

BRUGGEN

JAARGANG 11

NUMMER 1

MAART 2003



THEMANUMMER VASTE OEVERVERBINDING WESTERSCHELDE

Opgericht 10 april 1992

Bestuur:

ir. C.H. van Eldik, ing. C. Heiden,
Ir. H.P. Klooster, ir. A. Kingma,
ir. F.J. Remery, Prof.dr.ir. R.A.F. Smook,
Ir. J.G.C. Vegter, prof.ir. L.A.G. Wagemans

Raad van Advies:

Ballast-Nedam
Bouwdienst Rijkswaterstaat
Gemeente Amsterdam, Dienst I.V.V.
Van Hattum en Blankevoort
Machinefabriek Hollandia Krimpen
Holland Railconsult
Hollandsche Beton Groep Civiel
Ingenieursbureau Arcadis
Railinfrabeheer
T.B.I. Bouwgroep
Witteveen + Bos

“BRUGGEN”.

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggen Stichting.

Losse nummers: € 6,50

Kopij

Ingezonden bijdragen worden alleen in behandeling genomen als zij op diskette worden aangeleverd. Alle bijdragen dienen voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgaaf van redenen worden geweigerd.

Redactie

Ir. G.J. Arends, drs. M.M. Bakker,
ing. E.J. Huisinga, ir. H.P.Klooster,
dr.ing. A. Romeijn

Redactieadres

NBS p/a Bouwdienst Rijkswaterstaat,
kamer A.237. Herman Gorterhove 4
2726 AC Zoetermeer.

Tel.: 079-3292368 of 079-3292428;

Fax.: 079- 3292643;

e-mail: nbs@bwd.rws.minvenw.nl

Eindredacteur

Ir. H.P. Klooster, Muidertrekvaart 11,
1398 PP Muiden, tel.: 0294-417069;
e-mail: info@bruggenstichting.nl

Website

<http://www.bruggenstichting.nl>

Grafische verzorging

C&C Design Zegveld.

Druk

Drukkerij Maarssenbroek

Oplage

1500

ISSN 1571-4586

INHOUD

Van de redactie	ir. H.P. Klooster	3
1. Verbindingen in Zeeland op het moment van de eerste initiatieven	ir. C.Q. Klap	4
2. Bijna een halve eeuw bestuurlijk overleg	ir. H.P. Klooster	6
3. Studie naar tracés	ir. C.Q. Klap en ir. E. Ypey	12
4. Combinatie Westerschelde	ir. J. IJken	15
5. Het brugontwerp in het brug-tunnel tracé bij Kruiningen-Perkpolder	ir. J. v.d. Hoonard	18
6. Hangbrugontwerpen	ir. C.Q. Klap en ir. E. Ypey	21
7. Hangbrugberekeningen	ir. C.Q. Klap	24
8. Aërodynamisch onderzoek	A.J. Persoon	25
9. Opbouw van een hangbrug	ir. C.Q. Klap	28
10. Hangbrug ontwikkelingen	ir. C.Q. Klap	32
11. Risicoanalyses aanvaren	ir. C.Q. Klap	36
12. Hernieuwd doorslaggevend initiatief	ir. C.Q. Klap	41
13. Referentie-ontwerp	ir. J.v.d. Hoonard	43
14. Selectie en keuze	ir. C.Q. Klap	44
15. Boortunnel-aanbiedingen	ir.v.d. Hoonard	45
16. Laatste poging voor een hangbrug	ir. C.Q. Klap	47

Berichten

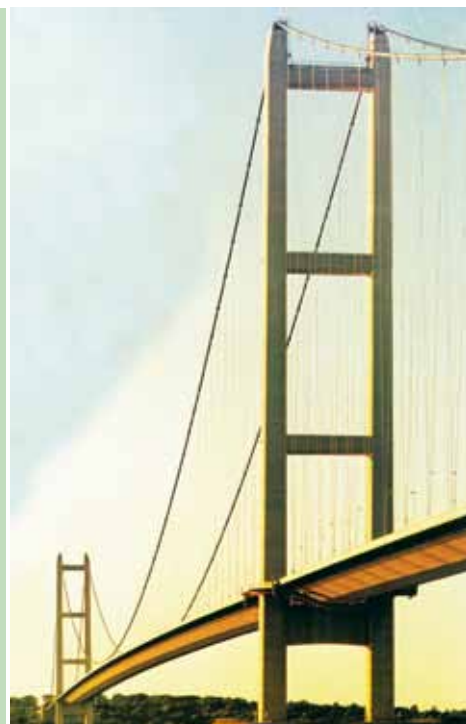
Verhoging begunstigersbijdrage	48
Papendorpsebrug in Utrecht	48
Een flinke verf klus	48

Bij de foto op de voorpagina: Schets van het ontwerp van een hangbrug over de Westerschelde van ir. J.Snieder.

In dit nummer veel gebruikte afkortingen:
WOV = Westerschelde Oever Verbinding
VRO = Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening
VROM= Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu
ETI = Economisch Technologisch Instituut
V&W = Verkeer en Waterstaat
RWS = Rijkswaterstaat
TBM = Tolbrug Exploitatie Maatschappij
MER = Milieu Effect Rapportage
CWS = Combinatie Westerschelde
RvdW = Raad van de Waterstaat
RPC = Rijks Planologische Commissie

Auteurs:

Ir. J. IJken - voormalig directuer CWS en Exploitatie-maatschappij Westerschelde
Ir. J. van den Hoonard - Projectmanager Westerscheldetunnel
Ir. C.Q. Klap - Hoofd Infra Development Infra Consult + Engineering (voormalig Ballast-Nedam Engineering)
A.J. Persoon - Hoofdingenieur Nationaal Lucht en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) Amsterdam



Humberbridge

VAN DE REDACTIE

ir.H.P. Klooster

Het eerste nummer van het nieuwe jaar is een bijzonder nummer. Op 14 maart 2003 wordt namelijk de vaste oeververbinding over de Westerschelde officieel geopend. Deze oeververbinding is niet uitgevoerd als brug, maar als een boortunnel. In principe is dit project dus voor ons blad, dat nu eenmaal een bruggenblad is, niet relevant. Er zijn, voordat tot het bouwen van een boortunnel werd besloten, echter een groot aantal studies verricht naar vele alternatieve brugverbindingen en combinaties van bruggen en een tunnel. Het zou jammer zijn als deze voor Nederland unieke studieresultaten, ondanks het feit dat zij niet tot een daadwerkelijke realisatie van een brugverbinding hebben geleid, voor het nageslacht verloren zouden gaan.

Daarom opperden de leden van de NBS ir. C.Q. Klap en ir. J. van den Hoonaard, die destijds intensief bij deze studies waren betrokken, dat het interessant zou kunnen zijn ons maartnummer te wijden aan deze voorstudies, met name voor de brugontwerpen voor de oeververbinding over de Westerschelde in Zeeland. Dit nummer, dat in nauw overleg met ir. C.Q. Klap is samengesteld, zou dan een welkome bijdrage kunnen geven aan de informatie, die bij een dergelijke opening wordt verstrekt. Hij meldt hierover het volgende:

De eerste initiatieven voor dit project dateren uit 1930 toen zakenlieden uit Goes een eerste ontwerp voor een verbinding lieten maken bestaande uit een tunnel met afgezonken tunnelelementen, maar pas in 1955 werd de studie ervan meer gestructureerd aangepakt. Het is goed het proces dat bij de realisering van dit project is gevolgd te beschrijven, zodat hieruit lering kan worden getrokken bij de voorbereiding van nieuwe overeenkomstige projecten.

Terugkijkend kan men zich afvragen of het niet beter was geweest als de politiek vooraf aangegeven zou hebben wat wenselijk en mogelijk was. Aan de andere kant dacht de landelijke overheid aan dit project geen behoefte te hebben en dat de lokale bestuurders het project steeds gaande hebben moeten houden. De centrale overheid had echter wel degelijk belang bij een vaste oeververbinding vanwege de stijgende kosten van de veerverbindingen maar sprak dit niet duidelijk uit vanwege de consequenties, die een dergelijke uitspraak met zich mee konden brengen.

Gelukkig zijn we ons er tegenwoordig veel meer van bewust dat dergelijke projecten in goed overleg tot stand moeten komen. Nu bij omvangrijke projecten een steeds groter aantal spelers betrokken zijn is een goede samenwerking tussen alle betrokken partijen - uit zowel overheid als bedrijfsleven en zowel maatschappelijk betrokken organisaties als particulieren - op basis van evenwichtigheid en gelijkwaardigheid de enige mogelijkheid om het project tot stand te brengen. Eerst samen éénduidig definiëren wat wenselijk is en dan pas tot definitieve prijsvorming en zakelijke overeenkomsten overgaan. De risico's zijn dan vooraf tot een minimum terug te brengen en processen behoeven dan niet keer op keer opnieuw te worden doorlopen. In het buitenland werkt dit bij vele projecten succesvol.

De hier opgenomen artikelen geven een beeld van wat zich in het voortraject heeft afgespeeld met betrekking tot de brugontwerpen. De voltooiing van het project na zo'n lange aanloop was een mooie aanleiding deze artikelen te schrijven omdat een groot aantal trekkers van het eerste uur al niet meer in leven bleken te zijn en dat de juniors uit die tijd weliswaar met pensioen waren maar in ieder geval nog in leven. Wel iets om bij stil te staan zeker tegen de achtergrond dat rond de afgelopen jaarwisseling het bericht verscheen dat in China de eerste zweeftrein verbinding geopend is, 60 km brug, in iets minder dan 2,5 jaar na de start van de eerste haalbaarheidsstudie en binnen 2 jaar na het tekenen van het contract. De snelheid waarmee dit tot stand gekomen is heeft niet geleid tot een mindere kwaliteit dan we gewend zijn in Nederland ook niet ten aanzien van landschappelijke inpassing.

De artikelen in deze uitgave hebben gelet op de aard van dit blad met name betrekking op de voorontwerpen voor een overbrugging. Het project is van diverse kanten belicht en elke betrokkene beleeft zo'n project op zijn eigen wijze en beziet dit door zijn eigen soms wat gekleurde bril. De financiële overwegingen worden meestal breed uitgemeten in de pers. Technici beschrijven de technische aspecten doorgaans alleen in vakbladen. Hieruit mag echter niet geconcludeerd worden dat deze aspecten minder belangrijk zouden zijn voor de uiteindelijke besluitvorming. Reden genoeg om deze technische geluiden nog eens te laten klinken om er in de toekomst zeker van te zijn dat deze zaken voortaan evenwichtig worden meegenomen.

Interessant zou het zijn als lezers die vinden dat de werkelijkheid vanuit hun optiek anders wordt beleefd op deze artikelen zouden reageren zodat een nog vollediger beeld ontstaat van het totstandkomingsproces van de Westerschelde Oeververbinding en wederzijds een beter begrip ontstaat over de noodzakelijke afzonderlijke bijdragen van de verschillende deskundigheden.

De beschikbare tijd om alle artikelen en afbeeldingen op tijd en in de gewenste kwaliteit beschikbaar te krijgen was eigenlijk veel te beperkt. Alle auteurs*) stortten zich echter met veel elan op deze omvangrijke klus omdat allen ervan overtuigd waren dat dit onderwerp juist op dit unieke tijdstip een bijzonder accent zowel aan de openingsplechtigheid als aan ons blad zou kunnen geven.

Het zal echter duidelijk zijn dat niet alle resultaten van de jarenlange studies in een maand boven water te krijgen zijn. Wellicht kunnen we in latere nummers op enkele bijzondere details nader ingaan. Misschien blijkt het zelfs mogelijk te zijn om deze studies eens in boekvorm uit te geven. Het is namelijk zeker niet uitgesloten dat er ooit in Nederland een hangbrug gebouwd zal worden.

1. VERBINDINGEN IN ZEELAND OP HET MOMENT VAN DE EERSTE INITIATIEVEN.

Ir. C.Q. Klap

Eilanden

Bij het begin van de uitvoering van de Deltawerken na 1953 had Zeeland nog een paar echte eilanden die alleen maar over het water konden worden bereikt. Eerder waren al wel de eilanden Zuid-Beveland en Walcheren ontsloten via respectievelijk de Kreekrakdam nabij Rilland en de Sloedam nabij Arnemuiden. Deze dammen zijn primair aangelegd voor de spoorverbinding Bergen op Zoom - Goes in 1868 en Goes - Middelburg in 1872. Ook België was in die tijd nog echt buitenland met bewaakte douanedoorgangen en je moest over een paspoort beschikken wilde je via België Zeeuws Vlaanderen bereiken of verlaten. Ook hier zijn de pontveren tot de opening van de Westerscheldetunnel een belangrijke verbinding gebleven.

Veerverbindingen

Veerverbindingen maakten tot voor de start van de Delta-werken een wezenlijk onderdeel uit van het verkeersnet binnen Zeeland. Zo'n 50 jaar geleden kende men drie veren over de Westerschelde te weten: Vlissingen – Breskens, Hoedekenskerke – Terneuzen en Kruiningen – Perkpolder. Noord – Beveland was verbonden met de naastliggende voormalige eilanden door een autoveer tussen Wolphaartsdijk en Kortgene en een voetveer tus-sen Veere en Kamperland.

Schouwen en Duiveland was over de Oosterschelde verbonden via het autoveer Katseveer – Zierikzee en over het Zijpe met St Philipsland. Tholen was verbonden met het vasteland van Brabant via een brug.

Sommige veren waren relatief kleine boten met een zijlading via loopplanken die stuk voor stuk door mankracht met haken op hun plaats werden getrokken. Aan de zijkanten van die loopplanken zaten losse vulstukken zodat men tegen de randen van de loopplanken kon oprijden. Laden gebeurde auto voor auto en zij werden dicht op elkaar geparkeerd afhankelijk van de drukte. Passagiers en bestuurder moesten soms eerst uitstappen voordat een volgende auto er stijf naast kon worden geparkeerd. Capaciteit van zo'n boot was ca 20 auto's. De veerponten die ingezet waren op het veer Katseveer – stad Zierikzee voldeden aan deze beschrijving. De duur van de overtocht was ongeveer 1 uur. Later is deze overtocht nog ingekort door niet uit de stad Zierikzee te vertrekken maar vanuit een haven aan de Oosterschelde naar Kats, waar een haven werd aangelegd nadat de Zand-kreekrakdam tussen Zuid – Beveland en Noord – Beveland in het kader van de Deltawet was gerealiseerd. Deze haven zou later bij de bouw van de Oosterscheldebrug een belangrijke rol spelen.

Ook een deel van het zakelijke en sociale leven in Zeeland vond plaats op de veerpont tijdens de overtocht. Gezien de geringe bevolkingsdichtheid werd het ziekenhuis in Zierikzee voor een deel bemand met medici van het ziekenhuis uit Goes. Ook notarissen en handelsreizigers gingen een of twee vaste dagen naar een van de eilanden en kwamen soms al tot afspraken of zaken op de boot.

Hoe zeer het gebruik van veerverbindingen in de rest van

Nederland beleefd werd mag blijken uit het gegeven dat als je eind zestiger jaren in den lande uitlegde dat je nog terug naar Zeeland moest iedereen er automatisch vanuit ging dat je wel gebruik moest maken van een of andere veerverbinding. Men vond dit al of niet terecht meestal een voldoende argument om eerder weg te gaan dan anderen. Je moest immers nog met ponten varen.

De Deltawerken

Het zijn de Deltawerken geweest die de Zeeuwse eilanden uit hun isolement hebben "verlost". De dijken die voor de realisatie van dit plan nodig waren, waren immers uitstekende verbindingswegen. Het Deltaplan dat als hoofddoel een doorgaande veilige kustlijn had kon echter alleen gerealiseerd worden door gebruik te maken van secundaire dammen zoals de Zandkreekrakdam, de Grevelingendam en de Volkerakdam met het Hellegatsplein. Deze in feite tijdelijke dammen waren ook uitstekende verbindingen tussen de eilanden en het vasteland.

Toen het Deltaplan met al zijn verbindingen inzichtelijk werd ontstond er ook een beeld van de verbindingen die niet tot stand kwamen of verbindingen die veel later dan de overige zouden worden gerealiseerd. Zeeland is een relatief dun bevolkt gebied, op dit moment nog steeds niet meer dan ca 370.000 inwoners. Grote investeringen waren al snel niet te verantwoorden. De Deltawerken waren dus naast de veiligheid die het bood tegen het water een uitkomst bij de ontsluiting van de Zeeuwse eilanden daar deze op een andere wijze niet gerealiseerd hadden kunnen worden vanwege het hoge investeringsniveau.

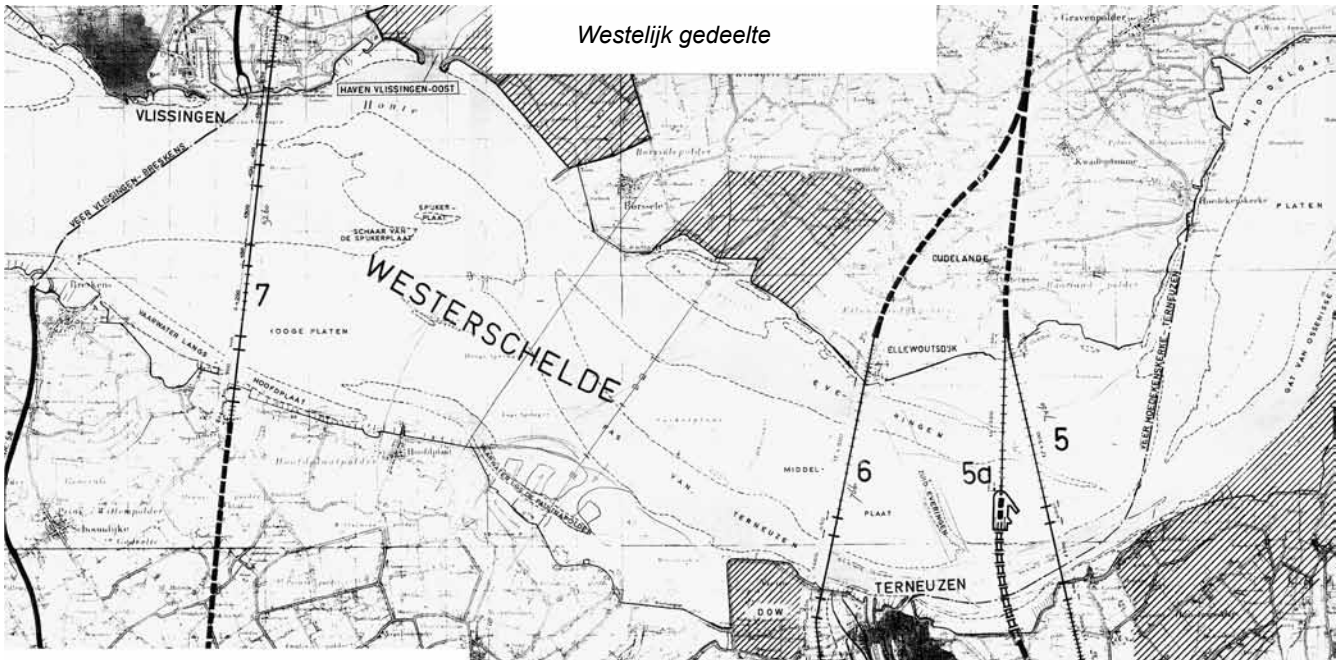
Het is goed om nog even stil te staan bij het gegeven dat we nu precies 50 jaar na de watersnoodramp van 1953 kunnen vaststellen wat de invloed van deze ramp op de ontsluiting van Zeeland is geweest. De plannen voor de Deltawerken lagen er allang maar er was helaas eerst een watersnoodramp voor nodig voordat de urgentie voor de uitvoering van deze plannen duidelijk werd. Het creëren van nieuwe verbindingen was dan weliswaar geen primaire doelstelling maar, geredeneerd vanuit toegankelijkheid, een gunstige bijkomstigheid.

Wegverbindingen

Ondanks de ruime toedeling met nieuwe verbindingen als gevolg van de Deltawerken maakten deze plannen duidelijk welke verbindingen niet of pas veel later tot stand zouden komen. Vandaar dat men vanaf dat moment erover is gaan nadenken hoe hieraan een mouw kon worden gepast.

We praten dan over de verbindingen als de Haringvlietbrug (brug bij Numansdorp), de Oosterscheldebrug en de oeververbinding over de Westerschelde .

Met de plannen voor de Volkerakdam werd al snel duidelijk dat door het maken van een verbinding vanaf het midden van deze dam met de Hoeksewaard op relatief eenvoudige wijze een verbinding met Rotterdam was te realiseren. Deze plannen zijn door het rijk opgepakt, weliswaar via een private financiering en tolheffing. Een dergelijke financiële constructie was



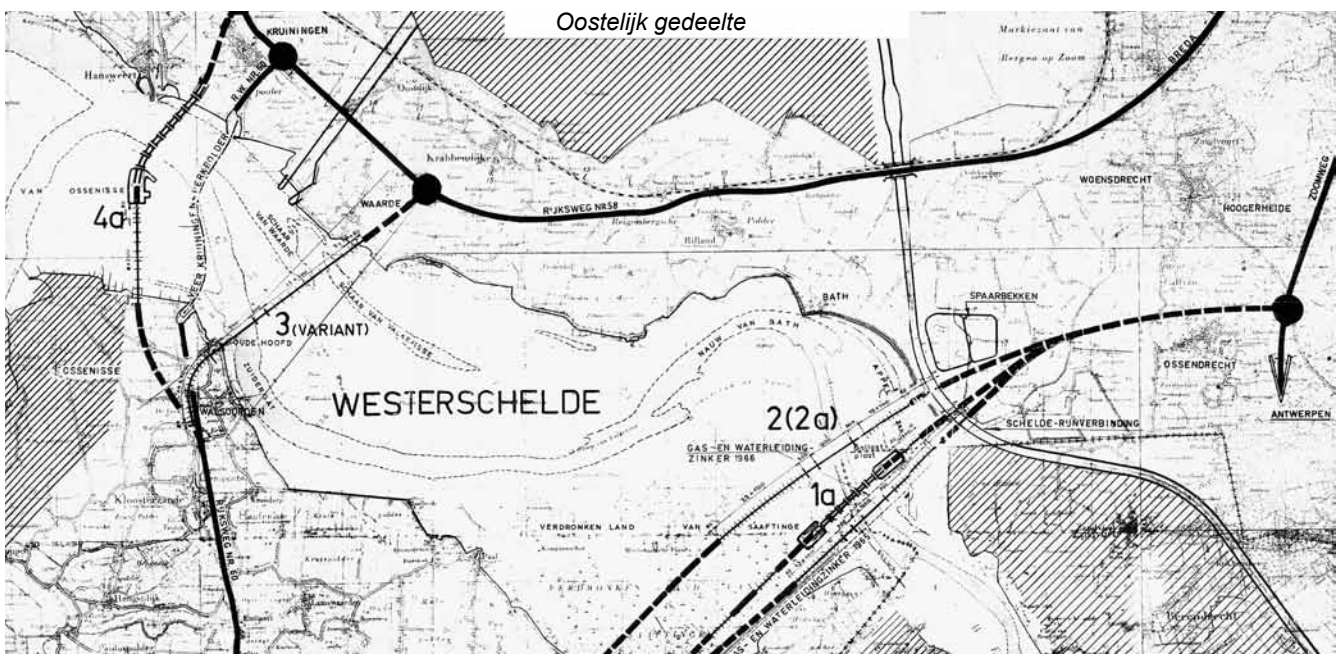
tot die tijd internationaal redelijk gebruikelijk voor grote oeververbindingen. Een veerpont moest immers ook worden betaald. De aanlegkosten van deze brug waren relatief snel afgelost, waardoor de tolheffing kon worden beëindigd.

De aanleg van een Oosterscheldebrug (niet de Zeelandbrug) op de plaats van de ontworpen dam in de Oosterschelde had een heel andere achtergrond. Deze verbinding werd geïnitieerd door de provincie Zeeland onder de bezielende leiding van Ir. Snip en waarschijnlijk gesteund door de gedeputeerde J. Kaland. De Oosterscheldedam zou immers pas als laatste Deltawerk worden opgeleverd, vele jaren na de oplevering van de secundaire dammen over het Volkerak, met Haringvlietbrug, en de Grevelingendam. De redenering was toen dat als Schouwen en Duiveland op de verbinding over de Oosterschelde moest wachten zij geheel van het Zeeuwse gebeuren zouden vervreemden en te veel georiënteerd zou raken op Rotterdam. Schouwen en Duiveland waren nog volledig op Zeeland georiënteerd en dat wilde men in Zeeland zo houden, Tholen was

immers ook al meer georiënteerd op Brabant. De relatie Zeeuws – Vlaanderen - België speelde veel minder, door het oponthoud bij de landsgrens.

De Westerschelde oeververbinding

Het moge duidelijk zijn dat met de realisatie van de Deltawerken en de Zeelandbrug een verbinding over de Westerschelde niet kon uitblijven. Zeker na de succesvolle realisatie over de toen nog aardig onrustige Oosterschelde. De Westerschelde had wel als extra uitdaging dat het een drukke vaarroute was met relatief grote schepen. Bovendien bestonden grote bezwaren van België tegen een hoge tot zelfs zeer hoge brug. Het probleem van een tunnel was dat deze ca 50 % duurder zou zijn dan een of meer bruggen en daarmee het project nog minder haalbaar zou maken. Misschien had men in die tijd meer aan een gezamenlijke oplossing moeten werken zodat België ook belang zou hebben gekregen bij deze verbinding. Aan de andere kant was de neiging van een groot deel van de bevolking ook dat de zeker toen nog rustige provincie zoveel mogelijk rustig te houden.



2 BIJNA EEN HALVE EEUW BESTUURLIJK OVERLEG

ir. H.P. Klooster

In 1955 stelt het Economisch Technologisch Instituut voor Zeeland (ETI) voor om over de Westerschelde een hangbrug te bouwen op basis van een door de Universiteit van Amsterdam gemaakte verkeersprognose. Op grond van deze prognose vraagt een lid van de Eerste Kamer in 1956 aan de minister van Verkeer en Waterstaat of hij een Westerschelde-oeververbinding (WOV) in studie wil nemen. De minister weigert dit.

In het Schema Studieobjecten van de door het provinciaal bestuur ingestelde Werkgroep Deltazaken wordt een WOV beschreven als een "essentieel element van een centrale noord-zuid verbinding tussen de dichtbevolkte zeehaven- en industriegebieden in noordwest Europa". De aanleg van een WOV zou derhalve een nationaal, zelfs internationaal belang dienen. Dat Zeeuws-Vlaanderen dan ook zijn isolement wordt verlost is een prettig bijverschijnsel. Gedeputeerde Staten brengen dit standpunt ter kennis van de regering en de Tweede Kamer. De minister antwoordt echter dat de Rijkswaterstaat (RWS) de mogelijkheid van een WOV heeft onderzocht, maar dat de conclusie is dat dit project economisch niet haalbaar is. Ook de technische uitvoerbaarheid roept vragen op. Dit onderzoek is overigens nooit gepubliceerd.

De Tweede Kamer vraagt in 1957 meer inzicht in kosten en baten van een WOV. De minister vindt dit echter nog niet opportuun. Pas na herhaald aandringen laat minister Algra in 1959 weten niet in staat te zijn gegevens over de WOV te leveren. In 1962 laat zijn opvolger, minister Korthals, een schets zien van een verbinding tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk met de vermelding dat deze verbinding 400 miljoen moet kosten. Op grond daarvan ziet hij geen aanleiding om de studie verder uit te werken, gezien de vele andere urgente projecten.

In 1963 brengt het ETI onder leiding van Dr. Verburg in opdracht van Gedeputeerde Staten een verkeerseconomisch onderzoeksrapport uit. Op basis daarvan verklaart minister van Aartsen in 1964 zich bereid medewerking te verlenen aan een planologische studie voor een WOV, "wanneer deze ooit aangelegd zou worden". De burgemeester van Hulst pleit in dat jaar voor een tunnel onder de Schelde ter hoogte van Doel in België.

In 1965 zegt minister van Aartsen dat de WOV er zal komen. De meest geschikte plaats voor een brug-tunnelcombinatie is een centraal tracé tussen Baarland en Terneuzen en het Rijk zal het project financieren. Ook minister Suurhoff verklaart in 1965 in de Eerste Kamer dat de WOV er zal komen. In 1966 wordt een WOV in de Tweede Nota Ruimtelijke Ordening opgenomen. In die nota worden drie tracés vermeld: een centraal tracé bij Terneuzen, een tracé bij Kruiningen - Perkpolder en een oostelijk tracé bij het Land van Saeftinge.

Ook de bouwwereld toont belangstelling: De aannemerscombinatie Zeelandbrug (in 1965 gereed gekomen) wil een plan voor de WOV ontwerpen.

Begin 1967 zegt minister De Quay dat de planologische beslissing over het tracé ter hoogte van Terneuzen bin-

nenkort zal worden genomen. Ook wordt in 1967 het plan Lievense gepresenteerd, dat minder dan de toen geraamde 500 miljoen zou kosten.

Medio 1967 wordt de Stichting Westerschelde Oeververbinding opgericht, die pleit voor een centraal tracé, als kortste verbinding tussen de Kanaaltunnel en Rotterdam. Minister Bakker zegt echter in de Eerste Kamer dat het uitgesloten is dat binnen enkele jaren met de aanleg kan worden begonnen.

Het ETI berekent in 1968 dat de WOV rendabel kan worden geëxploiteerd. De minister neemt een plan van een Belgisch - Nederlandse bouwcombinatie om voor 5 à 600 miljoen een WOV te bouwen in overweging. Maar hij wenst nadere studies over de consequenties voor de scheepvaart, de bodemgesteldheid, bodemligging en waterloopkunde. Ook moeten de tracés op hun economische mérites worden bekeken, terwijl ook overleg met België gewenst is. Hij deelt enige maanden later mee dat het niet uitgesloten is dat een uit planologisch oogpunt goed tracé op technische en financiële bezwaren zal stuiten. Eind december 1968 onthult de minister dat zijn "aanvankelijke voorkeur" op grond van financiële, nautische en technische overwegingen uitgaat naar een tracé ter hoogte van Kruiningen - Perkpolder. Het provinciaal bestuur van Zeeland reageert teleurgesteld en levert in 1969 argumenten aan voor een centraal tracé. Zij laten zich echter door de technische argumenten van RWS overtuigen. Op het centraal tracé vertonen de zandbanken en vaargeulen neiging tot "wandelen". Bovendien is het tracé bij Kruiningen 200 miljoen goedkoper dan bij Baarland - Terneuzen. Gedeputeerde Staten gaan uit van een exploitatie door een op te richten N.V. door middel van tolheffing en verrekking van de door het Rijk bespaarde kosten op de veerdiensten. Het toltarief zal vergelijkbaar zijn met het veertarief. De stichting WOV legt zich neer bij het door de minister gekozen tracé, hoewel zij het centrale tracé op grond van planologische en economische motieven beter vindt. De stichting verwacht dat de WOV tegelijk met de Kanaaltunnel in 1977 gereed zal zijn. Minister Bakker zegt dat er een keuze gemaakt moet worden tussen een brug - tunnel combinatie en een hangbrug over de gehele breedte van de Schelde. In oktober 1970 adviseert een stuurgroep de aanleg van een brug - tunnel combinatie voor 300 miljoen, waarvan de realisatie 5 jaar zal vergen. Als het toltarief gelijk is aan het geldende veertarief zullen de kosten in het jaar 2000 zijn terugverdiend. De stuurgroep wijst de 40 miljoen duurdere hangbrug af.

Eind 1970 laat minister Bakker weten dat in de lopende kabinetsperiode de technische voorbereiding kan starten. Dit kan begin 1972 leiden tot een beslissing over de uitvoering, maar die is tevens afhankelijk van de kapitaalmarkt en van de conjuncturele situatie op de arbeidsmarkt.

Voorjaar 1971 stemmen de Provinciale Staten van Zeeland in met oprichting van en deelneming in de N.V. Westerschelde Oeververbinding. Gedeputeerde Staten

hopen dat minister Drees spoedig groen licht geeft voor de uitvoering. Die vraagt zich echter af of dit project wel voldoende prioriteit zal krijgen. Weer is Zeeland teleurgesteld, omdat de WOV immers voor het Rijk niet duurder zal zijn dan de rijksbijdrage aan de veerverbindingen. Begin 1972 delen Gedeputeerde Staten mede dat de groeiverwachting van het aantal inwoners van Zeeuws Vlaanderen flink is teruggeschoefd - van 161000 naar 128000 in 1990 - omdat geen rekening meer wordt gehouden met de aanleg van een industrieterrein. Omdat het Rijk de bijdrage wil koppelen aan het aantal eenheden dat van de WOV gebruik maakt, wordt die bijdrage dus ook lager dan tot dusver was berekend. Daarom pleiten gedeputeerden voor aanleg in het kader van de werkloosheidsbestrijding. In september deelt minister ad interim Udink mede dat de voorbereidingsprocedure veel meer tijd kost. De Tweede Kamer vraagt minister Udink snel een besluit te nemen. In het kabinet zou minister Nelissen van Financiën nog bezwaar hebben in verband met het beroep van 100 miljoen op de kapitaalmarkt gedurende 5 jaar.

Ondanks aandrang van Provinciale Staten van Zeeland dat dit project gedurende 4,5 jaar werk aan 700 mensen zal bieden en dat geen beroep op de schatkist wordt gedaan omdat de WOV een tolverbinding is, zegt minister Nelissen van Financiën dat die leningen onverantwoord zijn in het grote geheel van de economie. De opheffing van het veer Kruiningen - Perkpolder zou circa 200 man werkloos maken.

In februari 1973 pleit de Antwerpse Haven - Schepen om met België samen te werken voor het realiseren van de derde Scheldetunnel tussen Doel en Zandvliet, die slechts 15 à 20 Km van Kruiningen komt te liggen.

De nieuwe minister Westenterp wijst op factoren als de bevolkingsprognoses en de nieuwste cijfers over de groei van het autoverkeer. Ook blijven er lasten over voor de blijvende veerverbinding Vlissingen - Breskens en resteert de vraag of er voor dit project ruimte is op de kapitaalmarkt. In verband met de slechte economische situatie in Zeeuws Vlaanderen pleit de Zeeuws Vlaamse burgemeesterskring om het aan Zeeland toegewezen bedrag voor stimulering van de werkgelegenheid te bestemmen voor de WOV.

Geruchten gaan dat minister Westenterp voorstander is van het tracé bij Kruiningen en minister Gruijters van VRO kiest voor een centraal tracé bij Terneuzen, overeenkomstig de voorkeur van Zeeland. Premier J.M. den Uyl deelt mee dat door de oliecrisis de bespreking van de voorstellen voor de WOV zijn uitgesteld.

Minister Westenterp deelt begin 1974 mede dat de regering advies zal vragen aan de Raad voor de Waterstaat (RvdW) en de Rijksplanologische Commissie (RPC), hetgeen enige tijd zal duren. RWS adviseert dat het tracé bij Terneuzen weliswaar regionaal - economisch de voorkeur verdient, maar dat "riviertechnisch" alleen het tracé bij Kruiningen aanvaardbaar is. De

minister oppert de tolheffing te handhaven als de investering is terugbetaald, maar Gedeputeerde Staten nemen daartegen krachtig stelling. In de nota's van RWS wordt gesteld dat de WOV goed past in de regionale arbeidsmarktontwikkeling in de bouwsector. Het project zal 4,5 jaar bouwijd vergen en totaal 3500 manjaren werk genereren. Verder zal de aanleg van de WOV een besparing van 115 miljoen op de werkloosheidsuitkeringen opleveren.

Na een voorlichtingsbijeenkomst in 1975, waarin voor het eerst een tijdstip van begin van uitvoering - eerste kwartaal 1976 - wordt genoemd, gaan de tegenstanders van de WOV zich roeren. Natuur en Milieu - organisaties vrezen dat de WOV onder meer een ongewenste verkeersdruk op het stille Zeeuwse landschap zal leggen.

Minister Westenterp zegt herhaaldelijk dat hij zich zal inspannen om dit jaar een beslissing te krijgen. Minister Gruijters verwondert zich daarover en minister Duisenberg van Financiën twijfelt of het wel verantwoord is een beroep te doen op de kapitaalmarkt. De Tweede Kamer neemt met slechts 9 stemmen tegen een motie aan waarin wordt geëist dat voor de jaarwisseling door het kabinet gunstig wordt beslist. Het kabinet Den Uijl voert de motie niet uit. Er moeten besluiten worden genomen over de prioriteiten in de bestedingen mede op basis van prognoses van het Centraal Planbureau over de economische ontwikkelingen op de middellange termijn. Zeeland reageert zeer teleurgesteld. Minister Westenterp deelt in de Eerste Kamer mede dat het besluit spoedig zal vallen, maar premier J.M. den Uyl doet geen enkele toezegging.

Eind september 1976 blijkt uit de toelichting op de begroting van het Rijkswegenfonds voor 1977 dat de regering de beslissing weer heeft uitgesteld. Een enquête onder 300 Zeeuws Vlamingen wijst uit dat tweederde voor de snelle aanleg van de WOV is. Een voorstel uit de Tweede Kamer om voor de WOV een garantiepost van 1,15 miljard op de begroting van Verkeer en Waterstaat te zetten wordt in november met grote meerderheid aangenomen.

Minister Westenterp stelt het tracé van de brug - tunnelcombinatie vast ten westen van de veerverbinding Kruiningen - Perkpolder. Hij stelt dat als dit jaar wordt



begonnen de WOV in 1983 klaar kan zijn. Minister Duisenberg zegt echter dat het volgende kabinet de beslissing moet nemen, hij acht een beroep op de kapitaalmarkt onverantwoord. Westenterp verwijt het kabinet den Uyl een ernstig gebrek aan daadkracht. Zeeland ergert zich aan de tegenstrijdige verklaringen van de twee ministers.

In januari 1978 zegt premier Van Agt dat binnen twee maanden de beslissing over de WOV wordt genomen. Maar minister Andriessen, vroeger voorstander van de WOV heeft nu ook bezwaar tegen het beroep op de kapitaalmarkt. Bovendien zou de bovenbouw van de brug nu uitgevoerd moeten worden in staal als injectie voor de noodlijdende staalindustrie. De minister van Sociale Zaken acht de druk op de arbeidsmarkt vanwege de uitvoering van de Oosterscheldewerken al groot, zodat ook hij pleit voor uitstel. In Zeeland stelt men dat het moeilijk zal zijn om het verkeersaanbod tot 1988 op de veerboten te verwerken.

Minister Tuijnman denkt dat de tunnel onder de Schelde bij Doel geen grote zuigkracht op de WOV zal hebben en verwacht een sluitende exploitatie van de WOV. Medio maart wordt eindelijk de acte tot oprichting van de N.V. WOV gepasseerd.

In augustus wordt de "Actiegroep Zeeuws Vlaanderen" opgericht tegen de WOV. Zij vinden de investering van 1 miljard om 100.000 inwoners uit hun "isolement" te verlossen in een tijd van bestedingsbeperking onverantwoord. Zij zijn van mening dat de werkgelegenheid die uit de WOV voortvloeit niet opweegt tegen het verlies aan werkgelegenheid bij de veerdiensten.

In Zeeland wordt gepleit voor een enquête onder de bevolking, waarbij men zich voor of tegen de WOV kan uitspreken. Minister Tuijnman vindt echter dat er niet meer argumenten tegen de WOV bestaan dan ten tijde van de regeringsbeslissing en deelt mede dat deze maand het contract voor de bouw aan de ministerraad wordt aangeboden. In september blijkt echter dat de WOV in de begroting van V&W slechts pro memorie is opgenomen. Van de Katholieke Universiteit van Nijmegen verschijnt een rapport, waarin wordt geconcludeerd dat de WOV niet moet worden aangelegd, omdat bij Doel al een tunnel onder de Schelde wordt gebouwd. Gedeputeerde Staten reageren door te stellen dat de Nijmeegse onderzoekers zijn vergeten dat de WOV een bestaande veerverbinding vervangt. Als na het gereedkomen van de tunnel bij Doel de WOV overbodig zou zijn dan zou op dezelfde gronden de veerverbinding bij Kruiningen kunnen worden opgeheven. "Dit toont aan wat er mis kan gaan als een onderzoek onvolledig wordt opgezet", schrijven gedeputeerden.

In februari 1980 wordt bekend dat er een vereenvoudigd en goedkoper plan is ontwikkeld met een start van de bouw in 1980. De provincie ziet dan af van een derde dubbeldeks veerboot.

Op initiatief van een Zeeuwse senator neemt de Eerste Kamer een motie aan, waarin van het kabinet wordt geëist, dat het zijn beloften nakomt en dat in 1981 met de bouw wordt begonnen. Zij voelen niets voor het uitgekleden plan. Premier Van Agt deelt mede dat voor half november een beslissing wordt genomen. Het Zeeuwse bedrijfsleven en de vakbonden dringen aan

op een spoedige realisering van de WOV. De Zeeuwse natuur- en milieuorganisaties daarentegen pleiten voor uitbreiding van de veerdiensten.

De arbeids- en kapitaalmarktproblematiek blijkt nu geen rol meer te spelen. De minister van Financiën heeft besloten dat de N.V. WOV niet BTW - plichtig is en dientengevolge de BTW over de bouwkosten niet kan terugvorderen. De WOV wordt hierdoor 200 miljoen duurder. Het kabinet wil dat Zeeland een groter risico neemt bij de exploitatie en bovendien dat Zeeland tijdens de bouwperiode gaat meebetalen. Het daarmee gemoeide bedrag kan oplopen tot 13 miljoen per jaar. Gedeputeerden zijn bereid om de toegezegde bijdrage van 1,5 miljoen ook tijdens de bouwperiode beschikbaar te stellen. In de Kamer zegt minister Tuijnman dat Zeeland schuld heeft aan het mislukken van de onderhandelingen, omdat de provincie niet bereid was een substantiële bijdrage in de kosten te leveren.

Bij de begrotingsbehandeling van V&W komt bijna de hele Tweede Kamer in het geweer tegen het kabinetsbeleid ten aanzien van de WOV. Zij vindt dat de toezeggingen aan Zeeland waargemaakt moeten worden. Op basis van een formule, waarbij Zeeland een groter risico neemt, in ruil waarvoor de departementen wat water in de wijn hebben gedaan, wordt toch in januari 1981 overeenstemming bereikt. Maar het Rijk stelt weer nieuwe voorwaarden: er mag op zijn vroegst pas in 1982 met de bouw worden begonnen en er mag pas gebouwd worden als de rentestand - thans 11% - niet hoger is dan 10%. Verder mogen er geen planologische beletselen zijn. Die zijn er echter wel: de gemeenten Reimerswaal en Hontenisse hebben nog geen bestemmingplannen, waarin de aan- en afvoerwegen naar en van de WOV zijn opgenomen. De Zeeuwse Milieu Federatie tekent bij de Kroon beroep aan tegen het bestemmingsplan Buitengebied van de gemeente Reimerswaal, waarin ruimte is gereserveerd voor de WOV. In september 1981 blijkt dat ook in 1982 niet met de bouw van de WOV kan worden begonnen, de WOV is in de begroting van V&W pro memorie opgenomen. De Antwerpse Schepen doet nogmaals een beroep op Nederland om van de WOV af te zien en deel te nemen in de tunnel bij Doel.

De nieuwe minister Zeevalking vindt dat er een hernieuwde verkeersprognose moet worden gemaakt alvorens een beslissing te nemen over de start van de bouw. Bovendien moet zeker zijn wie de tekorten op de exploitatie zal dragen. Gedeputeerden wijten de ministeriële twijfel aan onervarenheid met de problematiek. Herinnerd wordt aan de keiharde afspraken tussen Rijk en Provincie. Als een heroverweging de WOV weer op losse schroeven zet moet dat worden aangemerkt als onbehoorlijk bestuur.

Minister Zeevalking handhaaft zijn stellingname, persoonlijk gelooft hij niet in een WOV. Bij de toelichting op de begroting van V&W in september 1983 blijkt wederom dat niet begonnen zal worden met de bouw van de WOV. In november hechten Provinciale Staten hun goedkeuring aan de conceptovereenkomst tussen Rijk en Provincie met betrekking tot de aanleg en exploitatie van de WOV.

De Kroon verklaart het beroepsschrift van de Zeeuwse Milieu Federatie tegen het bestemmingplan Buitenge-

bied van de gemeente Reimerswaal ongegrond. De Stichting Natuur en Milieu vraagt de nieuwe ministers Smit-Kroes (V&W) en Ruding (Financiën) om de WOV te heroverwegen. Het CNV Zeeland vindt het noodzakelijk dat de milieuorganisaties hun tegenwerpingen staken, omdat de WOV van groot belang is voor de werkgelegenheid in Zeeuws Vlaanderen.

Het ministerie van V&W meent dat er geen toezegging is gedaan over enig tijdstip van ondertekening van de overeenkomst. Minister Smit zegt dat zij nader met Zeeland zal overleggen. Zij komt tot de conclusie dat er geen WOV komt, de gewijzigde verkeersprognoses laten een dergelijke investering niet toe.

In februari 1983 wordt door de Belgische regering toestemming verleend voor de bouw van de Liefkenshoektunnel bij Doel. Met de aanleg zal in 1984 worden begonnen.

Het provinciebestuur komt nog met een goedkopere oplossing, maar de ministers Smit en Ruding blijven bij hun besluit geen medewerking te geven aan de WOV.

Volgens een in opdracht van het provinciebestuur gemaakt rapport van het ETI is de WOV maatschappelijk gezien een aantrekkelijk project. Economisch zou de verbinding jaarlijks 21 miljoen opleveren, terwijl het verlies van 180 arbeidsplaatsen bij het veer Kruiningen - Perkpolder slechts een jaarlijkse last van 5,4 miljoen vergt. Zeeland blijft derhalve vasthouden aan de aanleg van de WOV. Het Rijk werkt echter niet mee; in de be-groting van V&W is de pm-post voor de WOV verdwenen.

Begin juni 1984 vernietigt de Raad van State het in 1982 afgegeven Koninklijk Besluit, waarbij de N.V. WOV toestemming kreeg tot het indijken van een kunstmatig eiland in de Westerschelde ten behoeve van de WOV. Minister Smit betreurt het dat er toch steeds weer berichten opduiken, die een duidelijk kabinetsbesluit - geen WOV in deze kabinetsperiode - aan twijfel onderhevig maken.

Medio 1985 maakt het provinciebestuur bekend dat zij een centraal tracé bij Terneuzen wil onderzoeken, ook in relatie met de Liefkenshoektunnel. In mei 1986 brengt een door de provincie ingestelde stuurgroep het rapport "De WOV in vernieuwd perspectief" uit. Hierin wordt een plan gelanceerd voor een geboorde tunnel tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk. Technisch acht men dat mogelijk en niet duurder dan het brug - tunnelproject bij Kruiningen. In dit plan verdwijnen de beide veerdiensten bij Kruiningen en Vlissingen; wel wordt een veer voor voetgangers en fietsers bij Vlissingen voorzien. Het Rijk is dan van de dure veerdiensten af, die nu 34 miljoen per jaar kosten. De WOV wordt een schakel in de internationale route van Rotterdam naar de Kanaaltunnel. De Zeeuwse Milieu Federatie handhaaft haar bezwaren tegen de WOV. Anderen betreuren het verdwijnen van de veerdiensten, met name die bij Vlissingen.

Er zijn ook veel positieve reacties, onder andere van het bedrijfsleven en van gemeenten in Zeeuws Vlaanderen. Minister Smit handhaaft haar mening dat er geen WOV komt, hoewel deze verbinding wel in het partijprogramma van de VVD is opgenomen. De Zeeuwse Kamers van Koophandel en vier werkgeversorganisaties vragen de kabinetsformateur de WOV nieuwe stijl in het regeerakkoord op te nemen. De Zeeuwse Milieu

Federatie meent echter dat eerst alle voor en nadelen moeten worden bestudeerd.

In september 1986 laten twee grote Nederlandse staal-aannemers - Hollandia en Grootint - weten dat zij een brug over de Westerschelde willen bouwen en exploiteren, waartoe zij een Tolbrug Exploitatie Maatschappij (TBM) hebben opgericht. De brug krijgt een doorvaart-hoogte van 50 meter. België reageert verbijsterd. De brug is veel te laag, zij gaan pas akkoord als de brug minstens 70 m hoog wordt, hetgeen niet realistisch wordt geacht. Premier Lubbers verklaart in oktober dat de combinatie kan rekenen op een welwillende houding van het kabinet. Ook minister Smit zegt dat zij sympathiek tegenover de WOV staat. De Zeeuwse Milieu Federatie eist dat een Milieu Effect Rapportage (MER) bij de plannen wordt gemaakt. In het nieuwe streekplan voor Zeeland kiezen Gedeputeerde Staten voor een centraal tracé nabij Terneuzen. Burgemeester en Wethouders van Rotterdam reageren positief op dit plan.

In januari 1987 maakt de provinciale stuurgroep bekend dat het boortunnelplan van de baan is. De boortunnel heeft maar twee rijstroken en dat is te weinig; twee boortunnels zijn te duur. De hangbrugvariant en een afgezonken tunnel zijn de nog resterende mogelijkheden.

Zowel de Exploitatiemaatschappij Westerschelde als de TBM kunnen een WOV voor 700 miljoen aanleggen. De Natuur en milieuorganisaties laten in een gezamenlijk rapport "WOV, niet ons idee" weten dat een ernstige aantasting van het landschap dreigt. De gemeente Bor-sele en de Zeeuwse Milieu Federatie kondigen aan dat zij de vinger aan de pols houden voor de mogelijke aan-landing van de WOV in Ellewoutsdijk. Minister Nijpels van VROM is bereid te bekijken hoe eventuele langdurige vertraging door tijdrovende planologische procedures kan worden voorkomen.

De beide kandidaat bouwers laten weten dat de WOV alleen gerealiseerd kan worden op het centraal tracé Terneuzen / oost, omdat het tracé Terneuzen / west financieel technisch niet haalbaar is. Een hoogleraar Ruimtelijke Planning uit Gent zegt op een symposium in Zeeland dat eigenlijk alleen een tunnel mogelijk is. Kiest Nederland voor een brug dan moet men rekening houden met minstens tien jaar discussie met België over de vraag hoe hoog die brug moet zijn.

De "startnotitie M.E.R." van de provinciale stuurgroep WOV levert veel reacties en verschillen van inzicht op. Gevreesd wordt tegen een aantasting van de kwetsbare "zak van Zuid Beveland". Het landbouwschap wil ook dat landbouwbelangen worden meegewogen. Ook vinden velen dat de veerverbinding Vlissingen - Breskens moet blijven bestaan.

Minister Smit deelt de provincie mee dat de jaarlijkse rijksbijdrage maximaal 30 miljoen bedraagt, welk bedrag wel kan worden geïndexeerd. Zij voegt daaraan toe dat het een sprookje is dat zij altijd tegen de WOV is geweest. Hoewel 4 miljoen minder dan gevraagd, reageren de bouwcombinaties niet direct afwijzend.

De heer G. van Eeden uit Hulst presenteert in april een plan voor een brug - tunnelcombinatie bij Kruiningen, dat 100 à 300 miljoen goedkoper zou zijn dan een WOV bij Terneuzen. Dit plan acht het provinciebestuur niet realistisch. Minister Smit wil echter pas beslissen als

zij zich een oordeel heeft kunnen vormen over het plan Van Eeden. De gedeputeerde vindt dat de solistische manoeuvre, waarmee minister Smit kennelijk voorbijgaat aan de conclusies van de stuurgroep, waarin ook het Rijk zitting heeft, naar onbehoorlijk bestuur riekt. De P.v.d.A.-fractie wil een offerte voor het verworpen tracé Terneuzen / west, omdat zij denkt dat een aantal rele-vante factoren over het hoofd zijn gezien. Een van de kandidaat bouwers rapporteert aan minister Smit dat het tracé bij Kruiningen aanzienlijk duurder zal zijn dan een centraal tracé bij Terneuzen. De exploitatie van een dergelijke verbinding is met het in stand houden van een volledige veerverbinding bij Vlissingen een riskante zaak.

Minister Smit deelt mede dat zij door minister Ruding is teruggefloten en haar toezegging van 30 miljoen geïndexeerd niet gestand kan doen. Ze zegt dat ze een toezegging heeft gedaan voor "maximaal 30 miljoen geïndexeerd". Na een aanvaarde motie van P.v.d.A., VVD en D'66 laat minister Smit aan Zeeland weten dat ze toch een bijdrage van maximaal 30 miljoen geïndexeerd zal geven en bereid is het maximale bedrag te betalen.

De voorbereidingen worden hervat. Minister Smit acht overleg met België nog niet nodig. In het in september verschenen nieuwe Structuurschema Verkeer en Vervoer blijkt de WOV ingetekend te zijn als onderdeel van een doorgaande verbinding van de Randstad met Terneuzen en verder. Het volgens het rekenmodel enig mogelijke tracé doorsnijdt de open ruimte van de zogeheten "Zak van Zuid Beveland" met een nieuw stuk autoweg. De gemeente Borssele lanceert een nieuw tracé dat van een punt ten westen van de kern Borssele naar Hoofdplaat loopt. De dorpen Borssele en Ellewoutsdijk worden dan niet door een autoweg van elkaar gescheiden. Aan andere tracés op het grondgebied van Borssele verleent de gemeente geen medewerking. Een overweldigende meerderheid van de Zeeuwen wenst echter geen autoweg dwars door het fraaie landschap van de Zak van Zuid Beveland. De Zeeuwse vervoerders wensen echter wel een centrale route dwars door Zuid Beveland.

In februari 1989 besluiten Provinciale Staten de westelijke tracés te schrappen wegens de enorm hoge kosten daarvan. Er resteren dan nog drie tracés: twee ten oosten en westen van Terneuzen en het tracé bij Kruiningen. Borssele laat zijn voorkeur voor het eigen tracé vallen en wil nu wel meewerken aan het centrale tracé. Begin juli worden minister Smit en haar Belgische collega Sauwens het eens over de bouw van een WOV, zij het in de vorm van een tunnel. Nederland acht echter een brug met een hoogte van 50 m en een beweegbaar deel aanvaardbaar, omdat de doorvaart van de grootste schepen dan niet onmogelijk is. Minister Smit lijkt zich bij het Belgische standpunt neer te leggen en wil dat het duurdere tunnelplan verder wordt uitgewerkt. Dit zal echter nog een jaar duren omdat de financiële gegevens nog niet beschikbaar zijn. De tunnelbouwer wil een garantie dat zij na het onderzoek met de bouw kunnen beginnen. De brugbouwer TBM doet de minister een voorstel om de brug 10 à 20 m hoger te maken en een beweegbaar deel toe te voegen in de overspanning van de hoofdvaargeul. De meerkosten worden geraamd op 20 to 50 miljoen, afhankelijk van de te stellen eisen. De

Tweede Kamer wil dat minister Smit weer met België gaat onderhandelen, maar België wil van geen brug weten. In september biedt de brugbouwer TBM nu ook een tunnel aan. Minister Smit deelt Zeeland nu mede dat zij geen extra geld voor de tunnel beschikbaar stelt en dat de rijksbijdrage niet hoger zal zijn dan 30 miljoen per jaar, gedurende 25 jaar, maar inclusief BTW. Bovendien wordt maar de helft van de bijdrage geïndexeerd. De WOV wordt door deze beslissing onmogelijk gemaakt, aangezien er van de bijdrage van 30 miljoen nu 5,4 miljoen BTW moet worden afgetrokken. In de begroting van V&W voor 1990 wordt geen letter gewijd aan de WOV, alleen de bijdrage van 30 miljoen aan de Westerscheldeveren wordt vermeld.

Eind september vraagt de provincie aan informateur Lubbers de aanleg van de WOV in het regeerakkoord op te nemen.

Minister Maij zegt in februari 1990 toe dat zij over een maand het voorstel tot aanleg van de WOV aan de Kamer zal voorleggen. De rijksbijdrage wordt gesteld op 41 miljoen, waarvan 4,5 miljoen aan BTW moet worden betaald, gedurende de bouw garandeert zij de indexering, maar na de opening moet Zeeland de helft van de indexering voor haar rekening nemen.

De Zeeuwse Milieu Federatie denkt dat door de aanleg van de WOV de automobiliteit tussen noord en zuid gigantisch zal toenemen. Op een informatieavond in de gemeente Borssele verklaren de inwoners zich massaal tegen een WOV volgens het tracé Ellewoutsdijk - Terneuzen. Bij de reacties op het MER blijkt Borssele terug te komen op de toezegging mee te werken aan het centrale tracé. Zij opteren nu weer voor hun eigen variant ten westen van de kern van Borssele. De burgemeester van Terneuzen, die in zijn vorige functie als gedeputeerde steeds heeft gesteld dat het tracé ten westen van Terneuzen te kostbaar was, wil nu een WOV volgens het tracé Ellewoutsdijk - Terneuzen / west. Dit standpunt wordt door de gemeenten Goes, Middelburg en Vlissingen gesteund. Ook minister Maij steunt dit tracé, maar zij heeft er beslist niet meer voor over dan de toegezegde 41 miljoen per jaar. De laatste vertragingstruc van het Rijk is volgens de provincie nu dat de WOV Europees moet worden aanbesteed. Minister Maij belooft te onderzoeken de centrale route als hoofdtransportas in haar verkeers- en vervoersplannen op te nemen. Als reactie daarop stelt de nieuwe actiegroep "Stichting Behoud de Zak van Zuid Beveland" dat een internationale verbinding niet noodzakelijk is. In februari 1991 zegt minister Maij dat de WOV op het tracé Terneuzen / west een brug - tunnel combinatie moet worden, waarvan de kosten minstens 1 miljard bedragen. Zij is echter niet bereid meer te betalen dan de toegezegde 41 miljoen per jaar. Rijk en provincie trachten via bezuinigingen de WOV plannen uitvoerbaar te maken. De Belgen willen niet aan versobering meewerken en blijven tegen een te ondiep liggende tunnel of een brug; zij opteren voor een geboorde tunnel onder de gehele rivierbreedte. De Europese aanbesteding heeft 6 gegadigden opgeleverd: een Italiaanse, drie Duitse en twee Nederlandse bouwcombinaties. Daarvan worden er vier geselecteerd. Eind december wordt door RWS gemeld dat de onenigheid met België is opgelost en dat RWS samen met de provincie

gaat studeren op een boortunnel. Van de gemeente Borssele wordt verwacht dat ze hun bestemmingsplan zullen aanpassen. Als dat niet gebeurt zal de provincie niet schromen een aanwijzingsprocedure te starten.

De Zeeuws Vlaamse Kamer van Koophandel, die altijd voorstander van de WOV is geweest, twijfelt aan het nut ervan, nu de Liefkenshoekentunnel is gebouwd. De Zeeuwse Milieu Federatie handhaaft haar bezwaren tegen de WOV. Twee van de vier geselecteerde kandidaat bouwers trekken zich terug omdat er te veel risico's aan het project zijn verbonden. RWS maakt in april 1992 bekend dat een boortunnel een haalbare optie is. Een maand later doen de twee overgebleven consortia een aanbieding voor een boortunnel. In september besluit de gemeente Borssele in beroep te gaan tegen de aanwijzing. Ook een aantal actiecomités, dorpsraden en milieuorganisaties gaat in beroep. In december schorst de Raad van State de besluiten van de provincie. De gemeente Borssele reageert tevreden en wenst wel mee te werken aan het door haar voorgestelde tracé, dat echter 400 miljoen duurder is. In mei 1993 verschijnt een ambtsbericht van de adviseurs van de Raad van State. Zij zijn van mening dat de provincie geen gebruik had mogen maken van de aanwijzingsprocedure. Economische belangen hebben bij de keuze van het tracé een te grote rol gespeeld. De provincie vreest dat als de Raad van State dit advies opvolgt, de bouw van de WOV niet kan doorgaan. In verband met de veroudering van de veerboen zou de WOV uiterlijk 2000 gereed moeten zijn. In oktober 1993 laat minister Maij weten dat de aanbiedingen van de twee consortia voor de boortunnel te hoog zijn. Het rijk geeft geen hogere bijdrage, de provincie zal dus met de bouwconsortia moeten onderhandelen over een lagere prijs.

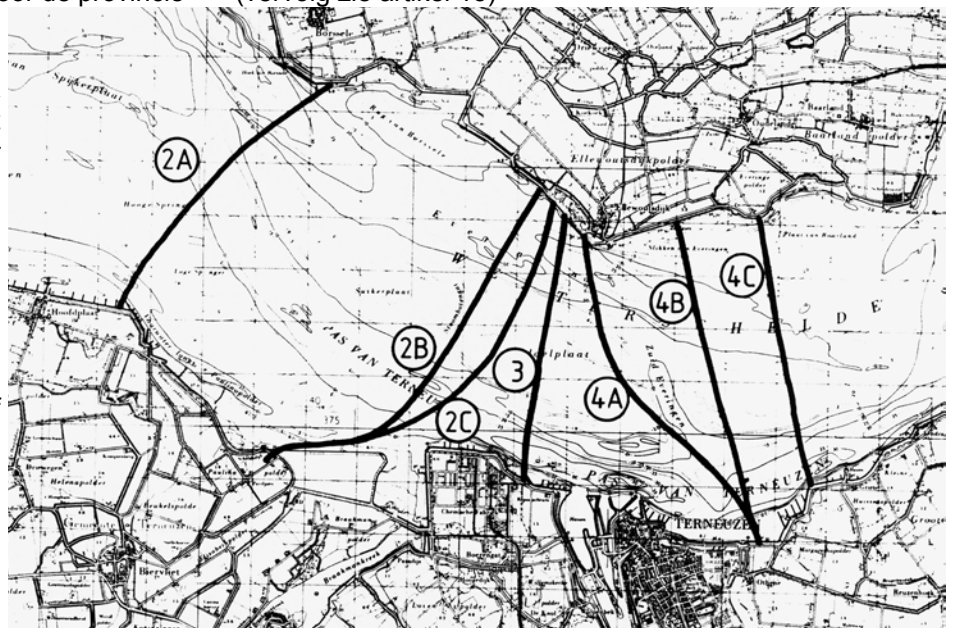
Begin 1994 deelt minister Maij mee dat het rijk akkoord gaat met de door Zeeland voorgestane variant, die 800 miljoen kost, exclusief BTW. De provincie is er in geslaagd bij de aanbidders een 200 miljoen lagere prijs te bedingen. Als minister Kok niet toestaat de BTW terug te vorderen, is er een gat van 200 miljoen. In februari verhoogt minister Maij de rijksbijdrage tot maximaal 54 miljoen; dit aanbod geldt echter alleen als het Koninklijk Besluit over het beroep van Borssele voor de provincie gunstig uitvalt. Na een gesprek met minister Maij delen gedeputeerden mede dat voor mei een convenant met het rijk zal worden getekend. Misschien verhoogt het Rijk haar bijdrage. Het voetveer Vlissingen - Breskens zal door Zeeland zelf moeten worden bekostigd. De WOV wordt de eerste geboorde tunnel in Nederland en zal in 2001 gereed zijn. De kosten bedragen totaal 1,1 miljard, inclusief 200 miljoen onvoorzien. Vrijstelling van BTW kan wellicht worden verkregen als het Zeeuwse nutsbedrijf de exploitatie op zich neemt. Bij de gemeente Borssele, de Provinciale Staten en de actiegroepen groeit de irritatie over de geheimzinnigheid van de besluitvorming en het ontbreken van exacte gegevens.

Gedeputeerde Staten maken bekend dat de jaarlijkse bijdrage van de provincie oploopt van 4 tot 6 miljoen, de prijs die voor het voetveer Vlissingen - Breskens moet worden betaald. De "Stichting Behoud de Zak van Zuid Beveland" tekent beroep aan tegen de weigering van V&W inzage te geven in de verslagen van de besprekingen met de provincie. Eind maart wordt bekend gemaakt dat de Kroon heeft bepaald dat de provincie de gemeente Borssele ten onrechte heeft gedwongen mee te werken aan de WOV, omdat onvoldoende inzicht bestond in de financiële uitvoerbaarheid van de WOV. De Raad van State adviseerde de aanwijzing te vernietigen en minister Alders volgt dat advies op. Minister Maij vindt dat het Kroonbesluit geen belemmering hoeft te zijn voor de aanleg van de tunnel. Nu zijn de financiële gegevens immers wel bekend en kan de planologische procedure weer worden hervat. Op 18 april hechten de ministers Maij en Alders hun goedkeuring aan het convenant met de provincie, die jaarlijks 54 miljoen krijgt en verder zelf het risico voor de exploitatie draagt. Ook de volgende regering zal zich aan dit convenant moeten houden.

Het provinciebestuur is bereid te zoeken naar alternatieven, die de bezwaren van Borssele kunnen wegnemen. Eind april stemmen Provinciale Staten in met het convenant, de keuze van de bouwcombinatie - de combinatie Middelpaats Westerschelde, een Nederlands / Belgisch / Duits consortium - en het ontwerp van de aannemer, dat circa 1,2 miljard gaat kosten. De vraag is nog of het Zeeuwse nutsbedrijf DELTAN de WOV gaat exploiteren, als dat niet kan is er nog een BTW - probleem van 200 miljoen.

Omdat de meeste veerboten uiterlijk in januari 2003 moeten worden vervangen, zou - uitgaande van een bouwperiode van 5 jaar - in januari 1998 met de bouw moeten worden gestart. Op 31 mei 1994 zet demissionair minister Maij haar handtekening onder het convenant. Op 1 juli 1995 wordt geconstateerd dat de provincie Zeeland zijn verplichtingen zoals die zijn vastgelegd in het convenant tussen Rijk en Provincie, niet is nagekomen. De overeenkomst wordt derhalve ontbonden en het Rijk neemt het project weer over.

(bron: verslag van A.J.H.M. Mutsaers, juni 1994).
(vervolg zie artikel 15)



3. STUDIE NAAR TRACÉS

ir. C.Q. Klap en ir E. Ypey

Na een aantal initiatieven en algemene studies voor een verbinding over de Westerschelde in Zeeland is een eerste formele rijksaanpak gestart in 1964. Minister Van Aartsen verklaarde zich toen bereid mede te werken aan een planologische studie naar de mogelijke tracés voor een oeververbinding.

De aangewezen partij om de technische mogelijkheden voor een eventueel tracé voor een oeververbinding te bestuderen was de Studiedienst Vlissingen van de Directie Zeeland van de Rijkswaterstaat. Bij deze dienst werd immers het gedrag van de rivier bewaakt en bestudeerd en was over een periode van circa 100 jaar het gedrag van de rivier bekend. Met name de stabiliteit van de geulen was voor een tracé keuze belangrijk. Een constructie op een zandbank die aan de wandel gaat is een weinig duurzame oplossing.

Wie de kaart van de Westerschelde bestudeert alsmede de historische zeekaarten kan vaststellen dat er in de loop van de tijd nog al wat geulbewegingen hebben plaatsgevonden. Een vaste oeververbinding wordt voor minimaal 100 jaar gebouwd, hiermee moet dus terdege rekening worden gehouden. In redelijkheid mag worden aangenomen dat bijna bij alle tracés met geulverplaatsingen rekening moet worden gehouden. Hoe westelijker op de Westerschelde hoe onrustiger. Op de middelplaat is bijvoorbeeld zelfs een soort repeterend effect van dwarsgeultjes die aan de oostzijde van deze plaat ontstaan en die zich vervolgens in westelijke richting verplaatsen. Daar aangekomen ontstaat er aan de oostzijde weer een nieuwe geul.

Deze kennis droeg er in de beginjaren van de Westerschelde Oever Verbinding (WOV) toe bij dat men niet erg enthousiast was over een erg westelijke ligging van een oeververbinding. Vandaar dat men in die tijd een oeververbinding niet westelijker dan Kruijningen – Perkpolder wenste te realiseren.

Voorstellen

De Studiedienst Vlissingen heeft een aantal tekeningen met mogelijke oplossingen gepresenteerd. Op een van de eerste tekeningen zouden 12 tracés zijn gepresenteerd met een voorkeur voor tracé 6. Van deze tekening is geen kopie meer gevonden.

De Tweede Nota Ruimtelijke Ordening in Nederland (1966) spreekt van drie tracés.

In juni 1967 is er door de Studiedienst Vlissingen het rapport "geulveranderingen" uitgebracht. Dit was toen een solide basis voor een uiteindelijke tracé keuze.



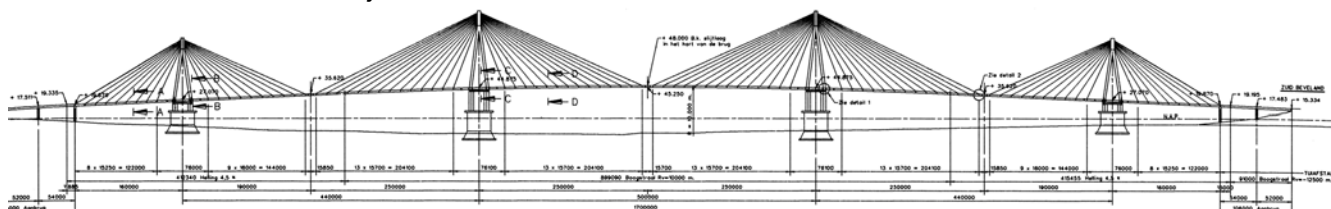
In 1968 is een tekening teruggevonden van Rijkswaterstaat Directie Zeeland Arrondissement Goes. Op deze tekening staan 7 tracés aangegeven. Dit moet wel een officieel document zijn geweest daar er ook een kostenraming bestaat uit februari 1968 waarin gesproken wordt over tracé 1 t/m 7. Op genoemde tekening is duidelijk te zien dat gedacht werd aan een oplossing met meerdere pijlers, een hangbrug of een tunnel. Bij alle varianten waren hangbruggen als oplossingsvariant gekozen, daar men in al die tracés wel te maken had met brede geulen, al of niet in combinatie met een afgezonken tunnel.

De variant die een kruising op de Belgisch Nederlandse grens nabij Antwerpen beschreef, is in feite al gerealiseerd in de vorm van de Liefkenshoektunnel. De plannen voor deze tunnel hebben ook bij herhaling de Nederlandse plannen verstoord omdat deze uiteraard ook een grote hoeveelheid verkeer zouden aantrekken. Op dat moment waren de verkeersprognoses niet van dien aard dat een oeververbinding in alle omstandigheden te rechtvaardigen was. Met de verkeersgroei van de afgelopen jaren werd in ieder geval niet gerekend. Het was ook een dankbaar onderwerp om door de Haagse politiek te worden aangegrepen om geen groen licht te geven.

De voorlopige keuze

Het Rijk kiest omstreeks 1970 voor het tracé Kruijningen – Perkpolder met 2 varianten te weten een brugtunnel over de platen van Ossensisse en een hangbrug met een lange aanbrug bij Waarde.

De inmiddels opgerichte Stichting Westerschelde Oeververbinding, die een zeer ruime economische en geografische kring Zeeland, Vlaanderen en Rotterdam vertegenwoordigt, pleit voor een centrale ligging mede



Variant met 3 tuibruggen van resp. 440, 500 en 440 meter overspanning uit nota refentieontwerp 1992.

in verband met de voorkeur voor de meest snelle verbinding met de Engelse Kanaaltunnel.

Pas bij de gezamenlijke uitwerking van de plannen van Directie Bruggen en de Tolbrug exploitatiemaatschappij versterkt met deskundigen van de Oosterscheldewerken werd duidelijk dat een meer westelijke ligging mogelijk was. Dit was mogelijk door op eenvoudige wijze de flanken van de zandbanken te bestorten. De redenering was dat als de zandbanken verder zouden aanzanden dat dan de bestorting met zand wordt bedekt. Zou om welke reden dan ook weer een uitschuring ontstaan dan komt automatisch de bestorting te voorschijn en kan deze zijn functie waarmaken.

Vraag is nog wel wat de invloed zou zijn geweest van de huidige verdiepingswerkzaamheden in de Westerschelde. Het hydraulisch evenwicht daar is een buitengewoon gevoelig systeem; zelfs een scheepswrak kan een bepaald evenwicht in de rivier lokaal al verstoren.

Milieu Effect Rapportage

Vermeldenswaard is dat de problematiek van de geulen leidraad is geweest voor de keuzes die in de Milieu Effect Rapportage zijn gemaakt. Daarbij was uiteraard ook bepalend wat technisch mogelijk was. De meest redelijke technische oplossing was een brug – tunnel of een brug – brug variant. Men zag deze varianten toen als enig mogelijke oplossing voor een oeververbinding over de Westerschelde. Aan boortunnels werd toen nog niet gedacht. Bij al deze oplossingen was de ligging van de geulen en de zandbanken bepalend voor de uiteindelijke keuze van de locatie. Zou men toen wel gedacht hebben aan een boortunnel variant dan zou er vermoedelijk een heel ander tracé uitgekomen zijn. Een dergelijke oplossing is volledig onafhankelijk van het gedrag van de geulen omdat deze op een redelijke diepte volledig onder de bodem door gaat. Enige bewaking achteraf is uiteraard ook bij die variant wel nodig afhankelijk van de hoeveelheid zanddekking. Daardoor is een boortunnel bij ieder tracé mogelijk.

Was de variant van de boortunnel wel bij de tracé- en MER studies onderkend dan zou het wegensysteem en waarschijnlijk het internationale wegensysteem van veel grotere invloed zijn geweest voor de uiteindelijke keuze.

Ideale ligging met huidige kennis

Op basis van de kennis die gehanteerd is voor de MER studie en het gegeven dat een boortunnel de Westerschelde op iedere locatie had kunnen kruisen vanwege de onafhankelijkheid van de geulen en vaarroutes valt in redelijkheid te verwachten dat men op een ander tracé voor de boortunnel zou zijn uitgekomen. Een tracé Borssele – Hoofdplaat met een aansluiting op de snelweg Brugge – Kanaaltunnel zou logisch geweest zijn daar deze snelweg in Brugge nu geen verdere verbinding krijgt anders dan een die terug gaat naar Gent.

in Brugge min of meer dood. Was de oeververbinding wel in dit tracé gerealiseerd dan zou een prachtige verbinding ontstaan zijn tussen de Kanaaltunnel en Rotterdam via een te verbreden Zeelandbrug. Hiermee zou ook de oorspronkelijke wens van Rotterdam om dichterbij Londen te liggen dan Parijs zijn gehonoreerd.

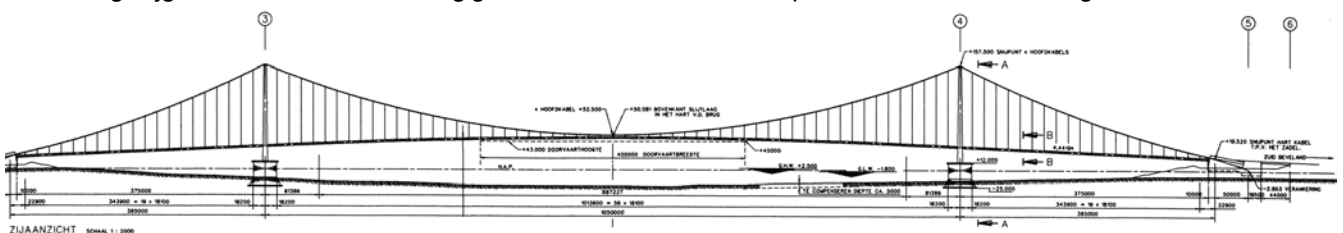
Wat vermoedelijk ook sterk heeft meegewogen bij de uiteindelijke tracékeuze is het gegeven dat van de verbinding op een bepaald moment een lokale verbinding is gemaakt. Iedere keer als de projectgroep weer enthousiast was over de kansen en de technische zaken waren opgelost en een inzicht bestond over de te verwachten kosten, dan stak den Haag weer een spaak in het wiel met name het ministerie van Financiën. Zij hebben keer op keer nieuwe plannen verworpen. Het zou een te grote druk op de kapitaalmarkt geven en Minister Duisenberg, de huidige president van de Centrale Europese Bank heeft ooit beweerd dat de realisatie van de oeververbinding over de Westerschelde de rente in Nederland zou doen verhogen en dat daarmee de Nederlandse financiële markten nadelig zouden worden beïnvloed. Kortom genoeg redenen voor minister N. Smit – Kroes het dossier van de oeververbinding op een gegeven moment van haar bureau te verwijderen. Dit heeft ze opgelost door van het project een regionaal project te maken en het daardoor kon verwijzen naar de provincie. Om die reden heeft bij de definitieve keuze de inpassing in het internationale wegensysteem minder aandacht gekregen en is de wens van een snelle verbinding tussen Rotterdam en de Kanaaltunnel op het tweede plan gekomen. De huidige inpassing heeft inderdaad het karakter van een regionale verbinding.

Technische overwegingen bij de tracékeuze

Op verzoek van de toenmalige Hoofdingenieur Directeur van de Rijkswaterstaat in Zeeland (ir. Zuurdeeg) zijn door de Directie Bruggen, Directie Sluizen en stuwen en de Directie Zeeland studies gemaakt van mogelijke tracés voor een oeververbinding over of onder de Westerschelde.

De studies werden gemaakt in 1969 tot 1971 en waren bedoeld om de Directie Zeeland voldoende inzicht te geven in de consequenties van de aanleg en exploitatie van een dergelijke verbinding. Dit inzicht was nodig omdat verwacht mocht worden dat de provincie Zeeland een vaste oeververbinding zou wensen zodra de veerverbinding aan de top van haar capaciteit zou zijn gekomen en daardoor kostbare capaciteitsvergroting gewenst zou zijn. Aangezien het Rijk een belangrijke bijdrage geeft in de exploitatie van de veerverbindingen vroeg men zich af of die bijdrage ook voldoende zou zijn voor de exploitatie van een vaste oeververbinding.

In de studie zijn een groot aantal tracés beoordeeld op verkeerstechnische aspecten, hydraulische aspecten, invloed op economische ontwikkelingen in Zuid Beveland en



Variant met één hangbrug van 1050 meter overspanning uit nota refentieontwerp 1992.

Zeeuws Vlaanderen, exploitatiekosten, en dergelijke. De tracés liepen van het uiterste Oosten nabij Bath tot het uiterste Westen en wel de zeezijde van Vlissingen, totaal zo'n dertig tracés.

Uit deze studies bleek omstreeks 1970 de oeververbinding nabij het veer Kruiningen - Perkpolder het aantrekkelijkst. Deze verbinding liep van Walsoorden naar Waarde en kruiste het tracé van de Westerschelde nagenoeg loodrecht. In dit tracé was een brug voorzien over de Schaar van Ossenis (Zuidergat). De onderkant van de brug zou circa 10 m boven HHW (Hoog hoog-water). Over de Schaar van Valkenisse was een hooggelegen brug voorzien met de onderzijde ongeveer 55 m boven HHW of een tunnel onder de Schaar. Op de plaat van Valkenisse was een overgangseiland geprojecteerd. Dit overgangseiland was bedoeld voor de verankeringconstructie van de hangkabels van de hangbrug, respectievelijk de overgang van brug naar tunnel.

Voor het verkrijgen van een redelijk inzicht in de problematiek van een hangbrug is contact opgenomen met de consultant "Freeman Fox & Partners" in London. Deze firma had een zeer interessante vorm voor een hangbrug ontwikkeld voor de oeververbinding over de Severn bij Bristol. Het aërodynamische probleem van hangbruggen was opgelost door een trapeziumvormige doorsnede van de brugdekkligger en vergroting van de torsiestijfheid door de toepassing van diagonale hangkabels. Hierdoor worden de kansen op flutter van de brug bij de voorkomende windbelastingen tot een aanvaardbaar minimum teruggebracht. Met behulp van deze consultant werd ook een redelijk inzicht in de kosten verkregen.

Na vaststelling van een inzicht in de bouwkosten en exploitatiekosten, de effecten op het verkeersaanbod, e.d. werd deze studie in 1971 afgesloten.

Vrij spoedig daarna kwam het verwachte verzoek van de provincie Zeeland aan het Rijk om deel te nemen aan de studie voor een vaste oeververbinding. De gedeputeerde Kaland was een belangrijke motor voor het doen verrichten van deze studie. Hij had een aantal bouwfirmas bereid gevonden daarvoor een vrijblijvende financiële bijdrage te geven. In het begin was het Rijk terughoudend in het bijdragen aan de studie. Gezien het aanzienlijke infrastructurele bouw pakket, waarvoor veel geld nodig was, werd geconcludeerd dat, gewogen met de vele andere projecten de urgentie onvoldoende werd geacht. Het criterium werd daarom dat de studie het Rijk niet te veel geld mocht kosten (alleen de salarissen van de ingeschakelde rijksambtenaren) en dat geen toename van de rijksbijdrage in de exploitatie van de oeververbindingen mocht ontstaan. Ondanks de terughoudendheid van het Rijk werd door de rijksambtenaren toch naar beste vermogen meegewerkt aan de studie. De Directie Bruggen bestudeerde nog diepgaander de verbinding over de Schaar van Ossenis namelijk door het beschouwen van

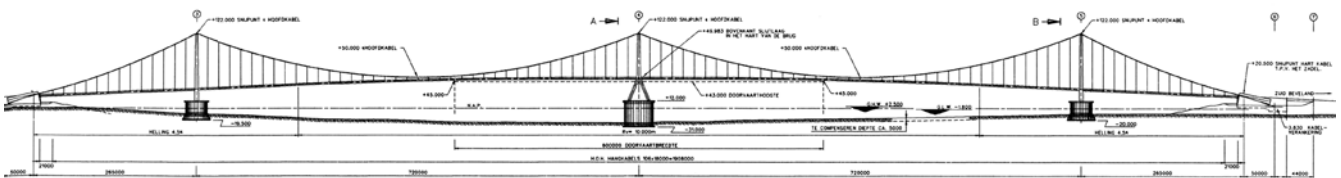
vele varianten: toepassing van betonnen bruggen, een studie voor een hangbrug en een tuibrug en een studie over de aanvaarrisico's en beperking van de effecten bij een aanvaring.

Uit deze studie bleek dat de betonbruggen ten gevolge van de dure funderingsconstructies niet concurrerend waren ten opzichte van een stalen hangbrug. De tuibrug viel af door de grotere aanvaarrisico's. De hangbrug was in verband met de beperking van de schade bij aanvaringen aan de Oostzijde voorzien van een kreukelzone.

Voor de kruising van de Schaar van Valkenisse werd de overgangconstructie op de plaat en de tunneloplossing verder uitgewerkt door de ambtenaren van Directie Sluizen en Stuwen tesamen met de aannemerscombinatie (betonaannemers). De hangbrugvariant inclusief de toerit aan de zijde van Zuid Beveland werd uitgewerkt door de Directie Bruggen. De Directie Zeeland ontwierp de aansluitende wegen en tolpleinen, c.a. Door de hoge ligging van de hangbrug was een zeer lange oprit nodig die deels door de Oosterschelde en met een ruime boog naar Kruiningen zou lopen. Gezien de negatieve invloed van de hoge toerit op het vlakke landschap was het enthousiasme voor deze variant in Zeeland niet groot. De gedetailleerde studie van de oeververbinding gaf geen voldoende gunstiger effect op de financiële investeringen en de exploitatiekosten. Zodoende verdween deze variant in de ijskast.

Omstreeks 1976-1977 werd de studie opnieuw gestart mede door de verwachting dat de kanaaltunnel tussen Calais en Dover een ongunstig verkeersaanbod voor Zeeland zou geven, indien de kruising van de Westerschelde te tijdrovend zou zijn. Men verwachtte een afbuiging van de verkeersstroom via Brugge en Antwerpen naar Duitsland en verder naar het noorden richting Scandinavische landen. Om een beter effect te verkrijgen op de verkeersafwikkeling werd de eventuele oeververbinding meer naar het Westen gepositioneerd en wel tussen Terneuzen en Ellewoutsdijk.

In die studie werd voor de hangbruggen vooral ook veel aandacht geschonken aan de aspecten van het aanbrengen van de hangkabels. Daarvoor werd een studie gemaakt van de montage van de Humberbrug in Hull en hangbruggen in het "Honshu - Shikoku" project in Japan. Bij de Humberbrug werd de traditionele methode van het spinnen van de hangkabel toegepast. Deze methode is erg tijdrovend en gevoelig voor windinvloeden, spaghettivorming, enz. Bij de Japanse bruggen werden PWS - kabels (Prefabricated Wire Shands) toegepast. Deze methode gaf een aanmerkelijke tijdwinst voor de montage en was minder kwetsbaar voor wind. Kritische aandacht werd besteed aan eventuele negatieve effecten van het transport van de kabels tussen de fabriek en de bouwplaats en de montage op de bouwplaats. Door een vergelijking van de beide methoden kwam de PWS methode als gunstigste naar voren.



Variant met 2 hangbruggen van 720 meter overspanning uit nota refentieontwerp 1992.

4. COMBINATIE WESTERSCHELDE

Ir. J. IJken

Bij een beschouwing van de diverse technische aspecten van de ontstaansgeschiedenis van de Westerschelde Oeververbinding mag de rol van de Combinatie Westerschelde (CWS) niet onvermeld blijven. Een groot aantal studies zowel van technische aard als ook met betrekking tot de financiële haalbaarheid van het project zijn uit de kokers van deze Combinatie voortgekomen. Diverse ontwerpen voor bruggen, veelal in combinatie met een tunnel, zijn de revue gepasseerd. Het is aardig de andere artikelen in dit blad mede te bezien in de context van de rol van de Combinatie Westerschelde. We beperken ons tot enkele hoofdlijnen geplaatst in een zekere chronologie.

In de jaren 50 komt een mogelijke oeververbinding op de agenda. Suggesties daartoe waren al veel eerder gedaan. Ook van de aannemerij komen er in de jaren 60 voorstellen. En eind jaren zestig worden diverse besprekingen gevoerd met de diverse overheidsinstanties en als uitvloeisel daarvan de eerste plannen ontwikkeld. In het kader van dit overleg ging in 1969 de Combinatie Westerschelde als samenwerkingsverband van een aantal aannemers van start; in 1970 werd zij als v.o.f. officieel opgericht. De participanten op dat moment waren 6 Nederlandse aannemers (Amsterdamse Ballast Beton en Waterbouw, Ned. Beton Maatschappij BATO, Christiani & Nielsen, Hollandsche Beton Maatschappij, Internationale Gewapendbeton Bouw, Van Hattum en Blanken-voort) en 3 Belgische aannemers (Aannemingsmaatschappij CFE, Société Belge des Betons en De Meyer-Zelzate). Een verbinding bij Terneuzen stond in haar voorstellen centraal.

Door uiteenlopende fusies en overnames veranderde in de loop der jaren het patroon van deelnemers sterk; zij het meer in naam dan in feitelijke betrokkenheid van personen en werkmaatschappijen. Tegen het einde van haar werkzame bestaan waren de participanten Ballast Nedam Groep, Kon. Boskalis Westminster/DirkVerstoep, Hollandsche Beton Groep, Kon. Volker Stevin, Strukton/De Meyer, Aann. Mij. CFE en de Ondernemingen SBBM & SixConstruct.

Vanaf het begin werden de werkzaamheden uitgevoerd in nauw overleg met de Rijkswaterstaat Dir. Sluizen en Stuwen en met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Dit resulteerde in het sluiten van een Bijstandsovereenkomst met het Rijk op 1 april 1971. Een speciaal projectbureau werd opgezet in Utrecht. Uiteenlopende alternatieven werden bestudeerd voor diverse tracés en met verscheidene technische oplossingen.

In deze samenwerking werd de aandacht aanvankelijk sterk gericht op het Tracé Kruiningen – Perkpolder. Een brug-tunnel. Ook een hangbrug werd bekeken samen met Freeman Fox & Partners; die bleek al gauw te duur. Maar een verbinding bij Terneuzen raakte niet uit de gedachten. Belangrijke overwegingen bij de afwegingen waren enerzijds de technische mogelijkheden en de hieruit voortvloeiende kosten en anderzijds het te verwachten verkeersaanbod gezien in relatie tot het al of niet opheffen van één of beide veerverbindingen (Kruiningen-Perkpolder en Vlissingen-Breskens). Later concentreerden de oplossingen zich meer op een verbinding bij Terneuzen. De Pas van Terneuzen was ter plaatse wel ca 60 m diep! Ondertunnelling daarvan op enige manier was een flinke uitdaging. De oplossing Kruiningen-Perkpolder werd door anderen wel steeds weer genoemd.

De latere concentratie op een kruising bij Terneuzen le-verde evenwel nog steeds een variatie aan tracés op met ieder nog weer een aantal technische mogelijkheden. De meeste daarvan waren gebaseerd op het principe van een tunnel onder het diepe gedeelte, de hoofdvaarroute en een brug over de nevenvaarroute. De laatste afhankelijk van de specifieke situatie: een tuibrug met laaggelegen aanbruggen of een doorgaande laaggelegen brug.

Ook een hangbrug over de hoofdvaargeul is met lage prioriteit in de overwegingen meegenomen.

In het scala van bestudeerde oplossingen ontbrak naast de afzinktunnel ook de geboorde tunnel niet; met 2 gescheiden buizen. Zowel voor een volledige ondertunnelling, als voor een gedeeltelijke. Deze alternatieven bleken, de door Combinatie ingeschatte eraan verbonden risico's in aanmerking genomen, in vergelijking met de brugtunnel oplossing te duur. Een in 1986 door een werkgroep voorgestelde geboorde enkele tunnel met twee rijstroken was vanzelfsprekend kostentechnisch interessant maar met name om redenen van veiligheid-onaanvaardbaar.



Refentieontwerp 1992

Vanaf het begin werd er gedacht aan een oeververbinding met tolheffing. Die zou geëxploiteerd worden door de NV Westerschelde Oeververbinding, waarin de Provincie voor het overgrote deel zou participeren. De aan-zet tot oprichting werd gemaakt in 1971, maar ze werd feitelijk pas gerealiseerd in 1978. Participatie hierin door de Combinatie Westerschelde is overwogen, maar door het Rijk uiteindelijk niet als wenselijk beoordeeld. Gedacht werd met name aan een brugtunnel oplossing bij Kruiningen-Perkpolder.

In 1982 werd tussen Provincie, Rijk en Combinatie Westerschelde een raamovereenkomst geparafeerd. Tot ondertekening is het nooit gekomen. Vanwege een mengeling van budgettaire problemen, veelal versterkt door het ontbreken van de politieke wil, werd realisering voortdurend uitgesteld. De motieven waren niet altijd duidelijk en mensen met gezag spraken elkaar tegen. Een factor die een rol speelde bij de beoordeling van de haalbaarheid van het project was de waardering van de toenmalige en later te verwachten bijdragen c.q. investeringen met betrekking tot het moeten in stand houden van een of beide veerverbindingen. In meer algemene zin gold dit voor de mate van bereidheid om bepaalde maatschappelijke voordelen toe te rekenen aan de oeververbinding.

Parallel aan dit alles liepen allerlei procedures en adviesaanvragen bij diverse raden en instanties.

Niet onvermeld mag blijven het Belgische belang bij al deze ontwikkelingen. Een hangbrug over de hoofdvaarroute zou de doorvaarthoogte beperken. De Belgen waren mordicus tegen met het oog op de achterliggende haven van Antwerpen. Nederland vond dat een voldoende hoge brug aanvaardbaar moest zijn. De Combinatie heeft nooit erg geloofd in de bereidheid van de Belgen een beperking in de doorvaarthoogte te accepteren. Tevens werd een oeververbinding bij Terneuzen, en in sterkere mate een oplossing meer oostelijk, gezien als een bedreiging voor de exploitatie van de Liefkenshoek-tunnel. De aanwezigheid daarvan was omgekeerd natuurlijk ook een factor bij de verkeersprognoses voor het onderhavige project. Ook de diepte van de geul bij eventuele toepassing van een hoger gelegen afgezonken tunnel was een punt van ernstig bezwaar.

En dan niet te vergeten de toltarieven, waarvoor geregeld als uitgangspunt werd gesteld, dat deze niet hoger zouden mogen worden dan die van de veren.

Een schat van know how, was inmiddels in het project gestopt. Tot dat moment was de Combinatie Westerschelde de enige partij waarmee de Overheid in gesprek was.

Omstreeks 1986 komt het plan voor een centraal tracé met (gedeeltelijke) opheffing van de veren sterk in beeld. Ook kwam een nieuwe benadering naar voren, namelijk die van een private combinatie voor bouw en exploitatie, die - onder bepaalde voorwaarden - het project voor 30 jaar voor zijn rekening en risico zou nemen.

De Tolburg Exploitatie Maatschappij (TBM, een samenwerking tussen Hollandia Kloos en Grootint) diende zich in 1986 aan met zo'n voorstel; een oplossing geheel bestaande uit bruggen: hangbrug en tuibrug.

Voorstellen tot een private aanpak waren door de Combinatie Westerschelde in het verleden al eens gedaan, maar die bleken bij de overheid toen niet erg

bespreekbaar. Gezien de reactie op het TBM voorstel bleek dit nu wel het geval te zijn. Door de Combinatie Westerschelde v.o.f. werd kort daarop op haar beurt de Exploitiemaatschappij Westerschelde BV opgericht. Er werd samengewerkt met ABN en AMRO.

Op uitnodiging van de Stuurgroep WOV (Provincie en Rijk) werd een presentatie gegeven in een brede benadering met een scala van alternatieven. Zonder intensief overleg met Provincie en Rijk of een concreet bestek is namelijk geen exclusief voorstel te maken. Te veel factoren liggen immers buiten de invloed van de aanbieder. Het traject ten oosten van Terneuzen werd als realistische werkhypothese gepresenteerd. Een brug- tunnel oplossing met een tweestroomse afgezonken tunnel onder de beide vaarroutes met verder noordwaarts na een eiland een laag gelegen brug met twee rijstroken. Totale lengte 6800 m, waarvan 2700 m gesloten tunnel en 1300 m brug.

Ook TBM baseerde zich, vanzelfsprekend met een hangbrug, op een verbinding bij Terneuzen. Op dit nieuwe speelveld werden de nodige verkenningen gedaan uitmondend in meer concrete voorstellen. Stringente punten hierbij waren de risico-toedeling en de technische en financiële faciliteiten. De laatste als uitvloeisel van de ingeschatte baten als gevolg van het al of niet gedeeltelijk opheffen van de veren. Hierin veranderde de overheid nogal eens van standpunt, waardoor het project voortdurend in zijn haalbaarheid werd bedreigd. Een particulier (van Eeden uit Hulst) kwam in 1988 met voorstellen voor het tracé Kruiningen-Perkpolder, die aanzienlijk goedkoper zouden kunnen uitvallen. Hij bereikte zelfs de aandacht van de toenmalige minister. Naast dit alles diende in die tijd de Europese regelgeving zich aan. In 1990 werd aangekondigd, dat voor het project een Europese aanbesteding vereist zou zijn. De Combinatie Westerschelde betwistte, dat deze nu ineens van toepassing zou zijn voor een project, waarover de Combinatie reeds bijna 25 jaar in gesprek was. Veel "juri-disch werk" is toen verricht. Een en ander resulteerde toch in het besluit van de overheid tot het houden van een Europese aanbesteding. De gegadigden van dat moment legden zich onder protest hierbij neer.

Alles afwegend heeft toen de Exploitiemaatschappij Westerschelde (EW) de (staalconstructie-) participanten van TBM bereid gevonden om zich met hen te presenteren voor prekwificatie voor deze Europese aanbesteding. De EW werd naar verwachting met enkele andere geselecteerd.

De voorwaarden, waaraan de aanbidding zou moeten voldoen met name op het gebied van de risico-toedeling, bleken na het ontvangen van de documenten evenwel erg zwaar. Tevens bleken er nog talloze andere vragen te bestaan omtrent de haalbaarheid van het project. De situatie m.b.t. de btw-behandeling en de hoogte van de rijksbijdrage, etc was nog zeer onduidelijk. Dit alles was voor de Exploitiemaatschappij Westerschelde reden om op grond van haar jarenlange ervaring te twijfelen aan een zodanige haalbaarheid van het project, dat dit de hoge kosten van een inschrijving en ongetwijfeld intensieve besprekingen en aanvullende voorstellen daarna (beduidend hoger dan de toegezegde vergoeding)

zou rechtvaardigen. Deze opstelling werd mede beïnvloed door de vele miljoenen die de Combinatie Westerschelde in het verleden reeds aan het project had besteed.

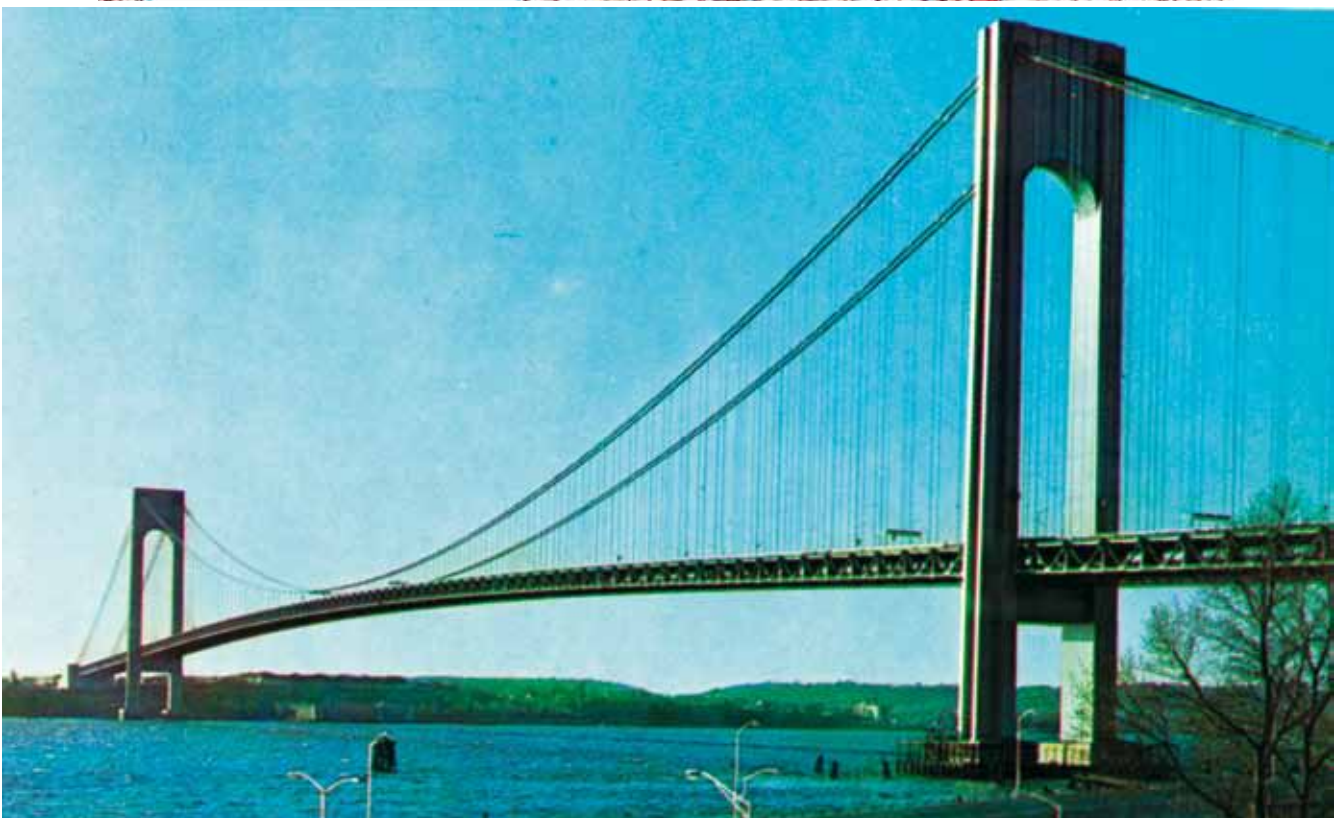
Toen van bijstelling van de voorwaarden geen sprake kon zijn, heeft de Exploitatiemaatschappij Westerschelde besloten geen aanbieding te doen. Weer enkele miljoenen uitgeven voor een op grond van de randvoorwaarden niet haalbaar geacht project was voor haar geen optie.

Het project heeft tenslotte zijn beslag gekregen in de vorm van een geboorde tunnel onder aangepaste randvoorwaarden met betrekking tot risicotoedeling en

betrokkenheid van de Overheid, waardoor het project kennelijk wel haalbaar kon worden gemaakt.

Als honorering van alle inspanningen, die door de Combinatie Westerschelde in het kader van dit project in de voorbije jaren zijn verricht hebben Combinatie Westerschelde en de Staat een afdoende oplossing gevonden.

Ondanks enige gemengde gevoelens over de gang van zaken over de afgelopen jaren, blijft een royale gelukwens met het uiteindelijke resultaat aan het adres van Overheid en van de Combinatie Middelpaalt Westerschelde, die het project op indrukwekkende wijze heeft gerealiseerd, zeker op zijn plaats.



Verrazano - Narrows bridge

5. HET BRUGONTWERP IN HET BRUGTUNNELTRACÉ BIJ KRUIJNINGEN-PERKPOLDER

Ir. J. van den Hoonard

Inleiding

In het midden van de jaren '70 waren er twee tracés, gelegen nabij de veerverbinding Kruiningen-Perkpolder, na een zorgvuldig eliminatieproces overgebleven.

Het ging hier om het tracé 3, tussen Waarde en Walsoorden en tracé 4a tussen Kruiningen en Perkpolder.

Bij de eerstgenoemde mogelijkheid was gedacht aan een volledige brugoplossing, waarbij het tracé zo was gekozen, dat het hoofdvaarwater onder een zo gunstig mogelijke hoek werd gekruist en de totale lengte van de toeleidende viaducten in het Westerscheldegedeelte niet langer zou worden dan strikt noodzakelijk.

De stalen hoofdbrug had bij dit ontwerp een hoofdoverspanning van 900 m met naastgelegen velden van 311 m. Voor dit brugdeel was gekozen voor een hangbrug van het type, zoals dat is uitgevoerd over de Severn in West-Engeland.

De onderkant van de brug was nabij de pijlers gesitueerd op 55 m + N.A.P., waarbij rekening gehouden was met een hoogte van ca. 50 m, behorende bij een tankschip van 250.000 ton draagvermogen.

De toeleidende viaducten aan de noord-oostzijde (richting Zuid-Beveland) hadden overspanningslengten van 200 m en die aan de zuid-westzijde van 100 m. De totale lengte van de brug bedroeg 5.315,40 m.



rievertechnische gegevens, die voor het uiteindelijke ontwerp van grote betekenis bleken te zijn. Het ging hier met name om de bodemligging van de Westerschelde ter plaatse van de brug.

Onder de Zeeuws-Vlaamse oever lag een relatief diep gedeelte met de bodem op ca. 10 m - N.A.P. Deze geul deed dienst als nevenvaarwater en werd als zodanig gebruikt door de binnenvaart en de kleinere zeeschepen (de zogenaamde Overloop van het Gat van Ossensisse). Meer naar het noorden, dus in de richting van het eiland, liep de bodem op tot ongeveer N.A.P.

Dit gegeven, gecombineerd met de hier aanwezige waterstand, welke fluctueert van 2,30 + N.A.P. bij G.H.W. (gemiddeld hoog water) tot 2,10 - N.A.P. bij G.L.W.,

betekende, dat deze ondiepe gedeelten, de Platen van Ossensisse, bij vloed onder water stonden en bij eb droogvielen. Dit was, bekeken vanuit de techniek van het bouwen, geen al te plezierige randvoorwaarde.

Langs en dwarsprofiel van de brug

Zoals hierboven al is opgemerkt lag de huidige nevenvaargeul onder de Zeeuws-Vlaamse oever en diende hier ook gehandhaafd te blijven. Dit betekende dat hier ter plaatse twee scheepvaartopeningen geformeerd moesten worden met een dagmaat van 150 m, hetgeen overspanningen van 2 x 160 m inhield.

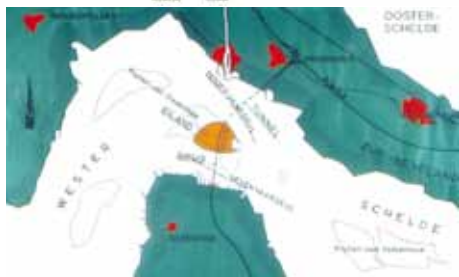
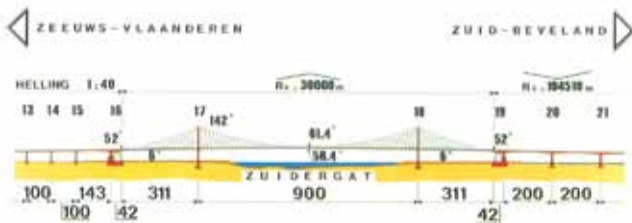
Omdat ten gevolge van uitschuringen door een zich wijzigend rivierregime ook ter plaatse van de huidige ondiepe platen scheepvaart denkbaar was, dienden deze overspanningen over de gehele bruglengte te worden doorgezet.

Deze ontgroningen waren enerzijds mogelijk doordat het rivierbeeld de neiging had zich in de loop der jaren te wijzigen, zoals blijkt uit waarnemingen vanaf 1800 tot heden, anderzijds zou de invloed van het overgangseiland zodanig zijn dat met name langs de zuidzijde van dit eiland, dus aan de noordkant van de brug, extra uitschuringen konden ontstaan.

De totale afstand van het overgangseiland tot Zeeuws Vlaanderen, die 1.290 m bedroeg, is zodoende opgedeeld in 7 overspanningen van 160 m en 2 eindvelden van ieder 85 m.

De twee overspanningen ter plaatse van de vaargeul waren zodanig ontworpen, dat een doorvaarthoogte van 9,10 m (rijnvaarthoogte) boven een hoog-waterstand van 4,20 m + N.A.P., die optreedt met een frequentie van 1x per 10 jaar, gegarandeerd werd.

Het dwarsprofiel van de brug bestond uit twee afzonderlijke kokerliggers



Het hangbrugontwerp is destijds vrij volledig uitgewerkt en vergeleken met de brugtunneloplossing. Omdat de bouwkosten van eerstgenoemde variant (weinig) hoger waren

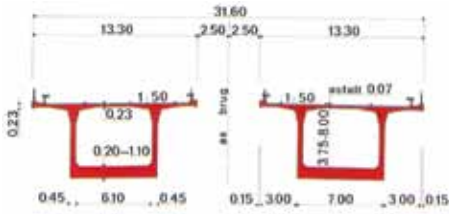
en toch met een beperking in de doorvaarthoogte gerekend moest worden is uiteindelijk de voorkeur gegeven aan het brugtunnel idee.

In het hiernavolgende komt uitsluitend het bruggedeelte aan de orde, waarbij vooral aandacht zal worden besteed aan de motieven welke hebben geleid tot het ontwerp, zoals dat toentertijd voor het grootste gedeelte gestalte heeft gekregen.

Situatie en bodemligging

Het tracé van de brug, lopende van het overgangseiland in het midden van de Westerschelde tot de oevers van Zeeuws Vlaanderen kenmerkte zich door een aantal





van verlopende hoogte, die plaats bieden aan 2x2 rijstroken met vluchtstroken.

De afstand tussen beide rijdekken van 5 m werd gekozen vanwege het gevaar van aanvaring

door een uit de koers geraakt schip. De gedachte hierbij was dat bij een dergelijke calamiteit slechts één brugheft zou beschadigen en de andere helft intact zou blijven, zodat het verkeer (min of meer) ongehinderd kon doorgaan.

De onderbouw

Voor wat betreft de fundering zijn verschillende mogelijkheden nader bekeken. Van de meest in aanmerking komende kunnen worden genoemd:

- fundering op stalen caissons: deze hadden een afmeting aan de basis van ca. 20x40 m² en waren gefundeerd op een niveau van 25 - N.A.P.
- fundering op diepwandpalen: één pijler was gefundeerd gedacht op 24 diepwandpalen van 1x2,2 m², reikende tot een diepte welke varieerde van 40- tot 45- N.A.P.
- fundering op (holle) betonputten: beschouwd zijn putpalen met een diameter van 4,25 m, zoals toegepast bij de Zeelandbrug met 6 stuks per pijler, alsmede hetzelfde type met een grotere diameter, waarbij volstaan zou kunnen worden met één put per brugheft.

Hoewel met alle hierboven genoemde methodes een betrouwbare fundering te realiseren viel, zag het er op dat moment naar uit dat een fundering op geheide palen het voordeligst was. Als eenheden werd hierbij gedacht aan betonpalen Ø 500 mm of Ø 600 mm met een toelaatbare paalbelasting van ca. 150 à 160 ton en voor de palen in diep water aan stalen palen U.P. 168 met 550 ton per paal; deze stalen palen waren nodig, omdat betonpalen niet bestand bleken tegen de stromingsdruk en de golfaanval.

Bij de onderbouw had het reeds eerder genoemde gevaar van een aanvaring geleid tot het maken van een bescherming van de fundering door middel van kunstmatige eilanden (zie artikel 11).

Na veel theoretische beschouwingen over het opvangen van een uit de koers geraakt schip, bleek dat de enige effectieve methode om een pijler hiertegen te beschermen was ervoor te zorgen dat het schip de onderbouw niet kon bereiken.

Vanuit deze gedachte is het idee van deze pijlereilanden ontstaan, die zijn opgebouwd uit fosforslakken, afgedekt met stortsteen. Rond de eilanden was een mozaïek van zinkstukken gedacht. Bij het maken van een steunpunt dienden als eerste de palen te worden geheid; hierna zou rondom dit palenplan gebaggerd worden om de zinkstukken te kunnen aanbrengen; dit gebeurde dus ten opzichte van de toenmalige bodem op een verdiept niveau, zulks in verband met de toekomstige uitschuringen. Tenslotte zou zo spoedig mogelijk daarna de bestorting en de rest van de eilandopbouw aangebracht worden.

Om de kans op een aanvaring wat beter te kunnen analyseren werden in samenwerking met de Rijkshavendienst

in Vlissingen enquêtes gehouden met betrekking tot het scheepvaartverkeer in het Gat van Ossensisse; het betrof hier gegevens over scheepstype, scheepsgrootte, koers, snelheid e.d.

Met behulp van deze gegevens en een goede prognose van de ontwikkeling van de scheepvaart ter plaatse van de Westerschelde werd gehoopt de kans op een aanvaring en de overige parameters, nodig voor een meer wetenschappelijke benadering, te kunnen vaststellen.

De bovenbouw

Bij de bovenbouwconstructie zijn eveneens diverse varianten beschouwd, alvorens tot een bepaalde keuze werd besloten.

In het voorgaande is reeds aangegeven dat om scheepvaart- en rivierteknische redenen gekozen was voor een aantal overspanningen van 160 m. Als constructievorm werd gekozen voor twee ééncellige kokers met een breedte van 13 m en in hoogte variërend van 8 m bij de pijlers tot 3,75 m in het midden van de overspanningen. Het statische systeem was zodanig dat de brug vrij was opgelegd op de pijlers en over de gehele lengte van 1.290 m continu gedacht was.

Dit betekende, dat de totale horizontale bewegingsmogelijkheid vanuit het vaste steunpunt in het midden bij de beide landhoofden moest worden opgevangen. Hier waren dan ook rijbaanovergangen geprojecteerd, welke een verplaatsingsmogelijkheid in zich hadden van ± 300 mm.

De in aanmerking komende bouwmethodes voor dit type brug konden destijds in hoofdzaak verdeeld worden in twee categorieën: het ter plaatse storten met behulp van de vrije uitbouwmethode of het werken met geprefabriceerde elementen; deze elementen konden in principe op twee manieren onderling worden verbonden, namelijk door ter plaatse te storten voegen, zoals toegepast bij de Zeelandbrug, of door middel van een epoxylijm. Deze laatste methode betekende een snelle montage, mede omdat de handelingen op de bouwplaats zelf minder zijn.

Zodoende zijn tenslotte deze lijm- en de vrije uitbouwmethode verder naast elkaar uitgewerkt.

Met de lijm- of plakmethode als uitgangspunt was echter nog een onderscheid mogelijk naar de manier van monteren.

Voor de Westerscheldebrug zijn nader bekeken:

- montage met behulp van een montageligger;
- montage met behulp van voorbouwbokken;
- montage via een kabelbaan.

In het kort wordt op deze drie mogelijkheden nader ingegaan. Bij de inzet van een montageligger zouden de elementen aangevoerd worden vanaf het land en via het al gereedgekomen gedeelte van de brug vervoerd worden tot de uiterste kraagarm, waarop de achterondersteuning van de montageligger kwam te staan. De moot werd dan vervolgens gepakt in de montagekat van de ligger en getransporteerd naar de in aanbouw zijnde volgende kraagarm.

Als alle moten van deze kraagarm gemonteerd waren, werd de ligger over het juist gereedgekomen brugdeel verrold naar het volgende steunpunt.



Deze methode is onder andere gebruikt bij de aanbruggen van Deventer.

De (afgetuide) montageligger had een lengte van ca. 280 m bij een hoogte boven het rijdek van ca. 50 m; deze afmetingen brachten grote stabiliteitsproblemen met zich mede. De geraamde kosten van de ligger waren uiteraard niet gering.

Bij het aanbrengen van de moten met behulp van voorbouwboxen werden de elementen vanaf het water aangevoerd. De bokjes monteerden de moten rechtstreeks vanaf drijvende pontons. De montagewijze is onder andere toegepast bij de brug over het Ketelmeer te Zwolse-Hoek.

De montagemethode, waarbij gebruik gemaakt werd van een kabelbaan voorzag, evenals eerstgenoemde variant, in een motenaanvoer over het gereed zijnde gedeelte van de brug.

De kabelbaan diende ervoor de elementen van dit brugdeel over te brengen naar de te monteren kraagarm. Hier zou apart materieel nodig zijn voor de eigenlijke montage. De problemen bij deze methode zaten voornamelijk in het demonteren en opnieuw opstellen van alle onderdelen, zoals pylonen, loopwagens tuidraden, draagkabels enz.

Zonder teveel op details in te gaan, zij hier slechts vermeld, dat de methode met de voorbouwboxjes de meest aantrekkelijke bleek en het dus voor wat betreft de bouwkosten moest opnemen tegen de vrije uitbouwmethode. Deze twee varianten zijn toen volledig uitgewerkt en qua kosten geraamd. Er bleek hierbij geen duidelijke financiële voorkeur voor één van beide alternatieven, zodat hier uiteindelijk het technisch constructieve aspect de doorslag heeft gegeven ten gunste van de ter plaatse gestorte variant.

De uitbouwmethode was toentertijd al vele malen in Nederland toegepast. Bij deze constructiemethode wordt symmetrisch vanuit een pijler gebouwd, waarbij gebruik gemaakt wordt van zogenaamde uitbouwwagens. Deze, als het ware in horizontale zin verschuifbare bekisting wordt door middel van voorspanstaven aan het reeds verharde gedeelte van de kraagarm geklemd. Als aanzet wordt boven de betreffende pijler een "hamerstuk" ter plaatse gestort op steigerwerk. Op dit hamerstuk met een lengte van vier uitbouwmoten worden dan de voorbouwboxen in de uitgangspositie opgesteld.

Bij de Westerscheldebruggen zou nieuw bouw materieel worden ontworpen; de gedachte was om hier uit te gaan van een mootlengte van 5,16 m. (2x 15 moten + 1 sluitmoot van 5,20 m. per overspanning van 160 m.). Als bouw materiaal werd gedacht aan de toepassing van lichtbeton, waar recent goede ervaringen waren opgedaan bij andere uitbouwbruggen.

De hulpbrug

Bij de uitvoering van de brug kon een dankbaar gebruik gemaakt worden van de voor de tunnelbouw noodzakelijke hulpbrug. Deze hulpbrug was primair ontworpen om de bouwplaats op het overgangseiland bereikbaar te maken. Door hem echter zo dicht mogelijk tegen de hoofdburg te situeren werd het een waardevol hulpmiddel tijdens de bouw. De hulpbrug bestond in principe uit een aantal overspanningen van 45 m., met echter als uitzondering op deze regelmaat een

(stalen) hoofdoor-spanning van 110 m. ter plaatse van de bestaande scheepvaartgeul, en platforms met een lengte van 25 m. bij de pijlers van de definitieve brug. Deze platforms waren bedoeld om de aanvoer en het lossen van mate-riaal voor de definitieve brug te doen plaatsvinden, zon-der het eigenlijk verkeer op de brug teveel te stremmen.

De breedte van de hulpbrug was in totaal 6 m. en bood, na aftrek van de ruimte voor de leuning en de vangrailconstructie, plaats aan 2 (smalle) rijstroken van 2,75 m.

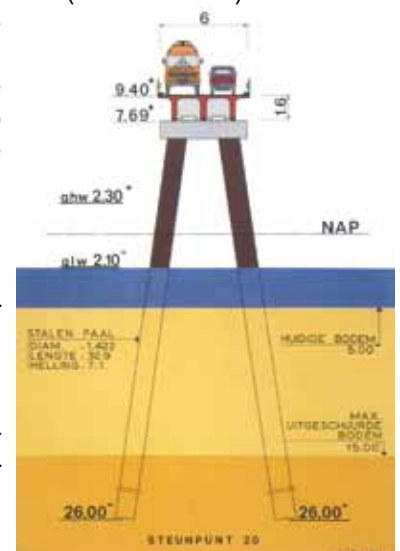
Ter plaatse van de opstelplatforms was een breedte beschikbaar van 12 m. Gedacht was aan de toepassing van prefab betonbalken. Deze 45 m. lange balken hadden een gewicht van 66 ton en waren ontworpen in lichtbeton. De montage was gedacht plaats te vinden door middel van een drijvende bok, waarbij ter plaatse van de ondiepten aan de noord- en zuidzijde van het tracé eerst een geul gebaggerd moest worden om met dekschuiten en bok te kunnen manoeuvreren.

De onderbouw voor de tussensteunpunten was in principe opgebouwd uit jukken bestaande uit 2 ronde stalen palen, welke in diameter varieerden van 1,02 m. tot 1,42 m. De grootste paal had een lengte van 46 m., een diameter van 1,42 m. en een gewicht van 44 ton. De grote afmetingen waren voor een gedeelte het gevolg van de te verwachten uitschuringen, doordat profielvernauwing van de rivier zou optreden door het aanbrengen van de pijlereilanden; bovendien veroorzaakten deze eilanden grote turbulentiëren ter plaatse van de fundering van de hulpbrug, hetgeen eveneens ontgrondingen ten gevolge zou hebben. De palen stonden in dwarsrichting van de hulpbrug onder een helling van 7:1, in langsrichting wordt de (horizontale) stabiliteit verkregen door het doorkoppelen van steeds vier velden, zodat om de 160 m. een juk van 4 palen moest worden geformeerd, die ook in lengterichting van de brug schoor stonden.

Tijdschema

Tot slot een enkel woord over de tijdsplanning. Voor de eerste fase, die zou bestaan uit het maken van het kunstmatige overgangseiland en de hulpbrug werd ongeveer één jaar uitgetrokken. Voor de bouw van de definitieve brug was een tijdsduur gepland van 4 jaar; om dit te kunnen realiseren was het nodig de bovenbouw te maken met en dubbele set (d.w.z. 8 stuks) uitbouwwagens bij de vrije uitbouwmethode.

Uit het bovenstaande blijkt, dat het ontwerp voor het brugdeel in de brugtunneloplossing van tracé 4 destijds vrij ver is uitgewerkt. Om diverse redenen, waarover u elders in dit blad meer leest, is de hier bedoelde oplossing echter nooit in uitvoering gebracht. Bij latere studies werd meer uitgegaan van westelijker gelegen tracés.



6. HANGBRUGONTWERPEN

ir.C.Q. Klap en ir. E. Ypey

Keuze brugtype

De ontwerpende ingenieur heeft een aantal brugtypen ter beschikking in het geval een verbinding tussen twee oevers tot stand moet worden gebracht.

Hij zal in eerste instantie kijken naar oplossingen met zo klein mogelijke overspanningen daar deze bruggen het meest economisch zijn. Een optimum ligt in bij overspanningen van 30 meter in geval pijlers onder de betreffende brug op redelijk eenvoudige wijze zijn te realiseren. Indien men te maken heeft met niet stilstaand water als gevolg van stroming of eb en vloed zal men al snel voor wat grotere overspanningen kiezen. Voorbeelden hiervan zijn de Zeelandbrug en de Moerdijkbrug met overspanningen van 100 meter. Indien er sprake is van een duidelijke vaarweg en / of van grotere schepen wordt vaak ook voor een aparte grotere navigatieopening gekozen terwijl de overige overspanningen weer zo economisch mogelijk worden gerealiseerd. Tot overspanningen van ca 200 – 250 meter kan in geval van een verkeersbrug met een vlakke brug worden volstaan. In die situatie heeft men ter plaatse van de pijlers dan wel met een hogere constructiehoogte te maken waardoor het wegdek hoger komt te liggen dan bijvoorbeeld bij een boog- of tuibrug.

Naarmate men dichterbij zee komt worden de overspanningen groter doordat de schepen die zich daar bevinden groter worden zowel in de breedte als in de hoogte. In dat geval wordt het vaarwater meestal ook dieper waardoor de pijlers ook zwaarder en hoger worden en een grotere overspanning sneller economisch haalbaar is.

Bij overspanningen boven de 200 meter wordt al snel gedacht aan een boogbrug of een tuibrug. Een boogbrug heeft het voordeel dat deze geen zijoverspanningen nodig heeft hetgeen wel nodig is bij tuibruggen. Deze dure zijoverspanningen hebben meestal geen functie. Toch kiest men tegenwoordig vaak liever voor een tuibrug daar deze voor een architect een uitdagender vormgeving heeft. Tot ongeveer rond 1960 waren tuibruggen uit de gratie geraakt omdat zo'n 100 jaar daarvoor een aantal ongelukken met dit type bruggen zijn gebeurd. Met name in Duitsland heeft men dit taboe weten te doorbreken toen daar in de zestiger jaren van de vorige eeuw diverse tuibruggen over de Rijn zijn gerealiseerd. Sindsdien kan de tuibrug zich in een toenemende populariteit verheugen met als hoogtepunt de Pont Normandie bij Le Havre die in 1994 de record hoofdoverspanning tot dat moment ongeveer verdubbelde tot 850 meter. Van dit soort overspanningen met tuibruggen was nog geen sprake toen de tracéstudies voor de Westerschelde Oeververbinding werden uitgevoerd.

Hangbruggen

Zoekt men naar nog grotere overspanningen dan de 850 meter van de Pont Normandie dan zijn hangbruggen het aangewezen brugtype. Deze bruggen worden nu met hoofdoverspanningen tot 1991 m gerealiseerd zoals de Akashi Kaikyo Brug bij Kobe in Japan. Er bestaan inmiddels een aantal ontwerpen met hoofdoverspanningen die verder gaan dan de tot nu toe gerealiseerde 2000

meter. Voorbeelden hiervan zijn de hangbrugontwerpen over de straat van Messina met een hoofdoverspanning van 3000 meter. Auteur dezes is ook betrokken geweest bij het ontwerp van een aluminium hangbrug over het Engelse kanaal, eveneens met een hoofdoverspanning van 3000 meter. Met deze overspanning was het mogelijk om ter hoogte van de Sanddettiebank het Engelse kanaal te overbruggen van zandbank naar zandbank. Op deze wijze kon het aanvaarrisico van de pijlers worden geëlimineerd.

Hiermee komt men op een tweede argument om voor grote overspanningen te kiezen n.l. in het geval men het risico van aanvaren wil wegnemen. Als de pijler n.l. in het ondiepe deel van het water geplaatst kan worden loopt een schip eerst aan de grond voordat het de brugpijler kan bereiken. Dit kan vaak tot een goedkopere en aantrekkelijker oplossing leiden dan de pijlers precies op de minimale afstanden te plaatsen die voor de scheepvaart zijn vereist en deze dan voorzien van dure aanvaarbeschermsconstructies.

Bij de tracé studies voor de oeververbinding over de Westerschelde heeft men ook vaak gekozen voor een mix van beide benaderingen. Dit kwam er op neer dat getracht werd een zo'n groot mogelijke doorvaartopening te realiseren en de pijlers zoveel mogelijk in het ondiepere deel van het tracé te plaatsen. De pijlers plaatsen in het ondiepste deel zou met de meestal flauwe hellingen van de rivierbodem van de Westerschelde leiden tot relatief grote hoofdoverspanningen. Plaatsing in zoveel mogelijk ondiep water had in ieder geval tot gevolg dat de grootste schepen de pijlers niet konden aanvaren en dat de aanvaarconstructies voor de kleinere schepen goedkoper konden worden uitgevoerd. De keuze voor een hangbrug over het Straatje van Ossenis was het gevolg van deze overwegingen.

Bij de Westerschelde had men ook nog te maken met de eb en vloed beweging waardoor pijlers het ene moment bijna droog vielen en op het andere moment door een zekere waterhoogte werden omringd. Dit was zeker het geval bij springtij waardoor het aanvaarrisico op sommige momenten toch niet geheel was te vermijden.

De keuze voor grote overspanningen is niet altijd het gevolg van de eisen die de scheepvaart stelt er zijn ook locaties in de wereld waar de vaargeul zo diep is dat in redelijkheid geen tussenpijlers geplaatst kunnen worden. Dit kan vooral aan de orde zijn bij trogachtige bodemconfiguraties zoals b.v. bij de straat van Messina.

Hangbrug over Straatje van Ossenis in tracé Waarde-Walsoorden

In het Straatje van Ossenis was het mogelijk de pijlers relatief dicht bij elkaar te plaatsen maar door de aard en het aantal nodige aanvaarvoorzieningen werd de brug zo duur dat een grote overspanning zoals die van een hangbrug wenselijker werd.

Het Straatje van Ossenis wordt voor de scheepvaart gebruikt door zogenaamde binnenvaartschepen. De doorvaarthoogte ter plaatse van de brug kon daarom beperkt blijven tot "rijnvaarthoogte", dit is 9,10 m boven

de hoogst bevaarbare waterstand. De pijlers van de brug zijn buiten de stroomgeul van het Straatje van Ossenissee gepositioneerd, dit in verband met de wisselende ligging van de vaargeulen in de loop der tijd. Bovendien wordt hierdoor een beperking van het aanvaarrisico van de pylloon verkregen.

Het brugdek van de hangbrug werd uitgevoerd gedacht in een stalen kokervorm zoals later is toegepast voor de brug over de Waal nabij Ewijk en de nieuwe verkeersbruggen over het Hollandsch Diep bij Moerdijk, die de toenmalige vakwerkbruggen, die voor het verkeer te smal waren geworden vervingen.

Door de kokervorm wordt een aërodynamisch profiel van het brugdek verkregen waardoor de windbelasting gunstig beïnvloed wordt. Deze koker vormt ook een torsiestijf profiel, waardoor de kans op "flutter" wordt verkleind.

De torsiestijfheid van de brugconstructie wordt nog extra vergroot door in plaats van verticale hangers diagonaal gepositioneerde kabels toe te passen tussen de hoofdhangkabels en het brugdek. De hangkabels zouden opgebouwd worden uit hoogwaardig stalen draden met grote treksterkte. Teneinde een goed inzicht te krijgen in de problematiek van het "spinnen" van de hangkabels, is een aantal bezoeken gebracht aan de in uitvoering zijnde hangbrug over de Severn bij Bristol.

Terughoudendheid bij het nemen van een beslissing

Ondanks dat we in Nederland niet terug deinsden om op grote schaal nieuwe technieken toe te passen zoals b.v. bij de Oosterscheldewerken is men bij de oeververbinding over de Westerschelde altijd wat terughoudend geweest met voorstellen voor te grote overspanningen. De tot op dat moment grootste gerealiseerde hoofdover-

spanning bedroeg 1290 meter bij de Golden Gate Bridge in San Fransisco. De Humber brug met een hoofdoverspanning van 1400 meter was in aanbouw tijdens de voorbereidingen van de hangbrug over het Straatje van Ossenissee. Inmiddels zijn grotere bruggen gerealiseerd zoals de Storebelt met een hoofdoverspanning van 1600 meter en de Akashi Kaikyo brug met een hoofdoverspanning van 1991 meter.

Zoals gezegd kwamen bij de tracé studies in 1967 bij alle tracés oplossingen met hangbruggen voor. Deze ontwerpen waren gebaseerd op buitenlandse ervaringen en men is er terecht vanuit gegaan dat deze eerder gerealiseerde overspanningen ook in de Westerschelde mogelijk waren ondanks dat er lange tijd het hardnekkige gerucht ging dat hangbruggen in Nederland met de aanwezige relatief slappe grondslag niet mogelijk zouden zijn.

Van dat soort vooringenomenheden werd veel last ondervonden bij het voorstellen van een dergelijke oplossing. Dat dit gerucht volledig onterecht was werd bij de bouw van onder andere de Severnbrug aangetoond.

Mogelijke oplossingen

Toen men op basis van de tracéstudie had besloten vanwege de beweeglijkheid van de geulen een oeververbinding niet westelijker dan Kruieningen - Perkpolder aan te leggen heeft men voor het tracé 3 een hangbrug ontwerp laten maken door het Londense ingenieursbureau Freeman Fox & Partners. Zij hebben hun plan in januari 1970 gepresenteerd. Dit was het eerste wat verder uitgewerkte voorstel hoewel Freeman Fox & Partners niet bereid waren haar achterliggende berekeningen kenbaar te maken.

Het volgende ontwerp was het hangbrug ontwerp over



Perspectieftekening hangbrugontwerp Freeman Fox en Partners 1970.

het Straatje van Ossensisse. Directie Bruggen heeft over deze studie gerapporteerd in de nota "Nota inzake bruggedeelte in de vaste oeververbinding Westerschelde in september 1978.

In deze nota was een betonnen brugvariant met een overspanning van 160 meter, een stalen brugvariant met 210 meter en een hangbrugvariant met een hoofdoverspanning van 650 meter uitgewerkt. De kosten werden respectievelijk geraamd op 139, 136 en 143 miljoen gulden inclusief BTW.

De hangbrug was dus nauwelijks duurder, ondanks dat dit een duurder brugtype is vanwege de grote hoofdoverspanning, daar de pijlers van de meervoudige brugoverspanningen ingepakt zouden moeten worden met pijlereilanden. Deze pijlereilanden waren extra duur doordat ze vanwege hun vormgeving het hydraulische doorstroomprofiel dusdanig verstoorden dat na aanbrengen de bodem van de rivier zich evenredig met de vernauwing zou verdiepen. Dit betekende dat de opbouw van de pijler drie meter onder de bodem moest starten. De hangbrug oplossing had het bijkomende voordeel dat die vriendelijker was voor de scheepvaart die de kortsluit geul veelvuldig gebruikte om de drukke hoofdvaargeul bij Hansweert te mijden. Bovendien was het hydraulische gedrag in de gevoelige rivier beter te voorspellen in geval van een hangbrug.

De doorbraak

Nadat politiek Den Haag het project in 1983 had afgeblazen werd het mogelijk om de problematiek op een geheel nieuwe wijze in te steken. Dit is gebeurd met de nota van Directie Bruggen van 18 april 1986. Zonder terughoudendheid kan gesteld worden dat deze nota het project weer heeft vlot getrokken en ons een gerealistische oeververbinding over de Westerschelde heeft gebracht. Genoemde nota nam afstand van hetgeen tot op dat moment was gebeurd. De financiering was de grote discussie daar er te weinig inkomsten tegenover de enorme aanlegkosten stonden. De oplossing was niet ingewikkeld. Als het opheffen van één veerdienst te weinig verkeersaanbod geeft voor een oeververbinding dan is het beter om twee veerdiensten op te heffen. Dat kan het beste door eenvoudig een tracé te kiezen tussen de twee bestaande veerdiensten. In redelijkheid mocht verwacht worden dat een dergelijke keuze in ieder geval het verkeersaanbod ongeveer zou verdubbelen. Dit werd het tracé Ellewoutsdijk - Terneuzen. Tevens werd gekeken naar een goedkopere technische oplossing door uit te gaan van twee hangbruggen.

Een over de Pas van Terneuzen en een over het Straatje van Willem.

De keuze van een hangbrug was te verdedigen daar deze brug hoger kwam te liggen dan de meeste andere hangbruggen in de wereld n.l. een doorvaarthoogte van 50 meter. De meeste grote bruggen hebben wereldwijd een doorvaarthoogte van 40 – 45 meter. Ook in de toekomst hogere schepen bouwen had geen zin daar dan meteen de meeste grote havens door deze schepen niet meer konden worden aangedaan. Voor de Akashi Kaikyo brug nabij Kobe, een van de grootste havensteden van de wereld, was in die tijd een doorvaarthoogte van 45 meter gepland.

Tolbrug Exploitatie Maatschappij

In de nadagen van de Oosterscheldewerken hebben Hollandia en Grootint het voorstel van Directie Bruggen van 18 april 1986 omarmd en als Tolbrug Exploitatie Maatschappij (TBM) in september 1986 gepresenteerd. Dit voorstel kwam vrijwel overeen met het genoemde voorstel van Directie Bruggen. Dit voorstel week alleen af voor de kleinste hangbrug over het Straatje van Willem; deze was vervangen door een tuibrug. Dit plan is later in een gemeenschappelijk ontwerp team van Directie Bruggen en de TBM te Krimpen a/d IJssel verder uitgewerkt totdat minister N. Smit - Kroes van de een op de andere dag verbood hier mee verder te gaan. De TBM is daarna op eigen kracht doorgegaan.

Het laatste voorstel

Toen de TBM inzichtelijk had gemaakt dat een verbinding over de Westerschelde wel degelijk haalbaar was, was dit voor de overheid aanleiding om het project weer op te pakken. Randvoorwaarden werden opnieuw vastgesteld, nieuwe concept studies werden opgestart en een Milieu effect rapportage (MER) werd gemaakt. Vanaf dat moment werd gewerkt met een officiële project organisatie die beschreven is in de nota Projectorganisaties WOV van 1971 tot heden. Al deze inspanningen hebben geleid tot het referentie ontwerp dat ter voorbereiding van de officiële marktbenadering is opgesteld.



7. HANGBRUGBEREKENINGEN

ir. C.Q. Klap

Op het moment dat de eerste voorstellen voor een hangbrugtoepassing werden gedaan was de kennis en ervaring met dit soort bruggen beperkt. Op hoofdlijnen was wel bekend hoe het hoofdsysteem van een hangbrug werkte maar een gedetailleerd ontwerp was in Nederland nog niet gerealiseerd. Aan de TU Delft waren wel een beperkt aantal studenten afgestudeerd op hangbruggen. Daar dit in die tijd zeker geen kennis was die voor het oprapen lag en er praktisch nog geen computer- programma's beschikbaar waren, was het niet mogelijk tot een ver uitgewerkt voorstel te komen binnen de studietijd die er toen voor stond. De kennis op hoofdlijnen en informatie van bruggen in buitenland was wel voldoende om tot voorstellen te komen zoals gedaan bij de tracéstudies uit 1967.

Eind zestiger jaren ontstond er de behoefte om de variant bij Waarde als hangbrug uit te werken. Binnen Nederland was op dat moment de kennis beperkt om bovengenoemde redenen en werd besloten een buitenlands bureau in te huren genaamd Freeman Fox & Partners. Zij waren destijds door Mott Hay & Anderson (tegenwoordig Mott McDonald) betrokken bij de Forth Road Bridge over de Firth of Forth in Schotland, hoofdover-spanning 975 meter. Deze brug werd in 1964 geopend. Later zouden ze samen de Severnbrug bij Bristol ontwerpen, lengte hoofdoverspanning 988 meter, wat om een aantal redenen een revolutionair ontwerp kan worden genoemd. Deze brug is omstreeks 1969 geopend. Later zou Freeman Fox & Partners op eigen kracht de brug over de Bosporus bouwen die grote overeenkomst met het Severnbrug ontwerp had.

Severnbrug, revolutionaire keuzes

De Severnbrug was revolutionair te noemen daar twee principes duidelijk afweken van de tot dan toe gebouwde hangbruggen. Dit betrof het dek dat als stalen kokerligger is ontworpen en gebouwd met aërodynamische dwarsdoorsnede die veel weg had van een vliegtuigvleugel. De tweede principiële afwijking betrof het vervangen van de verticale hangers door geschoorde (inclined hangers). Dit tweede principe was min of meer een direct afgeleide van de keuze voor een kokerligger (boxgirder). De redenering was dat het traditionele vakwerk tot die tijd gebruikelijk was voor de hoofdligger. Dit type ligger had door zijn inwendige verplaatsingen een goede energieabsorptie wat gunstig is voor de aërodynamische demping. Een kokerligger heeft die eigenschappen niet en om die reden werd er gezocht naar een ander dempingssysteem wat gevonden werd in de toepassing van geschoorde hangers. Bij belasting beschreef de hanger een hysteresislus wat een maat is voor de energie-absorptie.

Tacoma Narrows bridge

Bij de Tacoma Narrowsbridge heeft de wereld het belang van aërodynamische stabiliteit geleerd. Deze brug is vooral bekend geworden door zijn spectaculaire instorting en de film die van deze instorting is gemaakt. Deze film is bij velen bekend daar zij al zeker tientallen malen voor de televisie is vertoond. De film kon gemaakt wor-

den daar de brug al een aantal dagen een afwijkend gedrag vertoonde bij niet eens erg hoge windsnelheden. Van de Tacoma Narrows bridge is geleerd dat de aërodynamische vorm van de dwarsdoorsnede erg belangrijk is. Is dit niet het geval dan ontstaan met een zekere frequentie luchtwervelingen, die de brug telkens een stoot geven. Als die stoot met een bepaalde frequentie, die overeenkomt met de eigenfrequentie van de brug, gebeurt zet die een trilling in gang. We kennen dit fenomeen, reden waarom een peloton soldaten uit de pas over bruggen loopt.

Het bestaan van een stootbelasting is niet wenselijk maar als er dan eigenfrequentie in de brug voorkomt die dat overneemt ontstaat er is een aërodynamische instabiliteit. De Tacoma Narrows had zo'n frequentie. Maar wat nog hinderlijker was dat er naast deze frequentie een aantal eigen bewegingen deze zelfde frequenties hadden. Hierdoor namen een aantal onderdelen deze frequentie over en versterkten ze elkaar ook nog. De buig- en torsiefrequentie van het dek lagen dicht bij elkaar alsmede de eigenfrequentie van de pyloon. Naar huidige inzichten kon het niet anders dan dat er vroeg of laat iets met deze brug zou gebeuren.

Bij tuibruggen liggen deze zaken wat minder gevoelig. Ook daar is het mogelijk dat een bepaald onderdeel in zijn eigen frequentie wordt aangeslagen. Maar men redeneerde altijd de tuien van een tuibrug hebben verschillende lengten en daarom een verschillende eigen frequentie. Dat ze een trilling van elkaar overnemen is dus min of meer uitgesloten. Een trilling van een enkele tui kan voor de tui zelf storend en onwenselijk zijn vandaar dat ze vaak individueel een demper krijgen.

Erasmusbrug

Dat we ook bij tuibruggen alert moeten blijven is in 1996 geleerd bij de Erasmusbrug. Daar het een tuibrug betrof leek deze brug een stuk minder gevoelig voor aërodynamische instabiliteit. Ook de vorm van het dek en een fors verschil tussen de buig- en torsiefrequentie van het dek waren gewaarborgd. Wat bij de Erasmusbrug wel mis ging is de trillingsinitiatie van de tuien als gevolg van afstromend regenwater, een fenomeen dat nog maar een aantal jaren geleden in Japan is ontdekt en bekend staat als flow induced vibration. Verder lagen de frequenties van de langere tuien in de buurt van de buigfrequentie van het dek waardoor een gevaarlijke situatie kon ontstaan.

Nederlandse hangbrug ontwikkelingen

Nadat de eerste hangbrugvoorstellen waren gedaan bij de eerste tracéstudies kwam ook in Nederland meer kennis beschikbaar. Een van de afstudeerwerken op de TU had betrekking een hangbrugontwerp over het Kanaal. Voor dit ontwerp had men, waarschijnlijk bij vergissing, via Professor Taylor van de Guilford University de beschikking gekregen over de uitgewerkte berekeningen van de Forth Roadwaybridge volgens de "Corrected theorie of Crosthwaite" en was men in staat gesteld berekeningen te maken aan de University of Manchester Institute for Science and Technology (

UMIST). Op dat moment voor zover bekend het enige beschikbare programma in de westerse wereld. Wat Japan toen aan kennis beschikbaar had, was hier niet bekend en communicatie met Japanners liep in die tijd ook nog een stuk moeilijker.

De berekening

Hangbruggen kennen drie belangrijke hoofdelementen voor de berekening. Dat zijn de pyloon, de hoofdkabel en het dek.

De pyloon laat zich redelijk traditioneel berekenen. De hoofdkabel heeft als prettige eigenschap dat deze over de gehele lengte van de brug dezelfde horizontale component kent die zich laat berekenen met de volgende formule:

$H = ql^2 / 8f$. (H = horizontale kracht; q = belasting per strekkende meter brug; l = overspanning van de brug; f = pijl van de boog van de hangkabels)

Ingewikkelder wordt de berekening van het dek. De formule die het fenomeen beschrijft is een redelijk eenvoudige differentiaal vergelijking van de vierde orde.

Een rechtstreekse oplossing van deze formule is niet mogelijk. Voor de oplossing worden verschillende benaderingen gekozen waardoor er meer oplosmethoden zijn ontstaan die geen van alle het precieze beeld geven van de werkelijkheid. De laatste handmatige theorie was de eerder genoemde "Corrected theorie of Crothwaite". Deze theorie was gebaseerd op oplosmethoden met Fourieranalyse. Het doorrekenen van een buigend moment kost handmatig bijna twee dagen.

Met het beschikbaar komen van computers is deze laatste theorie snel verlaten daar de computerberekeningen exactere resultaten gaven en veel minder bewerkelijk waren. Op deze manier konden ook veel eenvoudiger parameter studies worden uitgevoerd waardoor duidelijk wordt voor welke wijzigingen van de belastingen op de brug het systeem gevoelig is. Met de "Corrected theorie of Crothwaite" was het b.v. niet mogelijk het effect van rechte of geschoorde hangers mee te nemen.

Lastig bij hangbruggen is ook dat het maximale moment niet in het midden van de hoofdoverspanning optreedt.

Het is altijd een zoektocht om die doorsnede te vinden waar dit maximale moment optreedt. Het ligt meestal ongeveer op 1/8 van de lengte van de hoofdoverspanning. Heeft men de doorsnede van het maximale moment gevonden dan moet men daarna op zoek naar de maximale belasting voor die doorsnede. Laat men de lengte van de gelijkmatig verdeelde belasting op de brug groeien dat ziet men het moment ter plaatse van de doorsnede toenemen. Bij verdere groei ziet men het moment weer teruglopen. Men weet dan dat men het maximale moment heeft bereikt. Dit ligt voor iedere doorsnede weer anders. Men kan zich voorstellen dat deze berekeningen met de hand bijna onmogelijk zijn. Voor de ontwerpen heeft men deze exercitie voor een aantal dwarsdoorsneden gedaan met drie verschillende lengten gelijkmatig verdeelde belastingen.

Verder waren schaakbordbelastingen van belang om de maximale belastingen op de pyloon te vinden. Ook is er voor het Westerscheldeontwerp een aanvaring gesimuleerd.

Geschoorde hangers

De meest interessante resultaten werden gevonden bij de verdere analyse van de hangerkrachten. Voor alle verschillende belastinggevallen kregen we automatisch een uitdraai van de hangerkrachten. Deze zijn in een grote tabel verwerkt en gaven aan dat de krachten in geval van geschoorde hangers wel drie maal zo groot konden zijn dan uit een eenvoudige statische deelbelasting zou volgen. Op basis van deze resultaten bleek de enorme belasting van de hangers als gevolg van het niet geometrisch lineaire gedrag zo nadelig te zijn dat afgestapt werd van geschoorde hangers en gekozen werd voor verticale hangers. Het gaf ook gelijk een antwoord op de vraag waarom bij de Severn na ca 15 jaar alle hangers al vervangen moesten worden. Dit was een uniek resultaat van het onderzoek voor de Westerschelde omdat tot op dat moment dit fenomeen nog niet bekend was. Veel later is deze conclusie bevestigd door Dr. Homberg, de ontwerper van de Dartfordbrug te Londen.

8. AËRODYNAMISCH ONDERZOEK

A.J. Persoon

Inleiding

In het begin van de jaren 80 is, als alternatief voor een tunnel onder de Westerschelde, in opdracht van de stichting Westerschelde Oever Verbinding (W.O.V), het ontwerp van een hangbrug onderzocht in de lagesnelheidwindtunnels van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium. De beoogde brug, onderdeel van de oeververbinding, zou met een vrije overspanning van 918 m en pylonen van 92 m hoogte, één van de grotere hangbruggen in Europa zijn geworden.

Sedert 1970 wordt op het NLR met regelmaat onderzoek verricht naar het trillingsgedrag van nieuw te bouwen verkeersbruggen. Doordat een brugdek als een slanke vliegtuigvleugel kan worden beschouwd, kan de bij het NLR aanwezige (aëro-elastische) rekenprogrammatuur worden toegepast. Zo kunnen de stabiliteit van een brugdek tegen ongewenst trillingsgedrag (flutter) en de res-

ponsie op wervelexcitatie door de wind worden voorspeld. Daarnaast wordt met schaalmodellen in de windtunnel gewerkt. De procedures waarop het windtunnelonderzoek is gebaseerd, komen overeen met die welke zijn ontwikkeld in de Verenigde Staten na het instorten van de Tacoma Narrows brug op 7 November 1940.

Bij het construeren van moderne verkeersbruggen speelt de wind een belangrijke rol.

Reden daarvan is dat, door nieuwe berekening- en constructietechnieken, verkeersbruggen kunnen worden voorzien van een lange vrije overspanning met een relatief laag eigen gewicht, die echter gevoeliger zijn voor trillingen.

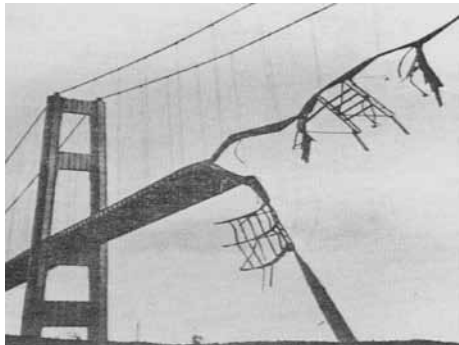
Wordt de brug in staal uitgevoerd, dan zal ook de constructiedemping laag zijn. Is daarnaast de geometrie van het brugdek verre van gestroomlijnd (zoals bij de voorgestelde hangbrug), dan zijn dit dé factoren die

een windtunnelonderzoek rechtvaardigen. Om deze redenen is destijds dan ook aan het trillingsgedrag van de hangbrug over de Westerschelde, onder invloed van wind, de nodige aandacht besteed.

In deze bijdrage wordt nader ingegaan op het aërodynamisch onderzoek in 1981 verricht op het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium.

Oorzaken van door wind opgewekte trillingen

Globaal genomen zijn er twee oorzaken aan te wijzen waardoor een verkeersbrug met een lange vrije overspanning in trilling kan geraken: wervel-excitatie en flutter [Lit.1].



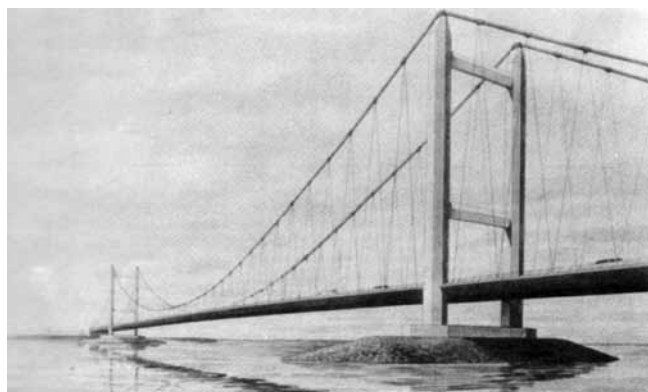
Instorting van de Tacoma Narrows Bridge

flutter [Lit.1].

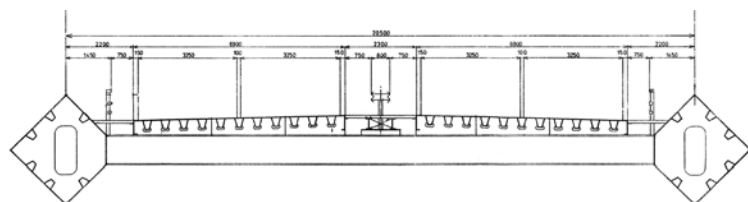
a) "wervel - excitatie" Hierbij is het brugdek door zijn vormgeving (zoals scherpe randen) in staat een (Von-Kármánse) wervelstraat te genereren. Trillingen ontstaan als de frequentie waarmee de wervels loslaten, samenvalt met een eigenfrequentie van de brug.

Kenmerkend voor dit verschijnsel is dat het optreedt bij één specifieke windsnelheid omdat de wervelfrequentie (f) evenredig is met de windsnelheid (V). Voor het karakteristieke getal van Strouhal (S) geldt: $S = f \cdot D / V$, waarin D de hoogte (m) van het brugdek voorstelt. De waarde van S bedraagt voor de meeste brugdekvormen $S = 0,1 \text{ à } 0,15$.

Wervel-excitatie doet zich meestal voor in een trillingsvorm met de laagste eigenfrequentie. Is deze frequentie bekend uit berekeningen, dan is ook de windsnelheid te schatten waarbij dit verschijnsel zich in de praktijk zal voordoen. Vaak blijkt deze lager te zijn dan $V = 15 \text{ m/s}$ (windkracht 6 à 7). Wervel-excitatie komt dan ook regelmatig voor. De responsie van een brugdek op wervel-excitatie kan in een windtunnel op relatief eenvoudige wijze worden vastgesteld en worden getoetst aan de normen geldend voor passanten.



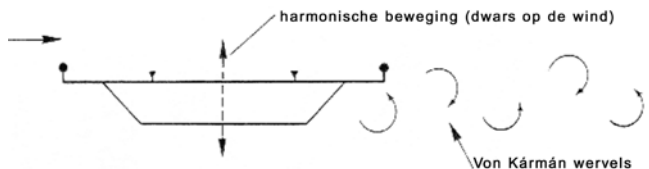
Ontwerp hangbrug over de Westerschelde



Dwarsdoorsnede brugdek

b) "Flutter"

Het brugdek wordt instabiel onder invloed van wind als twee trillingsvormen onder invloed van de luchtkrachten (aërodynamica) met elkaar gaan koppelen. Hierbij wordt door de wind arbeid geleverd in één van beide trillingsvormen, meestal de laagste torsietrillingsvorm. De demping zal door een onderlinge faserelatie afnemen, waardoor de trillingsamplitude in die trillingsvorm toeneemt. Boven een zekere windsnelheid zal de demping negatief worden. Het brugdek is dus niet meer gedempt en de amplitude wordt dermate groot dat breuk volgt. Dit verschijnsel is bekend uit de vliegtuigbouw, waar het "flutter" wordt genoemd. In de civiele sector spreekt men van "brugdek flutter" en dat moet worden voorkomen.



Von Kármánse wervelstraat

Onderzoek in de windtunnel (1981)

Onderzocht zijn de windinvloeden op het brugdek en de pyloon.

a) Brugdek

Gezien de specifieke vormgeving van het brugdek (de beide kokerprofielen) is met name aandacht besteed aan het fluttergedrag [Lit.2]. Uit de literatuur is bekend dat de luchtkrachten van weinig gestroomlijnde brugdekvormen de theoretisch berekende fluttersnelheid van de constructie aanzienlijk zullen verlagen. Voor het flutteronderzoek is een model van een sectie van de brug gebruikt.

Het houten, maar starre, brugdekmodel (1100 mm lengte) was in de windtunnel opgesteld tussen twee eindschotten waardoor de vereiste twee-dimensionale stroming rondom het model was gewaarborgd. Het model was bevestigd op drie elektrodynamische excitatoren, elk voorzien van een één-component rekstrookbalans waarmee de liftkracht werd gemeten. De excitatoren konden zowel in fase als in amplitude worden geregeld,



Modellen van brugsecties

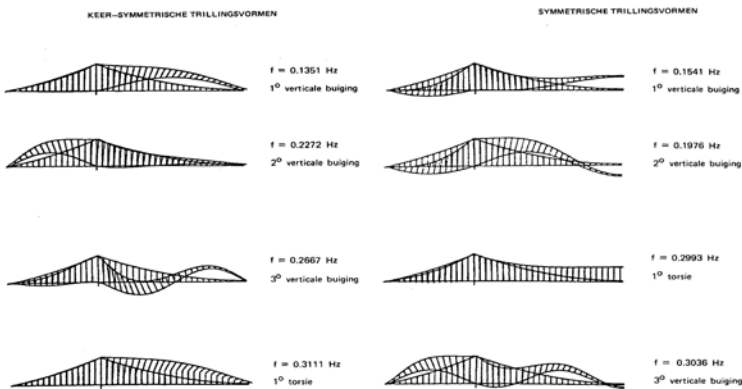
zodat een zuivere slagtrilling (translatie) of een zuivere rotatie om de lengte-as (halfkooepunt) van het model mogelijk was. Beide bewegingen zijn noodzakelijk om de luchtkrachten voor een flutterberekening te genereren. Het model was uitgerust met versnellingsmeters om de amplitude van de model trilling, zonder en met wind, op een zelfde wijze in te stellen. Na meting van de luchtkrachten bij een aantal windsnelheden en aandrijffrequenties van het model in de windtunnel, zijn flutterberekeningen uitgevoerd.

Daarvoor moesten eerst de eigenfrequenties en trillings-ormen van de brug bekend zijn. Deze zijn bepaald met een eindige-elementenmethode (destijds het programma "Trilstaaf" van het NLR). Voorbeelden



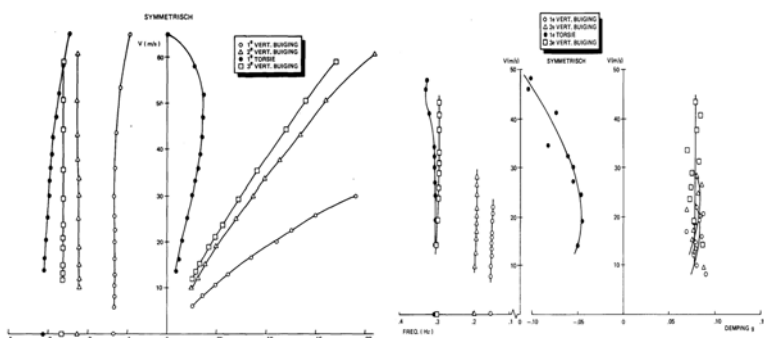
Opstelling meetapparatuur

van rekenresultaten zijn weergegeven in onderstaande figuur. Vervolgens zijn met deze gegevens flutterberekeningen gemaakt met theoretische luchtkrachten geldend voor een oneindig dunne vlakke plaat. De resultaten kunnen een indicatie geven of de windsnelheid waarboven flutter kan optreden niet te laag is. Een windsnelheid > 40 m/s (als 10 minuten gemiddelde) wordt volgens de normen in ons land als een minimum beschouwd.



Voorbeelden van rekenresultaten

Een voorbeeld van een flutterberekening wordt getoond in onderstaande figuren. In het linker deel van de grafieken zijn de eigenfrequenties uitgezet tegen de windsnelheid. In het rechter deel is de demping van het brugdek uitgezet als functie van de windsnelheid. Hieruit blijkt, theoretisch gezien, dat flutter optreedt boven 60 m/s (links) in de laagste torsietrillingsvorm; de demping is nu nihil (flutter onset). Maar met gemeten luchtkrachten (rechts) laat de eerste torsietrillingsvorm een negatieve



Voorbeeld van flutterberekening

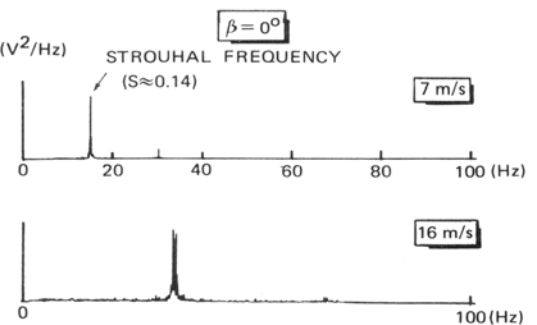
damping zien, al bij regelmatig voorkomende windsnelheden. De vormgeving van dit brugdek, met name de beide kokerprofielen, veroorzaakt kennelijk bij lage windsnelheden al een aërodynamische instabiliteit. Geadviseerd werd dan ook de geometrie aan te passen en een vervolgonderzoek uit te voeren. Dit heeft echter nooit plaatsgevonden door het destijds genomen besluit, een tunnel te realiseren.

b) Pyloon

Een ander aspect van het onderzoek betrof de pyloon

van de brug. Alhoewel van beton wordt in de literatuur vermeld dat dit soort constructies, ondanks een aanzienlijke constructiedemping bij relatief lage en daardoor vaak voorkomende windsnelheden in trilling kunnen geraken. Aangezien de pylonen voorafgaande aan de bouw van de overspanning een zekere tijd vrij zouden zijn opgesteld, leek het gezien de eerder berekende lage eigen frequenties niet uitgesloten dat trillingen zich voor zouden kunnen doen door wervel-excitatie (flutter wordt voor dit soort constructies uitgesloten geacht). Om deze reden is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een elastisch geschaald model (1: 60) van staal, waarbij (geringe) responsies bij een aantal windrichtingen werden vastgesteld. Met de gemeten luchtkracht coëfficiënten is via een berekeningsprocedure het responsiegedrag van de betonnen pyloon op ware grootte voorspeld.

Onderdeel van het onderzoek was verder het aantonen van wervels in het zog van de pyloon. Dit is gebeurd door middel van snelheidsmetingen. Van de meetsignalen is



Spectraal analyse van het zog-sigitaal

een vermogenspectrum bepaald. Een duidelijke wervel vertoont zich als een piek in het frequentiespectrum. De frequentie van de wervel neemt li-neair toe met de windsnelheid waaruit het getal van Strouhal kon worden bepaald ($S = 0.14$) en daarmee dus ook de windsnelheid die voor wervel-excitatie kon zorgen bij de pyloon op ware grootte.

Met behulp van rook zijn de wervels zichtbaar gemaakt, waarbij gebleken is dat alleen een duidelijke wervel achter de stroomopwaartse kolom ontstaat. Er is geen sprake van een wervelstraat achter de pyloon zelf, wat voor de responsie van een dergelijke constructie gunstig genoemd kan worden. De pyloon, als bouwphase van de Westerschelde hangbrug, heeft dan ook voldaan aan de verwachtingen.

Ten slotte

Dit artikel is tot stand gekomen op verzoek van Ir. C.Q. Klap, destijds werkzaam bij Rijkswaterstaat Directie Bruggen. Ir. Klap heeft de diverse windtunnelonderzoekingen bij het NLR aangestuurd en met interesse gevolgd. De medewerkers van de toenmalige afdeling Aëro-Elasticiteit (thans van de afdeling Aerodynamic Engineering en Trillingsonderzoek) van het NLR denken met plezier terug aan deze, ook voor hen, leerzame en interessante periode.

Literatuur

[1] Simiu, E and Scanlan, R.H.: "Wind effects on Structures": An Introduction to Wind Engineering, A Wiley-Interscience Publication, 1978.
 [2] Persoon, A.J., Siebert, C.M.: "The aerodynamic stability of the proposed Western-Scheldt suspension bridge; International Conference on Flow Induced Vibrations in Fluid Engineering Reading University, England, September 1982.

Voor meer informatie: www.nlr.nl

9. OPBOUW VAN EEN HANGBRUG

ir. C.Q. Klap

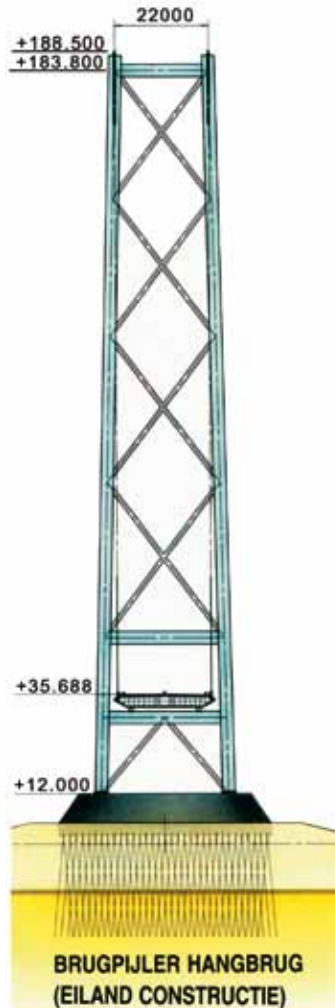
Een hangbrug is opgebouwd uit twee pylonen, twee ankerblokken waarin de hoofdkabel is verankerd, een hoofdkabel, hangkabels en een brugdek.

Pylonen

De bouw van pylonen kan als een min of meer als traditioneel bouwproces worden gezien als er van uitgegaan wordt dat de bouw ervan vergelijkbaar is met de bouw van een televisietoren of een industriële schoorsteen of een betonnen kern zoals deze bij hoogbouw wordt gebruikt. De hoogte van een hangbrug pyloon bedraagt ca 1/9 à 1/10 van de hoofdoverspanning vermeerderd met de doorvaarthoogte. Dit kan wel leiden tot forse hoogten, in het geval van de tot nu toe langste hangbrug de Akashi Kaikyo brug, in Japan bij Kobe, bedraagt de hoogte van de pyloon 287 meter. De pyloon is meestal opgebouwd uit twee staanders die ieder een van de twee hoofdkabels ondersteunen. In dwarsrichting zijn deze staanders verbonden door een aantal dwarsregels en in aardbevingsgebieden door kruisverbanden. In langsricting ontleent de pyloon zijn stabiliteit aan de hoofdkabel. Dit is onlangs op heel illustratieve wijze aangetoond bij de aardbeving in Kobe in 1995, intensiteit van de beving 7,2 op de schaal van Richter. Tijdens deze zware aardbeving was de brug in aanbouw en op het moment van de beving waren de pylonen en de hoofdkabels gereed. Bij deze beving is geen andere schade opgetreden dan dat de pylonen en de ankerblokken ten opzichte van elkaar wat verschoven maar de pyloon en de hangkabel hebben geen schade opgelopen. Zou de kabel nog niet aangebracht zijn geweest dan zou naar alle waarschijnlijkheid de pyloon ingestort zijn, omdat deze bij het ontbreken van de hoofdkabel geen steun in de langsricting van de brug had. In het algemeen zijn voltooide hangbruggen goed bestand tegen aardbevingen. Bij een verbinding over de Westerschelde is dat echter geen doorslaggevende eigenschap.

Verankering hoofdkabel

De verankering bij de oude hangbruggen was er meestal één waarbij de hoofdkabel in een gat in een of andere rotsige oever werd geleid en daarin dan verankerd werd. Men sprak dan van een tunnelverankering. Bij de meeste moderne hangbruggen wordt dat niet meer op deze wijze gedaan omdat er vaak geen rotsen zijn

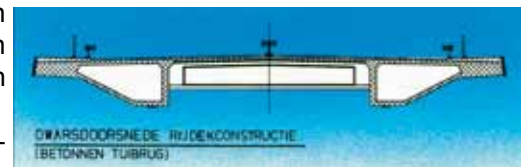


en ook omdat de hangbruggen groter zijn geworden en de daarmee tevens de te verankeren kabelkrachten. Ten onrechte is men lang blijven denken dat altijd rotsen nodig waren om een hangbrug te kunnen verankeren. Bij de Forth Road bridge was hiervan nog enigszins sprake. Bij de Severnbrug heeft men gekozen voor een totaal ander type verankering het zo genaamde gravity anchor block. Dit is een betonnen bak, voor Nederlandse begrippen een soort caisson, waarin de hoofdkabels werden verankerd. Als vuistregel kan men aanhouden dat het eigen gewicht van deze betonnen bak overeen moet komen met ongeveer 3 x de horizontale kracht uit de hoofdkabel. De hoofdkabel is opgebouwd uit een aantal strengen die ieder voor zich een eigen verankering in het ankerblok krijgen. Deze strengen waaieren uit over de gehele achterwand om de immense gebundelde kracht van de hoofdkabel te spreiden en niet te geconcentreerd op de betonconstructie over te brengen. De bovenkant van dit betonnen blok maakt soms deel uit van de rijweg. Dit is wel afhankelijk van hoe hoog de brug ligt hetgeen weer afhankelijk is van de doorvaarthoogte.

Het dek

Het dek van een hangbrug kan weer min of meer op dezelfde wijze worden

uitgevoerd als bij dekken van de wat grotere bruggen. Alleen de aërodynamische eigenschappen zijn specifiek voor tui- en hangbruggen, met name de vormgeving van de dwarsdoorsnede en het feit dat de buig- en de torsiefrequentie minimaal een factor 2 uit elkaar moeten liggen. Zoals al eerder besproken, werden de dekconstructies bij de wat oudere hangbruggen uitgevoerd met een vakwerkconstructie en bij de meer recente bruggen met een koker in de vorm van een vliegtuigvleugel.



De eerste hangbruggen hadden een dek dat was opgebouwd uit losse dekelementen die dan met hangers aan de hoofdkabel werden opgehangen. Ze hadden dan nog wel een zekere koppeling om te voorkomen dat het ene element hoger zou liggen dan het andere. Later toen men zwaardere lasten over de brug ging verplaatsen waren deze losse elementen toch wat bezwaarlijk. Het begon al met de Postkoets die zich door deze eigenschap constant in een kuil voortbewoog bij de passage van de brug. Zeker bij de wat kleinere bruggen waar de nuttige belasting hoog was ten opzichte van het eigen gewicht van de brug waren deze verplaatsingen groot. De hoofdkabel had het

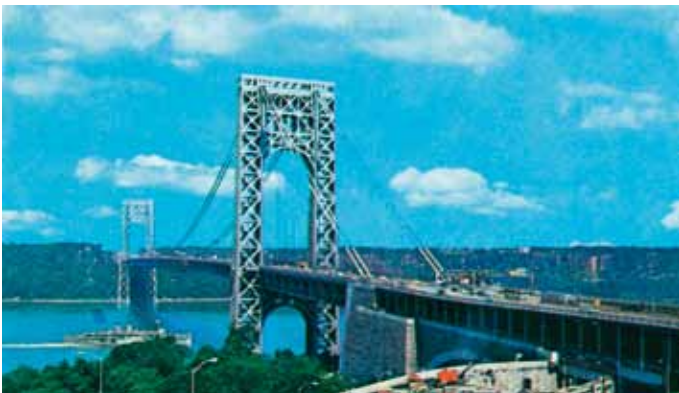




gedrag van een wat doorgehangen waslijn waaraan men trekt. De vorm van de kabel die dan ontstaat wordt één op één

op het dek overgebracht en een dergelijk dek gaat dan in dezelfde vorm hangen als de kabel. Dit soort ervaringen heeft ertoe geleid dat men het dek stijver is gaan maken. In geval van een stijf dek wordt de belasting over een zekere lengte door het dek gespreid hetgeen weer een meer gelijkmatige belasting van de hoofdkabel geeft. Hierdoor gedraagt deze zich dan wat minder als een waslijn. Waar het optimum aangaande de stijfheid van het dek ligt is nog steeds niet helemaal opgelost; de meeste dekken zijn waarschijnlijk zwaarder dan nodig.

Wel is het aërodynamische gedrag een belangrijk punt waarmee men rekening moet houden. Zo is bijvoorbeeld



De George Washington bridge

het dek van de George Washington bridge over de Hudson in New York voorzien van een tweede dek omdat men de beweeglijkheid van deze brug niet meer helemaal vertrouwde zeker na de instorting van de Tacoma Narrows brug. Ook de gewichtsverhoudingen spelen een belangrijke rol. Toen met Amerikaanse ontwerpers werd gesproken over een aluminium dek maakten zij in niet mis te verstane bewoordingen het grote belang van massa duidelijk omdat ook deze eigenschap belangrijk was voor de aërodynamische stabiliteit.

De dwarsstijfheid was bij de meeste bruggen geen probleem. Bij relatief smalle bruggen zoals deze b.v. in Noorwegen voorkomen door een gering verkeersaanbod moet men ook bij geringere overspanningen aandacht hebben voor de dwarsstabiliteit. Dit geldt ook voor bredere brugdekken met grote overspanningen zoals tegenwoordig worden ontworpen. In directe zin draagt een hoofdkabel niet bij aan de horizontale stijfheid van het dek in tweede instantie doet hij dat wel. Deze eigenschap treedt op als het dek zich door een harde wind in dwarsrichting verplaatst. Het dek zal dan in dwarsrichting aan de hoofdkabels gaan trekken. Bij de wat langere bruggen is de hoofdkabel echter zo zwaar dat deze niet zal meegeven en door de zwaartekracht in zijn vlak wil blijven. Hierdoor draagt de hoofdkabel in tweede instantie, als de tweede orde effecten worden meegenomen, in belangrijke mate bij aan de dwarsstijfheid van de brug. Het effect hiervan was in het midden van de brug het grootst omdat daar de hangers kort zijn.

Men kan de hoofdkabel ook wat actiever laten meewer-

ken aan de dwarsstabiliteit als men deze in een wat hellend vlak opbouwt. Dit geeft wel praktische bezwaren daar het al redelijk complex is om een hoofdkabel in een verticaal vlak op te bouwen laat staan in een hellend vlak. Voor extra dwarsstabiliteit kan ook gedacht worden aan hulpkabels maar dit maakt de zaak nog complexer dan een hoofdkabel in een iets hellend vlak. Voor toekomstige ontwerpen voor de grotere bruggen denkt men aan het vergroten van de dwarsstabiliteit door het verbreden van het brugdek door bijvoorbeeld de twee rijbanen wat uit elkaar te leggen. Men krijgt hierdoor wel langere dwarsdraggers.

Een ander fenomeen dat men ook tegenkomt bij hangbruggen zijn de zogenaamde windgaten (windslots) in het dek. Deze zijn bedoeld om ten behoeve van de aërodynamische stabiliteit te voorkomen dat zich onder het dek grote winddrukken opbouwen die het dek dan wat optillen. Bij de brug over de Taag in Lissabon heeft men om die reden zelfs de inhaalrijsstrook in de verkeers-weg uitgevoerd in roosters.

Hoofdkabel

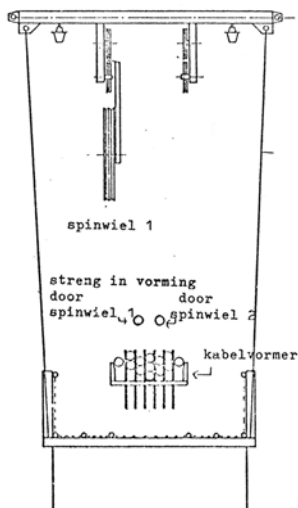
De hoofdkabel is misschien nog wel het meest belangrijke en complexe element van een hangbrug. De aller-eerste hoofdkabels bestonden uit lianen van plantaardig materiaal en later uit kettingen. De eerste wat grotere bruggen hadden hoofdkabels die bestonden uit "eye bars", stalen platen die met pennen aan elkaar verbonden waren. Voorbeelden zijn in Engeland de Conwy en de Menai suspension bridge van Telford in Noord Wales en de Clifton suspension bridge van Isambard Kingdom Brunel in Bristol. Er is ook wel geëxperimenteerd met kabels die in de industrie werden gebruikt. Dit zijn meestal geslagen kabels met een relatief grote rek onder belasting.

Deze kabeltypes hadden hun beperkingen als men naar steeds weer grotere overspanningen ging kijken. Het waren vader en zoon Roebling die voor een doorbraak zorgden op het gebied van de bouw van de hoofdkabels bij hangbruggen. Zij ontwikkelden midden negentiende eeuw het nog steeds veel toegepaste spinproces. Dit proces werd toegepast bij een van de meest beroemde bruggen die in 1883 geopend werd. Een nog steeds fenomenale prestatie bij de nog steeds mooiste brug die er bestaat. Een brug die velen tot de verbeelding spreekt en die vaak een decor is voor vele films. De naam van deze brug is de Brooklyn brug over de East River in New York. Deze brug kent een fantastische bouwgeschiedenis. Het voert te ver hier nu dieper op in te gaan.

Het spinproces

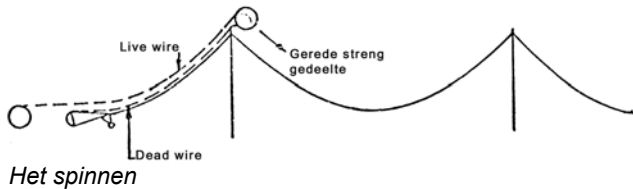
De hoofdkabel van een hangbrug bestaat uit een groot aantal parallelle draden. Bij het ontwerp van de brug over het Straatje van Ossensisse werd gesproken over een hoofdkabel opgebouwd uit 19 strengen van 420 draden met een breuksterkte van 1600 N/mm².

Deze draden moesten stuk voor stuk worden overgetrokken met een zogenaamd spinwiel. Om dit mogelijk te maken moet men beschikken over wat hulpmaterieel. Ter voorbereiding van het spinproces worden eerst "catwalks" aangebracht. Dit is een soort werkvloer die circa 50 tot 70 cm onder de hoofdkabel ligt. Iedere hoofdkabel heeft zijn eigen werkvloer (catwalk). De werkvloer kan pas aangebracht worden als de pylonen gereed zijn en de zadels zijn aangebracht. Iedere vloer bestaat



Catwalk met voorzieningen

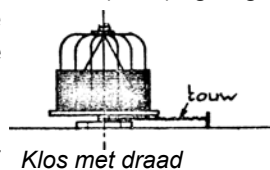
uit 2 x 3 kabels, waarop een stevig grofmazig "gaaswerk" wordt aangebracht. Boven op dit gaaswerk worden in de steilere delen houten latten aangebracht die met binddraad worden vastgezet. De treden zijn ervoor om te voorkomen dat men niet, als het gaas nat is, naar beneden glijdt. Deze werkvloeren zijn ongeveer 2,5 à 3 meter breed. Verder krijgen de werkvloeren aan beide zijde een leuning kabel. De ruimte tussen deze leuning en de vloer wordt eveneens met gaas dichtgezet. Om slingers van de catwalks tegen te gaan worden deze naar beneden met kabels afgespannen en worden een aantal dwarsverbindingen in de vorm van loopbruggen tussen de twee catwalks aangebracht. De werkvloer is daarmee gereed en kan veilig belopen worden van de ene zijde van de brug naar de andere. Het zal duidelijk zijn dat het aanbrengen van de catwalks wat ingewikkelder is dan het gebruik ervan.



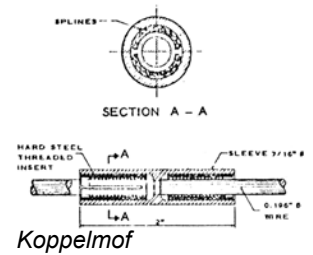
Als de catwalk gereed is kan men nog niet spinnen. Hiervoor worden circa 4 tot 5 meter boven de catwalk 2 kabels gespannen die iedere 60 meter een stalen dwarsverbinding krijgen waaronder de voorzieningen van het spinwiel komen te hangen. Aan deze verbindingen wordt ook de verlichting aangebracht zodat men ook als het donker is kan werken.

Het spinnen zelf komt er op neer dat men 4 draden gelijktijdig overtrekt met een snelheid van 3,5 à 5 m/sec. Twee draden zitten al vast in het ankerblok en twee einden worden vanaf de draadvoorraad aangevoerd. Één spinwiel gaat vol heen en het andere spinwiel komt leeg terug in een heen en weer gaande beweging. Als het wiel aan de overkant aangekomen is wordt de draad van het wiel afgenomen en over een halfcirkelvormig blok gelegd, de kabelschoen, wat de individuele verankering is van de streng.

De draad wordt opgerold, zonder haspel, als tros aangevoerd in hoeveelheden van ca 0,5 ton. De bundel wordt in de spininstallatie op een klos (swift) gelegd met een middendeel waar de tros overheen past. Op deze wijze kan de draad afgespoeld worden. De draad wordt via een stabilisatietoren over omloop-schijven de brug opgevoerd. Deze stabilisatietoren brengt spanning in de kabel en zorgt ervoor dat schokken die zich bij het overtrekken voordoen opgevangen worden. Als de klos leeg is wordt het eind met een koppelmof gekoppeld aan de draad op een volgende tros die daar al klaar ligt. Een koppelmof

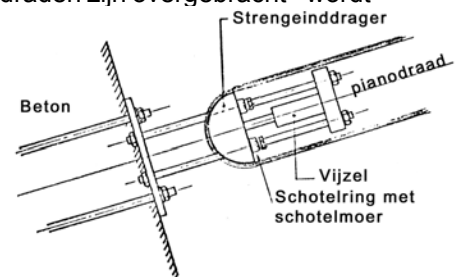


is een metalen buisje met hardstalen losse plaatjes. Het geheel wordt samen geperst en een volwaardige verbinding is een feit. Bij de opbouw van de kabel probeert men de locaties van de koppelmoffen wat te spreiden. Anders zou de kabel op een plaats veel te dik worden. Men zorgt er in ieder geval voor dat er zich geen koppelmoffen bevinden ter plaatse van de later aan te brengen klampen voor de hangkabels. Meestal komt dit goed uit. Als dit niet het geval is dan kan men er altijd nog een stuk tussenuit knippen en de draad opnieuw doorkoppelen. De koppelmoffen zijn relatief eenvoudig aan te brengen met een simpele pers.



Koppelmof

Zoals uit het voorgaande blijkt worden de hoofdkabels opgebouwd uit een aantal strengen. Het spinproces gebeurt streng voor streng. De streng wordt zo gesponnen dat hij tijdens het spinnen ca 30 cm (1 foot) hoger hangt dan het gereede deel van de hoofdkabel. Dit wordt gedaan om er zeker van te zijn dat iedere draad vrij hangt. Zou men namelijk de draad neerleggen op het deel dat gereed is dan zou hij het ene moment strakker liggen dan het andere moment. Daardoor zou later bij belasting van de brug geen gelijkmatige spanningsverdeling over de draden worden verkregen. Als de streng gereed is - dit is het geval als 350 à 400 draden zijn overgebracht - wordt de streng in zijn geheel op de juiste positie gebracht. Men noemt dit cable adjustment.



Verankering draad in ankerblok

Dit cable adjustment gebeurt in de nacht omdat men dan zeker is van een gelijkmatige temperatuurverdeling. Iedere streng heeft een eigen verankering in het ankerblok met behulp van een kabelschoen. Deze kabelschoen zit met 4 draadeinden vast waardoor deze nagesteld kan worden. In geval van cable adjustment wordt de verankering zover gelost dat de streng precies de vooraf berekende zakking krijgt (van de hiervoor vermelde 1 foot) en krijgt zo zijn definitieve positie.

Als op die wijze alle strengen zijn vervaardigd heeft men een bundel strengen die vaak met touwen bij elkaar worden gehouden maar nog niet de mooie gladde hoofdkabel vormen zoals we die van de foto's kennen. Om zover te komen wordt de kabel "gecompact". Met een aantal persen wordt de kabel in een ronde vorm gedrukt en met houten hamers worden de draden in deze vorm geslagen. Het zal duidelijk zijn dat de draden van de buitenste strengen zich het meeste verplaatsen en gespreid worden over de omtrek. Na de compacting worden roestvaststalen banden rond de hoofdkabel gespannen, kunnen de klampen worden aangebracht en is brug gereed voor de verdere opbouw. De klampen zijn de bevestigingspunten voor de hangkabels. Nadat het dek is aangebracht en alle zettingen en vervormingen in de kabel zijn opgetreden werd vroeger de buitenkant van de kabel ingesmeerd met rode menie-

pasta en werd de kabel tussen de klampen omwikkeld met een 3,7 mm dikke gegalvaniseerde draad. Over deze draad werd weer tape aangebracht om zodoende een duurzaam goed geconserveerd geheel te krijgen. Filosofie was: we maken hem waterdicht en als er toch nog vocht in de kabel mocht komen dan maken we voorzieningen dat dit vocht zo snel mogelijk kan worden afgevoerd.

De enige nieuwe variant die na het spinproces nog is bedacht en uitgevoerd is die van de Prefabricated Parallel Wire Strands (PPWS). De hoofdkabel wordt daarbij uit geprefabriceerde strengen opgebouwd. Een hoofdkabel bestaat n.l. uit strengen die op hun beurt weer bestaan uit 69 tot 129 individuele draadjes. Met name in Japan is deze methode ontwikkeld en toegepast bij een aantal bruggen in hun enorme Honshu Shikoku brugproject, bestaande uit drie weg/spoor verbindingen tussen de genoemde eilanden. Deze methode kwam er op neer dat men de strengen waaruit de hoofdkabel is opgebouwd van tevoren fabriceerde, op een haspel spoelde, vervolgens naar het werk transporteerde en over de catwalk weer uitrolde om deze vervolgens in de hoofdkabel aan te brengen. De haspels met deze strengen zijn relatief zware elementen. Vandaar dat bij deze bouwmethode minder individuele draadjes zijn opgenomen in de streng dan bij een gesponnen streng. Respectievelijk 69 – 129 draadjes in een prefab streng versus 350 – 400 draadjes in een gesponnen streng. Het belang van het gewicht werkte ook door op het hulpmaterieel. Om die reden zijn prefabkabels voor de langere hangbruggen dan ook minder geschikt.

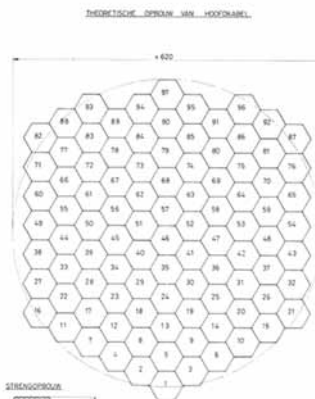
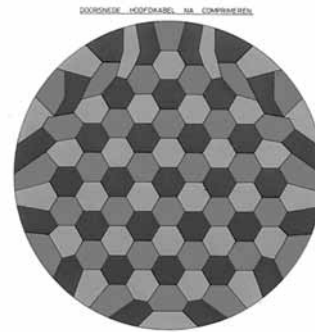
In deze prefabstrands liggen de draadjes net als bij de gesponnen streng parallel aan elkaar dit geeft de grootste stijfheid en maakt de hoofdkabel daardoor het meest effectief.

Het toenmalige bedrijf British Ropes heeft in de zestiger jaren nog geëxperimenteerd met geslagen kabels. Deze zijn zelfs nog toegepast bij de Lille Belt brug in Denemarken. Geslagen kabels hebben een minder stijf gedrag. Men probeerde de stijfheid nog op te voeren door de kabels een langslag te geven en in de fabriek vooraf voor te rekken. Dit was natuurlijk met kabels met een zo'n grote lengte een enorme operatie. Voor zover bekend heeft deze toepassing weinig herhaling gekend of het moet bij kleinere bruggen zijn geweest.

Nog een karakteristiek punt dat hier moet worden vermeld is het gegeven dat men bij het ontwerp van een hoofdkabel wereldwijd voor hoofdkabels, algemeen gesteld, een constructieve veiligheid van 2,5 aanhoudt. Normaal voor civiele constructies bedraagt dit 1,5. De hoofdkabels zijn dus relatief zwaar. Een deel van die extra veiligheid heeft men nodig omdat bij de oplegging van de hoofdkabel in de zadels boven op de pyloon een drieassige kabelspanning ontstaat. Met deze spanningen werd in ontwerpberoeeningen in die tijd geen rekening gehouden. Dit fenomeen deed zich ook, maar dan in mindere mate, voor bij de zadels in het ankerblok. Een tweede reden waarom die extra veiligheid ook gewenst was, was het feit dat de kabel na verdichten (compacten) zich min of meer als een stijf element ging gedragen. Het waren dan geen individuele draadjes

meer die gelijkelijk de trekkracht opnamen maar de kabel gedroeg zich min of meer als een stijf geheel met de daarbij behorende buigspanningen, als deze doorboog bij belasting van de brug. Dit fenomeen deed zich het sterkste voor in de nabijheid van de pyloon.

Keuze Hoofdkabel Westerschelde



Opbouw van de kabel

Voor de ontwerpen van de Westerscheldebruggen zijn we hoofdzakelijk van het spinproces uitgegaan. Wel zijn de gedachten en uitwerkingen met betrekking tot het spinnen getoetst aan de ontwikkelingen in Japan met de Prefabricated Parallel Wire Strands daar deze methode ongevoeliger was voor onwerkbaar weer. Er zijn destijds een aantal contacten geweest met de Japanners en zij hebben zelfs nog een offerte uitgebracht voor de hoofdkabel. Toen deze marginaal onder de ramingen van Directie Bruggen bleek te liggen is toen gekozen voor het spinproces

althoewel we de deur open lieten staan voor de PPWS. In onze beleving moest dit proces goedkoper zijn dan spinnen daar de Japanners een fabriek hadden voor de productie ervan en daardoor onder meer onafhankelijk waren van onwerkbaar weer.

Een andere discussie die breed gevoerd is in die dagen was de discussie over de dikte van de individuele draad. Standaard voor dit proces waren verzinkte draden met een dikte van 5 mm. Aangezien draden met maximaal vier tegelijk werden overgetrokken werd overwogen of niet beter kon worden uitgegaan van draden van 7 mm die al gebruikt werden bij voorgespannen beton. De doorsnede van een 7 mm draad is ongeveer twee maal groter dan een draad van 5 mm. Dit betekende de helft minder spinbewegingen. In al zijn simpelheid was dit een moeilijk op te lossen probleem. Degene die daar wel duidelijkheid in kon verschaffen was mr. Knox van Cleveland Bridge. Betrokken bij de Engelse hangbruggen en later ook bij de Tsing Ma brug in Hong Kong. Mr. Knox was op uitnodiging van ons in Nederland. Hij gaf aan dat het beter was een draad met 5 mm doorsnede te nemen dan een draad van 7 mm doorsnede. De reden hiervoor was simpel en praktisch: Een draad van 5 mm laat zich redelijk handelen met de hand en bij een draad van 7 mm lukt dat niet vanwege een veel grotere stijfheid. Dit advies is toen overgenomen gezien de enorme ervaring van hem.

10. HANGBRUG ONTWIKKELINGEN

ir. C.Q. Klap

Een van de meest bekende hangbruggen in de wereld is de Golden Gate brug in San Francisco. Deze brug is in 1933 opgeleverd en is tot eind jaren zeventig de brug met de grootste hoofdoverspanning in de wereld geweest. De hoofdoverspanning bedraagt 1290 meter. Over een periode van 50 jaar hebben zich nauwelijks spraakmakende ontwikkelingen voorgedaan op het gebied van hangbrugbouw. Het is de Humberbrug geweest, geopend in 1979 die dit record heeft doen sneuvelen met een hoofdoverspanning van 1410 meter. De nu grootste hangbrug is de Akashi Kaikyo brug met een hoofdoverspanning van 1991 meter. De brug in Denemarken over de Storebaelt had nog even de grootste kunnen zijn als deze eerder geopend had kunnen worden dan de Akashi Kaikyo brug. Deze Storebaelt Oost brug heeft een hoofdoverspanning van 1600 meter.

Er zouden meer hangbruggen gebouwd zijn als de toepassing van tuibruggen niet zo sterk naar voren zou zijn gekomen. Zoals al eerder is opgemerkt, zijn deze bruggen meer dan 100 jaar uit de gratie geweest vanwege een aantal slechte ervaringen. Tuibruggen onderscheiden zich van hangbruggen doordat de kabels rechtstreeks tussen pylloon en dek bevestigd zijn en ze min of meer in rechte lijnen het beeld bepalen. Een hangbrug kent een gebogen hoofdkabel waaraan hangkabels zijn bevestigd waaraan het dek hangt. In de zestiger jaren zijn tuibruggen vooral in Duitsland sterk

in opkomst gekomen en werden deze met hoofdoverspanningen met een lengte van ca 300 meter toegepast. Een enkele uitzondering bevestigde ook hier de regel zoals de hangbrug in Emmerich net over de Nederlands – Duitse grens, gebouwd in 1965 met een hoofdoverspanning van 500 meter. In het voorstel van de Tolbrug Exploitatie Maatschappij (TBM) voor de Westerschelde oeververbinding werd destijds ook een tuibrug over het Straatje van Willem voorgesteld. Dat was op deze locatie mogelijk doordat het Straatje relatief smal is. Later zijn tuibruggen met overspanningen tot 450 meter gerealiseerd totdat in 1995 ineens een nieuw record werd gerealiseerd met de Pont Normandie bij Le Havre met een hoofdoverspanning van 850 meter. Of bij die overspanningen een tuibrug nog economisch is valt misschien nog te bezien maar technisch is aangetoond dat een tuibrug met deze lengte mogelijk is. Tuibruggen hebben pylonen die gemiddeld 3 à 3,5 maal zo hoog moeten zijn dan die van een hangbrug bij een gelijke hoofdoverspanning. Dus ook om die reden is de toepassing van een tuibrug bij zeer grote overspanningen een weinig reële oplossing. Een tuibrug over de straat van Messina zou dan een pylloon hoogte van 1 km moeten krijgen.

Daar waar grote overspanningen aan de orde zijn, zeker boven de 850 meter, zijn hangbruggen de aangewezen oplossing.



Golden Gate Bridge 1933.

De hangbrugontwerpen over de Westerschelde zijn sterk gebaseerd op de laatste ontwikkelingen in Engeland. Een groep ontwerpers had daar aansluitend de ontwerpen van de Tamar (test brug), Firth of Forth en de Severnbrug gerealiseerd. Deze ontwerpers zijn later doorgeslagen met de Bosphorusbrug in Istanbul en de Tjing Ma brug in Hong Kong. De kennis van de uitvoering zat in die tijd bij de staalconstructiebedrijven Cleveland Bridge en Redpath Dorman Long. In de periode waarin het ontwerp van de hangbrug over het straatje van Ossenisse werd gemaakt, was in Engeland de Humber brug in aanbouw. Aan deze brug zijn een aantal bezoeken gebracht, zijn er minstens 1000 foto's gemaakt en het gehele spinproces werd in al haar facetten bekeken. Dit heeft er toe geleid dat het ontwerp van de brug over het Straatje van Ossenisse gecombineerd met de berekeningen in Manchester en het aerodynamisch onderzoek volledig afgerond kon worden. Deze brug is zelfs zover voorbereid geweest dat hij volledig bestekklaar was en gereed was om als aanvraag op de markt uit te zetten. Als de financiering geen probleem was gebleven was het ook wel zo uitgevoerd en had er nu een andere oeververbinding gelegen dan degene die op 14 maart 2003 zal worden geopend.

Omstreeks 1970, toen de eerste hangbrug ontwerpen aan de orde waren, is er ook een bezoek gebracht aan de Lillebaelt brug in Denemarken, hoofdoverspanning 1600 meter en in 1971 geopend. Bij deze brug zijn geslagen strengen gebruikt voor de opbouw van de hoofdkabel. Uniek was de toepassing van gedroogde lucht bij de ingang van de stalen koker waardoor alleen een lichte conservering kon worden aangebracht. Deze methode ziet men steeds meer maar zij werd eind zestiger jaren al uitgevonden.

Ook zijn er bezoeken gebracht aan de beheerder van de Severnbrug om te horen wat in zijn beleving de belangrijke onderhoudsaspecten zijn.

Gelijktijdig met de ontwikkelingen in Engeland was in Japan het Hoshu Shikoku project in uitvoering. Een waar paradijs voor bruggenbouwers. Hier was een project in uitvoering dat drie verbindingen van ca 15 km lengte zou gaan opleveren tussen drie eilanden. Een enigszins bijzonder plan daar tot op dat moment de verbindingen plaats vonden met veerponten. Dit project omvatte 6 hangbruggen, 8 tuibruggen, één boog- en één vlakke brug. Dit project zou door het overheidsontwerpteam worden bezocht. Dit soort werkbezoeken liggen echter altijd wat gevoelig bij bestuurders die het belang ervan niet kunnen inschatten. Ondanks dat drie man zouden reizen met een charter wat overeenkwam met een normaal ticket was dit te veel gevraagd van de toenmalige secretaris generaal. De delegatie werd van samenstelling veranderd en werd een gecombineerde delegatie van overheid en bedrijfsleven afgevaardigd. Tijdens dit bezoek is onder meer de Ohnaruto en de Innoshima hangbrug bezocht. Een groot probleem bij de beoordeling van de Japanse oplossingen was dat men in Japan omslachtig te werk gaat, veel uren besteedt en met veel extra zekerheden werkt. Het was daarom moeilijk te bepalen welke ervaringen overgenomen konden worden voor zaken die hier nog niet uitgezocht waren.

Waar we bij de voorbereidingen van de Westerschelde hangbruggen veel profijt van hebben gehad is de documentatie van de Japanse Kanmon hangbrug geweest. De extra inspanningen die ze hier verrichten werpen zeker hun vrucht af in het kader van gedetailleerde vastlegging van hoe gewerkt is, kennis overdracht en evaluatie. In Japan wordt een werk afgerond met een volledig ingebonden tekeningenboek en een beschrijving van het hele werk, inclusief onderzoek, uitvoering, testen tijdens de uitvoering etc. Deze beschrijvingen zijn vastgelegd in een boek dat zo'n 1400 pagina's beslaat. Waar de ontwerpploeg Van de Directie Bruggen van de RWS met name veel profijt van heeft gehad is van het hoofdstuk aangaande de bouw van de hoofdkabel. Dit hoofdstuk is geheel vertaald waardoor een goed beeld werd verkregen hoe de prefabricated strengen voor de Kanmon brug waren gemaakt en gemonteerd. In Japan is men verplicht om ca 3 % van de totale bouwkosten te investeren in onderzoek aan het betreffende project. Hierdoor wordt er zeer veel gemeten wat in het kader van het aërodynamisch gedrag veel extra informatie oplevert. Ook worden op de brug proefbelastingen aangebracht van wel honderd vrachtwagens waardoor men het vervormingsgedrag van de brug weer kan toetsen aan de berekeningen. Kortom er is destijds een aardige kennisdrain gedaan ter voorbereiding van een te bouwen hangbrug over de Westerschelde.

Het was opvallend om op een gegeven moment te ervaren dat niet alleen Nederlandse ontwerpers naar de het buitenland gingen om kennis te vergaren maar dat ook buitenlandse bruggenbouwers informatie kwamen halen in Nederland. Dat was een goed teken voor het niveau waarop de ontwerpgroep terecht was gekomen bij de voorbereidingen van deze voor Nederland geplande grootste te bouwen brug.

Nieuwe ontwikkelingen bij het ontwerpen van de Westerscheldeoeververbinding

De hangbrug over de Schaar van Ossenisse was tot besteksniveau uitgewerkt, dit betekent dat het definitief ontwerp van deze brug was afgerond en dat het bijbehorende bestek ook gereed was.

Om een project tot dat niveau te kunnen uitwerken dienen alle zaken uitgezocht te zijn. Het project is dan eenduidig gedefinieerd en ver genoeg uitgewerkt zodat bouwbedrijven een aanbieding konden doen. Om de hangbrug ten opzichte van de andere ontwerpen interessant te houden - er waren over de Schaar van Ossenisse immers ook alternatieve vlakke brugontwerpen - diende grote inventiviteit aan de dag te worden gelegd. Dit heeft geleid tot een aantal nieuwe ontwikkelingen die verder in dit hoofdstuk worden behandeld. De toen ontwikkelde kennis is zeer goed bruikbaar gebleken bij het zoeken naar andere oplossingen voor de tracés die zijn opgepakt nadat het tracé Kruinigen – Perkpolder (o.a. over de Schaar van Ossenisse) was verlaten.

Als nieuwe ontwikkelingen zijn te noemen:

1. de geavanceerde berekeningsmethode met daartoe geëigende computerprogramma's,
2. systematisch doorrekenen van een aantal belastinggevallen,
3. berekenen van de brug op eventuele aanvaarbelaastingen,



Humberbridge

4. na de geschoorde hangers opnieuw kiezen voor verticale hangers,
5. risico analyse kans van aanvaren van de bovenbouw,
6. dek bestaande uit dubbele kokers,
7. "groeidek", eerst halve breedte aanleggen, later verbreden.
8. beweegbaar deel in hangbrug.

Ad 1 - De berekeningen zijn beschreven in hoofdstuk 6. Nieuw element was hier dat het voor de bouw van de Forth Road Bridge ontwikkelde programma voor de Westerschelde als ontwerp programma is gebruikt. Dit betekende dat er aanvullende software geschreven moest worden om o.a. tot de ideale afmetingen van de brug te komen en het rekenen met laststelsel. Zoals gezegd werd op deze wijze een beter inzicht verkregen dan met de berekeningsmethoden die tot op dat moment door de consultants gebruikt werden. Zoals eerder opgemerkt hadden we toen geen goed zicht op hoe ontwerpen in Japan tot stand kwamen.

Ad 2 - Belastinggevallen op systematische wijze doorrekenen en het doen van een parameter onderzoek met een computer waren tot op het moment dat het hangbrugontwerp voor de Westerschelde speelde nog niet aan de orde geweest. De Forth Road Bridge en Severnbridge waren immers berekend met de handmatige berekening "the Corrected Theory of Crosthwaite".

Door het relatieve gemak van het rekenen met een computer op het moment dat een hangbrug is gemodelleerd en de zeer grote capaciteit van de computer - zeer belangrijk in die dagen - was het berekenen van extra belastinggevallen relatief eenvoudig. Aan de hand van de beschikbare resultaten waren nog meer conclusies te trekken geweest. Er bestonden in die tijd helaas nog geen pre- en postprocessors zodat het aan één kant makkelijk was een extra berekening uit te voeren maar aan de andere kant ging men bijna ten onder aan de enorme brei van resultaten.

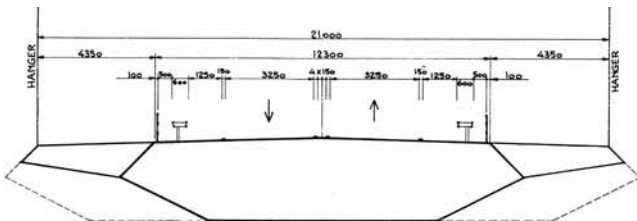
Ad 3 - De berekeningen die eveneens zinvol waren en die nu eenvoudig uitgevoerd konden worden waren de berekeningen van aanvaarbelaastingen. Daar een hangbrug vrij flexibel reageert met een groot aantal secundaire effecten kwam het zeer goed van pas deze resultaten beschikbaar te krijgen.

Ad 4 - Hangerconfiguraties konden met de beschikbaarheid van het programma ook op eenvoudige wijze worden onderzocht. Zoals eerder aangegeven is bij de Severnhangbrug en de Bosphorusbrug gekozen voor geschoorde hangers. De effecten van deze keuze waren niet geheel bekend. Ook waren er in de praktijk problemen met deze hangers. Door de kwaliteit van de berekening was het mogelijk de effecten van de beide varianten boven water te krijgen en was het mogelijk om op eenvoudige wijze de oorzaak van de problemen met de geschoorde hangers inzichtelijk te maken. Later is ook bij andere projecten over dit fenomeen gerapporteerd.

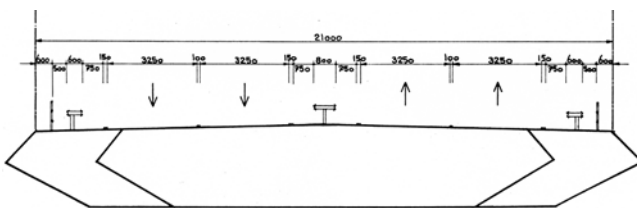
Ad 5 - Een risicoanalyse van de kans op aanvaren van de bovenbouw van de hangbrug over de Schaar van Ossensisse was een logische stap na de ervaringen met probabilistische berekeningen die bij de Oosterscheldedekering zijn gemaakt. Een aantal ervaringen opgedaan bij deze analyse zijn weer toegepast bij de Oosterscheldedekering. Het bijzondere van het onderzoek naar de aanvaarkans van de brug over de Schaar was dat de brug in feite hoog genoeg lag voor de scheepvaart in de Schaar. Daar zij echter een kortsluitverbinding was tussen de overloop van Hansweert en het Zuidergat voeren er in de buurt van de brug ook hogere schepen en zou een van deze schepen bij vergissing gebruik kunnen maken van de Schaar. Aan de andere kant was er ook een zekere limitering van schepen die per vergissing in de buurt zouden komen daar de grootste schepen door de geringere diepte van de Schaar al aan de grond zouden lopen voordat ze de brug konden bereiken. Een ander risico was dat een schip dat gebruik maakte van de hoofdvaargeul stuurloos zou raken. Een schip die dit overkomt zou als gevolg hiervan de Schaar in kunnen schieten en zo de brug kunnen raken. Het risico dat dit zou gebeuren was aan de oostkant van de brug groter dan aan de westkant. Enerzijds omdat het Straatje van Ossensisse aan de oostkant meer in het verlengde van de hoofdvaargeul ligt, het Zuiderdiep, en anderzijds omdat de Schaar een ebeugel is en deze aan de oostzijde van de brug dieper is. Genoeg reden voor een nader onderzoek. Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de TU – Delft, professor van Douwen en TNO.

Ad 6 - Een dek met een dubbele koker is ontstaan als gevolg van de moeilijker handelbaarheid van een brede enkele koker boven de slikken onder de zijoverspanningen van de brug en een voortdurend streven om tot de meest economische oplossingen te komen.

Bij hangbruggen wordt het dek in zijn algemeenheid gemonteerd met behulp van hijsliggers die op houten wielen over de hoofdkabel kunnen worden verplaatst. De hijsliggers zijn voorzien van kabels die de deksecties omhoog kunnen hijsen. Deze kabels lopen via de catwalk naar de voet van de pyloon waar voor dit doel lieren staan opgesteld. Een lier op de hijsligger zou deze te zwaar maken. Om de secties met de hijskabels op te pakken worden de secties met pontons onder de brug gevaren, aangekoppeld en opgehesen. Bij de zijoverspanningen is het soms niet mogelijk met de secties onder de brug te varen. Er zijn dan wel oplossingen beschikbaar door de secties op te hijsen en daarna met de naastliggende hangers over te pakken en stap voor stap door te zwaaien. Dit is een complexe operatie. Om die reden is er gezocht naar een methode om het dek op te bouwen met lichtere elementen die over het gereede deel van de brug konden worden aangevoerd.



Dwarsdoorsnede bij de start twee rijstroken



Dwarsdoorsnede na verbreding tot vier rijstroken

Daar dit een geheel nieuwe doorsnede zou worden die ook elders nog niet was toegepast was een nader aërodynamisch onderzoek nodig. Over het onderzoek zelf is gerapporteerd in artikel 8. Interessant is om te constateren dat bij recente ontwerpen van de wat grotere bruggen meer en meer ontworpen wordt met dekconstructies die zijn opgebouwd uit meerdere kokers. Bij deze bruggen is de belangrijkste reden om breedte te geven aan het dek zodat extra stijfheid ontstaat in de dwarsrichting van de brug.

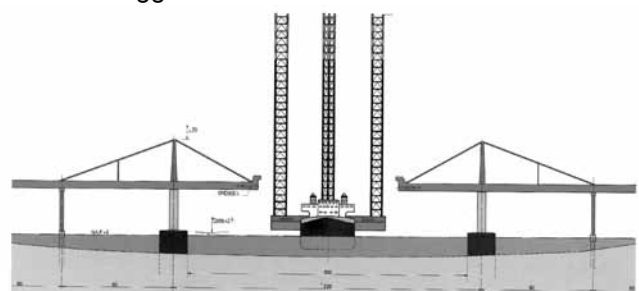
Ad 7 - Een "groeidek" kwam er op neer dat in eerste instantie een smaller dek aangelegd zou worden en dat dit later met de verkeerstoename mee zou groeien. Deze oplossing is voorgesteld in de nota van Directie Bruggen: "Feasibility alternatieve tracés" van 18 april 1986. In deze nota werd voorgesteld dat met een alternatief tracé de inkomsten meer dan verdubbeld konden worden en dat met twee hangbruggen ook de stichtingskosten substantieel naar beneden konden worden bijgesteld. De lagere investeringskosten werden onder meer veroorzaakt door de toepassing van een groeidek. De hoofdkabels en de pylonen zouden op de uiteindelijke definitieve breedte worden aangelegd

en het wegdek voorshands voor twee rijstroken. Zo voorzichtig werd in die dagen over het verkeersaanbod gedacht. Dwarsdragers zouden om de vier liggers op circa 18 meter hart op hart verbreed kunnen worden tot de uiteindelijke breedte zodat deze recht onder de hangers konden worden bevestigd. Op deze wijze was het later verbreden ook weer een eenvoudige zaak.

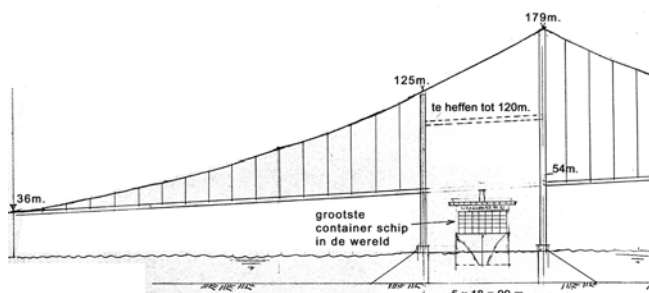
Ad 8 - Een beweegbaar deel in een hangbrug is voor zover bekend ook nog niet eerder vertoond en is de laatste innovatie die hier wordt vermeld. De hoogte van een eventuele hangbrug is voor Antwerpen een voortdurende punt van zorg geweest. Hoewel van Nederlandse zijde er alles aan werd gedaan om met zo realistisch mogelijke ontwerpen te komen was er aan de Belgische zijde een voortdurend wantrouwen tegen deze oplossingen. Belangrijk in deze discussie was ook het Scheidingsverdrag tussen Nederland en België uit 19 april 1839, verder uitgewerkt in 1842 en ten uitvoer gelegd in het verdrag van 20 mei 1843. In dit verdrag was met België overeengekomen een vrije vaart over de Westerschelde. Grondslag hiervoor was de slotakte van het Congres van Wenen uit 1815. Vraag is dan of een brug op 50 – 70 meter hoogte wel of niet tot vrije vaart moet worden gerekend.

Eerder is opgemerkt dat aan schepen een praktische hoogte verbonden is. Met hogere schepen is het merendeel van de grote wereldhavens niet meer te bereiken. Bovendien hoorden bij de hoogten die België verordonneerde een diepgang die op de Schelde ook niet mogelijk was.

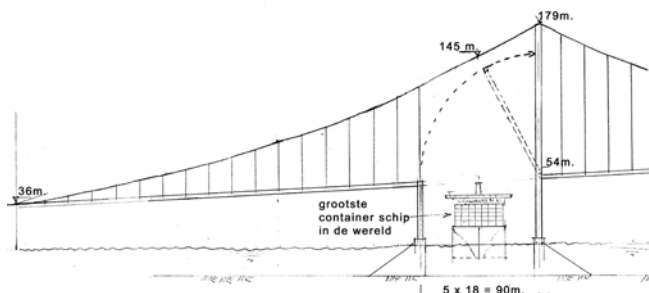
België heeft in januari 1989 pogen aan te tonen met het transport van de Yatzi dat grote doorvaarthoogten noodzakelijk waren. De Yatzi was een booreiland waarop men de boortoren zelf al gemonteerd had. Een dergelijke toren bestaat uit een lichte stalen vakwerkconstructie die vaak wordt neergelegd. In het Panama kanaal is zelfs een bedrijf gespecialiseerd in het neerleggen of aftoppen van dergelijke torens als zij ter plaatse een hoogspanningsleiding moeten passeren. De diepgang was ook een probleem. Ten behoeve van het transport moesten daarom extra pontons worden toegevoegd. De trusters, schroeven die van richting veranderd kunnen worden, onder de drijvers van het eiland moesten zelfs in de Europoort gemonteerd worden omdat hiervoor al helemaal geen diepgang aanwezig was. Dat de Yatzi ooit nog over de Westerschelde zou worden gesleept is dus praktisch uitgesloten. Toch is het een demonstratie geweest waar veel mensen zich door hebben laten beïnvloeden op een cruciaal moment waarin over de doorvaarthoogte beslissingen moesten worden genomen. Probleem bij het ontwerp was hoe hoog moet de brug komen te liggen voor dat enkele incident en moet dan



Uitneembaar bruggedeelte t.b.v. uitzonderlijk transport



Hefbaar gedeelte te openen tot een doorvaarthoogte van 120 meter



Beweegbare klapbrug geeft een doorvaarthoogte van 145 meter

iedere auto die de brug passeert worden geconfronteerd met deze keuze. Om die reden is gezocht naar oplossingen die incidenteel waren te gebruiken en die toch een beperkte invloed zouden hebben op het dagelijkse gebruik van de brug. TBM kwam met zijn uitneembaar deel in de tuibrug over het Straatje van Willem. Directie Bruggen stelde een beweegbaar deel in de hangbrug zelf voor. Nadeel was wel dat deze oplossing hogere investeringskosten tot gevolg zou hebben en dat zware remmingswerken nodig zouden zijn. Echt funest voor de besluitvorming over de hoogte van de brug is de aanbesteding voor de stormvloedkering over de Nieuwe Waterweg geweest. Bij deze aanbesteding waren ook Belgische aannemers betrokken. Langs die weg zagen ze dat in de aanbestedingsdocumenten was aangegeven dat de consortia voorstellen moesten uitwerken maar dat geen van deze voorstellen een beperking mochten inhouden voor de doorvaarthoogte. Ondanks dat Antwerpen zelf een stormvloedkering overwoog met een doorvaarthoogte van 70 meter was dit toch een gegeven dat de deur voor een beperking van de doorvaarthoogte door een hoge brug definitief dicht deed.

11. RISICOANALYSES AANVAREN

ir. C.Q. Klap

Bij de huidige civiele projecten is een van de eerste opgaven het in beeld brengen van de aan een project verbonden risico's. Dit geldt met name voor de grotere projecten. Dit risico denken is vooral naar voren gekomen bij die projecten waarbij aan een of andere financieringsconstructie wordt gedacht. Met name het financierings-model dat daarbij gehanteerd wordt - genaamd pfi (privat finance initiative) - vraagt heel nadrukkelijk om het in kaart brengen van de aan het project verbonden risico's.

Het is uiteraard, net zoals dit in het verleden het geval was, van het grootste belang dat risico's tijdens het ontwerpproces al onderkend worden. Zeker bij de Oosterschelde Stormvloedkering is er op alle mogelijke manieren tijdens het ontwerpproces gekeken hoe de enorme risico's van dit project konden worden beheerst. Daar werd nadat het ontwerp voltooid was een risico analyse uitgevoerd. Als resultaat van deze analyse werd bepaald of het ontwerp aangepast moest worden of dat een aantal extra voorzorgmaatregelen moesten worden afgesproken. Daar waren geen financiers, zoals tegenwoordig gebruikelijk, voor nodig om de risico's in beeld te brengen om ze vervolgens bij een partij onder te brengen. Beter is het om een onderkend risico op te lossen of te verminderen en als laatste ze aan een partij toe te bedelen. Ook bij de Westerschelde oeververbinding is destijds geprobeerd de risico's zo veel mogelijk vooraf aan te pakken. Vandaar dat er een risicoanalyse werd gemaakt naar de kans van aanvaren van de bovenbouw.

Ook wordt tegenwoordig terecht meer aandacht gevraagd voor architectuur, inpassing in de omgeving en milieuvraagstukken, hetgeen geresulteerd heeft in

de MER en Tracéwet procedures. Net als de financieringsproblematiek zijn dit zaken die in het verleden wat stiefmoederlijk werden bedeed. Dit betekent echter niet dat deze ogenschijnlijk nieuwe zaken zoveel aandacht moeten krijgen dat de primaire processen opzij geschoven kunnen worden. De brede maatschappelijke discussies gaan tegenwoordig bijna alleen nog maar over de Tracé- of MER-procedures waardoor de primaire processen op de achtergrond dreigen te geraken. Hierdoor ontstaan in het verdere traject ernstige nieuwe problemen. Als reactie hierop worden dan weer nieuwe procedures gestart terwijl men alleen maar meer aandacht zou moeten geven aan de primaire ontwerp processen. Ontwerp, Tracé, MER en risicoanalyses dienen evenwichtig en parallel aan elkaar te lopen. Momenteel wordt te vaak gedacht dat als de Tracé- en MER-procedure doorlopen is dat dan automatisch het ontwerp gereed is. Dit is niet het geval. Net zomin kan men een bouwvergunning aanvragen als het ontwerp nog niet gereed is. Een bouwvergunning toetst zelfs of dit het geval is. Een Tracé- en een MER-procedure kan rustig afgerond worden voordat het ontwerp gereed is. Schetsen zijn hiervoor voldoende. Deze gang van zaken is des te ernstiger omdat de discussie over het ontwerp zelf niet in brede kring gevoerd wordt en men dus de neiging heeft om dit proces dan als onbelangrijk te bestempelen. Een goed ontwerpproces kan vele van de huidige als onbeheersbaar ervaren zaken zonder meer oplossen. Hier zijn geen extra procedures voor nodig. In geval van de WOV werden alle zaken die bij de huidige projecten expliciet aan de orde worden gesteld, zoals Tracé- en MER- en risicoanalyse, nog impliciet opgepakt. Dit bleef zo tot het moment dat over

het tracé Terneuzen- Ellewoutsdijk werd nagedacht. Op dat moment deed ook voor de Westerschelde de MER procedure zijn intrede.

Daar een goede risico beheersing in de tijd van de eerste ontwerpen van de oeververbinding uiteraard deel van het ontwerpproces zelf waren werden deze niet breed behandeld. Een paar risico's sprongen er echter wel uit. Het betrof het aanvaren van de brug in deze zeer druk bevaren rivierarm. Onderscheid werd gemaakt tussen het aanvaren van de pijlers en het aanvaren van de bovenbouw. Met betrekking tot het aanvaren van pijlers was al aardig wat kennis en informatie beschikbaar daar dit fenomeen zich bij meerdere bruggen voordeed. Het aanvaren van de bovenbouw was meer uniek daar schepen die niet onder een brug door kunnen varen daar meestal ook niet in de buurt komen. Omdat bij de WOV de brug over het nevenvaarwater van de Schaar van Ossensisse zou komen te liggen was hier wel een risico dat er schepen in de buurt van de brug voeren die de bovenbouw van de brug zouden kunnen aanvaren. Daar dit gebeuren sterk plaatsgebonden was en hiermee weinig ervaring was opgedaan, was nader onderzoek gewenst in de vorm van een risicoanalyse. Geen breed algemeen onderzoek naar risico's maar een nader onderzoek naar deze al eerder onderkende specifieke gebeurtenis. De overige risico's konden in het ontwerpproces worden opgelost.



Het onderzoek was tweeledig. In eerste instantie werd gekeken naar de waarschijnlijkheid van een dergelijke aanvaring en de daarbij behorende intensiteit door te bepalen welke energie vrij zou komen bij een dergelijke aanvaring. In tweede instantie is gekeken of de bovenbouw van de brug tegen aanvaren was te beschermen.

Een aanvaring kan meerdere oorzaken hebben. In bijna alle gevallen is de oorzaak een menselijke fout, zoals de keuze van een verkeerde vaargeul, of de onjuiste beoordeling van de ligging van de brug. Eb en vloed maken deel uit van het gedrag van de zeearm ter plaatse. Technische mankementen zijn van ondergeschikt belang gebleken. Om inzicht te krijgen in het menselijk handelen, alsmede de kans op fout handelen, zijn met vele betrokkenen gesprekken gevoerd. Hiertoe behoorden het loodswezen, de radarpost Hansweert, kapiteins en oud kapiteins. Ook is de situatie beoordeeld door de direct bij het project betrokkenen door mee te varen met de "British Tay". Verrassing bij deze boottocht was

dat niet alleen een loods aan boord ging maar ook een stuurman. Dit gegeven was in de eerdere gesprekken niet naar voren gekomen.

Naast de gevoerde gesprekken is er ook informatie ingewonnen over aanvaringen en strandingen. Met name strandingen gaven interessante informatie. Aan de hand van deze gegevens kon men bepalen hoeveel strandingen op een strekkende kilometer voorkwamen. Aan de hand van deze informatie kon worden berekend hoeveel strandingen zouden plaats vinden over een lengte die overeenkomt met de breedte van de Schaar. Deze schepen stranden dan echter niet maar zouden dan de Schaar inschieten.

Verder is veel statistische informatie verzameld om te bepalen wat de kans is dat een schip in ballast, 's nachts bij slecht zicht met de stroom mee varende de Schaar inschiet. Hoe de energie afgifte bij aanvaren wordt berekend gaat te ver voor dit artikel en is niet specifiek voor de WOV. Hierover is in de literatuur de nodige informatie te vinden. Zaken die hierbij spelen zijn: scheepsgrootte, vaarsnelheid, hoek van aanvaren in verband met rotatie energie, meebewegend water, starheid van de objecten, breedte van botsingsgebied, etc.

Voor het berekenen van de effecten werd van twee type karakteristieke schepen uitgegaan. Type I kon de brug met zijn masten raken, type II met zijn opbouw. Aan een eventuele aanvaarconstructie werden de volgende eisen gesteld: 1) deze diende de brug zelf zoveel mogelijk te beschermen zodat het verkeer er overheen zoveel mogelijk doorgang kan vinden en men zeker kan zijn van inkomsten, 2) de vormgeving van de kreukelzone diende te voldoen aan de eisen gesteld vanuit de aërodynamica, 3) de rand van de brug dient goed te reflecteren voor de radar, 4) na aanvaren dient deze eenvoudig hersteld te kunnen worden, 5) de extra stichtingskosten en onderhoudskosten dienen op te wegen tegen de voordelen van de bescherming.

Er zijn een aantal verschillende constructievormen onderzocht waarbij ook vooral gekeken is naar oplossingen die zo veel mogelijk energie zouden absorberen

In eerste instantie werd gedacht aan oplossingen met enkele spanten aan de zijkant van de brug met een lengte van 9m en een hoogte van 4m. Later werd gekeken naar spanten die aan elkaar verbonden waren zodat meer energie zou worden geabsorbeerd.

Er is ook gekeken naar de grootte van de schade indien de brug geen beschermingsconstructie zou krijgen. Er is bij deze beschouwing van uitgegaan dat het dek over maximaal de halve breedte zou mogen beschadigen als de hoofdfunctie van de brug intact zou blijven. Uit deze beschouwingen is naar voren gekomen dat de mast van het standaardschip I nooit verder in het dek zou dringen dan tot de helft. Voor het standaardschip II gold dat deze met zijn bovenbouw het dek over een grotere breedte zou beschadigen maar daardoor ook meer energie zou opnemen. Dit schip zou niet verder dan 10 meter in het dek dringen bij de aangenomen uitgangspunten.

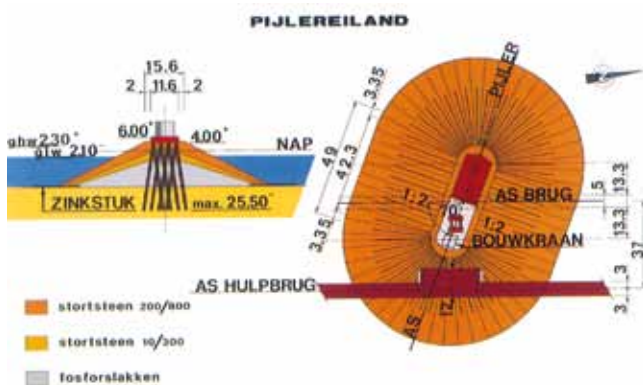
Uit de studie zijn destijds de volgende conclusies getrokken:

1. In de levensduur (100 jaar) van de brug is de kans op aanvaren aan de westzijde 0,08. De gemiddelde schade is toen berekend op 2,5 miljoen gulden als

de brug niet zou worden beschermd. Als er wel een beschermingsconstructie aanwezig zou zijn zou de hoofdligger onbeschadigd blijven. De schade aan de beschermingsconstructie zou dan 200.000,- gulden bedragen.

2. In de levensduur van de brug bestaat er een kans van 0,35 op een aanvaring aan de oostzijde met de opbouw van een schip. De gemiddelde schade bedraagt ca 2,4 miljoen gulden als de brug niet wordt beschermd. Indien er wel een beschermingsconstructie aanwezig is blijft de brugligger zelf onbeschadigd en volledig toegankelijk voor het verkeer. De schade aan de beschermingsconstructie zou in dat geval 200.000 gulden bedragen.
3. In de levensduur van de brug bestaat er een kans van 0.0005 op een aanvaring aan de oostzijde met de opbouw van een schip, die zo krachtig is dat de brugligger plaatselijk over de gehele breedte vernield wordt. In geval van een beschermingsconstructie is dit de helft van de brugligger.

Opmerkelijk was overigens wel dat in gesprekken met verzekeringsmaatschappijen zij geen korting op de verzekeringspremie konden aangeven. Zodat van



deze zijde vooraf geen dekking kon worden gevonden voor de investering van een beschermingsconstructie. Aan de andere kant viel wel te verwachten dat op de verzekeringsbeurs een goedkopere verzekering zou kunnen worden afgedwongen voor een beschermde brugconstructie. Conclusie was destijds dat een kreukelzone zichzelf terug verdient.

Aanvaarterpen rond de pijlers

Het beschermen van pijlers en rekening houden met de risico's verbonden aan de scheepvaart gebeurt de laatste decennia steeds meer. De behoefte aandacht te hebben voor deze problematiek vindt vermoedelijk zijn oorzaak in het grotere aantal bruggen, de toegenomen scheepvaart met grotere en snellere schepen en de lichtere brugconstructies.

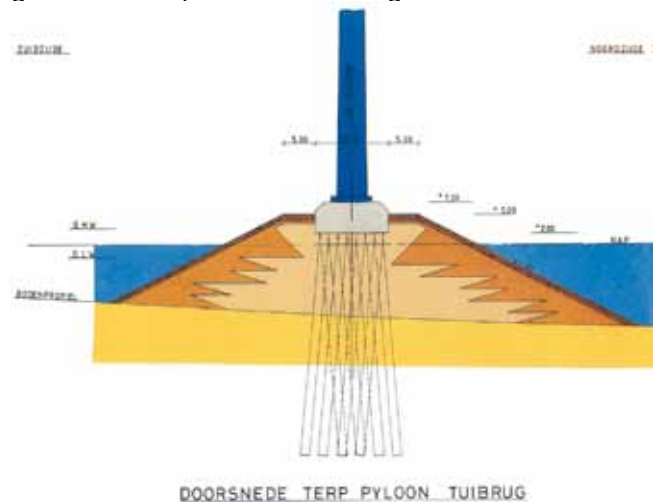
Ook een aantal ongelukken met aanvaringen hebben de ontwerpers meer bewust gemaakt van dit risico. In 1983 is in Kopenhagen een IABSE congres gehouden dat volledig gewijd was aan deze materie. Op dit congres werd ook de risico analyse van de Westerschelde Oeververbinding gepresenteerd.

Een sprekend voorbeeld dat met aanvaringen rekening moet worden gehouden was de Almö brug (bij Gothenburg) waar de gehele hoofdoverspanning eruit gevaren

werd. Dit vond zijn oorzaak in een fout ontwerp. De brug bestond uit een boogbrug waarbij de boog op de oevers rustte. Alleen midden onder de brug had men voldoende doorvaarthoogte, bij de oevers was de doorvaarthoogte praktisch nul. Week men maar iets af van de middenkoers dan liep de doorvaarthoogte dus snel terug. Aanvaren kon dan ook niet uitblijven hetgeen in 1980 gebeurde. Deze brug met een overspanning van 278 meter was duidelijk ontworpen zonder rekening te houden met de risico's verbonden aan de scheepvaart. Er zijn nog meer voorbeelden te geven.

Voorkomen is ook hier beter dan genezen. In eerste instantie werden pijlervoeten wat zwaarder uitgevoerd dit had ook het voordeel dat eventuele zaken zoals b.v. boomstronken die door de rivier werden meegevoerd de brug niet konden beschadigen. Enigszins stroomlijnen van de pijlers hielp ook bij de geleiding van de schepen alhoewel de primaire oorzaak gevonden moet worden in het voorkomen van neren die weer aanleiding tot ontgronding kunnen geven waardoor in het verleden ook menige brug is ingestort. Een volgende fase was het aanbrengen van remmingwerken. Deze treft men vooral aan bij beweegbare bruggen en sluisingen omdat daar een intensieve scheepvaart gecombineerd wordt met zo smal mogelijke doorvaartopeningen. Sluizen hebben wel het voordeel dat daar relatief langzaam gevaren wordt omdat men in een sluis tot stilstand moet komen.

De remmingwerken werden steeds zwaarder. Op een gegeven moment was niet meer op te werken tegen de steeds grotere en zwaardere schepen die ook anders dan bij sluizen met behoorlijke snelheden de bruggen passeerden. Naar andere oplossingen werd gezocht. Toen men bezig was met het ontwerp van de bruggen over de Schaar van Ossensisse dacht men dat kunstmatige pijlereilanden een goede oplossing zouden zijn om de pijlers tegen aanvaren te beschermen. Ten eerste was er dan een barrière tussen schip en pijler, ten tweede leverde het deformerende van het eiland een behoorlijke energieopname en ten derde werd het schip uit het water getild waardoor ook energievernietiging zou plaatsvinden. Ook was het een relatief goedkope oplossing. Pijlers verzwaren lukt nog wel in kanalen waar overigens geen ruimte is voor een eiland maar wordt toch ingewikkelder bij de bescherming tegen grote zeeschepen. Voor de brug over de Schaar van



Ossenisse zouden zwaardere pijlers tot aanzienlijk hogere kosten hebben geleid, hetgeen bij de uitwerking van de alternatieven is gebleken. Om die reden is voor de aanvaarbeschermt van de pijlers van de brug in de Schaar gekozen voor kunstmatige pijlereilanden.

Nog beter is het de pijlers op de oever buiten het vaarwater te situeren. Tegenwoordig wordt, daar waar dit enigszins mogelijk is, voor deze oplossing gekozen. Als dit niet mogelijk is, is het goed deze situatie zoveel mogelijk te benaderen. Vandaar dat voor de Schaar ook gekeken werd naar een oplossing met een zeer grote overspanning: een hangbrug. Naast een goedkopere oplossing gaf dit voordelen voor de hydrodynamische stabiliteit van de rivier en een geheel onbelemmerde passage van de scheepvaart.

Indien eilanden geen oplossing bieden of als het vaarwater relatief diep is dan moet men kijken naar oplossingen zoals gekozen bij de Akashi Kaikya brug. Bij deze brug zijn de pijlereilanden opgebouwd uit een caisson constructie met een diameter van 80 meter, een hoogte van 70 meter en een fundatiediepte van 60 meter bij een waterdiepte van 50 meter. Deze caissons zijn opgebouwd uit dubbelwandig staal met een gewicht van 19.000 ton. Het zal duidelijk zijn dat dit soort constructies met de bijbehorende bestortingen om ontgronding te voorkomen een forse kostenpost met zich mee brengen.

Voor de brug over de Schaar van Ossenis is voor een pijlereiland gekozen. Dit is voor de drie brug varianten uitgewerkt. Het betrof de varianten met een hoofdoverspanning van 160, 210 en 720 meter. Naar de eilanden is een uitvoerig onderzoek gedaan waarover gerapporteerd in de nota: "Bruggedeelte – WOV, randvoorwaarden voor een brug op meerdere steunpunten over de Schaar van Ossenis in de Westerschelde Oeververbinding, Directie Bruggen maart 1982".

Ontwerpcriteria voor de pijlereilanden waren:

1. Pijlers dienen voldoende beschermd te zijn tegen aanvaren. De aanvaarbeschermt in de vorm van een eiland dient in staat te zijn een duwconvooi of een schip met vergelijkbare massa te kunnen opvangen.
2. Eilanden en bestorting mogen het doorstroomprofiel niet verkleinen.
3. De rivierbodem moet, voordat met de opbouw van de eilanden begonnen wordt, verdiept worden tot een zodanig niveau dat de vermindering van het doorstroomprofiel ten gevolge van de eilanden en de bestorting volledig wordt gecompenseerd.
4. De fictieve indringdiepte bij aanvaren op het niveau NAP + 2 meter bedraagt in verband met reserve en overhangen van het schip 30 meter.
5. Schuin achter het pijlereiland kunnen ontgrondingskuilen ontstaan op afstanden van circa 3 á 3,5 x de eilandbreedte. Deze kuilen kunnen een diepte krijgen die overeenkomt met de oorspronkelijke waterdiepte. De afmetingen van de bestortingen rond de pijlereilanden dienen dusdanig te zijn dat het talud van een dergelijke kuil het eiland ongemoeid laat.

Deze ontwerpcriteria hebben geleid tot eilanden zoals hieronder beschreven.

1. De hellingen van de eilanden in het vlak van de lengteas van de brug bedragen 1:3. Er dient een tussenberm in het talud te worden aangebracht met een breedte van 3 meter. De bovenkant van het eiland op NAP + 4 m dient een plateau te krijgen van 60 x 80 meter. Dit vertaalde zich in het gemiddeld grondoppervlak van 250 x 180 meter.
2. Het geblokkeerde doorstroomprofiel ten gevolge van de pijlers kan niet alleen door bodemverdieping worden gecompenseerd maar zal er toe leiden dat ook een grotere pijlerafstand in acht moet worden genomen.
3. De bodem zal rond de eilanden bestort moeten worden. De bodem zal vooraf verdiept moeten worden met de verwachte verdieping ter compensatie van het verminderen van het doorstroomprofiel.
4. Er dient nog nader onderzocht te worden of een zandkern van het eiland voldoende stabiel is.
5. Door de sterk uiteenlopende stroomrichtingen is elke gekozen pijleroriëntatie een onjuiste, waardoor grotere wervels en extra hinder voor de scheepvaart wordt veroorzaakt. Een brug op meerdere steunpunten heeft het nadeel dat alle eilanden evenwijdig aan elkaar moeten staan.
6. De keuze voor een brug op meerdere steunpunten is pas mogelijk na een uitvoerig hydraulisch onderzoek.
7. Voor de aanleg van de eilanden dient vooraf een bodemverdieping te worden gebaggerd van 7 meter.
8. De vermindering van het doorstroomprofiel ten gevolge van de aanleg van pijlers dient volledig gecompenseerd te worden.
9. De bodemaanpassing zal in de richting van de stroom een lengte van 600 meter krijgen.
10. De bestortingen dienen in de richting van de stroom een lengte van 380 meter te krijgen en dwars daarop een breedte van 470 meter.

Met deze kennis werd duidelijk dat de keuze voor een hangbrug over de Schaar van Ossenis op basis van de bovengenoemde randvoorwaarden voor kunstmatige eilanden om de pijlers van de brug tegen aanvaren te beschermen de enige juiste was. Op basis van de bovenvermelde resultaten bleek dat een minimale pijlerafstand van 340 meter in een brug over de Schaar van Ossenis een vereiste was. Bij grotere waterdiepten zal de minimale pijlerafstand toenemen. Nu overtuigd gekozen kon worden voor de hangbrug werd dit ontwerp besteksgereed gemaakt en kon het eind november 1982 op de markt worden gebracht. Andermaal zou blijken dat de politiek nog niet zover was. Het werd weer een aantal jaren relatief stil rond de WOV, de minister gaf zelfs aan dat er geen geld was en dat het project geen doorgang zou vinden.

Brughoogte analyse

Een oeververbinding bestaande uit een brug was verreweg de goedkoopste oplossing. Ook extra capaciteit in de vorm van rijstroken is relatief goedkoop. Een nieuw punt van afweging wat vooral de laatste jaren naar voren is gekomen zijn de extra veiligheidseisen die aan tunnels gesteld moeten worden. Het oorspronkelijke ontwerp van de Westerscheldetunnel is op dit aspect ook fors aangepast. Deze ontwikkeling werkt in het

voordeel van brugvarianten. De huidige inzichten gaan zover dat voordat een eventueel nieuw ontwerp wordt vastgesteld een degelijke veiligheidsanalyse onderdeel van de voorstellen moet zijn.

Genoeg redenen om zolang mogelijk de brugoplossing over de Westerschelde te verdedigen. Temeer omdat geen onrealistische voorstellen werden gedaan. De gepresenteerde oplossingen hadden een doorvaarthoogte van 50 – 55 meter welke hoogte goed te verdedigen was omdat deze hoogte vrijwel wereldwijd aangehouden werd. Japan hield in die dagen een doorvaarthoogte van ca 45 meter bij haar project van 10 nieuwe bruggen dat in de buurt van grote zeehavens werd gerealiseerd. Ook had Antwerpen geen bijzondere activiteiten die meer dan gemiddelde hoogten noodzakelijk maakten. Bovendien was niet duidelijk wat de ontwikkeling van de zeehaven Zeebrugge zou worden. Zeebrugge was immers gebouwd voor schepen van dezelfde grootte als Antwerpen n.l. 125.000 ton.

Grotere schepen bouwen dan gebruikelijk leek niet zinvol omdat dan meteen het grootste deel van de wereldhavens door degelijke schepen niet meer kon worden aangedaan.

Een ontwikkeling die in die dagen wel te bespeuren viel was die van de “dedicated” lijnen. Dat betekent dat een schip voor bepaalde verbindinglijnen werd gebouwd. Dit was ook het geval bij de Panamax schepen. Dit waren schepen die breder waren dan het Panama kanaal. Ook voor de breedte golden net als bij de doorvaarthoogte beperkingen. In die dagen waren er ineens ook een paar zeer hoge zeilschepen die het moeilijk maakten de noodzakelijke hoogte naar de toekomst te kunnen vaststellen. Aan de andere kant viel ook te constateren dat sommige ontwikkelingen op het gebied van scheepsgrootte wel eens doorgeschoten bleken te zijn. Zoals bijvoorbeeld de ontwikkeling van mammoettankers. Toen de Franse nog droomden van tankers van 700.000 ton, waarvoor zij de haven Port d'Antifer hadden gebouwd, bleken de tot dat moment grootste olietankers van 350.000 ton al niet meer te voldoen.

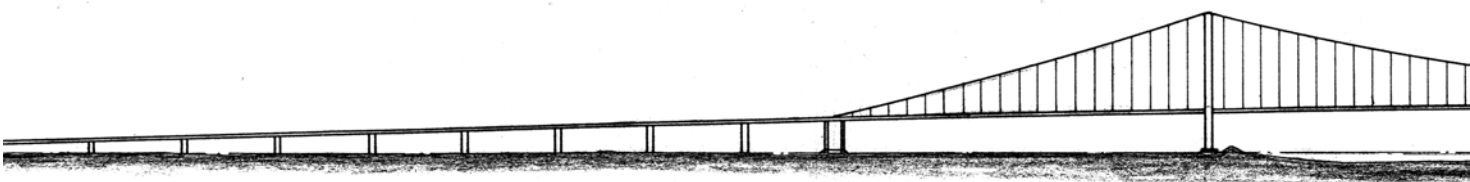
De off-shore was ook een belangrijke ontwikkeling, waarbij de gewenste doorvaarthoogte niet goed te voorspellen was. Maar ook daarvoor gold als er schepen worden gebouwd hoger dan een bepaalde

hoogte kunnen de meeste wereldhavens niet meer worden aangedaan. De grap die de Belgen uitgehaald hebben met de Yatzi is elders in dit blad toegelicht. Daarbij is nog te vermelden dat als men de boortoren op dit platform neergelegd had, wat niet ongebruikelijk was, of dat deze later opgebouwd was daar dit schip vanwege de diepgang van de thrusters toch nooit meer terug kon naar deze haven deze eenvoudig de brug had kunnen passeren. Het dek van dit platform zonder deze toren was namelijk niet hoger dan 30 a 40 meter. Ook poten van hefeilanden waren eenvoudig in hoogte aan te passen zoals dit ook regelmatig gebeurde.

Uiteindelijk was het zonder veel extra inspanning mogelijk een brug met een doorvaarthoogte van 70 m te bouwen in plaats van 50 à 55 m. Als dit niet nodig was, was het beter om dit ondanks de geringe kosten toch niet te doen omdat dan het verkeer dagelijks dit hoogteverschil moest overwinnen. Dit pleitte ook altijd in het voordeel van de tunnel alhoewel door de keuze van het boortunnelconcept nu een vergelijkbaar hoogteverschil moet worden overwonnen. Een ander argument dat tegenstanders van de brug gebruikten was dat het op die hoogte wel hard zou waaien. Dit was echter geen steekhoudend argument omdat tot 30 meter hoogte de windsnelheid toeneemt door verminderde oppervlakteweerstand maar vanaf 30 meter hoogte redelijk constant is.

Al deze beschouwingen hebben niet kunnen verhinderen, ook na een aantal gesprekken tussen ambtenaren van beide landen, dat minister Mevr. Smit – Kroes bij terugkomst uit België, juli 1989, verklaarde dat de hoge brugvariant van de baan was. Ondanks dat de Minister altijd had volgehouden dat er in het Splitsingsverdrag geen grond was om een realistische brughoogte te verwerpen. Zoals eerder opgemerkt moet deze beslissing onderdeel zijn geweest van een breder pakket afspraken tussen Nederland en België. Details hierover zijn in Zeeland nooit bekend geworden.

Met deze beslissing was het voorstel van Directie Bruggen van RWS in 1986 voor de hoge brugvariant van de baan. Gelukkig was er inmiddels zoveel geloof in het project ontstaan dat vanaf dat moment naar oplossingen gezocht werd waarbij in ieder geval onder de hoofdvaargeul een tunnel zou worden aangelegd.



Tracé hernieuwd initiatief 1986

12. HERNIEUWD DOORSLAGGEVEND INITIATIEF

ir. C.Q. Klap

Na enige jaren van relatieve stilte rond de WOV werd het project opnieuw opgepakt. Dit moment is achteraf van doorslaggevend belang geweest om te komen waar we nu zijn.

De beschikbare financiën bleken de grote bottleneck te zijn om in 1982 verder te kunnen. Toen er redelijk inzicht was hoe een oeververbinding eruit zou moeten gaan zien kon ook vastgesteld worden welke investeringen met een dergelijke oplossing gemoeid zouden zijn. Het was met name de financiering die niet rond kwam. Men wist ook niet welke verkeershoeveelheden verwacht konden worden, men wist nog niet of de Liefkenshoek-tunnel aangelegd zou worden en wat de zuigende werking ervan zou zijn. Met het gekozen tracé over de Schaar van Ossensisse kon alleen de veerverbinding Kruiningen – Perkpolder uit de vaart worden genomen waardoor ook het veer Vlissingen - Breskens een zekere concurrent bleef voor de verbinding.

Als men de toenmalige bezwaren goed op zich in liet werken kon er maar één oplossing uitkomen omdat deze voor de hand lag namelijk een nieuw tracé gesitueerd tussen de twee veerdiensten in waardoor deze beide uit de vaart konden worden genomen. Bovendien was men dan verder verwijderd van de Liefkenshoek-tunnel zodat deze een minder zuigende werking op de nieuw aan te leggen verbinding zou hebben.

Het enige wat met die keuze niet opgelost werd was de kostprijs die aan een oeververbinding was verbonden. Erger nog een meer westelijk tracé kende ook een hoger prijskaartje. Het zou mooi zijn als ook hier een goedkoper tracé mogelijk was. Dan zouden de problemen van twee kanten dicht bij elkaar worden gebracht namelijk hogere opbrengsten en minder kosten.

De algemene mening was dat een tunnel gemiddeld circa 50 % duurder was dan een brug. Met de huidige veiligheidseisen die aan tunnels worden gesteld is dit beduidend meer geworden. Toen werd uitgegaan van 50 %. Een goedkoper ontwerp zou dus een ontwerp moeten zijn waar geen tunnels in voor zouden komen.

Een oplossing met twee hangbruggen was geboren. Directie Bruggen heeft deze oplossing gepresenteerd in haar nota: "Feasibility Alternatieve Tracés" van 18 april 1986. Er werden in deze nota voorstellen gedaan voor een dubbele hangbrug in het tracé even ten oosten

van Terneuzen over het Straatje van Willem en één even ten Oosten van Borssele – Hoofdplaat wat een goede aansluiting zou geven op de snelweg Brugge - Kanaaltunnel.

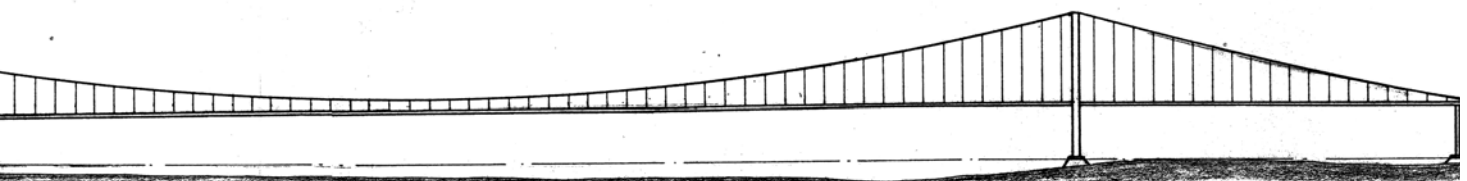
Voor het tracé ten Oosten van Terneuzen werd gedacht aan een hangbrug met een hoofdoverspanning van 1400 meter over de Pas van Terneuzen en een hangbrug van 500 meter over het Straatje van Willem. Fig tracé. Het tracé Borssele – Hoofdplaat zou gerealiseerd kunnen worden met een hangbrug met een hoofdoverspanning van 1400 meter over de Pas van Terneuzen en een hoofdoverspanning van 1600 meter over de Everinge.

Ook werd in deze nota de unieke vondst "groeibrug" voorgesteld. De pyloon en hoofdkabels zouden op een brugbreedte van 2 x 2 rijstroken worden uitgelegd. Het dek zou in eerste instantie gebouwd worden voor slechts twee rijstroken. Pas als er voldoende verkeer zou zijn zou de brug verbreed worden van 2 naar 4 rijstroken.

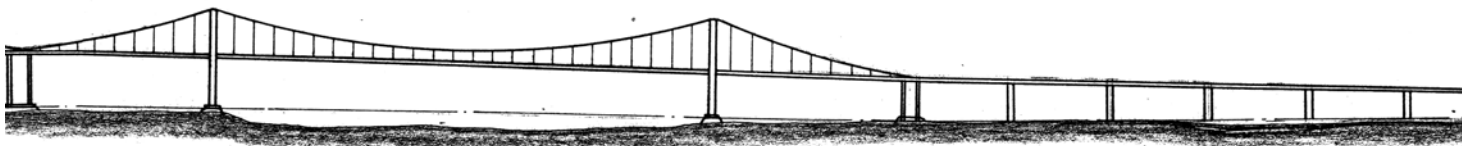
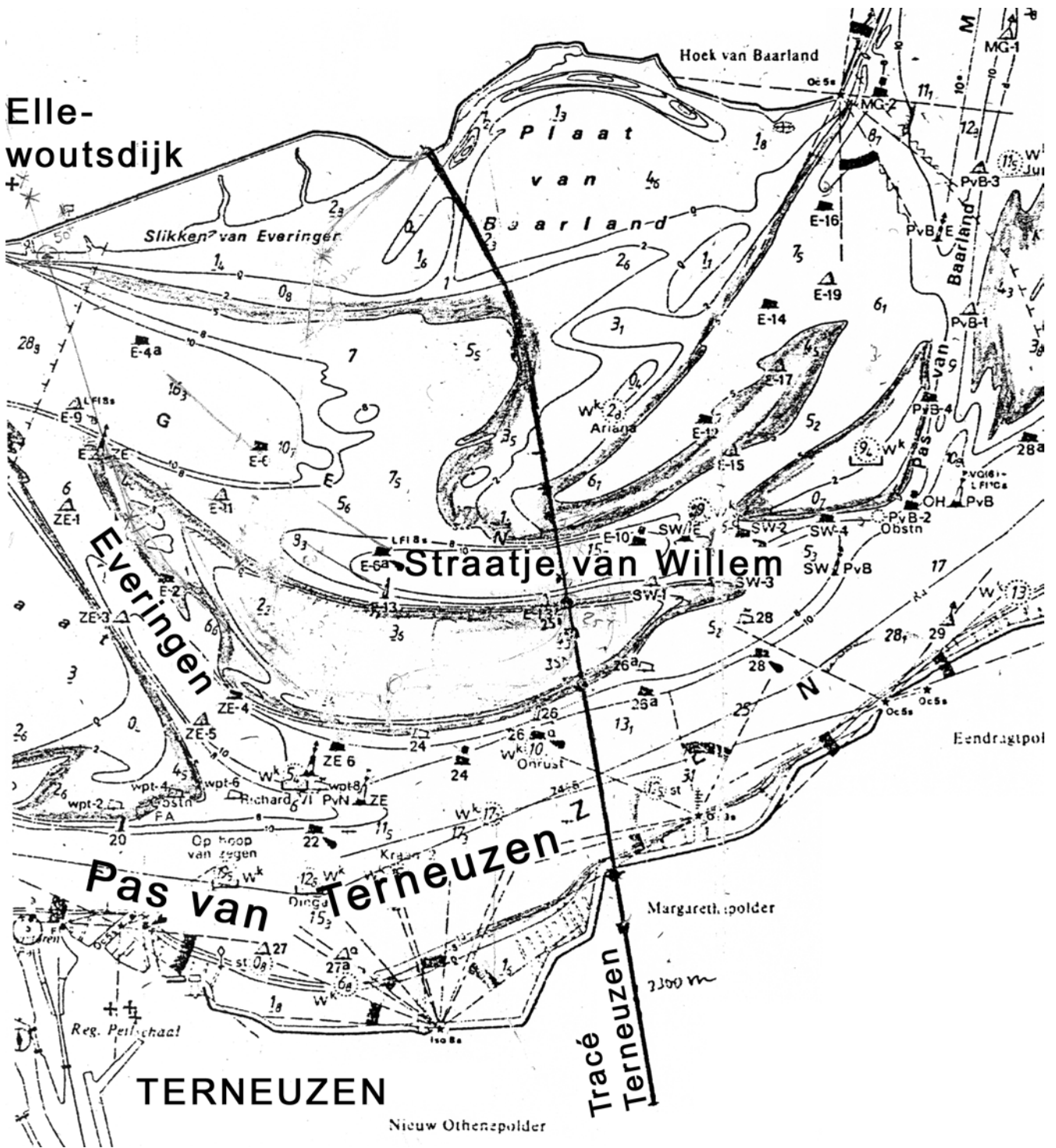
Met deze voorstellen was aangetoond ook voor deze twee tracés de bezwaren die op dat moment bestonden konden worden weggenomen. Een dergelijke verbinding van twee hangbruggen met een voorlopig versmald dek zou voor onder de 450 miljoen gerealiseerd moeten kunnen worden.

Deze voorstellen zijn in het najaar van dat jaar door de TBM overgenomen en verder uitgewerkt. Zij hebben alleen de hangbrug over het Straatje van Willem vervangen door een tuibrug. TBM heeft toen een volledige financiering voor het project aangeboden waardoor de overheid niet langer vol kon houden dat het geen haalbaar project zou zijn. Het enige minder sterke element van het voorstel was de limitering van de doorvaarthoogte. De Belgen maakten hier ten onrechte een punt van. Dit had waarschijnlijk ook te maken met het gegeven dat dit een interessant onderhandelingspunt was in de niet vlottende onderhandelingen over de waterverdragen die tussen Nederland en België maar niet tot stand wilden komen.

Oplossingen zijn toen bedacht in de vorm van een hangbrug met een beweegbaar of een uitneembaar deel, zoals door de TBM was voorgesteld. Dit was meer een psychologische oplossing daar er vrijwel nooit gebruik van zou worden gemaakt maar de Belgen zouden dan in ieder geval hun fel begeerde onbeperkte doorvaarthoogte hebben.



Tracé hernieuwd initiatief 1986



Tracé hernieuwd initiatief 1986

13 REFERENTIE-ONTWERP

Ir. J. van den Hoonaard

Aan het eind van de jaren tachtig en het begin van de jaren negentig heeft er een zeer uitvoerige discussie plaatsgevonden over de keuze van het meest wenselijke tracé tussen het Rijk, de Provincie Zeeland, de betrokken gemeenten en andere instanties.

Dit heeft uiteindelijk geleid tot een tracévoorstel, dat op 1 maart 1991 door de Provinciale Staten van Zeeland is vastgesteld. De Minister van Verkeer en Waterstaat stemde op 7 maart 1991 hiermee in. Het tracé komt grotendeels overeen met het op dit moment gerealiseerde ontwerp, d.w.z. een verbinding ter plaatse van Terneuzen-Ellewoutsdijk. Direct daarna is door de Provincie Zeeland en de overige betrokken overheidsinstanties, waaronder de Bouwdienst Rijkswaterstaat en directie Zeeland, een toetsplan opgesteld. Onderdeel van het toetsplan vormde een referentieontwerp, dat bestond uit de volgende onderdelen:

- een tunnel onder het hoofdvaarwater "De Pas van Terneuzen", inclusief toeritten;
- een damvak op de Middelplaat in het midden van de Westerschelde en een damvak bij de aanlanding van de brug op Zuid-Beveland (zgn. "natte werken");
- een brug over het nevenvaarwater Everingen;
- toeleidende wegen op zowel Zuid-Beveland als in Zeeuws Vlaanderen;
- een bouwdok en afbouwsteiger in het industriegebied Vlissingen- Oost.

In het hierna volgende zal kort worden ingegaan op de onderdelen a. (tunnel), c. (brug) en e. (bouwdok).

Tunnel

Zowel voor het ontwerp van de tunnel als de bijbehorende toeritten zijn diverse varianten in beschouwing genomen.

Voor het gesloten tunnelgedeelte is een beproefde methode gekozen waar veel ervaring mee is opgedaan. Afzonderlijk in een bouwdok gemaakte betonelementen worden drijvend naar de locatie vervoerd en daar in een gebaggerde sleuf afgezonken.

De tunnel wordt opgebouwd uit tien elementen: 8 van 162 m. en 2 van 139 m., in totaal dus 1574 m.

Voor de toeritten is de keuze gevallen op bentonietcementwanden, voorzien van foliepanelen in combinatie met damwandschermen. Het is niet alleen prijstechnisch een aantrekkelijke oplossing. Andere voordelen zijn de relatief korte bouwtijd en het feit dat geen intensieve bemaling nodig is.

Brugvarianten

Het ontwerp gaf vier varianten, met maximaal 5 en minimaal 2 brugpijlers. Vanwege de technische gelijkwaardigheid is geen keuze gemaakt. Het kostenaspect moest de doorslag geven.

In alle varianten was de doorvaarthoogte NAP +43 m., waren de aanbruggen gefundeerd op voorgespannen betonpalen en was de bovenbouw van voorgespannen beton, de onderbouw van gewapend beton. De cilindervormige caissons, waarop de pylonen staan waren van gewapend beton, gefundeerd op staal en aanvaarbesteding geconstrueerd.

Variant A: Gekoppelde betonnen tuibruggen

De totale lengte van dit ontwerp met 5 brugpijlers was 2128 m. De 5 betonnen tuibruggen hadden lengten van 3 x 360 m. en 2 x 340 m., totaal 1760 m. De aanbruggen hebben elk een lengte van 184 m., opgebouwd uit 4 overspanningen.

Variant B: Gekoppelde stalen tuibruggen

De variant met 4 brugpijlers had een totale lengte van 1961 m. De drie betonnen overspanningen aan de zijde van Zeeuws Vlaanderen hadden een gezamenlijke lengte van 155 m. De 4 stalen tuibruggen hadden lengten van 2 x 500 m. en 2 x 350 m., totaal 1700 m. De betonnen aanbrug aan de Zuid Bevelandse kant was 106 m. lang.

Variant C: Gekoppelde stalen hangbruggen

Deze variant met 3 brugpijlers bestond uit 2 gekoppelde stalen hangbruggen met betonnen ankerblokken en een totale lengte van 2198 m. De symmetrische deling in twee hoofdoverspanningen van 720 m. en twee zijoverspanningen van 255 m. was gekozen ter wille van een zo gunstig mogelijk krachtsverloop in de hoofdkabels. De beide gewapend betonnen ankerblokken waren elk 80 m. lang, de betonnen aanbruggen elk 44 m. De bovenbouw en de pylonen bestonden geheel uit staalconstructies. De ankerblokken waren gefundeerd op staal en zodanig geballast dat de ankerkrachten uit de hoofdkabels van de hangbrug konden worden opgenomen.

Variant D: Enkele stalen hangbrug

De variant met 2 brugpijlers had een totale lengte van 2048 m., opgebouwd uit één hoofdoverspanning van 1050 m. en twee zijoverspanningen van 375 m. De beide gewapend betonnen ankerblokken waren elk 80 m. lang, de aanbruggen elk 44 m. De bovenbouw en de 2 pylonen bestonden geheel uit staalconstructies. Ook hier waren de ankerblokken gefundeerd op staal en zodanig geballast dat de uit de hoofdkabels van de hangbrug optredende ankerkrachten konden worden opgenomen.

Bouwdok

Voor dit voorontwerp was voorzien in een bouwdok voor 10 tunnelementen en een bouwdok voor 2 tot 5 caissons voor de brug(varianten). Een mogelijke plaats was de Sloehaven te Vlissingen. Bij de bouwdokken was een gecombineerd (brug / tunnel) werkterrein voorzien van 2 tot 4 ha., afhankelijk van de grootte van het bouwdok voor de caissons van het te kiezen brugtype. Het terrein grensde direct aan de doorgaande verkeersweg vanaf de Sloehaven richting Vlissingen en was derhalve voor alle (bouw)verkeer goed bereikbaar. Zo dicht mogelijk nabij de bouwdokken was een tijdelijke betoncentrale gesitueerd. De afmeersteiger diende zowel voor aan-voer en lossen van grondstoffen voor het beton als ten behoeve van de afbouw van tunnelementen en caissons.

Op 7 augustus 1991 volgde vanuit de Provincie Zeeland een aankondiging, waarbij gegadigden werden opgeroepen voor het maken van een ontwerp en het doen van een prijsaanbieding voor de bouw van een vaste oeververbinding over / onder de Westerschelde ter plaatse van het tracé Terneuzen-Ellewoutsdijk.

14. SELECTIE EN KEUZE

Ir. C.Q. Klap

In 1990 werd duidelijk dat dit project op Europees niveau moest worden aanbesteed. Bij deze procedure is het mogelijk de aanbesteding te laten plaats vinden via een voorselectie. Hierbij worden alleen die aannemers uitgenodigd die via een prekwalificatie zijn geselecteerd. Het referentieontwerp is een ontwerp voor het tracé Borssele – Terneuzen west en bestaat uit een afgezonken tunnel onder de Pas van Terneuzen en een tui- of hangbrug over de Everinge. Op de prekwalificatie hebben een Italiaanse, drie Duitse en twee Nederlandse bouwcombinaties gereageerd.

Van de zes aangemelde bouwcombinaties worden er op 21 november 1991 vier geselecteerd. Twee Nederlandse en twee Duitse. Op 20 december 1991 bericht de Provinciale Zeeuwse Courant dat de Provinciale Waterstaat ook de mogelijkheden voor een geboorde tunnel zal bestuderen. In maart 1992 zijn de twee Nederlandse bouwcombinaties op basis van de voorliggende contractdocumenten genoodzaakt zich terug te trekken omdat ze de risico's te groot vinden. De provincie is niet bereid een aantal zaken evenwichtiger in het contact op te nemen. Twee buitenlandse aannemers blijven over en tekenen op 27 maart 1992 een contract voor een "design and construct" aanbidding voor een WOV. Vergoeding voor de inspanning bedraagt NLG 700.000,-. De aanbiddingen moesten op 5 december 1992 worden ingediend. Bij een van de Duitse bouwcombinaties hebben een paar Nederlandse bouwbedrijven een minderheidsbelang in de combinatie gekregen. Jammer is dat destijds niet wat meer energie is gestoken in een contract waar ook de Nederlandse bouwcombinaties zich hadden kunnen vinden. Te meer daar een aantal van deze partijen, Combinatie Westerschelde en de Tolbrug Exploitatie Maatschappij, al vele jaren substantieel energie hadden gestoken in dit project en ook belangrijke bijdragen hadden geleverd om zo ver te komen met dit project.

Inmiddels werd door de overheid op aandringen van België druk gestudeerd op een boortunnelvariant. De Belgen hadden in Antwerpen met een boortunnel onder de Schelde inmiddels goede ervaringen opgebouwd. Op 9 april 1992 bericht de Provinciale Zeeuwse Courant dat uit een studie van randvoorwaarden van RWS blijkt dat een geboorde tunnel een aantrekkelijk alternatief is. De overgebleven combinaties wordt gevraagd ook een aanbidding te doen voor een geboorde variant.

Een aantal nadelen van deze variant ten opzichte van het referentieontwerp zoals gepresenteerd bij de selectie van de aannemerscombinaties, waren de volgende. Het 1,5 km lange en goedkope damvak in het referentieontwerp zou nu vervangen moeten worden door een duur tunneldeel. Bij de passage van de Pas van Terneuzen, die tegen de kust zeer diep is en ook veel dieper dan voor de scheepvaart noodzakelijk, kon worden volstaan met een afgezonken tunnel op de bodem. Een boortunnel dient altijd minimaal één maal de diameter onder het diepste punt te blijven. Door de keuze van deze variant kwam de boortunnel dus circa 25 m dieper te liggen dan een eventuele afgezonken tunnel. Extra complicatie bij deze diepere ligging was dat

de vaargeul praktisch tegen de Zeeuws Vlaamse oever ligt. Dit betekende dat deze diepere boortunnel aan de zuidkant ongeveer een kilometer langer zou worden dan een afgezonken tunnel. Zaken die niet echt hielpen de stichtingskosten zo laag mogelijk te houden.

In oktober bericht de minister dat de uitgebrachte offertes voor de boortunnel te hoog liggen. In verband met de door de Belgen gestelde eisen vindt de minister wel dat het project als boortunnel moet worden uitgevoerd. Een andere keuze was er op dat moment ook niet daar de twee overgebleven combinaties alleen een boortunnel variant hadden aangeboden. Het referentieontwerp van de afgezonken tunnel en de hangbrug waarop het contract was uitgeschreven was niet meer uitgewerkt en aangeboden. In hoeverre nog meegespeeld heeft dat een boortunnel verreweg het eenvoudigste ontwerp was zal wel nooit meer duidelijk worden. Aan de andere kant was natuurlijk ook niet te verwachten dat twee buitenlandse aannemers een ontwerp gingen aanbieden met een overgangseiland midden in de Westerschelde wat toch typisch Nederlandse waterbouw was en wat een beroep zou doen op de vrijwel alleen in Nederland aanwezige deskundigheid. Doordat geen aanbidding werd gedaan op de afgezonken tunnel en de hangbrug was daarmee de kans op een hangbrug definitief van de baan. Jammer daar deze variant - zoals in die periode ook is aangetoond - minimaal 300 miljoen gulden, prijspeil van toen, goedkoper zou zijn geweest dan de zeer lage prijs voor de boortunnel.

In januari 1994 wordt duidelijk dat de op dat moment voorliggende variant 800 miljoen gulden, ex BTW, moet gaan kosten en dat deze variant met 200 miljoen is versoberd.

In februari verhoogt de minister welliswaar de Rijksbijdrage van 41 miljoen naar 54 miljoen per jaar op basis van en bijgestelde kostenanalyse van de veerverbindingen, maar in april van dat jaar spreekt men al van een kostprijs van 1,2 miljard.

In mei 1994 gaat men ervan uit dat de stichtingskosten 1,1 miljard gulden bedragen inclusief 200 miljoen onvoorzien. Voor de BTW is nog geen oplossing.

Op 2 oktober 1995 informeert de minister van Verkeer en Waterstaat de Tweede Kamer als volgt: "De Provincie heeft niet kunnen voldoen aan de in het hoofdlijnenconvenant gestelde voorwaarden voor de realisering van de WOV. Het hoofdlijnenconvenant is beëindigd. Het voorstel aan de Ministerraad voorziet in een onder auspiciën van het Rijk, en met deelname van de provincie Zeeland, op te richten tunnelmaatschappij die tot taak heeft een vaste oeververbinding over de Westerschelde tot stand te brengen die een schakel vormt in het regionale wegennet en de totstandkoming te bekostigen". Gezien de grootte van de Rijksbijdragen zullen de aandelen van de tunnelmaatschappij overwegend bij het Rijk berusten en moet de tunnelmaatschappij als Rijk worden gezien.

Hier mee was de weg vrij de oeververbinding als tunnel te realiseren.

15. BOORTUNNEL AANBIEDINGEN

Ir. J. van den Hoonaard

Na een pre-selectieprocedure bleven uiteindelijk twee aannemerscombinaties over, die in 1992 in staat werden gesteld een aanbieding te doen.

Deze beide combinaties waren:

- Bietergemeenschap Konsortium Westerschelde Oeververbinding (KWOV)
- Combinatie Middelpaats Westerschelde (KMW)

Zowel KWOV als KMW kwamen met een aanbieding die bestond uit een geheel geboorde tunnel onder de Westerschelde. In het hiernavolgende zullen beide offertes in het kort worden beschreven.

Aanbieding KWOV

Het ontwerp bestaat uit toeleidende wegen in zowel Zeeuws Vlaanderen als op Zuid-Beveland en een oeververbinding, uitgevoerd als een geheel geboorde tunnel.

Toeleidende weg in Zeeuws Vlaanderen

De toeleidende weg naar de oeververbinding sluit aan op de Hoekseweg (S21) en kruist achtereenvolgens de binnendijk Willemskerkeweg en de Herbert H. Dowweg.

Tunneltoeritten in Zeeuws Vlaanderen en

Zuid-Beveland

De toeritten in Zeeuws Vlaanderen en op Zuid-Beveland zijn nagenoeg identiek aan elkaar en bestaan uit een open gedeelte, een gesloten gedeelte en een overgangsconstructie van toerit naar tunnel. Het open gedeelte van de toeritten is uitgevoerd als een trogvormige gewichtsconstructie van gewapend beton met een daglichtrooster ter plaatse van het overgangsgebied tussen het open en het gesloten gedeelte. Het gesloten gedeelte van de toeritten, dat eveneens uitgevoerd is als een gewichtsconstructie, bestaat uit een driecellige koker van gewapend beton waarvan de middelste koker (midentunnelkanaal) als vluchtweg kan dienst doen. In de twee buitenste kokers zijn de rijbanen opgenomen. De overgangsconstructie van toerit naar boortunnel wordt gevormd door de start- of ontvangtschacht. Aan de ene zijde sluit het gesloten gedeelte van de toerit hierop aan; vanaf de andere zijde wordt met het boren van de tunnel gestart respectievelijk wordt het boren beëindigd. In de overgangsconstructie zijn een bedieningsgebouw, bedrijfsruimten en een waterreservoir opgenomen. Om het achterland te beschermen en om inundatie van de tunnelbuis te voorkomen, is een waterkering ontworpen in de vorm van hefdeuren welke in voorkomende gevallen de tunneltoegangen kunnen afsluiten. Voor het maken van beide toeritten is een retourbemaling voorzien. Voor de toerit Zeeuws Vlaanderen wordt tevens (tijdelijk) gebruik gemaakt van een waterafdichting tot in de Boomse klei.

Tunnel onder de Westerschelde.

De tunnelverbinding onder de Westerschelde bestaat uit twee circa 6700 m lange tunnelbuizen met een binnendiameter van 11,20 m, die met een schildboormachine (mix-schild in dit geval een slurry-EPB-schild) geboord zullen worden vanuit het aanlandingspunt Zuid-Beveland. De afstand tussen de tunnelbuizen bedraagt minimaal 15,00 m; bij de toeritten wordt deze afstand gereduceerd tot circa 9,00 m. De gronddekking op de tunnel bedraagt minimaal 15 m. De diepteligging van de

tunnel is in belangrijke mate bepaald door de wens van de combinatie om het boren over een zo groot mogelijke lengte in de Boomse klei te kunnen laten plaatsvinden. De twee tunnelbuizen worden elke 1.000 m door dwarsverbindingen met elkaar verbonden die met behulp van een conventionele bergtunneltechniek worden gebouwd. Iedere tunnelbuis bevat twee rijstroken, een af-gescheiden vluchtroute en een kabelkanaal. De wegcon-structie is gefundeerd op een zandaanvulling. Onder het wegdek is een koker voor de DELTAN 150 kV kabelbundels opgenomen die tevens gebruikt wordt als ventilatiekanaal. Op de twee diepste punten van de tunnel zijn de pompstations opgenomen. Een gedeelte van de tunneltechnische installaties is ondergebracht in een zestal dwarsverbindingen tussen de tunnelbuizen.

Toeleidende weg in Zuid Beveland

De toeleidende weg naar de oeververbinding sluit aan op de S10 (Bernardweg), de Frankrijkweg, de S11 (Sloeweg) en de Borsselsedijk. Het tolplein, het busstation en een parkeerplaats zijn gelegen in het polderdijk dat ontstaat door het omleggen van de bestaande zeedijk bij de Staartsche Nol. De toeleidende weg kruist via een viaduct de spoorlijn, met een overkluizing de leidingenstrook nabij de Vaathoekweg en met een brug de Paardegatsche Watergang. De toeleidende weg wordt door middel van viaducten gekruist door de Korte Noordweg, de Monsterweg en de Korte Zuidweg en door een tunnel door de Verlengde Staartsche Dijk. De Paardegatsche Watergang kruist via een duiker de Monsterweg. Een loopbrug kruist de tolningsinrichting.

Installaties

De tunnel is voorzien van een elektro-mechanische tunnelinstallatie. Aanwezig zijn een zelfstandige energievoorziening, een No-Break stroomvoorziening, tunnelverlichting, een lichtrooster bij de inritzijde van de toeritten, pompinstallaties ten behoeve van drainage, een ventilatiesysteem, een PLC-besturingsinstallatie, communicatiemiddelen zoals intercom, een luidsprekeromroepsysteem, een HF-radiocommunicatiesysteem en CCTV. Voorts is de tunnel voorzien van een brandblusinstallatie, hulpposten, vluchtroute-voorzieningen en een verkeersgeleidingssysteem.

Aanbieding KMW

Het ontwerp bestaat uit toeleidende wegen in zowel Zeeuws Vlaanderen als op Zuid-Beveland en een oeververbinding, uitgevoerd als een volledig geboorde tunnel. De toeleidende weg naar de oeververbinding sluit aan op de Hoekseweg (S21) en kruist met een viaduct de Herbert H. Dowweg.

Tunneltoerit Zeeuws Vlaanderen.

De tunneltoerit bestaat uit een gesloten overgangsgedeelte inclusief hoofdpompenkelder, een open bakconstructie met daglichtrooster, een ingraving met taluds, een kanteldijk en een definitieve zandaanvulling tot een hoogte van NAP +6,50 m ter plaatse van het tunneltracé. De tunneltoerit wordt gerealiseerd in een open bouwput en wel door toepassing van een definitief waterkerend bentoniet-cementscherm dat reikt tot in de Boomse klei, zodat de toestroming van grondwater wordt verhinderd.

In de bouwfase doet het overgangsgedeelte van de toerit dienst als "start-schacht" voor het boorproces. In de gebruiksfase wordt het door het bentoniet-cement-scherm omsloten gebied als polder bemalen waardoor volstaan kan worden met een relatief kort gesloten overgangsgedeelte tussen de tunnel en de open bak.

Tunnel onder de Westerschelde

De tunnelverbinding bestaat uit twee circa 6300 m lange tunnelbuizen met een binnendiameter van 11,40 m, die met een schildboormachine (mix-schild, in dit geval een slurry-"open mode") geboord zullen worden vanuit het aanlandingspunt Terneuzen. De afstand tussen de tunnelbuizen bedraagt 13,00 m (ongeveer 1 x diameter); bij de toeritten wordt deze afstand gereduceerd tot tenminste 6,00 m. De gronddekking op de tunnel bedraagt minimaal 12,00 m. De twee tunnelbuizen worden elke 500 m door dwarsverbindingen met elkaar verbonden, die met behulp van een bevestigingstechniek worden gebouwd. Iedere tunnelbuis bevat twee rijstroken, een brandveilige vluchtgang en een begaanbaar kabelkanaal. De tunnel wordt tot onderkant wegdek aangevuld met zand, waarin een drainagevoorziening is opgenomen. Op de zandaanvulling is de wegconstructie gefundeerd. Onder het wegdek zijn op het diepste punt van de tunnel middenpompkelders ingericht die vanuit de vluchtgang bereikbaar zijn. Een gedeelte van de tunneltechnische installaties is ondergebracht in ruimten die zich onder het wegdek bevinden.

Tunneltoerit Zuid-Beveland

De tunneltoerit bestaat uit een pneumatische caissonconstructie ("ontvangstschacht") inclusief hoofdpompkelder en ruimten voor tunneltechnische installaties, een gesloten tunnelgedeelte, een open bakconstructie met daglichtrooster, kanteldijken en een definitieve zandaanvulling tot een hoogte van NAP + 6,50 m het gebied dat omsloten wordt door de kanteldijk en de "ontvangstschacht".

Voor wat betreft de "Toeleidende weg Zuid-Beveland" en de "Installaties" kan verwezen worden naar hetgeen hierover staat beschreven bij de aanbidding van KWOV.

De uiteindelijk gekozen aanbidding

Zonder op alle overwegingen, die daarbij een rol hebben gespeeld, in te gaan is uiteindelijk gekozen voor de aanbidding van de Combinatie Middelpaats Westerschelde (KMW). Met deze combinatie is de provincie Zeeland

verder de pre-contractuele fase ingegaan

In september 1995 heeft de Ministerraad besloten tot aanleg van de tunnel over te gaan. Onderdeel van dit besluit was de oprichting van een N.V., die tot taak kreeg te zorgen voor de financiering, de realisatie van de oeververbinding en de exploitatie daarvan. De exploitatie omvat het beheer, het onderhoud, de bediening en de tolheffing.

In 1996 is het contract met de KMW gesloten en op 15 juli 1996 is met de uitvoering ervan begonnen. De eerste fase bestond uit het maken van een definitief ontwerp en de werkvoorbereiding. Tegelijkertijd werd er vanuit de N.V. voor gezorgd dat de nodige terreinen werden verworven en de vergunningen op tijd werden verkregen. De eigenlijke bouw is gestart in december 1997 en zal in maart 2003 worden afgerond met de openstelling van de tunnel voor het verkeer.

Het ontwerp van de tunnel

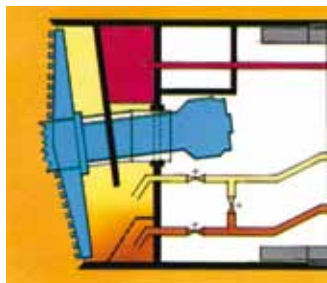
De boortunnel is circa 6600 meter lang en bestaat uit twee evenwijdig lopende buizen, die elk twee rijstroken van 3,50 m bevatten. De buizen hebben een (boor) diameter van 11,33 m, een uitwendige diameter van 11 m en een inwendige diameter van 10,10 m. De tunnelbuizen liggen gemiddeld op een afstand van circa 12 m uit elkaar, ongeveer één boordiameter, waardoor tijdens het boorproces geen onderlinge beïnvloeding optreedt. Deze afstand is bij de uiteinden verminderd tot circa 7 m om de breedte van de tunneltoeritten te beperken.

De tunnel is onder het wegdek voorzien van een kabelkanaal, dat met minivoertuigen toegankelijk is. Om de 250 m zijn de buizen gekoppeld door dwarsverbindingen van 2,10 m hoog en 1,5 m breed. Deze vluchtwegen zijn normaal vergrendeld; bij een eventuele calamiteit worden ze automatisch ontgrendeld en kan de tunnelgebruiker naar de andere buis lopen. Omgekeerd kunnen hulpverleners langs deze weg de plaats van een calamiteit bereiken. Voor de aanleg van de twee tunnelbuizen zijn door Herrenknecht AG te Schwanau (Duitsland) twee tunnelboormachines ontworpen en gebouwd. Deze hebben zich in bijna drie jaar een weg onder de Westerschelde geboord.

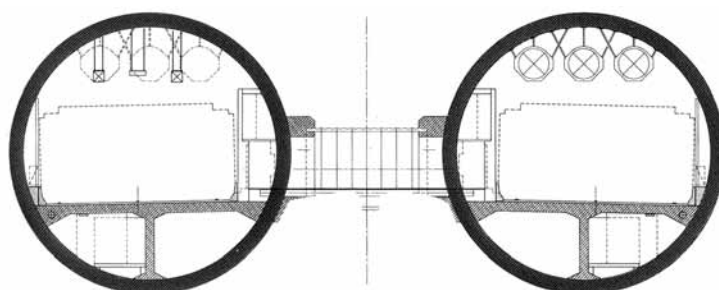
De oeververbinding in cijfers

De tunnel is 6600 m. lang en het diepste punt ligt op 60 m beneden N.A.P.

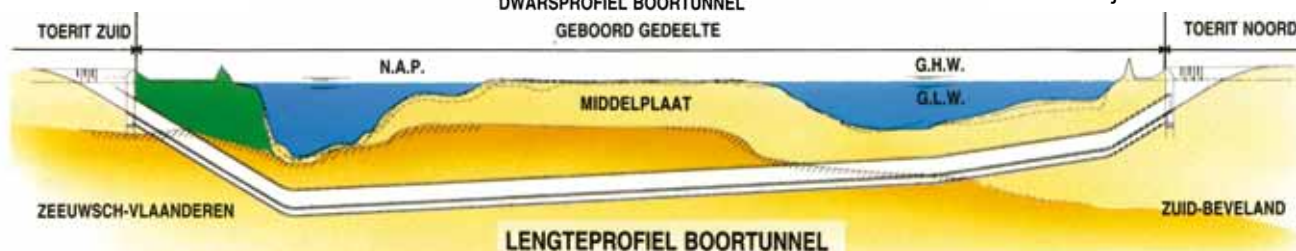
Het hellingspercentage is maximaal 4,5. Elke tunnelbuis bestaat uit 3300 tunnelringen van 2m lengte en een doorsnede van 11 m. Elke tunnelring bestaat uit 7 segmenten en een sluitsteen. Totaal zijn 53.000 segmenten gebruikt. De totale realisatietijd (ontwerp, voorbereiding en bouw) bedroeg 80 maanden. De bouwkosten bedroegen € 635 miljoen; de totale projectkosten circa € 750 miljoen.



Hydroschild



DWARSPROFIEL BOORTUNNEL
GEOBOORD GEDEELTE



16 EEN LAATSTE POGING VOOR EEN HANGBRUG

ir. C.Q. Klap

Toen de aanbiedingen voor de boortunnel ingediend waren en bleek dat er geen aanbieding was gedaan op het referentie ontwerp van de afgezonken tunnel / hangbrug was dit voor de CWS reden om nog een laatste poging voor deze variant te ondernemen. De geboorde variant moest immers aanzienlijk duurder zijn dan het referentieontwerp omdat het 1,5 a 2 km lange goedkope damvak op de Middelploot nu ondertunneld moest worden en de boortunnel de Zeeuws-Vlaamse oever 25 meter dieper zou passeren. Hierdoor werd de tunnel aan de zuidzijde ca 1 km langer voordat deze weer boven zou komen. Dit gold in mindere mate voor de kruising met de Zuid - Bevelandse oever. Naar de mening van de CWS was het referentieontwerp zoals door het Rijk voorgesteld toen minimaal 300 miljoen gulden goedkoper dan de zeer scherpe aanbieding voor de boortunnel. De latere extra veiligheidsmaatregelen hebben dit verschil alleen maar vermeerderd. Uit gesprekken met o.a. leden van de Tweede Kamer werd al snel duidelijk dat men - nu er toestemming was van het Ministerie van Financiën - geen nieuwe oplossingen ter discussie wilde stellen. De inschatting was dat Financiën het project graag naar achteren zou willen schuiven en vervolgens moest men dan nog maar zien wanneer er weer toestemming gegeven zou worden voor een oeververbinding. Als het eenvoudiger zou zijn geweest over dit soort zaken sluitende afspraken te maken en de Belgen ook akkoord hadden kunnen gaan of daartoe te bewegen waren geweest dan had Financiën aardig wat geld kunnen besparen en had zeer waarschijnlijk de oeververbinding er nu anders uitgezien.

Nabeschuiving

Zeeland heeft eindelijk zijn lang verwachte oeververbinding over de Westerschelde. Een laatste stukje romantiek voor zover dit de grote veren betreft behoort in het Zeeuwse tot het verleden. Een voet/fiets veer tussen Breskens en Vlissingen kan dit niet meer goed maken.

Zeeland is nu in alle richtingen ontsloten; het vanwege de wachttijden bij de veren vroeger vertrekken uit de Randstad is niet meer nodig. Zeeuws Vlaanderen kan weer een beetje meer Zeeuws worden en de Zeeuwen weer een beetje meer Vlaams; dat zijn goede vooruit-zichten. De kwaliteit van de Zeeuwse restaurants wordt bijvoorbeeld al sinds vele jaren door de Belgen geroemd.

Jammer is wel dat na zo vele jaren van voorbereiding het uiteindelijk ook de Belgen zijn geweest die al deze fraaie en gezichtsbepalende oplossingen geblokkeerd hebben door alleen met een boortunnel akkoord te gaan en dat de twee overgebleven buitenlandse bouwcombinaties op basis van de ervaringen van een hunner met de boortunnel onder de Schelde in Antwerpen uiteindelijk alleen maar een boortunnel hebben aangeboden. Een krachtiger Zeeuws (Nederlands) geluid was hier op zijn plaats geweest. De kans op een Zeeuws en zelfs Nederlands landmark is blijven liggen evenals vele weidse belevingen bij de passage van de Westerschelde. Tevens geldt dit voor de enige kans ooit in Nederland een hangbrug te bouwen. Als vooraf de boortunnel als reële variant onderkend was bij de MER studie dan had de boortunnel vermoedelijk niet gelegen in het tracé van de afgezonken tunnel / hangbrug maar vermoedelijk op een andere locatie daar men bij een boortunnel niet gebonden zou zijn geweest aan het patroon en de beweeglijkheid van de Schelde bodem. Een verbinding bij Borssele – Hoofdplaat was dan misschien wel de uitkomst geworden zodat deze bij Brugge had kunnen aansluiten op de snelweg naar de Kanaaltunnel. Het tracé waar Rotterdam destijds voor ging waardoor Rotterdam dichterbij Londen zou liggen dan Parijs.

Na de realisering van deze fraaie verbinding, de deltamdammen en de brugprojecten is Zeeland nu precies 50 jaar na de Watersnoodramp voor de komende jaren af. Een evenwichtige verdere ontwikkeling is de nieuwe uitdaging.



Brooklyn bridge

BERICHTEN

Papendorpsebrug in Utrecht

Ter ontsluiting van de nieuwe wijk Leidse Rijn is over het Amsterdam - Rijnkanaal een nieuwe verkeersbrug gebouwd. Na het succes van de Erasmusbrug als beeldmerk in Rotterdam kon Utrecht niet achterblijven en wilde ook een beeldmerk, dat een bijdrage kan leveren aan de promotie van de stad. De brug heeft een hoofdoverspanning van 150 m. De asymmetrische tuibrug met één pyloon is ontworpen door UN Studio en Holland Railconsult. De 90 m hoge hellende pyloon vormt een verwijzing naar de woonwijk Papendorp op de vinexlocatie Leidse Rijn. De pyloon wordt afgeschoord door vuistdikke staalkabels, die met een pendelconstructie zijn verankerd in het landhoofd op het Kanaleneiland. Het 35 m brede brugdek is van staalbeton, een stalen balkrooster met deuvels voor de constructieve samenwerking met het betondek. De uitvoering zal binnenkort door de Belgische aannemerscombinatie CFE / Victor Buijck Steel Construction worden voltooid.
H.K.

Een flinke verflus!

Voor 14 miljoen Euro verrichten de plaatselijke aannemers Balfour Betty en Palmers of Bo'ness het schilderwerk aan de 112 jaar oude spoorbrug over de Firth-of-Forth in Edinborough. Het schildercontract loopt 7 jaar. De aannemers hopen elk jaar ongeveer 15.000 m² te kunnen schilderen. Zelfs met deze jaaromzet zal

het schilderwerk, dat voor de totale brug ongeveer 18 hectare bedraagt, na die zeven jaar nog niet geheel zijn voltooid. Dan wordt het contract en het resterende aantal vierkante meters opnieuw bekeken. Tot voor kort hield het schilderwerk aan de brug nooit op, als de schilders aan de overkant waren gekomen konden ze weer van vooraf aan beginnen. Maar nu gebruikt men een nieuwe verfsoort, die ook wordt toegepast bij olieboorplatforms op zee, waarvan de levensduur op minimaal 20 jaar wordt gegarandeerd. Deze spoorbrug met twee hoofdoverspanningen van 521 m werd gebouwd van 1883 tot 1890 van 54.000 ton staal dat met 6,5 miljoen klinknagels in elkaar werd gezet. Dagelijks passeren ongeveer 150 treinen de brug.
H.K.

Verhoging begunstigersbijdragen

Ons nieuwe tijdschrift "BRUGGEN" wordt door velen zowel binnen als buiten de NBS gewaardeerd. We kunnen derhalve constateren dat het experiment om ons nieuwsblad te laten uitgroeien tot een echt tijdschrift geslaagd is. Het zal iedereen duidelijk zijn dat de productie van een dergelijk, rijk van kleurenfoto's voorzien, blad aanzienlijk hogere kosten met zich meebrengt dan het oorspronkelijke nieuwsblad. Daarom heeft het bestuur besloten de begunstigersbijdragen voor particulieren en bedrijven, die overigens sinds 1992 niet zijn verhoogd, thans een weinig te verhogen. De kosten van het tijd-

schrift "BRUGGEN" worden door deze geringe verhoging niet gedekt, maar door periodiek grotere oplagen te produceren ten behoeve van publicitaire acties van diverse instanties kan een deel van de kosten worden terugverdiend. De begunstigersbijdrage voor particulieren wordt vanaf 01-01-2003 € 17,50 en die voor de bedrijven wordt € 70,-. Het bestuur hoopt dat u deze prijsverhoging zult kunnen billijken.

H.K.

BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men viermaal per jaar het door de NBS uitgegeven blad "BRUGGEN" zal ontvangen. Voorts zal de stichting bevorderen dat bij evenementen, die de Nederlandse bruggenbouw betreffen, begunstigers voordeel genieten. Dit geldt met name voor publicaties van de NBS. De begunstigersbijdrage is minimaal € 17,50 per jaar voor particulieren en € 70,- per jaar voor instellingen en bedrijven. Voor aanmelding is het voldoende om een bedrag te storten op de postbankrekening van de stichting (postrekening 58975) ten name van de penningmeester van de NBS te Delft. U kunt zich ook via de website aanmelden:

www.bruggenstichting.nl



Ontwerp uit 1986 van de TBM voor een hangbrug over de Westerschelde