoeve van het ontwerp en de uitvoering van een stormvloedkering opgebouwd



Boven: De maquettefoto van bovenaf gezien
Hiernaast: De maquette wordt door de minister aangeboden aan het jubilerende Waterloopkundig Laboratorium



uit pijlers, werd ook al vrij snel de behoefte gevoeld aan dergelijk grootschalig onderzoek. Ook bij de huidige constructie is er in een aantal situaties sprake van een directe relatie tussen de constructie en de grondslag, met name bij de pijlers. Bovendien is het voor het ontwerp van de schuiven in een aantal gevallen nodig te beschikken over informatie met betrekking tot het gedrag van de schuiven in vrijwel gesloten toestand bij grote vervallen.

Ook dan kan niet worden volstaan met kleinschalige modellen, vanwege de processen die dan een overheersende rol gaan spelen, en die niet goed op schaal kunnen worden gereproduceerd. Een modelfaciliteit waarin modellen van de gewenste grote afmetingen gebouwd kunnen worden, is er in Nederland niet. Gezien de noodzaak van grootschalig onderzoek voor een adequaat ontwerp van de stormvloedkering, werd de behoefte eraan echter steeds duidelijker gevoeld. Maar niet alleen daarvoor. Een proefgoot van zeer grote afmetingen waar golven kunnen worden opgewekt is onmisbaar voor een breed scala van onderzoeken, die thans aan de orde zijn. Primair moet gedacht worden aan studies aangaande het bezwijkmechanisme van duinen en dijken. Dit probleemgebied wordt in het vakjargon de gecombineerde hydraulische/grondmechanische problematiek genoemd. De aanpak ervan heeft in de laatste jaren, mede onder invloed van de stormvloedkering, een flinke stap voorwaarts gemaakt. Een voorlopige inventarisatie van de problemen die in aanmerking komen voor onderzoek naar stabiliteit en bezwijkmechanisme in een grote golfgoot, leidt tot het volgende overzicht:

- a. onderzoek naar constructies gefundeerd op zand, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van palen;
- b. onderzoek naar drempelconstructies onder een kering;
- c. onderzoek naar trillingen van schuiven en andere constructie-onderdelen, waarbij de reproductie sterk afhankelijk is van schaalregels;
- d. onderzoek naar de rand van bodembeschermingen bij ontgrondingen;
- e. onderzoek van dijken bij hoge waterstanden en golven (golfoverslagcriterium in samen-

- hang met grondmechanische stabiliteit);
- f. onderzoek van dijken bij lage waterstanden (zettingsvloeiingen);
- g. onderzoek naar harde bekledingen op dijken (gesloten bekledingen en 'open' steenzettingen);
- h. bepaling van het afslagprofiel van duinen. Hoewel deze opsomming niet alomvattend is, en het voor een buitenstaander moeilijk blijft zich op grond hiervan een goed beeld van de problematiek te vormen, geeft deze lijst toch aan welk belang een grote golfgoot vertegenwoordigt voor de Nederlandse waterbouwkunde. Voor de Deltadienst was dit aanleiding aan het Waterloopkundig Laboratorium te verzoeken een voorontwerp voor zo'n golfgoot te maken, met een dwarsdoorsnede van $5 \times 5 \text{ m}^2$ en een lengte van 250 m. In het deel waar de te onderzoeken constructie gebouwd moet worden zou de goot zowel verdiept als verbreed moeten zijn. Bovendien zou de golfopwekker zowel regelmatige als onregelmatige golven moeten kunnen opwekken. Verder moest er in de goot een stroming kunnen worden ingesteld. Afgezien van de bedieningsruimte, de technische installaties en het te onderzoeken object, zou de goot niet overdekt behoeven te zijn. Dit verzoek heeft geresulteerd in een ontwerp, dat is afgebeeld op de bijgevoegde maquette-foto. Deze maquette is op 2 september 1977, bij gelegenheid van het 50-jarig bestaan van het Waterloopkundig Laboratorium, door de minister van Verkeer en Waterstaat aan het laboratorium aangeboden, hetgeen hij vergezeld liet gaan van de mededeling, dat hij het hoofd van de Deltadienst had gemachtigd over te gaan tot het verstrekken van een opdracht aan het Waterloopkundig Laboratorium tot de bouw van deze goot. Het zal evenwel nog tot de tweede helft van 1979 duren, voordat met onderzoek in de goot kan worden begonnen. De nieuwe 'Deltagoot' kan als een aanwinst van onschatbare waarde worden beschouwd voor de Nederlandse waterbouwkunde. De Rijkswaterstaat koestert hoge verwachtingen aangaande de stimulansen die ervan zullen uitgaan naar de onderzoekers van hydraulische, grondmechanische en gecombineerd hydraulische/grondmechanische problemen.

Arbeidsvoorzieningen voor de Oosterscheldewerken

In de nota 'Analyse Oosterschelde Alternatieven' wordt de totale werkgelegenheid ten gevolge van de Oosterscheldewerken, stormvloedkering en compartimentering volgens model C3, berekend op 27 000 manjaren. Voor de bouw van de stormvloedkering zullen 18 000 manjaren benodigd zijn, en voor de werken ten behoeve van de compartimentering, het Kanaal door Zuid-Beveland, de dijkversterking, de waterhuishouding enzovoort 9000 manjaren. Van deze werkgelegenheid komt globaal 40% ten goede aan de staalsector, 25% aan de betonsector, 25% aan de natte grond- en waterbouwsector en 10% aan de onderzoeksector.

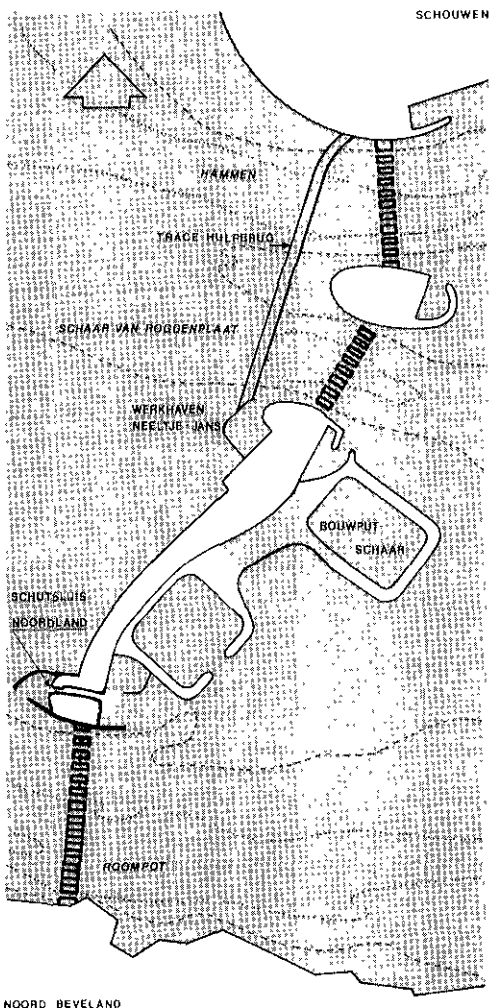
De werkgelegenheid in de verschillende sectoren is deels sterk plaatsgebonden; voor een ander deel kan de arbeidsinzet goed worden gespreid. De stalen onderdelen van de stormvloedkering en van de verschillende sluisen kunnen bijvoorbeeld in constructiewerkplaatsen worden geprefabriceerd en vervolgens worden getransporteerd naar hun plaats van bestemming. In de metaalsector zal de werkgelegenheid dientengevolge gering zijn en geheel anders van karakter dan bijvoorbeeld in de natte sector: daar wordt in principe altijd op de bouwplaats zelf gewerkt. De werkgelegenheid van de betonwerken is vergelijkbaar met die van de natte werken, terwijl de onderzoeksector in dit opzicht parallel loopt met de metaalsector. Voorts is er een duidelijk onderscheid tussen de arbeidsvoorziening in de verschillende sectoren wanneer het gaat om de inzet van nieuw personeel. In de metaalsector zal voor 90 % gewerkt worden met vaste krachten; in de betonsector is dit percentage in het algemeen niet hoger dan 20. De natte sector bekleedt in dezen een middenpositie, doordat veel werknemers specialist zijn op het gebied van het materieel waar ze

mee werken. De onderzoeksector vertoont ook hier weer een sterke parallel met de metaalsector.

Een en ander betekent dat met name in de betonsector, en in mindere mate in de natte sector, voor de arbeidsvoorziening een beroep zal worden gedaan op het regionaal aanwezige arbeidspotentieel.

In het zuidwesten van Nederland bestaan grote verschillen op het punt van arbeidspotentieel en arbeidsreserve. In Zeeland is geen sprake van een arbeidstekort, terwijl in Brabant grote arbeidsreserve bestaat. Van de werken in het Oosterscheldegebied is een derde deel goed tot redelijk goed gesitueerd ten opzichte van de regionaal aanwezige arbeidsreserves. We hebben dan met name de werken aan de Philipsdam, de Oesterdam en het Kanaal door Zuid-Beveland op het oog. Het overige tweederde deel van de werken, te weten die aan de stormvloedkering, verkeert wat dit betreft in ongunstiger omstandigheden. In verband met deze omstandigheden is een nader onderzoek ingesteld naar de arbeidsvoorziening voor de werken aan de stormvloedkering. De analyse is in eerste aanleg toegespitst op de arbeidsvoorziening voor de betonwerken, aangezien deze werken het grootste beroep zullen doen op de regionale arbeidsmarkt. Bij de zogenaamde natte werken bestaat een nauwe koppeling tussen de werknemers en het drijvend materieel. Aanvankelijk werd er bij het opzetten van de berekeningen van uitgegaan dat de betonelementen van de stormvloedkering in de Oosterscheldemonding zullen worden vervaardigd.

Voor de pijlerfabricage van de kering zullen naar berekening gedurende de jaren 1980, 1981 en 1982 1200 man nodig zijn. Al in 1979 zal de



NOORD BEVELAND

Fig 1. Situatie bouwput en brugverbinding in de mond van de Oosterschelde

arbeidsinzet sterk groeien, met 600 man; in 1983 neemt de arbeidsinzet weer met 500 af. Ter vergelijking: in de topjaren zal voor de overige Oosterscheldewerken in dezelfde sector ongeveer 600 man per jaar nodig zijn. Vervolgens is nagegaan hoe dit aantal van 1200 werknemers kan worden verdeeld naar categorieën, zoals timmerman/maatvoerder, betonafwerker, spanner, lasser/bankwerker, machinist/kraandrijver, betonwerker, vlechter, enzovoort. Vervolgens is gekeken naar de verschillende reisafstanden. Aangezien de wettelijke toegestane werk-, schaf-, en reistijd per dag van 11½ uur niet mag worden overschreden, kan daaruit worden berekend welk arbeidspotentieel binnen het bereik van de werken ligt.

Tegelijkertijd is onderzocht hoe een eventuele bouwplaats voor de betonnen onderdelen, gesitueerd in de Oosterscheldemonding, bereikbaar zou kunnen worden gemaakt. Overwogen zijn een brugverbinding met de vaste wal van Schouwen dan wel Noord-Beveland en een verbinding met veerboten dan wel snelboten. In de analyse viel de veerboot spoedig af als niet aantrekkelijk. Voor de overige drie alternatieven werden berekeningen uitgevoerd als boven omschreven. De bereikbare regio's werden bepaald, en het arbeidspotentieel dat voor de werken in aanmerking zou kunnen komen daaruit afgeleid.

Een brugverbinding heeft boven de andere dit voordeel dat zij de reistijd tussen de vaste wal en de bouwplaats in de monding het meest bekort, met als resultaat dat bij gelijke arbeidstijd werknemers uit verder verwijderde regio's kunnen worden aangevoerd.

Analyse van de arbeidsreserve in de verschillende regio's, onderverdeeld naar de eerder

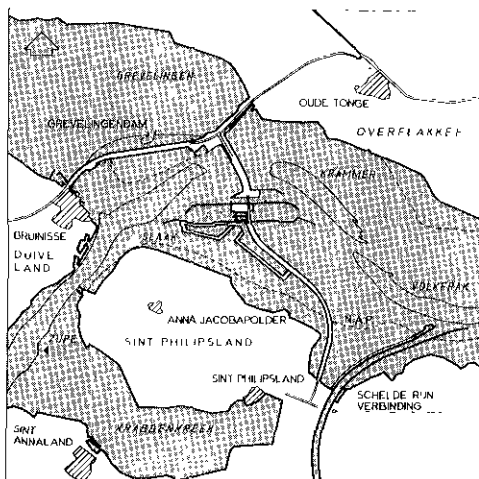


Fig 2 Situatie van de bouwput voor de Philipssluisen, overwogen als alternatieve bouwplaats voor de pijlers

vermelde categorieën, bracht aan het licht dat met name in de categorie geschoolde werknemers onvoldoende personeel aanwezig is in de omgeving om aan de vraag te kunnen voldoen. Gezien dit feit en gezien de hoge kosten die het gevolg zijn van lange reistijden is ook nagegaan in hoeverre het mogelijk zou zijn de hoofdonderdelen van de stormvloedkering, de pijlers en de dorpelbalken te prefabriceren op een andere plaats, direct bij de Brabantse arbeidsmarkt gelegen.

Als mogelijke lokatie werden met name gezien de toekomstige voorhavens en de hoge/lage bekken van het sluiscomplex in de Philipsdam. Op deze lokatie, zo bleek middels een zelfde berekeningsmethodiek als werd toegepast voor Zeeland, zou een voor de werken toereikend geacht arbeidspotentieel kunnen worden *geconcentreerd*.

De bouwlokatie Philipsdam brengt uit een oogpunt van techniek en planning echter zulke grote risico's mee, dat de beslissing toch is uitgevallen ten gunste van de bouwplaats in de Oosterschelde.

De technische risico's hebben met name betrekking op de vaartocht die hefschip en pijlers zouden moeten maken en die onvermijdelijk de Zeelandbrug kruist. De werken nabij de Philipsdam zouden ook pas later van start kunnen gaan dan die in de Oosterscheldemonding. Dit en de langere cyclustijden die nodig werden voor het plaatsen van de pijlers, zou het gehele tijdschema voor de stormvloedkering in gevaar kunnen brengen.

Het probleem van de arbeidsvoorziening was daarmee echter nog niet naar tevredenheid opgelost. Met name gezien de ontoereikende mankracht in de regio die via normale dagpendel te bestrijken is en de reeds krappe arbeidsmarkt in Zeeland, zal een aangepaste werving dienen plaats te vinden. In Zeeland kan werving slechts op bescheiden schaal plaatsvinden, maar in gebieden met groot arbeidspotentieel is men van plan een intensieve werfcampagne te voeren. Onderzocht wordt of met speciale bussen en treinen een sneller transport kan worden gevonden van de werknemers die in dagpendel werken: dan zou alsnog een groter arbeidspotentieel bereikt kunnen worden.

Mogelijkheden voor de arbeidsvoorziening worden ook gezien in het inrichten van woonoordern voor alleenstaanden en een systeem van weekpendel. Zo zou personeel van verder gelegen gebieden naar de Zeeuwse kust kunnen worden gehaald. Verder komt in aanmerking de huisvesting van personeel met gezinnen in bestaande of nog te bouwen woningen in de omgeving van de werken.

Tot slot worden de mogelijkheden nagegaan

om toch een deel van de onderdelen van de stormvloedkering elders te prefabriceren. In eerste aanleg lijken de mogelijkheden beperkt. De aanpak van het vraagstuk van de arbeidsvoorziening geschiedt door de aannemers in overleg met het ministerie van Sociale Zaken en de Rijkswaterstaat.



Vorderingen van de studies en voorbereidingen in verband met de stormvloedkering, 2e halfjaar 1977

In de tweede helft van 1977 heeft het studiewerk ten behoeve van de stormvloedkering sterk in het teken gestaan van verdere optimalisering van het ontwerp, en het vinden van een effectieve uitvoeringsmethode. Ten behoeve van het ontwerp werd met gebruikmaking van de waarschijnlijkheidsmethode een onderzoek ingesteld naar de juiste randvoorwaarden en de daarbij behorende belastingen op de constructie onder de maatgevende omstandigheden. Deze studie heeft onder andere geleid tot vergroting van de onderlinge pijlerafstand. Voor de voortgang van de werkuitvoering is een aantal noodzakelijke beslissingen genomen. Als bouwplaats voor de betonnen pijlers is het bouwdoek Schaar gekozen (zie een artikel over de Arbeidsvoorzieningen elders in dit nummer), dat middels een tijdelijke brug zal worden verbonden met het vaste land van Schouwen. Verder heeft nadere uitwerking plaatsgevonden van het benodigde bijzondere materieel, zoals het hefschip voor de plaatsing van de pijlers en het verdichtingsschip voor de verdichting van de bodem onder de stormvloedkering en aan de randen van de bodembescherming. Uit een studie betreffende de wenselijkheid van het aanbrengen van dubbele afsluitmiddelen of voorzieningen om dat later mogelijk te maken, is een negatief advies voortgekomen. Tot slot heeft een nadere analyse plaatsgevonden van de planning en van de kosten van de stormvloedkering. In beide gevallen blijkt dat steeds gewerkt wordt, en kan worden blijven gewerkt, binnen de opgestelde begrotingen. Over verscheidene van de hier aangeroerde onderwerpen zijn in dit en de vorige Berichten uitvoeriger beschouwingen geplaatst. Dit overzicht biedt, waar het in details treedt, daarop een aanvulling. Nader onderzoek werd ingesteld naar de vraag

of het wel juist is bij het ontwerp van de stormvloedkering uit te gaan van de gecombineerde maximale belasting ten gevolge van extreme waterstands-, verval- en golfrandvoorwaarden, volgens de klassieke interpretatie van de Deltanorm. Uit de verkregen resultaten blijkt dat de belastingen behorend bij de Deltanorm ter plekke – stormvloedstand met een kans van overschrijding van 1/4000 per jaar – 20% lager zijn dan tot nu toe werd aangenomen. Dit staat bepaalde herzieningen toe in het ontwerp. Opgemerkt wordt, dat de beheerder van de stormvloedkering later de volle vrijheid dient te behouden om onder alle omstandigheden, bijvoorbeeld op de laagwaterkentering of bij maximale stroom, tot sluiting van de kering over te gaan.

Het onderzoek naar de gunstigste hydraulische en constructieve vorm van de pijlers heeft veel tijd gevergd. Dit onderzoek had het karakter van een zogenaamde parameterstudie: voor alle pijlers in de sluitgaten werden stabiliteits- en deformatieberekeningen uitgevoerd als functie van de afmetingen van de voetplaat, de eigenschappen van het funderingsbed, het niveau van de fundering, de drempelgeometrie en de hart-op-hart-afstand van de pijlers. Er werd gewerkt met modelonderzoek en berekeningsmethodes; de resultaten van beide onderzoeksmethoden bleken gunstig op elkaar aan te sluiten. De parameterstudie, waarin naast de technische kanten ook aspecten van kosten en planning werden verdisconteerd, heeft geleid tot de keuze van horizontale voetplaatafmetingen van 25 x 50 m, en vergroting van de hart-op-hart-afstand van de pijlers tot 45 m – dit was voorheen 40 – waardoor het aantal pijlers kon worden gereduceerd van 83 tot 70. Bij gelijkblijvende cyclustijd zou dat ondermeer ongeveer tweederde

dergrond onder de stormvloedkering en de randen van de bodembescherming met trilnaalden moet verdichten, zijn proeven verricht in het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation. Ook zijn er aanvullende verdichtingsproeven gedaan. De proeven in het N.S.P. hebben nadere informatie geleverd over de werkbaarheid in verschillende operationele fasen, over de belastingen in het afmeersysteem tijdens een storm, en over de manier waarop de deining kan worden gecompenseerd voor de trilnaalden en de spuds. De nieuwe serie verdichtingsproeven had tot doel om de aandrijving van de trilnaalden onder water te toetsen, te bepalen welke kracht nodig is om de naalden uit de grond te trekken, en het stramien van verdichtingspunten vast te stellen. Het bestek voor de bouw van het verdichtingsschip is nu nagenoeg gereed. Als hefschip voor het vervoer en de plaatsing van de kolossale pijlers waar de stormvloedkering in eerste instantie uit wordt opgebouwd, zal in elk geval een vaartuig met niet-afzinkbare drijflichamen worden gebouwd. Het wordt of een hefeiland met losse transportdrijvers, of een zogenaamd 'jack up'-schip met vaste drijvers. Bij dat eerste systeem wordt de pijler met behulp van drijvers naar het gestelde hefeiland

gebracht, en daar tussen de poten gemanoeuvreerd. De drijver maakt dan vast aan het hefeiland, en de pijler zakt op zijn plaats. Een 'jack up'-schip fungeert zelf als drijver en transportmiddel, maar aangekomen op de plaats van bestemming laat het hefpoten zakken die contact maken met de bodem. Dan wordt het drijflichaam uit het water omhoog gevijzeld. Geleid door de poten zakt de pijler nauwkeurig op zijn plaats.

In het eerste halfjaar van 1978 zullen als voorbereiding op de bouw van de stormvloedkering de werkzaamheden beginnen voor de aanleg van een tijdelijke brugverbinding met het bouwdok Schaar. De fundering zal worden geheid, de brug zelf gefabriceerd, en de toeritten voorbereid, in combinatie met de aanleg van een buitenhaven Neeltje Jans. Ook wordt een begin gemaakt met de aanleg van de binnenhaven Noordland. De dam aanzet op Schouwen wordt ter hand genomen, en de baggerwerken en het leggen van bodembeschermingen voortgezet. Voor de verankering van de werkschepen zullen ankerpalen worden geslagen. Er wordt een elektrische centrale ingericht, het verdichtingsschip komt in aanbouw, en het grondonderzoek en de studies worden voortgezet.

Samenvattingen

De probabilistische benadering van bouwkundige ontwerpen

Er is een belangrijke verandering gaande in de ontwerpfilosofie van zeeweringen. De tot nu toe gehanteerde deterministische methode hield in dat een zeewering werd ontworpen op één stormvloedstand met bijbehorende golfoploop. De nieuwe, probabilistische methode werkt met een statistische kansverdeling van waterstanden en golfoplopen, en wil ook voor de constructie zelf uitgaan van een kansverdeling ten aanzien van de sterkte der materialen. Voor zoveel mogelijk zal de nieuwe methode worden toegepast bij het ontwerp van de stormvloedkering in de Oosterschelde.

Ontwikkelingen in het denken over dijken

Pas de Deltacommissie heeft eenheid gebracht in de richtlijnen waaraan primaire zeeweringen in het gehele land moeten voldoen. In deze richtlijnen wordt vooral de kruinhoogte van de zeewering bepaald. Dit laat nog allerlei vrijheid in het kiezen van het dijkprofiel. De bezwijkingskans van een dijk zal echter mede berusten op de golfoverloop en op het bezwijkmechanisme van de dijk. Over beide factoren is nog weinig bekend. Als eerste stap in het onderzoek daarnaar zal bestudeerd moeten worden, wat het aandeel van de golfoverslag is in het bezwijken van een dijk.

Dijkversterkingen in Zuid-Holland

Iedere dijkversterking in de provincie Zuid-Holland wordt sedert 1975 besproken in de 'Coördinatiecommissie dijkverzwaring' waarin de overheid en alle belanghebbende organisaties zijn

vertegenwoordigd. Deze werkwijze is bijzonder nuttig gebleken. Tweederde van de versterkingen uit hoofde van de Deltawet is thans uitgevoerd. Er moet nu nog voor f 700 miljoen werk worden gemaakt. Er is een meerjarenplanning opgezet, zoveel mogelijk volgens de urgentie van de verschillende werkzaamheden.

Dijkversterkingen in Noord-Brabant

In de provincie Noord-Brabant is sedert de ramp van februari 1953 het beheer van de zeewerkingen gecentraliseerd in één Hoogheemraadschap. De rampschade werd in eerste instantie hersteld volgens het zgn. 'zwakke-plekkenplan'. De beveiliging van het noordelijk bekken door de Haringvlietdam maakte het mogelijk oude plannen voor het hoogwatervrijmaken van de Biesbos en het Donge-gebied weer op te nemen.

Milieu-aspecten van de partiële dijkverhoging langs de Oosterschelde

De partiële dijkverhogingen langs de Oosterschelde kunnen schadelijk zijn voor het natuurlijk milieu. Vooral de natte uitvoeringswijze, waarbij tijdelijk een werkstrook van 15 m nodig is, kan veel schade aanrichten, met name op de buitendijkse schorren, en in mindere mate de binnendijkse inlagen en karrevelden. De dijken zelf zullen bij behoud van hun oude steenglooiing na de verhoging weer een interessante intergetijde-flora en -fauna krijgen. Op de grasmat zal door nieuwe vormen van beheer veel van de oude flora-rijkdom verdwijnen.

De Deltagoot

In verband met de voorstudies voor de stormvloedkering in de Oosterschelde zijn grondmechanische proeven op grote schaal verricht in o.a. de laboratoria van Oregon State University. Meer en meer echter wordt ook in Nederland behoefte gevoeld aan grote modelfaciliteiten voor gecombineerd grondmechanisch/hydraulisch onderzoek. Binnenkort zal dan ook in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft een nieuwe stroomgoot worden geïnstalleerd van 250 m lang, met een dwarsdoorsnede van 5 x 5 m².

Arbeidsvoorzieningen voor de Oosterscheldewerken

De bouw van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde betekent 18 000 manjaren werk. Gezien de krappe arbeidsmarkt in Zeeland, met name in de betonsector, zal het perso-

neel vooral uit Noord-Brabant moeten worden aangevoerd. Overwogen is daarom het bouwdok voor de pijlers te situeren op het werkeiland voor de Philipssluisen. De vaarroute naar de Oosterscheldemond kruist dan echter de Zeelandbrug. De bouwplaats wordt gevestigd in het voormalige natte dok 'Schaar' in de Oosterscheldemond. Om de reistijden te verkorten komt er een vaste brugverbinding naar de wal.

Voorzieningen voor een wegverbinding over de stormvloedkering

Thans moet beslist worden welke voorzieningen er dienen te worden getroffen aan de pijlers om later een wegverbinding over de stormvloedkering te kunnen realiseren. Er is een prognose gemaakt van het te verwachten doorgaande verkeer, het plaatselijke verkeer en het recreatieverkeer. Een autoweg met parallelweg zal de geraamde behoeften meer dan volledig kunnen dekken.

Vorderingen van de studies en voorbereidingen in verband met de stormvloedkering. 2e halfjaar 1977

Voor zover ze niet in afzonderlijke artikelen zijn besproken worden de veranderingen die het ontwerp van de stormvloedkering, in de tweede helft van 1977 heeft ondergaan, hier genoemd. Zo is de onderlinge afstand van de pijlers vergroot tot 45 m. Het denkbeeld om dubbele afsluitmiddelen toe te passen of althans de mogelijkheid daartoe open te houden is definitief verlaten. Ook bij het ontwerp van het hulpmaterieel zijn vorderingen gemaakt.

Summaries

The probabilistic approach to construction designs

Important changes are taking place in the design philosophy of sea defense. The deterministic method applied up till now implied the design of a sea defense based on one single storm-surge level with an accompanying wave runup. The new probabilistic method uses a statistical distribution of chances of water levels and wave runups, whereas the construction itself should also be based on the distribution of chances as far as the strenght of the materials is concerned. The new method will be used as much as possible with the design of the storm-surge barrier in the Oosterschelde.

Developments in the philosophy about dikes

It was the Delta Committee that ultimately unified the guide-lines which form the bases for sea defenses for the whole country. These guide-lines mainly determine the height of the crest of the sea defenses. This still leaves a great latitude in the choice of the dike profile. However, the chances of collapse of a dike also depend on the wave runup and on the collapse-mechanism of the dike. As yet little is known about these two factors. A first step in the study about these factors should consist of examining the part that wave-overtopping plays in the collapse of a dike.

Raising of the dikes in Zuid-Holland

Since 1975 every raising of a dike in the province of Zuid-Holland has been discussed in

the 'Coordinating Committee Dike-raising' in which the Government and all interested organizations are represented. This procedure has proved to be very useful. Two thirds of the raisings in accordance with the Delta-Act have already been executed. At present works amounting to 700 million guilders still have to be done. A multiple longrange plan has been set up in accordance – as much as possible – with the urgency of the various projects.

Dike-raising in Noord-Brabant

Since the flood disaster in February, 1953, the control of the sea defenses in the Province of Noord-Brabant has been centralized in one so-called 'Hoogheemraadschap' (Water Authority). In the first instance the damage was repaired according to a so-called 'weak spots plan'. The safeguarding of the northern basin by the Haringvlietdam made it possible to incorporate old schemes to make the Biesbos and the Donge-area surge-free.

Ecological aspects of the partial dike-raising along the Oosterschelde

The partial raising of the dikes might prove to be harmful to the natural environment. Execution in the wet in particular, requiring a temporary working zone of 15 meters, might cause considerable damage especially to the outerdike saltings and to a lesser degree to the intersections. The dikes proper when their *old pitched stone slope is preserved, will regain* an interesting inter-tidal flora and fauna. On the turf the new maintenance system will cause the disappearance of a great part of the old flora.

The Delta-flume

In connection with the preliminary studies for the storm-surge barrier in the Oosterschelde, soil mechanical tests have been made on a large scale, among other things, in the laboratories of Oregon State University. However, in the Netherlands a need is being felt too for large model facilities for combined soil mechanical/hydraulic research. In the near future a new flume will be installed in the Hydraulics Laboratory in Delft with a total length of 250 meter and a cross-section of 5×5 m².

Labour provisions for the Oosterschelde works

The construction of a storm-surge barrier

across the mouth of the Oosterschelde will represent work for 18 000 man/years. In view of the shortage on the labour market in Zeeland, particularly in the concrete sector, labour will have to be supplied, mainly from Noord-Brabant. For that reason the idea has been considered of locating the construction pit for the piers on the construction island near the Philips-locks. In that case the navigation route towards the mouth of the Oosterschelde would have to go via the Zeeland-bridge. The construction site will in fact be established in the former 'dock Schaar' at the mouth of the Oosterschelde. In order to shorten travelling times a fixed bridge connecting the construction site with the shore is to be constructed.

Provisions for a road connection across the storm-surge barrier

A decision will have to be taken about the provisions which are to be made regarding the piers so that at a later stage the construction of a road connection across the storm-surge barrier will be feasible. A prognosis has been made about the expected through-traffic, the local and recreational traffic. A double lane road with a parallel road will amply meet the estimated demand.

Progress with studies and preparations in connection with the storm-surge barrier. The second semester of 1977

The alterations that the design of the storm-surge barrier underwent in the second half of 1977 are mentioned here, insofar as they are not discussed in separate articles. Thus, the distance between the piers will be enlarged to 45 meters. The idea to install double gates in the dam or to leave the possibility open to do so, at a later stage, has been abandoned definitely. With the design of the auxiliary material progress has been made too.

Vorderingen

1 oktober 1977–1 januari 1978

Brouwersdam

Doorlaatsluis, vissluis en voetgangerstunnel

De vier hoofdschuiven met hydraulische bewegingsinrichtingen zijn bedrijfsklaar opgesteld. Voor de vissluis worden de twee schuiven met elektro-mechanische bewegingsinrichtingen gereedgemaakt. Deze schuiven moeten eind mei 1978 gereed zijn. De elektrische installatie wordt thans aangebracht; ze moet in januari 1978 zover gereed zijn dat de energie kan worden geleverd voor de bediening van de hoofdschuif.

Aanvulling van de bouwput, toeleidingsgeulen en zandsuppletie van Goeree

Op 1 december 1977 heeft de oplevering van het werk plaatsgevonden. In de verslagperiode zijn diverse werkzaamheden uitgevoerd, zoals het bijstorten van de onderwatertaluds aan de zeezijde en het aanbrengen van het stortebed aan de zijde van het Grevelingenmeer. In de onderhoudsperiode van 6 maanden moeten nog verschillende werkzaamheden worden uitgevoerd. Onder meer moeten de stortebedden aan de zijde van het Grevelingenmeer nog worden nabestort met steen 10/500 kg.

Philipsdam

Werkeiland en bouwput

Op 13 december 1977 is de cutterzuiger die was ingezet

om de bouwput binnen de ringdijk op diepte te ontgraven, via een grondsluis weer buiten het werkeiland gebracht. Hiermede zijn de werkzaamheden voor de aanleg van de bouwput voltooid. De cutterzuiger is vervolgens ingezet voor het op diepte brengen van de mond van de werkhaven op de Plaat van de Vliet. Voortgegaan werd met het maken van zink- en kraagstukken en het aanbrengen van een betonblokkenglooing. In de verslagperiode is het werkeiland nagenoeg geheel van glooiingen voorzien. Tevens werden er kleibekledingen gemaakt. De beide voorbelastingsterpen voor de brug over het sluizencomplex zijn aangebracht en van een kleibekleding voorzien.

De damaanzet aan de zuidzijde van het werkeiland is met uitzondering van het noordelijk landhoofd van de hulpbrug nagenoeg voltooid. Aan de werkhaven nabij de Grevelingendam zijn betonblokken geplaatst op de glooiing; de westelijke havendam werd versterkt met een steenbestorting.

Wegverbreding, wegreconstructie en dijkversterking voor de brugverbinding naar het werkeiland Philipsdam

Dit werk werd op 16 oktober 1977 opgeleverd. In de verslagperiode zijn nog verscheidene werkzaamheden uitgevoerd: er werden verkeersgeleidingen gemaakt en asfaltverhardingen aangebracht. De kleitaluds werden afgewerkt en ingezaaid. Tijdens de storm van 14 en 15 november 1977 is enige schade ontstaan aan de kleibekleding, die in de onderhoudsperiode van 3 maanden werd hersteld.

Hulpbrug over het Slaak

In de verslagperiode is begon-

nen met het heien van de stalen palen voor het noordelijk landhoofd en de twee noordelijkste pijlers. Door het stormachtige weer van begin november 1977 is enige vertraging ontstaan in de uitvoering, doch daarna verliepen de heiwerkzaamheden weer volgens schema. In de verslagperiode zijn 55 stalen palen geheid, met lengtes tot 31 m.

Oosterdam

Verbetering van de vooroever van de Schakerloopolder als voorbereiding tot de aanleg van de Oosterdam

In de verslagperiode is men gereedgekomen met het opruimen van het puinstort bij de Kreekkraksluizen. Het vrijkomend puin werd gestort langs de vooroever van de Schakerloopolder. Volgens een alsnog te sluiten staat van meer werk zal nog ongeveer 15 000 ton gesorteerd puin van elders worden aangevoerd en verwerkt. In de beginperiode ontstond stagnatie bij de aanvoer van gesorteerde mijnsteen. De daardoor ontstane achterstand in het tijdschema is in de verslagperiode mede door het slechte weer niet ingehaald. Het werk moest volgens het bestek worden opgeleverd op 31 december 1977. Er zal nu uitstel van oplevering worden verleend tot uiterlijk 1 februari 1978.

Stormvloedkering

In de stroomgeul Roompot werd verder gegaan met het leggen van blokkenmatten ter uitbreiding van de bestaande bezinking. Ondertussen ging een rotsbaggermolen in de stroomgeulen verder met het opruimen van de bestaande bodembescherming in het tracé van de stormvloedkering,

om zo het terrein vrij te maken voor de aanleg van een cunet voor de pijlers. Het uitkomend materiaal, hout, fosforslakken, polypropeendoek en zand, wordt geklapt tussen de reeds gemaakte bouwputten. Voor de prefabricage van de pijlers voor de stormvloedkering is men begonnen met het gereed maken van de daarvoor benodigde bouwplaats, en wel de reeds ten dele aangelegde Schaar. Met de aanleg van deze bouwput werd in 1975 en 1976 begonnen met het oog op het destijds vigerend caissonplan voor de stormvloedkering.

De werkzaamheden nu zullen bestaan uit het dichten van de ringdijk rondom de bouwput, het maken van een op de ringdijk aansluitend werkterrein en het op diepte brengen van de bouwput.

Oeverbescherming in de Oosterschelde

Als onderdeel van de dijkversterking langs de Oosterschelde is tevens bescherming van de vooroevers noodzakelijk. Medio augustus 1977 is daar toe een begin gemaakt door het aanbrengen van steenasfaltmatten op de vooroevers. Waar de vooroevers steiler zijn dan 1 : 3 worden ze eerst tot deze helling aangevuld met gesorteerde mijnsteen en fosforslakken.

