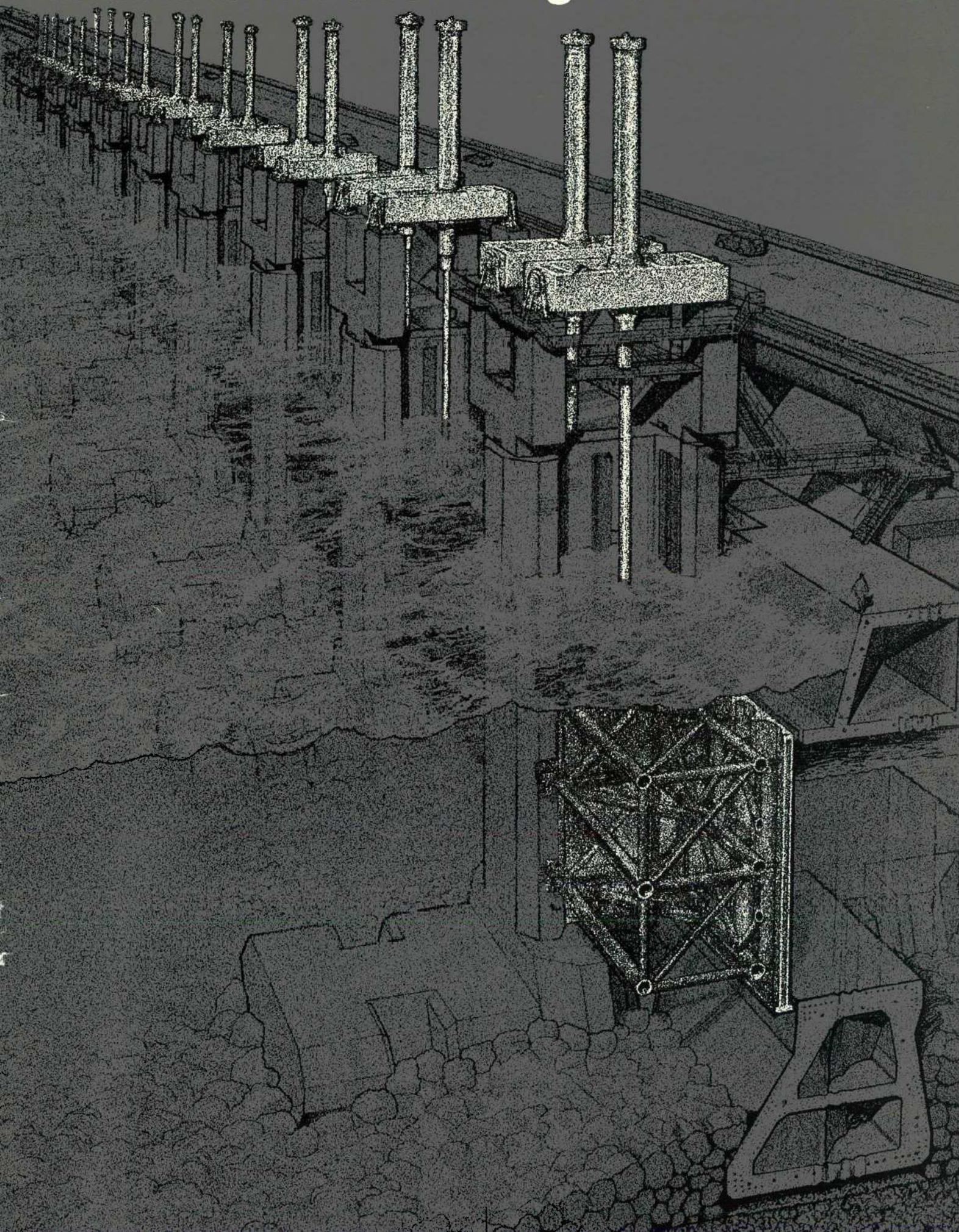
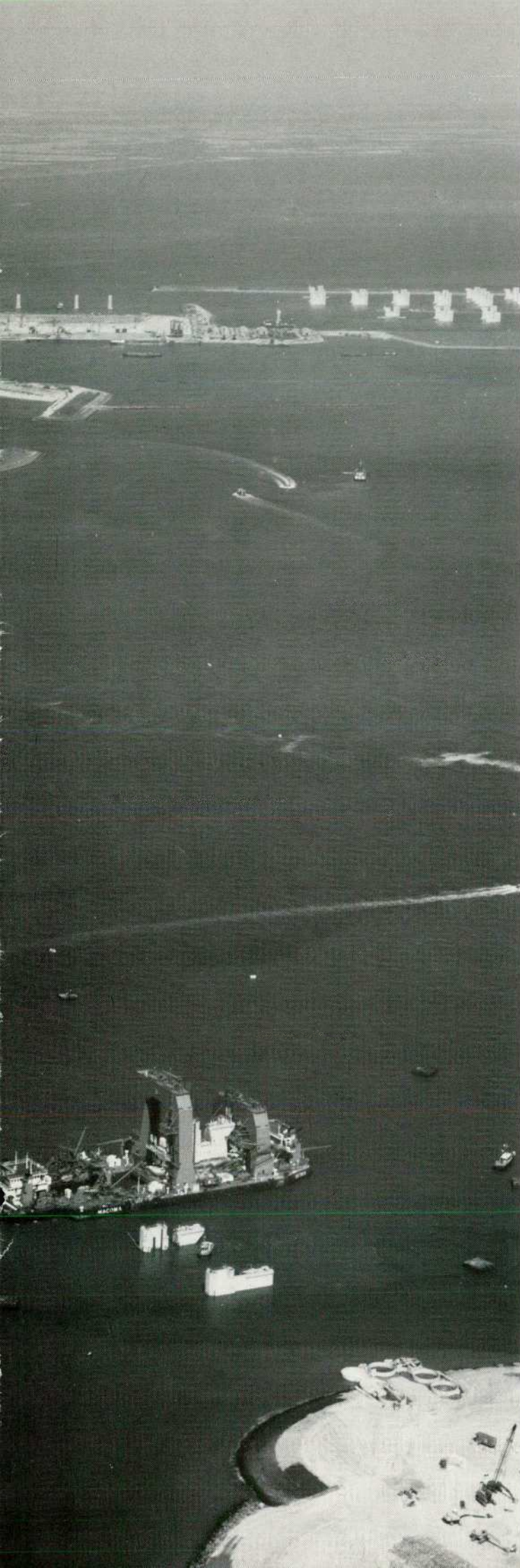


318886

# Schuiven en bewegingswerken in de stormvloedkering Oosterschelde







## Schuiven en bewegingswerken in de stormvloedkering Oosterschelde

De stormvloedkering in de monding van de Oosterschelde moet het achterliggende land bescherming tegen stormvloeden bieden. De kering mag het getij in het Oosterscheldebekken echter zo min mogelijk verstoren. Daartoe zijn afsluitbare openingen in de kering ontworpen die een getijverschil van gemiddeld 2,70 m te Yerseke garanderen. Dit is ongeveer 75% van de oorspronkelijke getijdenbeweging bij Yerseke. De stormvloedkering in de drie stroomgeulen Hammen, Schaar van Roggenplaat en Roompot is een compositie van beton, staal en stenen. De openingen in de kering worden omlijst door betonnen pijlers, dorpelbalken en bovenbalken. Deze openingen kunnen worden gesloten met behulp van stalen schuiven die vertikaal op en neer bewogen kunnen worden. Doordat de dorpelbalk ongeveer de bodemlijn van de geulen in de Oosterschelde volgt, varieert de ligging van de onderkant van de openingen van 4,50 m onder N.A.P. tot 10,50 m onder N.A.P. De bovenkant van de openingen is gelegen op 1 m boven N.A.P. Een hogere ligging van de bovenkant van de openingen zou geen bijdrage aan het gevraagde gemiddelde getij te Yerseke leveren, terwijl daardoor wel de schuiven en de bewegingswerken in kosten zouden toenemen. De maat van N.A.P. + 1,00 m is gevonden door optimaliseringsstudies.

**Waterbouwkundig Laboratorium  
Borgerhout  
BIBLIOTHEEK**

### *Bedrijvigheid in de Oosterschelde*

*Rechts onder de dam aanzet Noordland op Noord-Beveland in aanbouw.  
Daarboven twee geplaatste pijlers in de stroomgeul Roompot.  
Het hefschip Ostrea met een pijler, gekoppeld aan de afmeerponton Macoma, bij de voorbereiding voor het plaatsen van een derde pijler.  
Juist boven het midden de Cardium bij het leggen van een funderingsmat, geassisteerd door de Jan Heijmans, links. Boven links het werkeiland Neeltje Jans, verbonden met Schouwen-Duiveland door de 3 kilometer lange hulpbrug.  
Boven rechts de onder water gezette bouwput waar de pijlers klaar staan om voor plaatsing te worden opgehaald door de Ostrea.*



# De schuiven

De zijkanten van de openingen worden gevormd door de pijlers. Doordat de pijlers op een onderlinge afstand van 45 m hart op hart zijn geplaatst en de dikte van een pijler ter hoogte van de doorstroomopeningen 5,50 m bedraagt, is de breedte van een opening 39,50 m.

Rekening houdend met de opleggingen van 0,90 m aan weerszijden van de schuiven bedraagt de zogenaamde overspanningslengte van de schuiven 41,30 m.

Doordat een schuif zowel de dorpel- als de bovenbalk iets moet „overlappen”, is de hoogte van een schuif 0,40 m groter dan de verticale maat van een opening.

In de drie stroomgeulen van de Oosterschelde zijn in totaal 62 schuiven in de kering voorzien (15 in de Hammen, 16 in de Schaar van Roggenplaat en 31 in de Roompot).

De schuiven variëren in hoogte, met stappen van 1 meter van 5,90 tot 11,90 meter, waardoor een goede aanpassing wordt verkregen aan de oorspronkelijke stroomgeulprofielen.

Als gevolg van deze hoogteverschillen variëren de schuiven in gewicht van 260 tot 480 ton. Omdat de schuiven onder verval- en golfbelasting moeten kunnen worden geopend en gesloten, is gekozen voor een zogenaamde glijschuif. Het voordeel van dit type schuif is dat de belasting over de gehele hoogte van de schuif op de pijler wordt overgedragen.

## Sterkte van een schuif

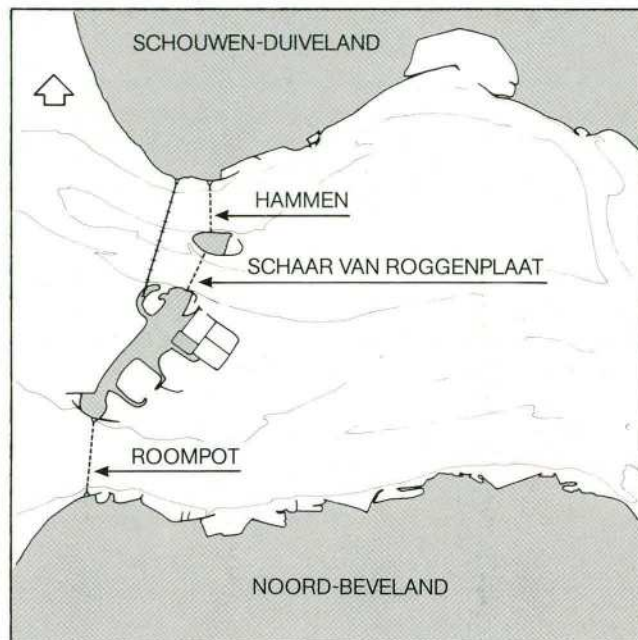
De stormvloedkering moet bestand zijn tegen krachten, veroorzaakt door verval en golfbelasting en stromingen, die een kans van voorkomen hebben van ongeveer één maal in 4000 jaar. Dit betekent dat in het meest extreme geval rekening moet worden gehouden met:

A.  
 Een waterstand aan de Noordzezijde van N.A.P. +5,30 m  
 Een waterstand aan de Oosterscheldezijde van N.A.P. -1,70 m  
 Golven met een hoogte van ongeveer 16 m

B.  
 Een waterstand aan de Noordzezijde van N.A.P. -1,50 m  
 Een waterstand aan de Oosterscheldezijde van N.A.P. +3,50 m

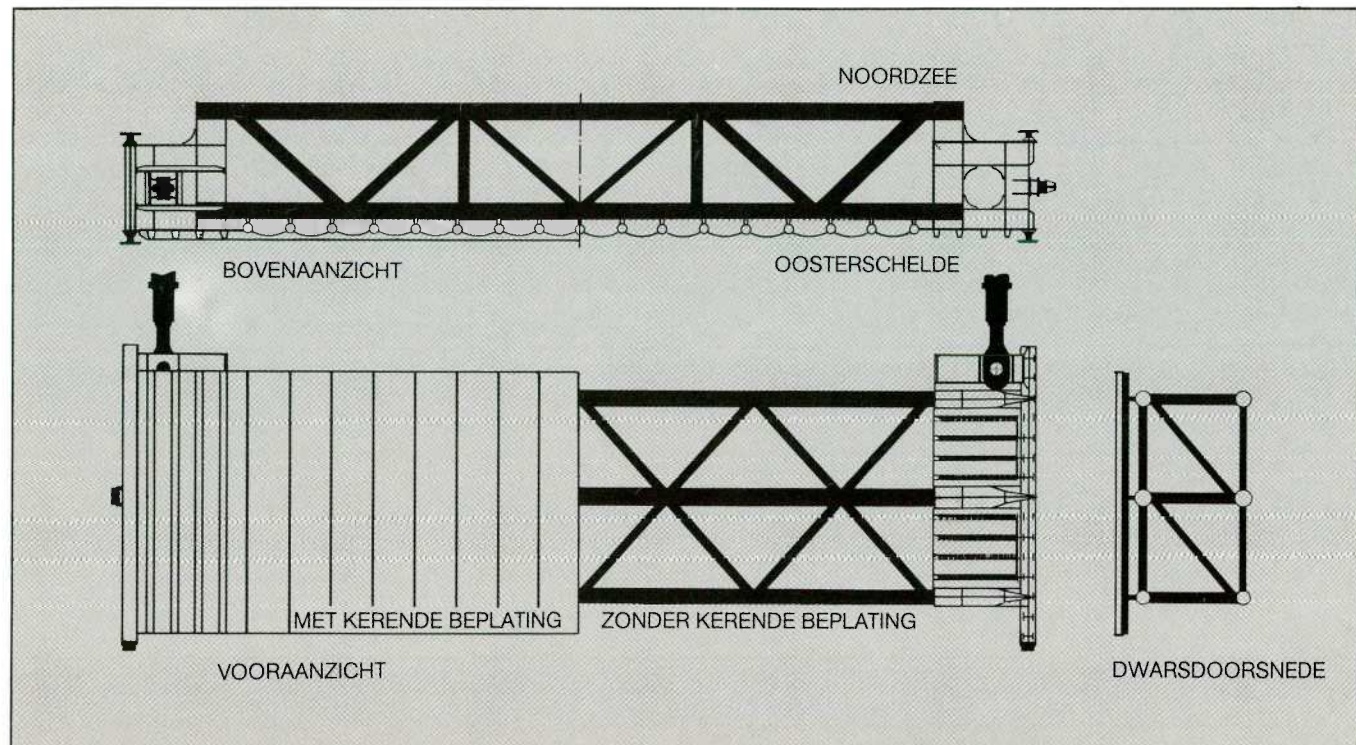
In het eerste geval bedraagt de horizontale belasting op een schuif ongeveer 14.000 kg/m<sup>2</sup>: voor de grootste schuif in totaal ongeveer 7.000.000 kg.

Ook gedurende het openen en sluiten van de kering kunnen grote belastingen op de schuiven optreden. Dit zal vooral gebeuren als bij een zware storm de stormvloedkering niet langer gesloten wordt dan strikt noodzakelijk is. Of met andere woorden, doordat lang gewacht wordt met het sluiten van de kering, zal tengevolge van de opkomende storm reeds een sterke vloedstroom op de kering gericht zijn. Wordt de opening dan geleidelijk gesloten, dan zal een opstuwing van het water tegen de sluitende schuif ontstaan. Ook tijdens het openen van de kering is een horizontale belasting aanwezig, omdat niet gewacht wordt tot de storm volledig is uitgewoed. De horizontale belastingen worden ook nu

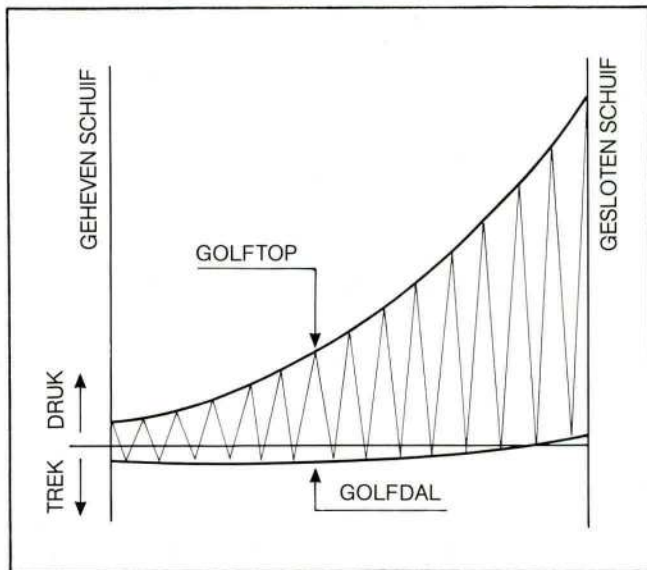


De drie stroomgeulen die bij storm door de schuiven kunnen worden afgesloten.

Constructie van een schuif



weer vergroot door de invloed van de golven. Dat heeft tot gevolg dat de schuiven met kracht in de sponningen van de pijlers worden gedrukt. Daardoor moeten bij het openen en sluiten grote wrijvingsweerstand worden overwonnen.



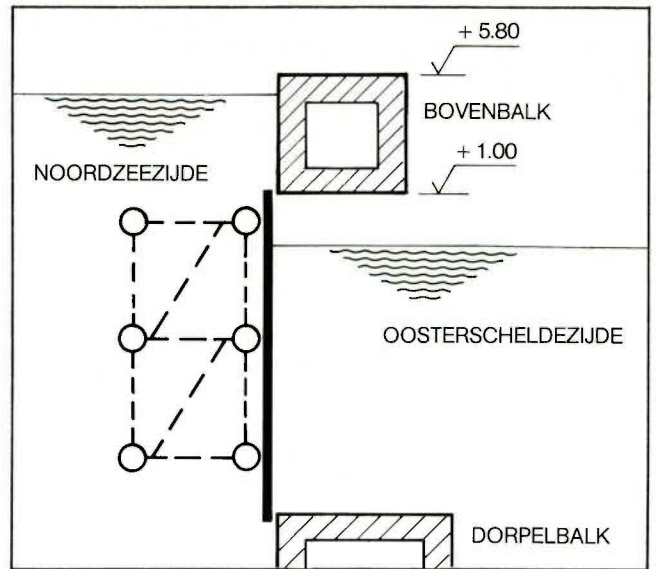
Vereiste krachten om de schuif te sluiten, waarbij weergegeven de toenemende vervalbelasting en golfbelastingen tijdens het sluiten van de schuif

## Positie van de schuif ten opzichte van de overige delen van de kering

Een belangrijke eis voor een stormvloedkering is dat deze aan de zijde waar de stormaanval plaats vindt, zo glad mogelijk is. Dode hoeken moeten zoveel mogelijk vermeden worden, omdat in dergelijke hoeken het water opgesloten wordt, bijvoorbeeld het rijzende water van een golftop, waardoor zeer grote drukbelastingen kunnen ontstaan. Om een grote besparing te verkrijgen in het benodigde kerende oppervlak van de schuiven is in de stormvloedkering de betonnen bovenbalk als kerend onderdeel gekozen. Zonder bovenbalk zou dit benodigde oppervlak van de schuiven ca. 35.000 m<sup>2</sup> groot moeten zijn; door toepassing van de balk is dit teruggebracht tot ca. 22.500 m<sup>2</sup>.

Ten aanzien van de positie van de schuif ten opzichte van de bovenbalk zijn twee mogelijkheden aanwezig, namelijk plaatsing van de schuif aan de zeezijde of aan de Oosterscheldezijde van de bovenbalk. In het tweede geval zou de bovenbalk aan de zeezijde liggen en de schuif veel verder van de voorzijde van de pijlers, met als gevolg grote dode hoeken. Vooral de hoek gevormd door het ondervlak van de bovenbalk en de verticale waterkerende beplating van de schuiven, zou zeer ongunstig zijn. Hierdoor zouden opwaartse belastingen op de betonbalken kunnen worden uitgeoefend door onder andere golfklappen, in de grootte van 20.000 tot 30.000 kg/m<sup>2</sup> balk. Deze belasting is aanzienlijk groter dan het eigen gewicht van de balk, waardoor zware verankeringen nodig zouden zijn. Dit bezwaar, tezamen met nog enige andere nadelen, heeft ertoe geleid dat de schuif aan de zeezijde van de bovenbalk wordt geplaatst. De schuiven zijn aan de ene zijde vlak, aan de andere zijde zijn zij voorzien van een draagconstructie van buizen.

Voor de positie van de verticale beplating van een schuif gelden ook twee mogelijkheden, namelijk gericht naar zee



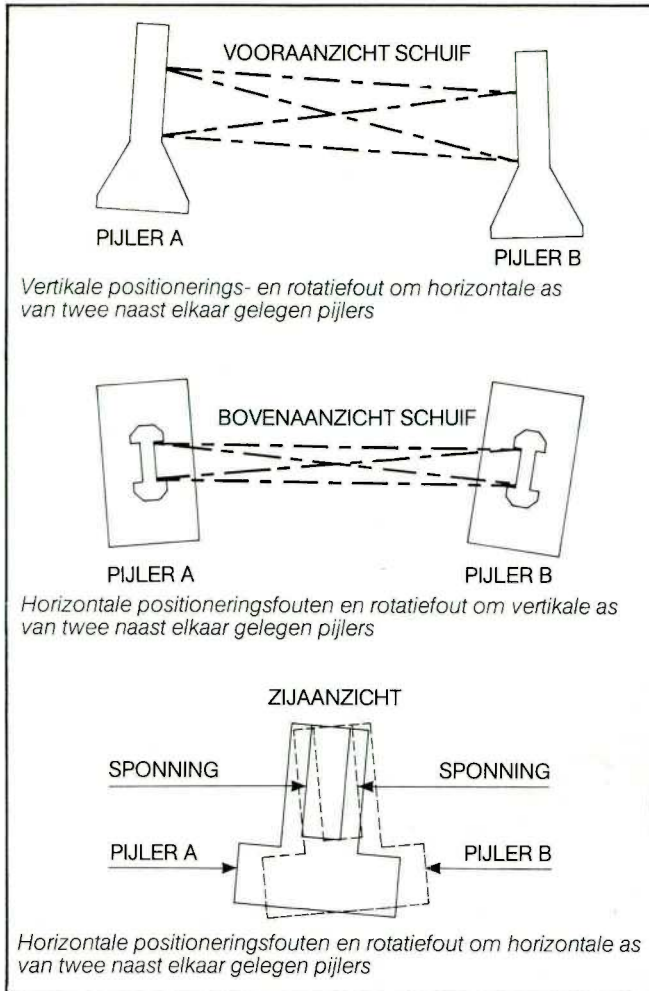
Positionering van de schuif

of naar de Oosterscheldezijde. Een ligging van de beplating gericht naar de zeezijde heeft onder andere als nadeel, dat de schuif aan ongunstige belastingen en tijdens het openen en sluiten aan trillingen zou worden blootgesteld. Daarom is ervoor gekozen de schuif zo aan te brengen, dat de beplating naar de Oosterscheldezijde is gekeerd. De draagconstructie van buizen bevindt zich dus aan de zeezijde.

## Vormgeving van de schuif

Doordat de stormvloedkering onder andere bestaat uit 65 onafhankelijk van elkaar geplaatste pijlers, moet rekening worden gehouden met een aantal daaruit voortvloeiende consequenties.

Bij het plaatsen van de pijlers in de kering kunnen afwijkingen ten opzichte van de theoretisch gewenste positie ontstaan. Ze kunnen wel eens een ietsje scheef of gedraaid op hun plaats komen te staan. Met deze kleine afwijkingen is in het ontwerp rekening gehouden. Doordat de schuiven al worden gemaakt voordat de desbetreffende pijlers zijn geplaatst, moet bij de vormgeving van de schuiven met de mogelijkheid van deze plaatsingsfouten rekening worden gehouden. Tevens moeten de gevolgen van zettingen van de zeebodem, die kunnen ontstaan door de druk van de kering op de bodem in de beschouwing worden betrokken. Dit soort afwijkingen die invloed hebben op de lengte van de schuif, worden gecompenseerd door de schuif bij de fabricage een overlengte te geven en de schuif eerst „pas” te maken na plaatsing van de desbetreffende pijlers. Rotatiefouten in de positie van de pijlers worden gecompenseerd door de verticale aanslagen van de schuiven van rubber te voorzien. Daardoor zijn hoekverdraaiingen van de schuif ten opzichte van de pijler mogelijk. Bovendien zijn de zogenaamde geleidingen die in de sponningen van de pijler zijn bevestigd en die de belasting van de schuif naar de pijler moeten overbrengen, extra breed uitgevoerd. De rotatiefouten die een torsie, populair gezegd het wringen van een schuif, tot gevolg zouden hebben, zijn gecompenseerd door de schuif zo te ontwerpen, dat hij enigszins kan meebewegen.

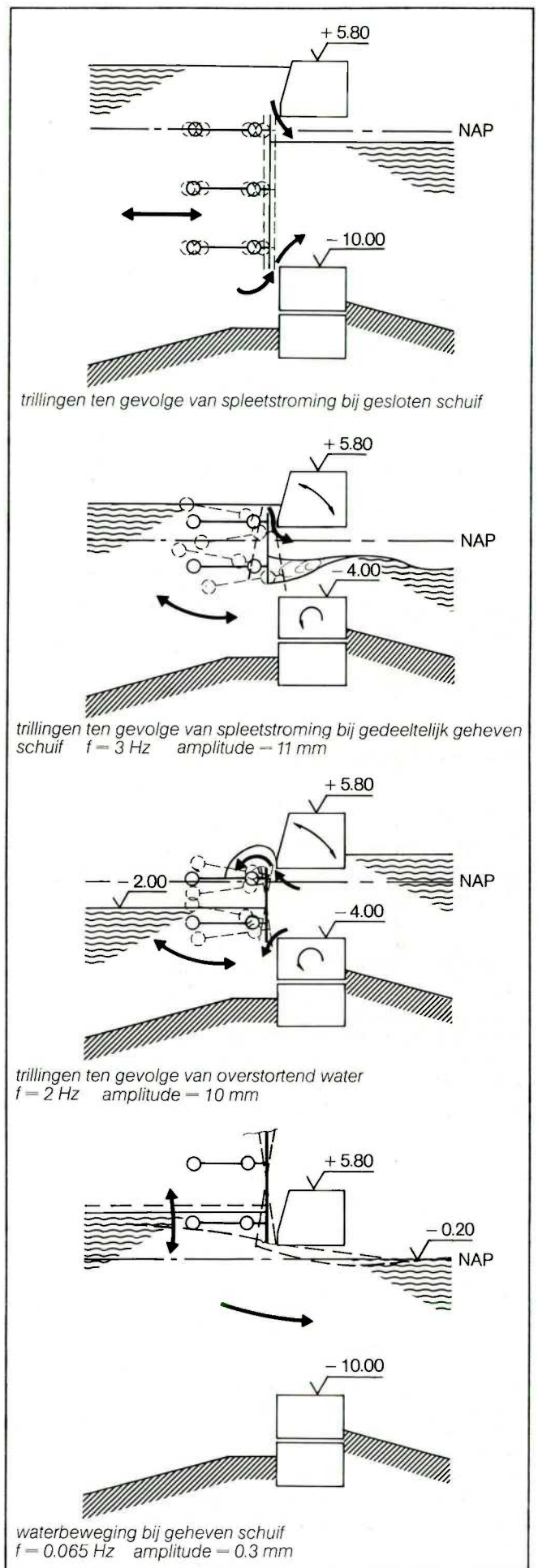


Mogelijke plaatsingsfouten

## Trillingen en golfklappen

Tijdens de ontwerperperiode van de stormvloedkering is grote aandacht geschonken aan de mogelijke trillings- en golfklapeffecten. De stormvloedkering is niet opgebouwd uit elementen die oneindig stijf zijn, maar uit elementen die tengevolge van de belastingen zullen vervormen, doorbuigen en indrukken. In wezen bestaat de kering dus uit een groot aantal onderdelen die zich als veren gedragen. De schuiven kunnen gaan trillen als ze gesloten zijn en het water bij boven- en dorpelbalken met grote kracht door de spleten stroomt. Ook kunnen zich trillingen voordoen bij een gedeeltelijk geheven schuif en bij overstortend water. Ook is veel aandacht gegeven aan het effect van de golfklappen die op de schuif en op de onderdelen van de schuif uitgeoefend kunnen worden. In het Waterloopkundig Laboratorium is de gunstigste vormgeving van de schuiven bepaald.

Schematisch overzicht van een viertal mogelijke trillingsvormen met betrekking tot de schuif



## Constructie van de schuif

De schuiven zijn samengesteld uit een viertal hoofdonderdelen, namelijk:

### 1. Waterkerende beplating

De schaalvormige, waterkerende beplating is één centimeter dik. Tengevolge van de golf- en vervalbelasting treden in de schalen hoofdzakelijk trekspanningen op, waardoor er relatief weinig verstijvingen nodig zijn.

De drukspanningen die in de schalen optreden in geval de waterstand op de Oosterschelde hoger is dan aan de zeezijde, zijn aanvaardbaar.

### 2. Hoofddraagsysteem

Het hoofddraagsysteem bestaat, afhankelijk van de hoogte van de schuiven, uit twee of drie zogenaamde vakwerkliggers, opgebouwd uit buisvormige profielen. Dat is gedaan om de verticale belasting tengevolge van golfklappen zo klein mogelijk te houden. De diameters van deze buizen variëren van 508 tot 812 mm met wanddikten van respectievelijk 30 tot 40 mm. De hoofdliggers zijn met elkaar verbonden door een vertikaal vakwerk en verticale koppelstaven.

### 3. Vertikaal draagsysteem

Het verticale draagsysteem bestaat eveneens uit een vakwerk.

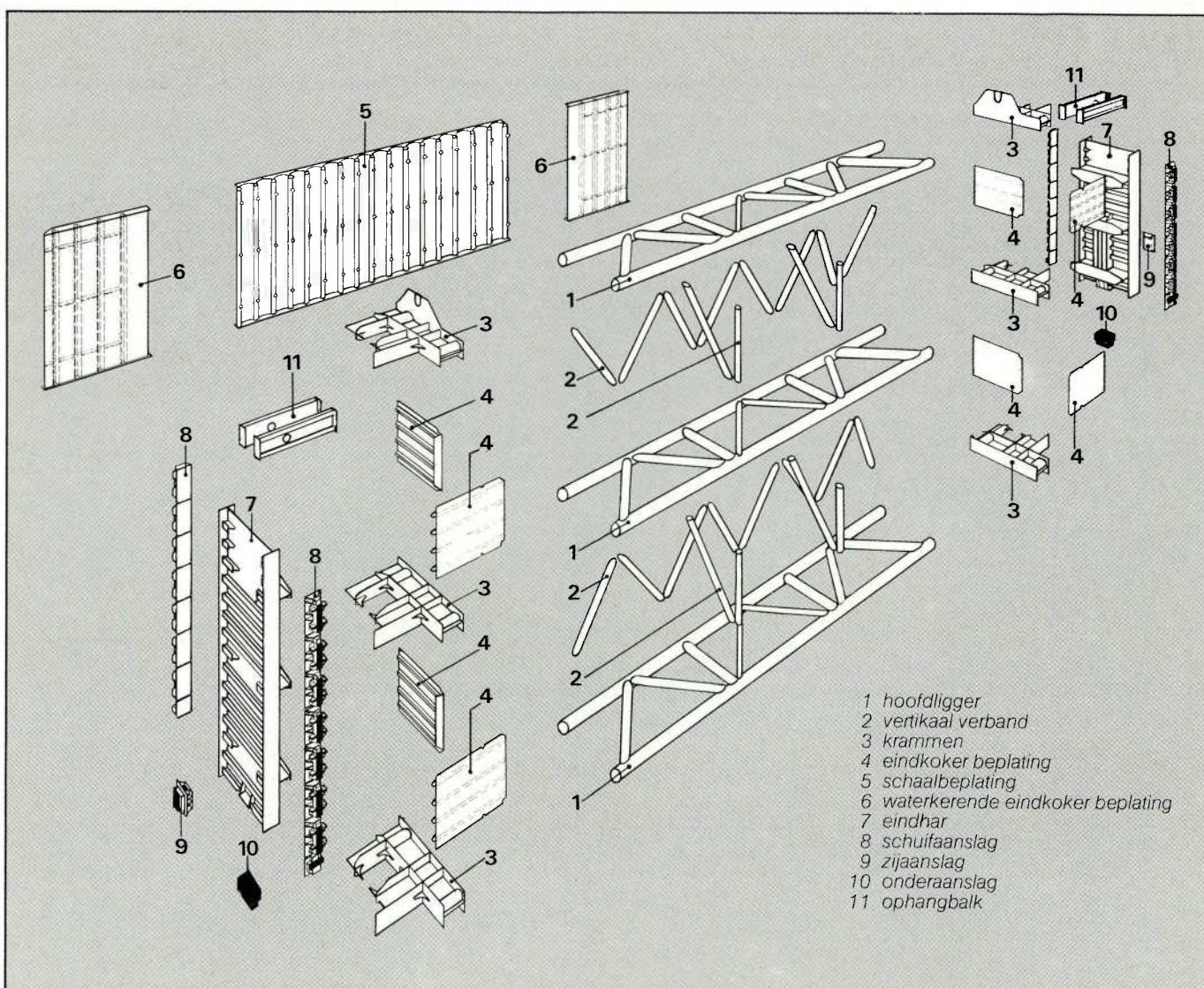
### 4. Eindkokers

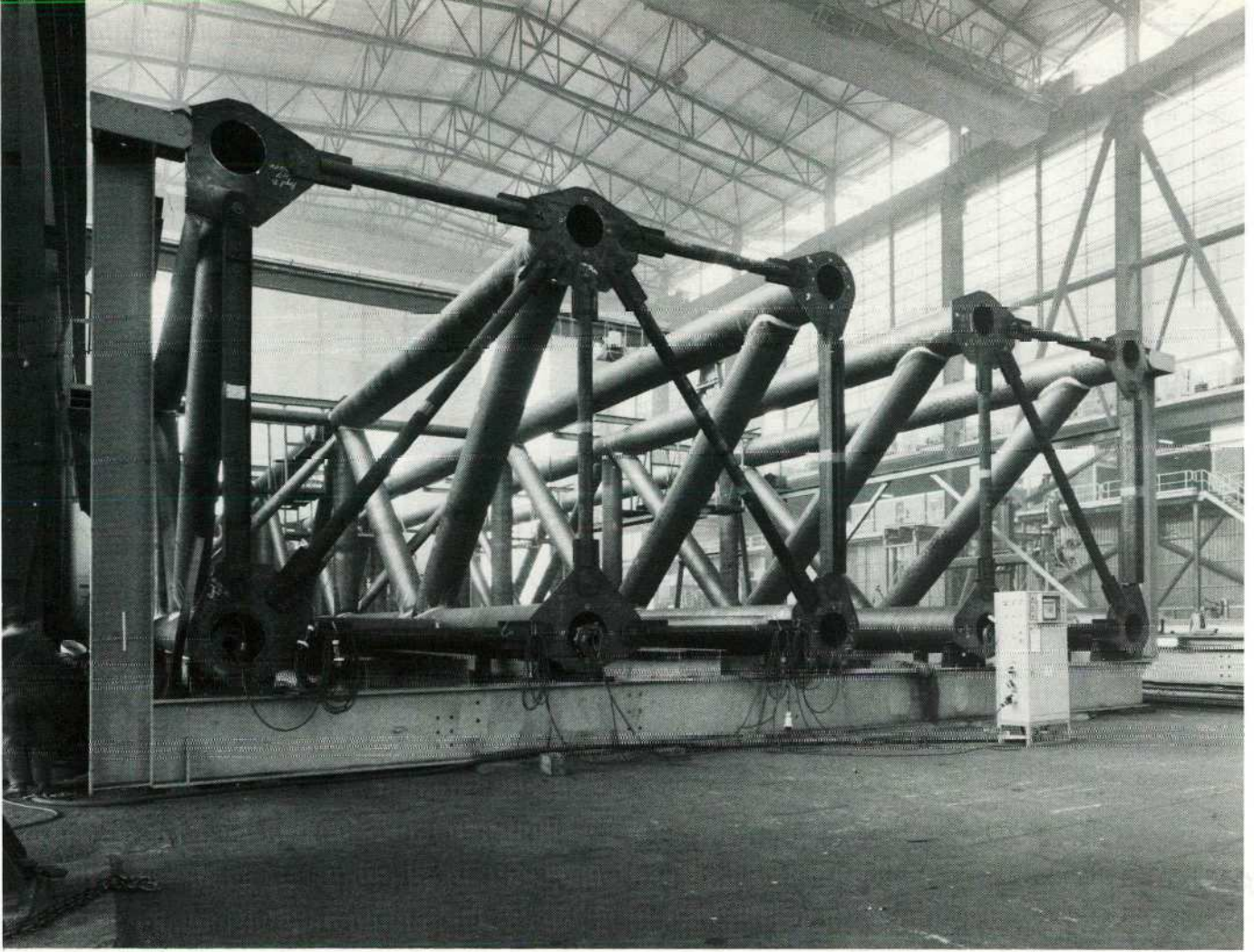
Alle belastingen op het horizontale en verticale draagsysteem van de schuif worden afgevoerd naar de eindkokers, die bestaan uit zogenaamde verstijfde plaatvelden en gelaste profielen.

Via de eindkokers worden de belastingen op de pijlers overgedragen. Zoals reeds hiervoor aangegeven variëren de schuiven in hoogte:

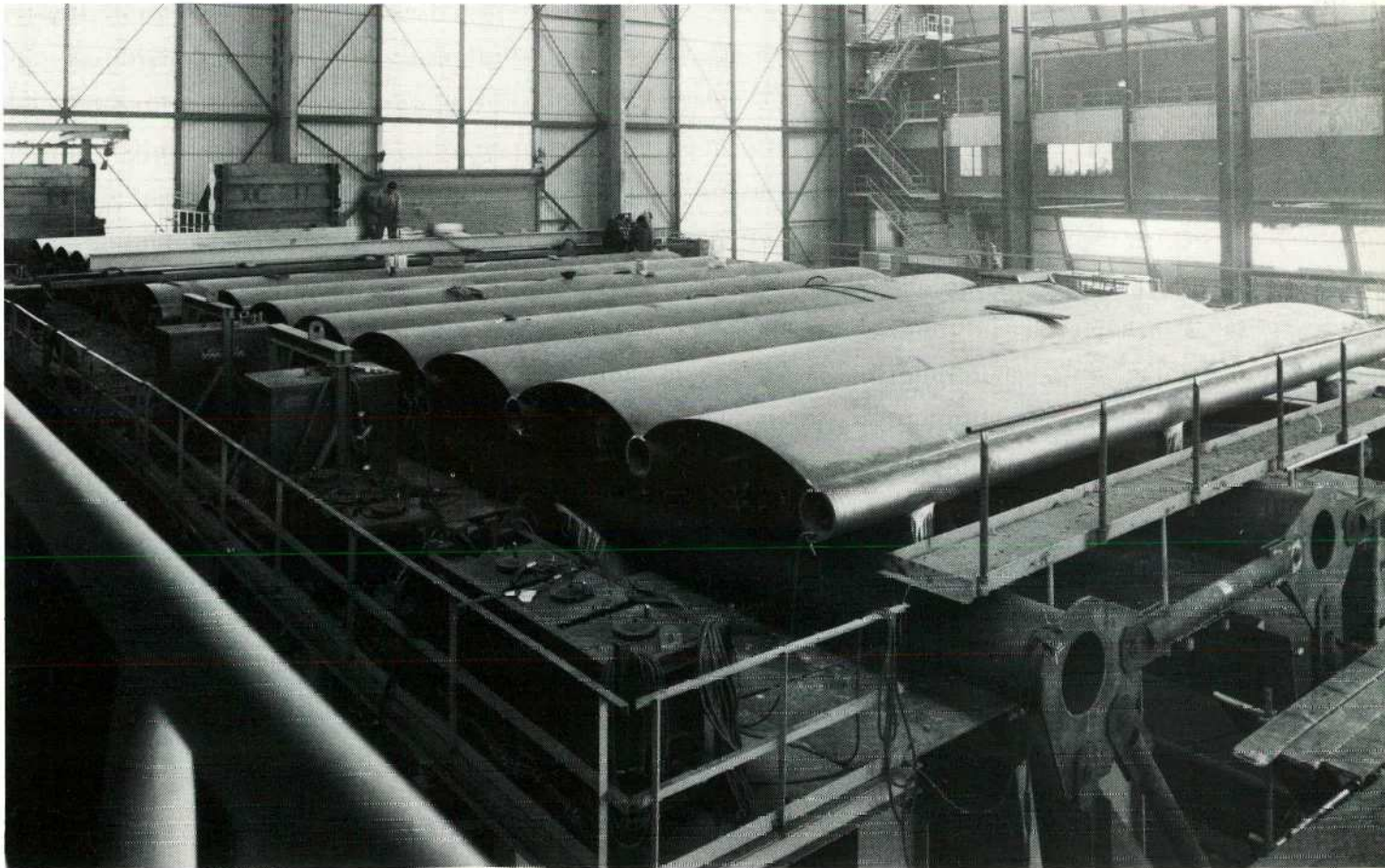
- 15 stuks met een hoogte van 5,90 meter,
- 6 stuks met een hoogte van 6,90 meter,
- 8 stuks met een hoogte van 7,90 meter,
- 9 stuks met een hoogte van 8,90 meter,
- 6 stuks met een hoogte van 9,90 meter,
- 11 stuks met een hoogte van 10,90 meter,
- 7 stuks met een hoogte van 11,90 meter.

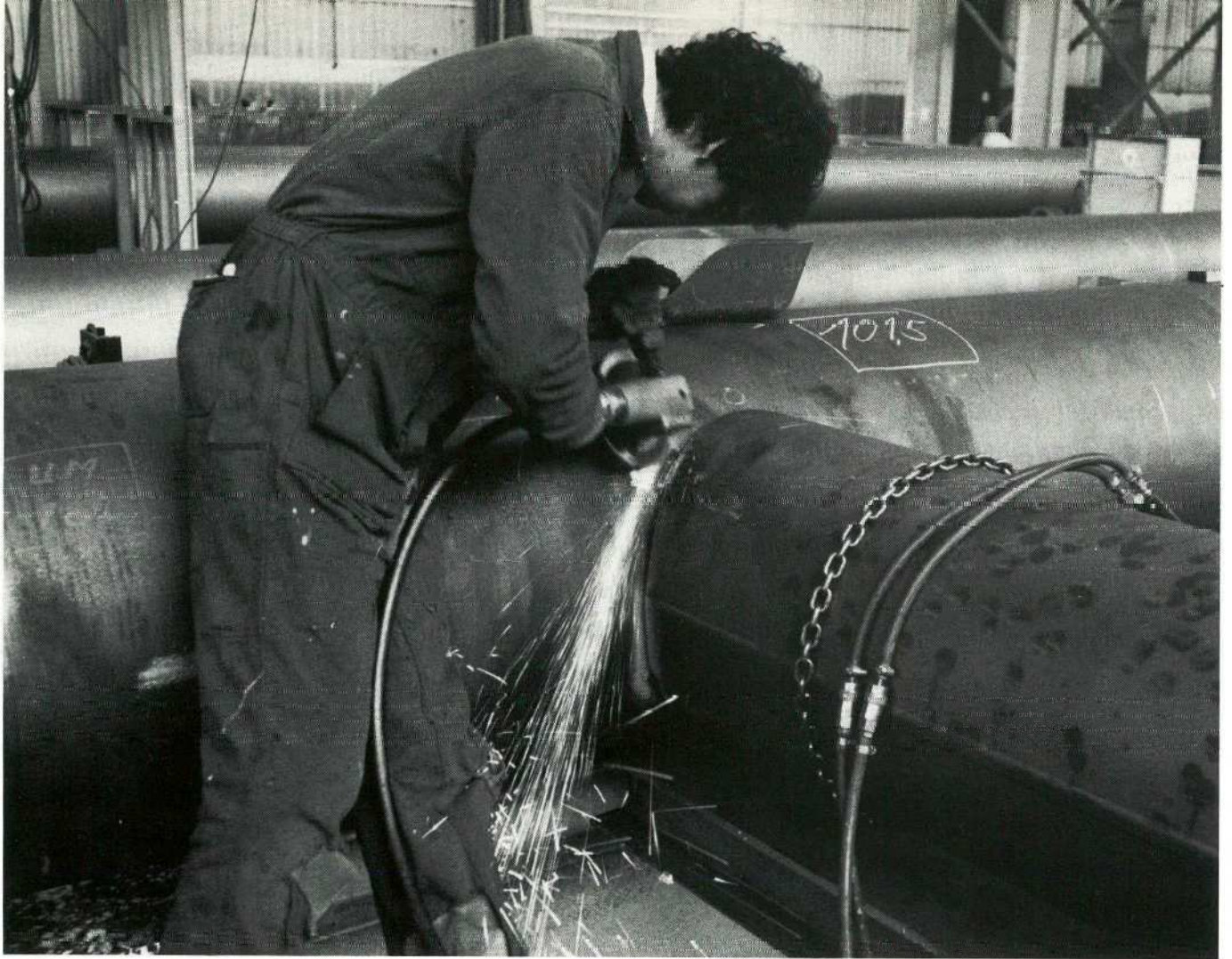
De onderdelen van de schuif



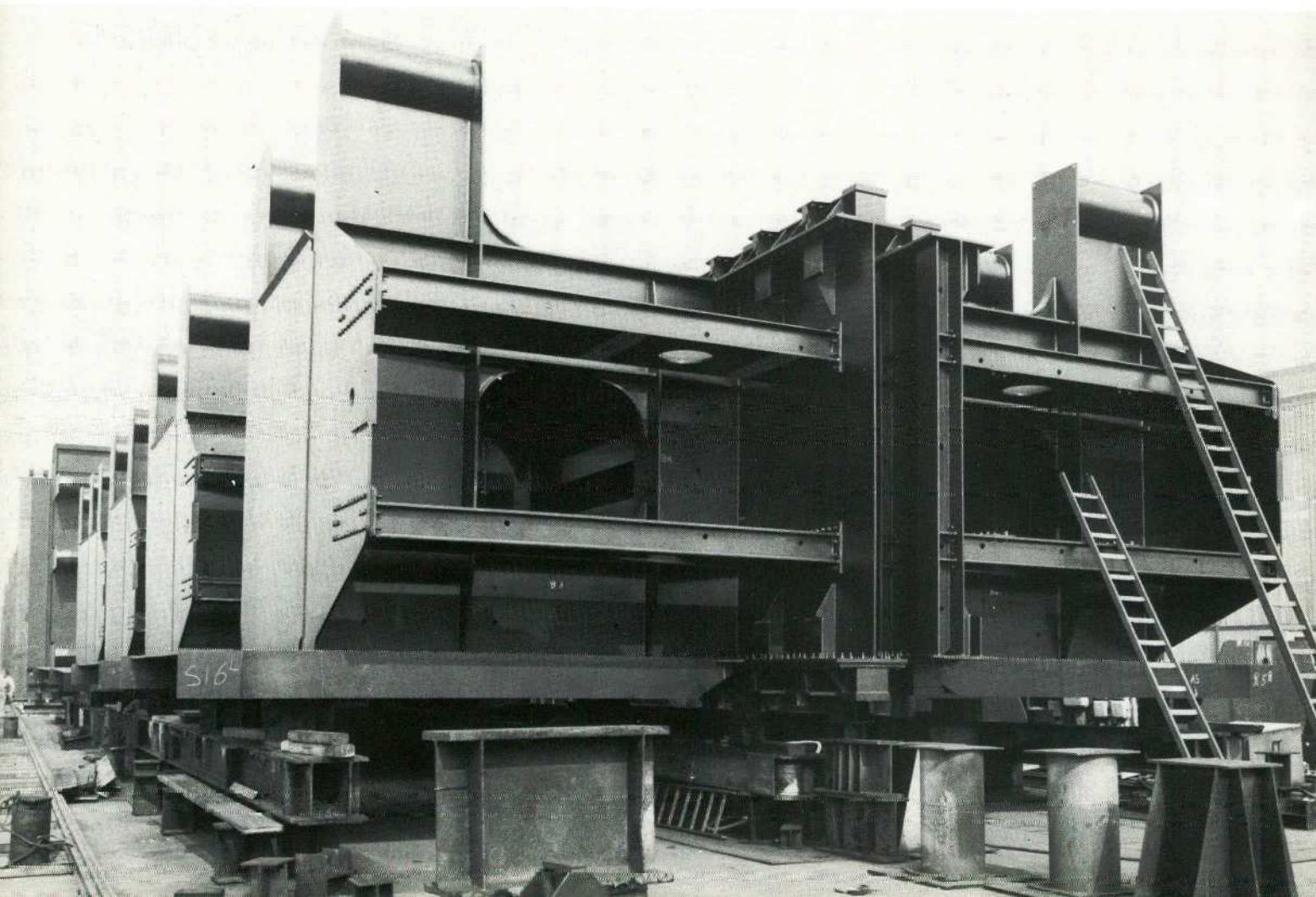


*Het hoofddraagsysteem van een schuif is opgebouwd uit buisvormige profielen  
Het aanbrengen van de waterkerende beplating op het draagsysteem van de schuif*



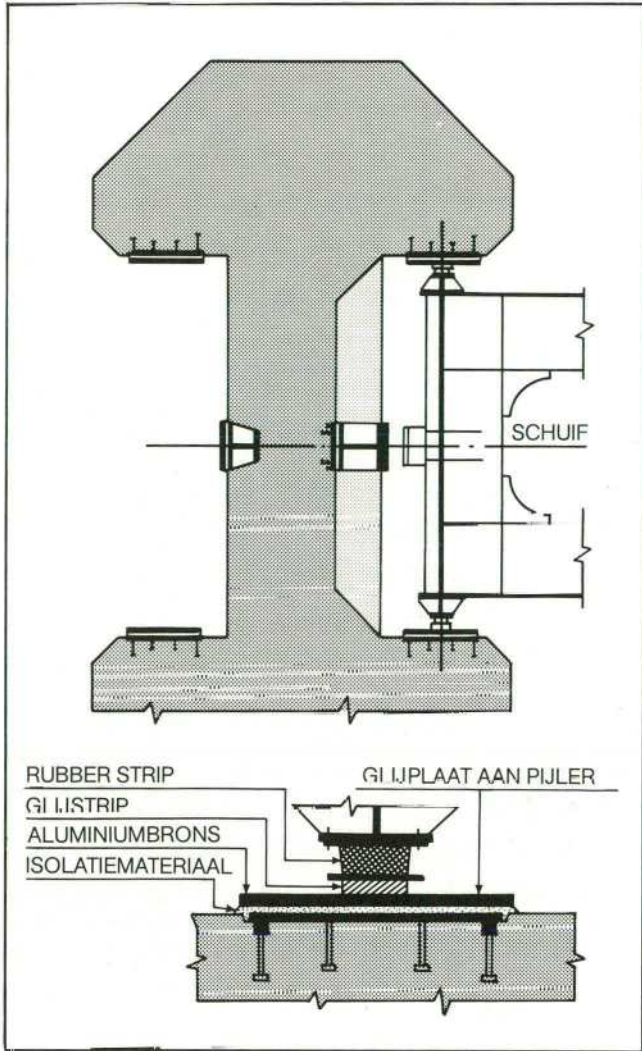


*Het lassen van het draagsysteem  
Bijna gereede eindkokers*



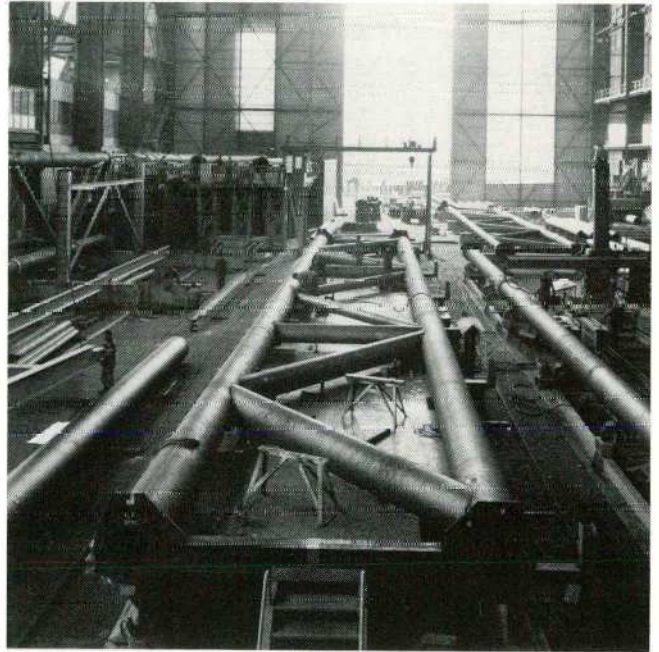
## Schuifgeleidingen

Om de krachten te beperken die nodig zijn om de schuiven onder invloed van verval en golfbelasting te kunnen bewegen, is voor de schuifgeleidingen en glijvlakken een materiaalcombinatie gekozen met een lage wrijvingscoëfficiënt. Na vele proeven bleken aluminium-bronzen schuifgeleidingen op de pijlers en kunststof (polyethyleen) glijvlakken op de schuif de beste resultaten te geven. De schuif is bovendien aan de uiteinden voorzien van rubber profielen tussen de schuifgeleidingen. Dat is gedaan om een eventuele speling van de schuifuiteinden in de sponningen van de pijler te voorkomen, waardoor er stootbelasting op de schuif zou optreden.



Bovenaanzicht van de schuifgeleidingen

Een bijna gerede schuif (de eindkokers zijn nog niet aangebracht) in gekantelde positie



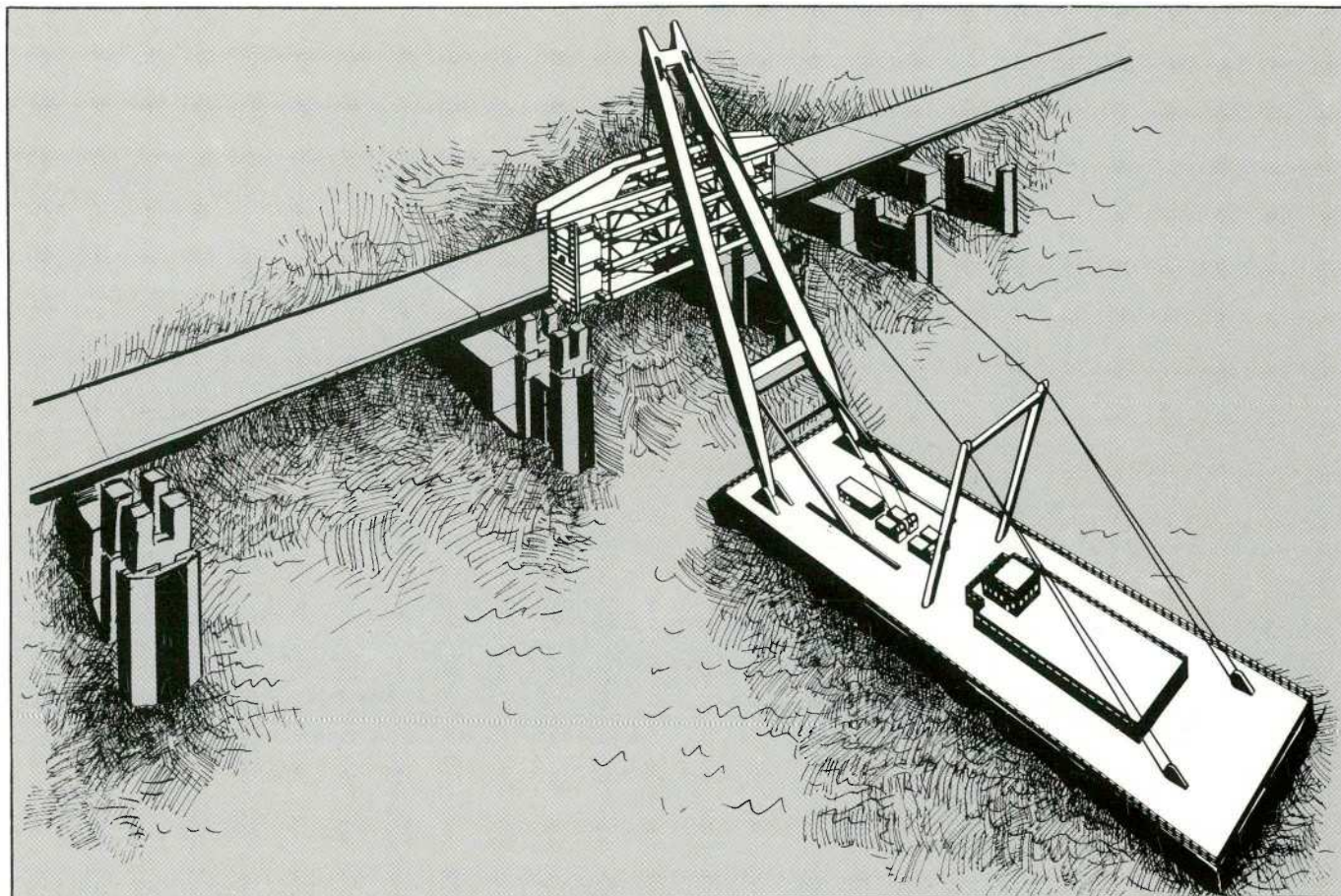
De assemblage van de schuiven



## Fabricage, assemblage en montage

Ofschoon de hoogte van de schuiven uiteenloopt, bevatten de onderdelen ervan een groot repetitie-element. Dit heeft welhaast vanzelfsprekend geleid tot een min of meer seriematige vervaardiging van de onderdelen van de schuiven. Alle onderdelen van de schuiven worden naar een centrale assemblageplaats vervoerd, waar de schuiven in een speciaal daarvoor ingerichte fabriekshal worden samengesteld. De assemblage van de schuiven gebeurt in de volgorde, waarin ze moeten worden

geplaatst in de stormvloedkering. Elke schuif wordt op maat gemaakt voor de opening tussen twee pijlers waarin hij moet passen. De schuiven worden volledig elektrisch gelast. Daarbij worden hoge eisen gesteld aan het laswerk. Nadat de schuiven geconserveerd zijn, worden ze op pontons en met behulp van sleepboten naar de Oosterschelde getransporteerd. De montage van de schuiven tussen de pijlers gebeurt met de Taklift 4, een grote drijvende bok. In totaal is ongeveer 23.000 ton staal nodig voor de fabricage van de schuiven.



*Het inhangen van een schuif*

*Bijna gerede schuiven op het opslagterrein te Zwijndrecht*



# Bewegingswerken

## Algemeen

Voor het sluiten en openen zijn de 62 schuiven elk opgehangen aan twee hydraulische cilinders. In totaal zijn er voor de stormvloedkering dus 124 cilinders nodig, die over het algemeen aanmerkelijk groter zijn dan wat er tot nog toe op dit gebied is gemaakt. Daarom zijn in de vóórontwerpfase, naast de hydraulische cilinder, ook nog andere typen bewegingswerken bestudeerd.

Een type, een mechanische constructie met een zogenaamd tandheugelsysteem, werd zover uitgewerkt dat op basis van het ontwerp ook prijsaanvragen konden worden gedaan. Uiteindelijk is gekozen voor het hydraulische systeem. Bewaking op afstand van het hydraulische systeem is namelijk beter mogelijk dan bij het mechanische systeem en dat komt de betrouwbaarheid van de werking ten goede. De hydraulische aandrijving bleek bovendien goedkoper te zijn dan de mechanische en aan de vormgeving van de stormvloedkering werd beter voldaan. Natuurlijk worden vooral aan de bedrijfszekerheid van het bewegingssysteem hoge eisen gesteld, omdat dit rechtstreeks van invloed is op de betrouwbaarheid van de hele stormvloedkering. Mede daarom zal elke schuif ter controle maandelijks worden gesloten en weer geopend. De schuiven zullen naar verwachting maar één of twee keer per jaar gesloten hoeven te worden om hoge Noordzeewaterstanden te keren.

De grootte van de krachten die op de schuiven wordt uitgeoefend en de hoogte van de openingen die ze moeten afsluiten zijn bepalend geweest voor ontwerp en uitvoering van het bewegingssysteem. Er moet rekening worden gehouden met een combinatie van invloeden, zoals het schuifgewicht, de zuiging op de schuif door onderdoorstromend water, golfbelastingen en wrijvingskrachten. Bij geopende kering hangt de schuif aan de cilinders. Begint de schuif te zakken, dan gebeurt dat eerst onder invloed van zijn eigen gewicht, maar op een gegeven moment krijgen de wrijvingskrachten op de schuifgeleidingen als gevolg van de druk van het water de overhand en moet de schuif omlaag gedrukt worden. De ongunstigste condities doen zich voor als de kering bij storm moet worden gesloten, vooral als er al een groot verval over de kering staat. Dat wil zeggen als het Noordzeepil snel stijgt ten opzichte van het waterpeil in de Oosterschelde. De schuiven kunnen nog gesloten worden onder een verval van 4,20 meter. Een dergelijk verval treedt slechts op tijdens hoge stormvloed, wanneer het tijdstip van sluiten lang wordt uitgesteld. Bij stormvloed is er een sterke en steeds wisselende golfbelasting. Het bewegingswerk moet dan ook afwisselend trek- en drukkrachten kunnen uitoefenen. Bij het openen overheersen schuifgewicht en wrijvingskrachten, zodat uitsluitend trekkrachten moeten worden uitgeoefend om de schuif te heffen.

De zeven verschillende maten in hoogte van de schuiven vragen zeven verschillende bewegingswerken. In geheven stand is de ondorkant van een schuif circa 20 cm boven de onderzijde van de bovenbalk gelegen. In gesloten stand is de ondorkant circa 20 cm onder de bovenzijde van de dorpelbalk gelegen.

De slaglengte van de cilinders – dat is de afstand waarover de zuigerstangen kunnen worden uitgeschoven – correspondeert met de hoogte van de schuiven. Daardoor varieert die slaglengte van 5,90 m bij de kleinste schuiven tot 11,90 m bij de grootste schuiven.

In geheven stand bevindt de onderrand van een schuif zich op N.A.P. + 1,20 m, of wel lager dan de top van hoog water. Voor onderhoudswerkzaamheden is dit te laag, daarom is in de bewegingswerken de mogelijkheid ingebouwd de schuiven nog eens 1,30 m extra te heffen.

## Samenstelling bewegingswerk

Het bewegingswerk aan elk schuifuiteinde bestaat in hoofdzaak uit de volgende onderdelen:

- een hydraulische cilinder die dubbelwerkend is (zowel opwaartse als neerwaartse krachten moeten kunnen worden geleverd) en cardanisch is bevestigd aan de pijler respectievelijk scharnierend aan de schuif;
- een elektrisch aangedreven hydraulisch pompaggregaat, geplaatst in de koker van de verkeersbrug;
- leidingwerk tussen pompaggregaat en hydraulische cilinder.

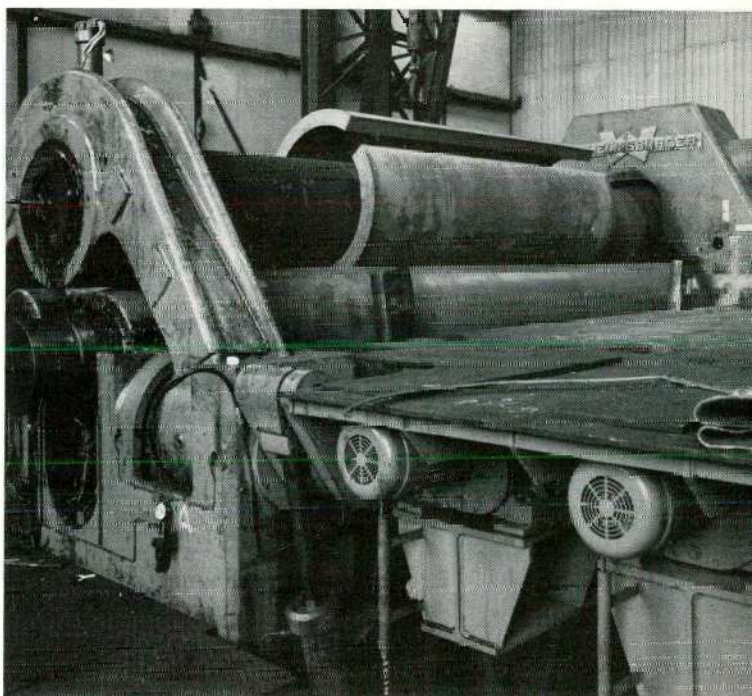
Voor de cardanische bevestiging op de pijler is de cilinder scharnierend verbonden aan een gelast stalen ophangjuk, de zogenaamde cardanbalk, die op zijn beurt weer scharnierend op de pijlerschacht is gemonteerd.

Alle scharnierpunten zijn voorzien van kogelgewrichtslagers. Door deze scharnierende ophanging kunnen plaatsings-toleranties en zettingen van de pijlers, alsmede scheefzakken van de schuif worden ondervangen.

De hefhoogte van elk schuifuiteinde wordt voortdurend gemeten ten behoeve van het operationeel bedrijf van de stormvloedkering. Deze meting vindt zowel plaats als de schuiven in rust zijn als tijdens het bewegen.

Als via de zogenaamde gelijklooiinstallatie wordt gesignaleerd dat de schuiven te veel zakken of meer dan 15 centimeter scheefzakken, (dat wil zeggen het ene schuifuiteinde ten opzichte van het andere), dan wordt dit door de hydraulische aandrijving automatisch gecorrigeerd.

*Het walsen van een op 1100°C verhitte plaat tot een pijpstuk*



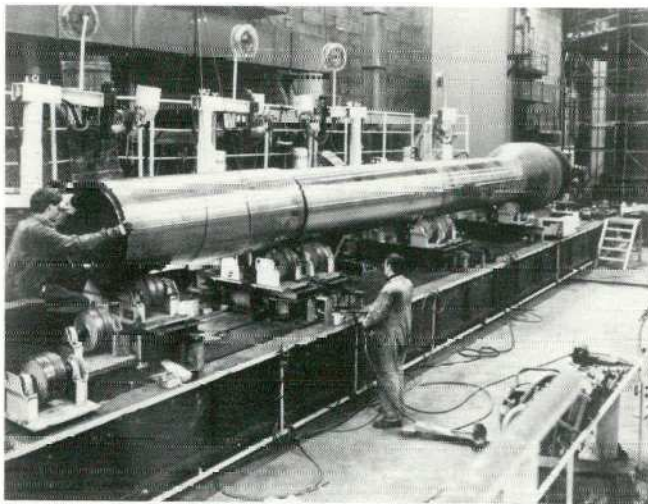
## De hydraulische cilinders

Elke hydraulische cilinder bestaat in hoofdzaak uit:

- een cilindermantel die voorzien is van een zogenaamd cardanstuk. Dit is een verzwamd gedeelte voor de scharnierende bevestiging aan het stalen ophangjuk. De cilindermantel is van boven afgedicht met een cilinderdeksel en van onderen met een zogenaamd lantaarnstuk;
- een zuigerstang met zuiger en een oog voor de scharnierende bevestiging aan de schuif;
- een conserveringskamer voor het aanbrengen van een corrosiewerende beschermingslaag op de zuigerstang wanneer deze wordt uitgeschoven.

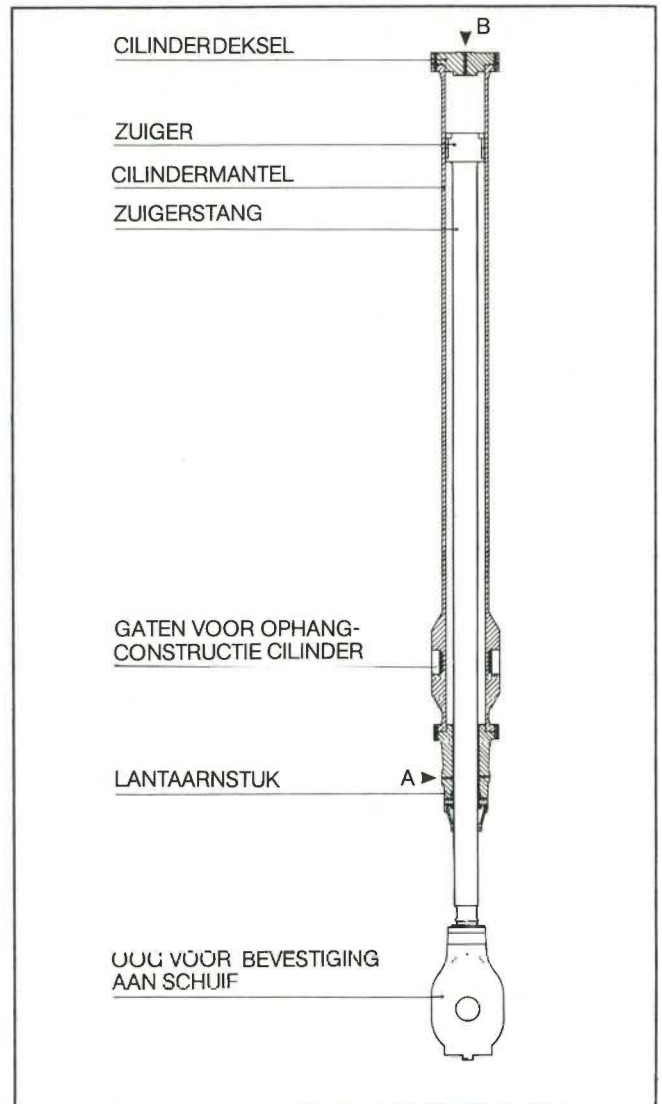
De toe- en afvoerleidingen van de hydraulische olie voor het bewegen van de zuigerstang zijn aangesloten op het deksel en op het lantaarnstuk.

De cilinders zijn ontworpen voor een hydraulische werkdruk van 220 bar (atmosfeer).



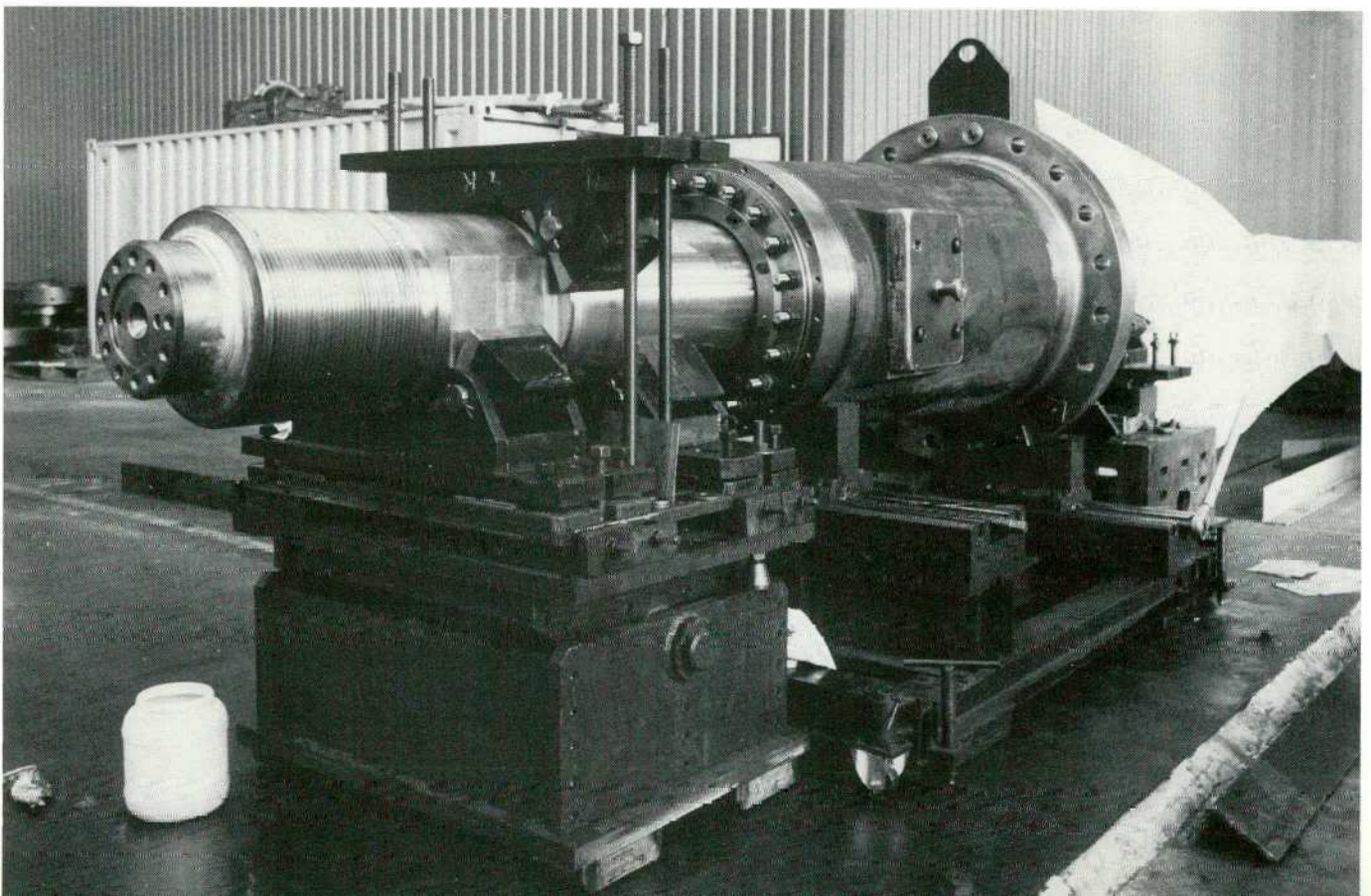
Het samenstellen van een cilindermantel

Een zuigerstang met lantaarnstuk tijdens de montage



Doorsnede hydraulische cilinder.

Olietoevoer bij lantaarnstuk (A) voor het openen van een schuif.  
Olietoevoer bij cilinderdeksel (B) voor het sluiten van de schuif



De volgende tabel geeft een indruk van de afmetingen en drukcapaciteit van de cilinders:

Afmetingen	kleinste cilinder	grootste cilinder
slaglengte	5900 + 1300 mm	11900 + 1300 mm
binnendiameter cilinder	635 mm	830 mm
minimum wanddikte	57,5 mm	75 mm
zuigerstang diameter	390 mm	520 mm
totale lengte ingeschoven	14676 mm	21390 mm
totale lengte uitgeschoven	21875 mm	34590 mm
gewicht	ca. 46.000 kg	ca. 100.000 kg
max. te leveren drukkracht	ca. 230.000 kg	ca. 400.000 kg

De cilinder kan worden gekarakteriseerd als een vrij ranke constructie. Bijzondere maatregelen en voorzieningen zijn dan ook nodig voor de fase waarin hij nog horizontaal ligt (fabricage, assemblage en opslag).

De cilindermantels voor de twee kleinste typen cilinders worden vervaardigd uit dikwandige naadloze pijp.

Voor de grotere typen wordt uitgegaan van platen die onder andere door walsen en lassen tot pijpstukken worden samengesteld. Aan deze pijpstukken wordt aan de bovenzijde de flens en aan de onderzijde het cardanstuk gelast.

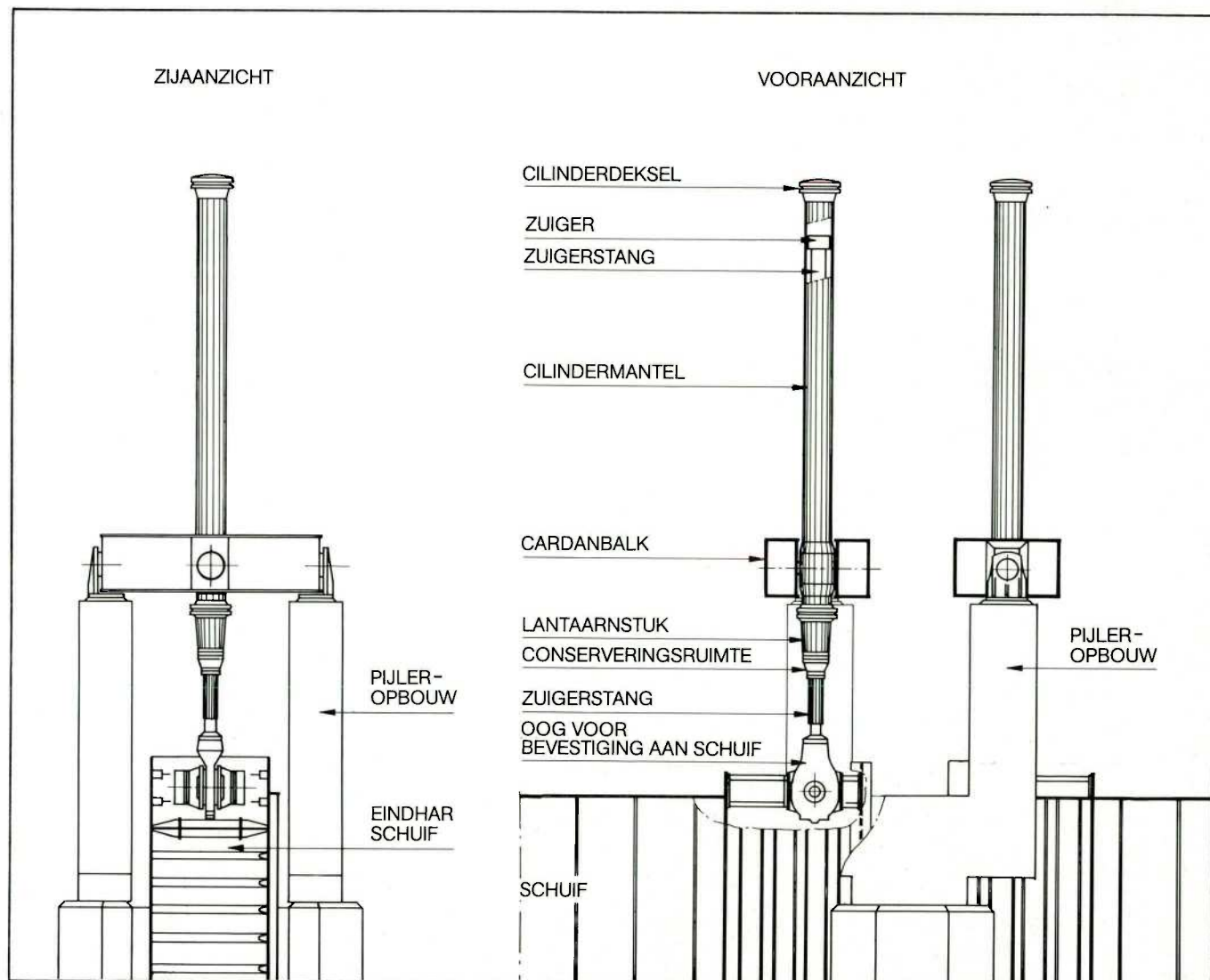
Zuiger en zuigerstang vormen één geheel. De zuiger draagt de benodigde afdichtingen, en een bronzen bus voor de geleiding in de cilindermantel. Veel aandacht is gegeven aan de oppervlaktebehandeling van de zuigerstang die in uitgeschoven toestand in contact staat met het zoute milieu. De zuigerstang wordt voorzien van een nikkel-laag van tenminste 0,1 mm en een chroomlaag van tenminste 0,05 mm dikte.

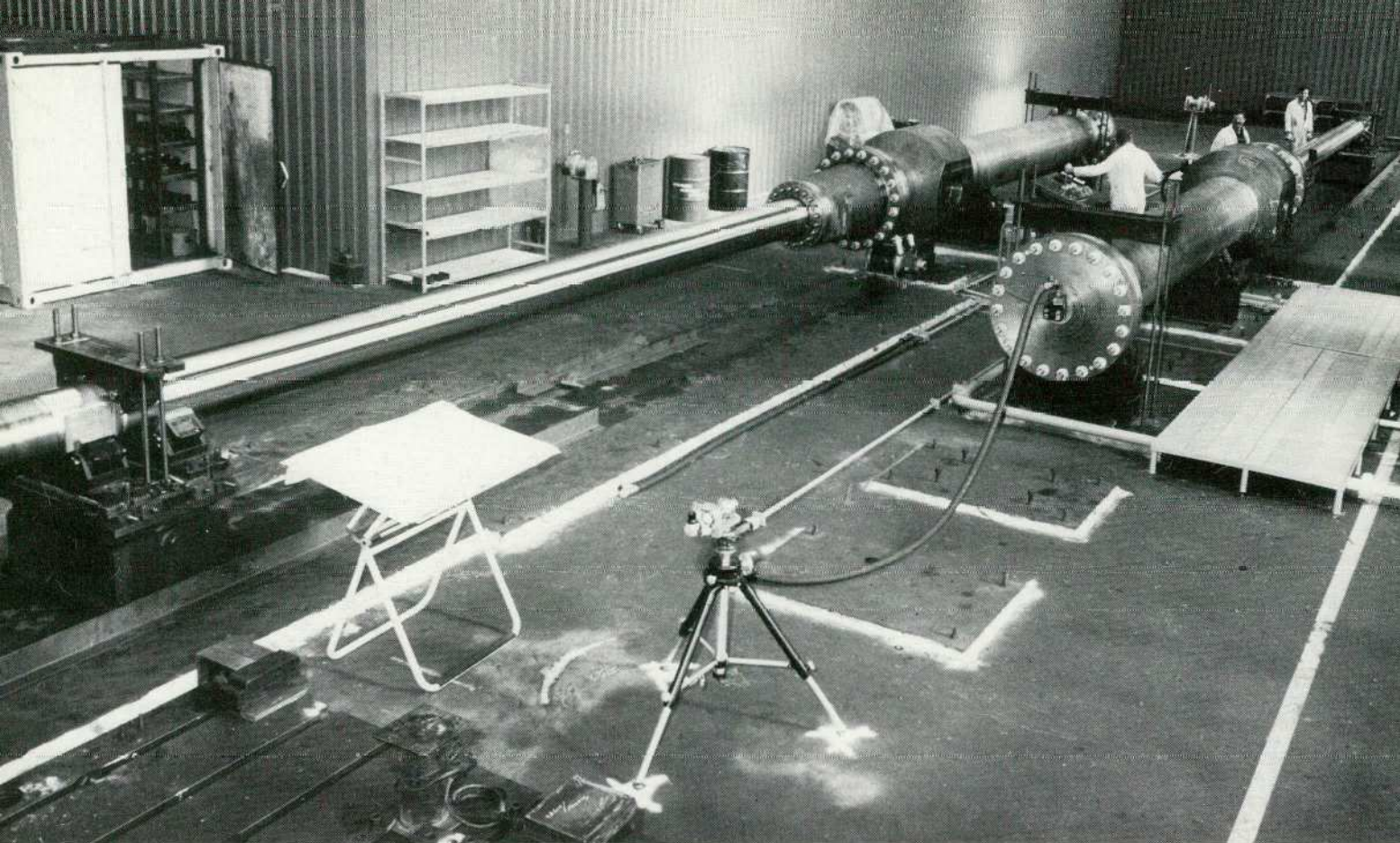
Van boven wordt de cilinder afgedekt met een cilinderdeksel dat de olie toe- en afvoer voor de bovenzijde van de cilinder draagt. Van onder wordt de cilinder afgesloten met het lantaarnstuk, dat de benodigde afdichtingen en de bronzen bus voor de geleiding van de zuigerstang bevat. De olie toe- en afvoerleidingen voor de onderzijde van de cilinder zijn hierop aangesloten.

Als aanvullende bescherming tegen corrosie van de zuigerstang is onder het lantaarnstuk rond de zuigerstang een conserveringskamer aangebracht die gevuld is met een conserveringsmiddel.

Als de zuigerstang wordt uitgeschoven wordt hierop een dunne laag conserveringsmiddel uitgestreken. Beweegt de zuigerstang naar boven dan wordt in de conserveringsruimte deze laag weer van de stang verwijderd. Een pomp- en filtersysteem reinigt het conserveringsmiddel doorlopend van zout en vuil, dat zich eventueel hierin bevindt.

*Voor- en zijaanzicht op de cardanische bevestiging van de cilinders aan de pijlers en de scharnierende verbinding met de schuif.*





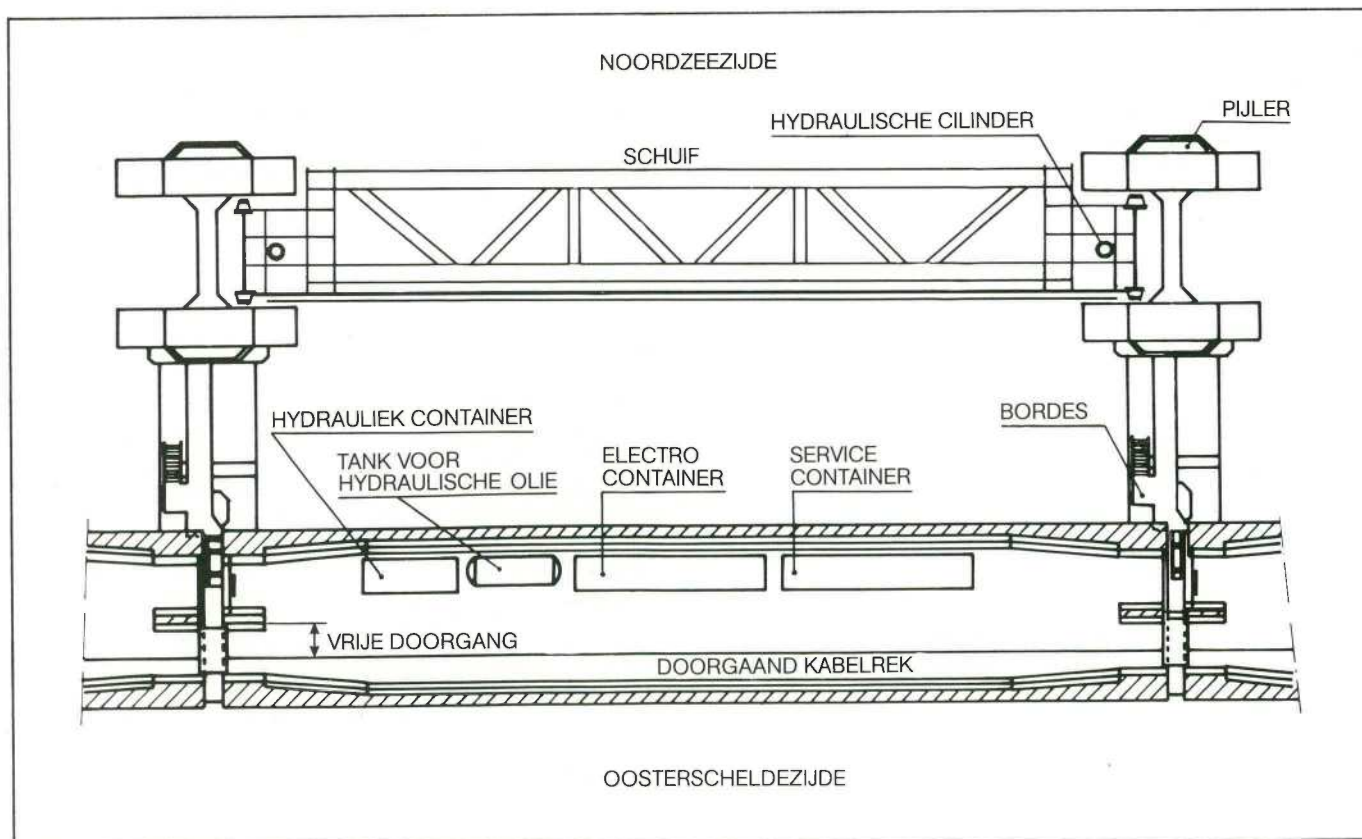
## Assemblage en montage

De cilinders worden in Rotterdam en Hengelo geassembleerd. Daarbij zijn stringente eisen gesteld aan het manipuleren met de relatief slanke onderdelen. Verder wordt voor de toekomstige goede werking veel aandacht besteed aan de reinheid van het inwendige van de cilinders.

## Proefopstelling van twee cilinders

Voor de bereikbaarheid van de bewegingswerken op de ranke betonnen pijlerschachten zijn uitgebreide bordessen en verbindende trappen voorzien.

## Bovenaanzicht opstelling van de diverse apparatuur in de verkeersbrug



## De hydraulische installatie

Voor het bewegen van de schuiven wordt met behulp van een hydraulisch pompaggregaat olie onder druk naar de cilinders gevoerd en min of meer drukloos van de cilinders afgevoerd naar een olietank.

In geopende toestand „hangt” de schuif op de twee oliekolommen in de bijbehorende cilinders. Bij sluiten vindt de olietoevoer aan de bovenzijde van de cilinder plaats. Door middel van een stroomregelventiel aan de onderzijde wordt de sluitsnelheid van 3 mm per seconde ingesteld. Bij openen wordt olie toegevoerd via het lantaarnstuk aan de onderzijde.

De openingsnelheid is gelijk aan de sluitsnelheid. Elke cilinder heeft zijn eigen elektrisch aangedreven pompaggregaat. Samen met nog andere elektrische onderdelen en schakelkasten zijn de pompaggregaten ondergebracht in containers in de koker van de verkeersbrug. Voor de toepassing van containers is gekozen met het oog op bescherming van deze kwetsbare onderdelen, zowel tijdens het transport en de plaatsing van de verkeerskokers als tijdens het gebruik na gereedkomen van de kering. In elke container zijn dus twee complete hydraulische installaties voor de twee cilinders op een pijler ondergebracht.

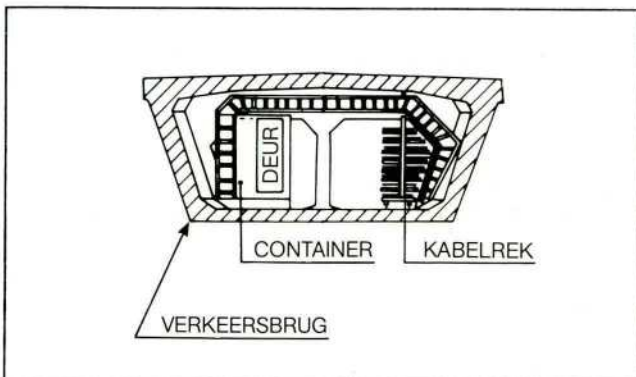
In geval van storing in de hydraulische installatie van één van deze cilinders is het daardoor op tamelijk eenvoudige wijze mogelijk over te schakelen op de andere hydraulische installatie. Alle omschakelorganen bevinden zich in deze container. Deze omschakelmogelijkheid levert een belangrijke bijdrage aan de bedrijfszekerheid van de kering.

Op de zes pijlers aan de randen van de drie stroomgeulen bevindt zich uiteraard slechts één cilinder.

Naast de hydrauliek container bevindt zich de tank met de bedrijfsolie voor het hydraulisch systeem.

Bovendien bevat elke verkeerskoker een container met schakelkasten en apparatuur voor de besturing, bewaking en energievoorziening. In de koker van de verkeersbrug zijn tevens de doorgaande kabelrekken geplaatst waarop de complete elektrische bekabeling voor de bediening van de stormvloedkering, de doorgaande hoogspanningskabels van de Provinciale Zeeuwse Energiemaatschappij en een aantal leidingen van nutsbedrijven liggen.

Verder zijn in een aantal verkeerskokers containers geplaatst voor werkplaatsen, conditiebewaking, milieumetingen en transformatoren. Een snelle toegankelijkheid van een willekeurige container, ook onder de slechtste weersomstandigheden, is mogelijk via de continu vrije doorgang in de verkeerskokers over de gehele lengte van de verkeersbrug. Deze toegankelijkheid kan noodzakelijk zijn bij het optreden van storingen.



## Energievoorziening

De bewegingssnelheid van de schuiven bedraagt 3 mm/sec. Dit betekent dat voor de grootste schuif een sluitingstijd van ongeveer één uur nodig is. Sneller sluiten van de kering is niet gewenst, omdat dan te ongunstige waterbewegingen in het Oosterscheldebekken zullen ontstaan. Voor het sluiten en openen van de kering is een elektrisch vermogen nodig van ca 4.000 kVA. Dit vermogen, dat alleen onder extreme stormomstandigheden nodig is, zal worden geleverd door een eigen dieselcentrale van de stormvloedkering, aangezien het benodigde vermogen als een zogenaamde piekbelasting niet kan worden geleverd door de Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij. De dieselcentrale is reeds lang in bedrijf, namelijk ten behoeve van de energievoorziening op het werkeiland Neeltje Jans (bemalen bouwputten en energie voor de diverse fabrieken). Deze dieselcentrale wordt ondergebracht in het centrale bedieningsgebouw van de stormvloedkering op het werkeiland Neeltje Jans. De energievoorziening is zodanig ontworpen dat bij eventuele storing in een aggregaat snel oversgeschakeld kan worden op een ander aggregaat, zodat het sluiten van de kering door de storing niet verhinderd wordt. Voor dagelijks gebruik wordt wel energie betrokken van het openbare net van de PZEM.

## Veiligheidsvoorzieningen

In het kader van de veiligheid die de stormvloedkering moet bieden, is grote aandacht besteed aan het mogelijke falen in het sluiten van de schuif. Om de faalkans zo klein mogelijk te houden, kleiner dan één maal in de 500 maal bewegen, is naast het reeds genoemde snelle omschakelen op de naast gelegen aandrijfinstallatie en de reserve in de energievoorziening nog een aantal andere voorzieningen getroffen, zoals:

- Het voortdurend bewaken van de schuifbeweging en in geval van een storing deze onmiddellijk melden in het centrale bedieningsgebouw.
- Het regelmatig beproeven van de besturingsinstallaties.
- Meervoudig uitvoeren van installatiedelen, waardoor in geval van falen van bepaalde onderdelen de schuifbeweging toch door kan gaan. Dit geldt vooral voor de meer gecompliceerde delen, waarin veel elektronica wordt toegepast.
- Voor de fabricage van de installatie gebruik te maken van zeer betrouwbare onderdelen.

Ook is rekening gehouden met brand of explosie in de energiecentrale. Om deze reden is de centrale gesplitst in twee gelijke delen met elk hun eigen bekabeling en schakelapparatuur. Tussen beide delen is een volledige brandscheiding doorgevoerd.

Door de vormgeving van de stormvloedkering en wel meer speciaal de uitstekende stalen hefcilinders van de bewegingswerken, moet rekening worden gehouden met blikseminslag. Studies hebben aangetoond, dat rekening moet worden gehouden met ontladstromen die een sterkte van 25.000 Ampère kunnen bereiken. Om de schadelijke effecten van de blikseminslag te vermijden, wordt grote aandacht gegeven aan het doorkoppelen van onderling geïsoleerde staalconstructies, zoals de hefcilinders en de stalen schuiven. Dit doorkoppelen wordt gedaan door overspanningsafleiders.

*Doorsnede verkeerskoker*

## Beheer en bediening

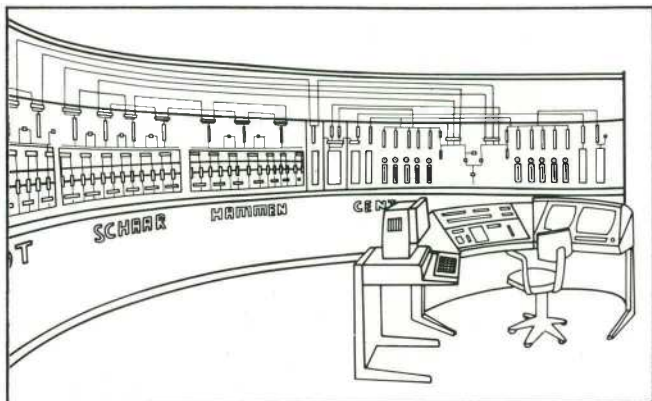
Bij het besluit de Oosterschelde te voorzien van een afsluitbare stormvloedkering hebben niet alleen het veiligheidsaspect, maar tevens milieuaspecten een rol gespeeld.

Uit een oogpunt van veiligheid zal men de stormvloedkering zo snel mogelijk geheel willen sluiten. Zo'n sluiting kan echter nadelige gevolgen hebben voor het milieu. Daarom wil men ook de mogelijkheid hebben de sluitmethode van de kering te beïnvloeden om daarmee

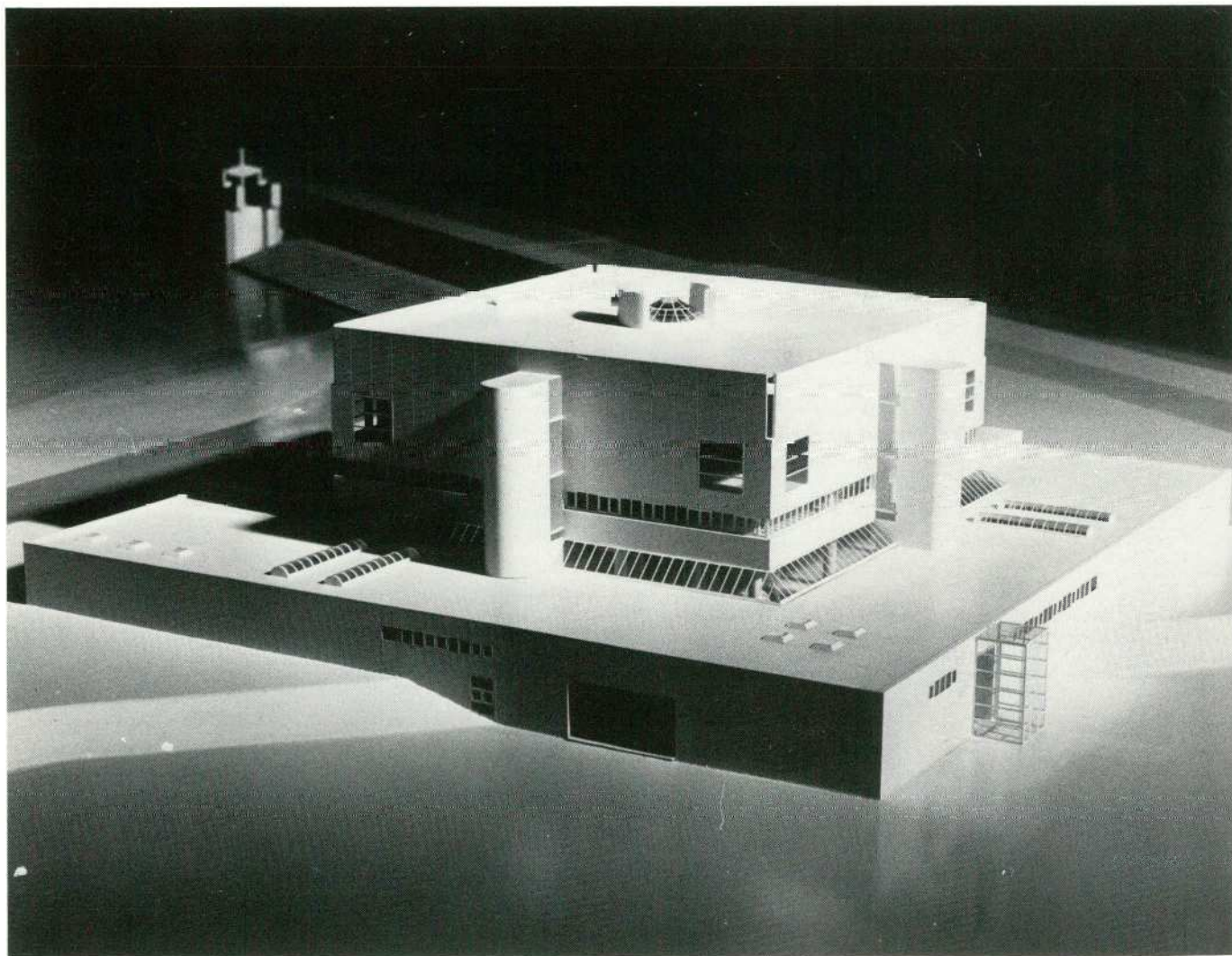
bepaalde effecten te bereiken. Daarvoor moet het mogelijk zijn om iedere schuif afzonderlijk bedieningscommando's te geven, zodat ieder denkbaar bewegingspatroon aan de schuiven kan worden opgelegd. Zo kan het doorstroomprofiel van de sluitgaten vrijelijk worden beïnvloed. Dergelijke sluitmethoden worden alternatieve sluitingen genoemd.

De bediening vindt plaats in het centrale bedieningsgebouw vanaf een lessenaar. Rondom deze lessenaar staat op enige afstand een signaleringstableau, waarop de toestand van iedere schuif afzonderlijk kan worden afgelezen, alsmede het blindschema van de energieopwekking en -distributie.

Tenslotte is in het bedieningsgebouw een aantal microcomputers voorzien, die het mogelijk maken de veelheid aan informatie die nodig is voor het besturen van de stormvloedkering, snel te vertalen tot instructies aan de bewegingsapparatuur.



Signaleringstableau en lessenaar in het centrale bedieningsgebouw  
Maquette van het „Jr. J. W. Topshuis”



Uitgave: Voorlichting Verkeer en Waterstaat  
Foto's: Rijkswaterstaat, Aerocamera Bart Hofmeester, Jack van Bodegom,  
Rotterdamsche Droogdok Maatschappij  
Technische illustraties: Rijkswaterstaat, Rudolf Das  
Vormgeving: Bureau Producties, Frans Velthuisen  
Druk: Staatsdrukkerij Den Haag  
1984

*Situering van de dammen volgens het Deltaplan*

- A. Brouwersdam
- B. Haringvlietdam
- C. Volkerakdam
- D. Stormvloedkering Hollandse IJssel
- E. Zandkreekdam
- F. Dam Veerse Gat
- G. Grevelingendam
- H. Philipsdam
- I. Oesterdam

