

— gemengde systemen (wiggen en harsmortel).

F) De proeven op kabels worden vervolgens bondig beschreven. Op dit ogenblik worden de krachten in de tuien bepaald aan de hand van hun eigenfrequentie, mits het toepassen van formules die gesteund zijn op de theorie van de trillende snaren.

G) Het laatste hoofdstuk geeft een beschrijving van de voornaamste kunstwerken van dit type, die in België gebouwd werden:

A. Heer-Agimont

B. Godscheide

C. Obourg: voetgangersbrug

D. Lixhe

E. Lanaye

F. Wandre

G. Ben-Ahin

## DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE

door

**ir. R. SIMOEN**

Inspekteur-Generaal  
van Bruggen en Wegen

**ir. P. KERCKAERT**

Hoofdingenieur-Direkteur  
van Bruggen en Wegen

### I. INLEIDING

Na een uitzonderlijke bloei gekend te hebben in de late middeleeuwen, heeft de Brugse haven gedurende eeuwen een teloorgang gekend als gevolg van de verzanding van het Zwin.

Het is pas in het laatste decennium van de 19e eeuw dat de idee om op de Belgische Kust een volwaardige zeehaven te bouwen opnieuw op een overtuigende manier veld won.

Tijdens de regering en onder impuls van Koning Leopold II besliste het Belgisch parlement in 1885 een nieuwe zeehaven te bouwen aan de kust vlak vóór Brugge.

In figuur 1 wordt deze haven geschetst zoals die er bij de inhuldiging in 1907 uitzag.

De situatie van de haven van Brugge-Zeebrugge bleef tot 1950 zo goed als ongewijzigd. Met uitzonde-

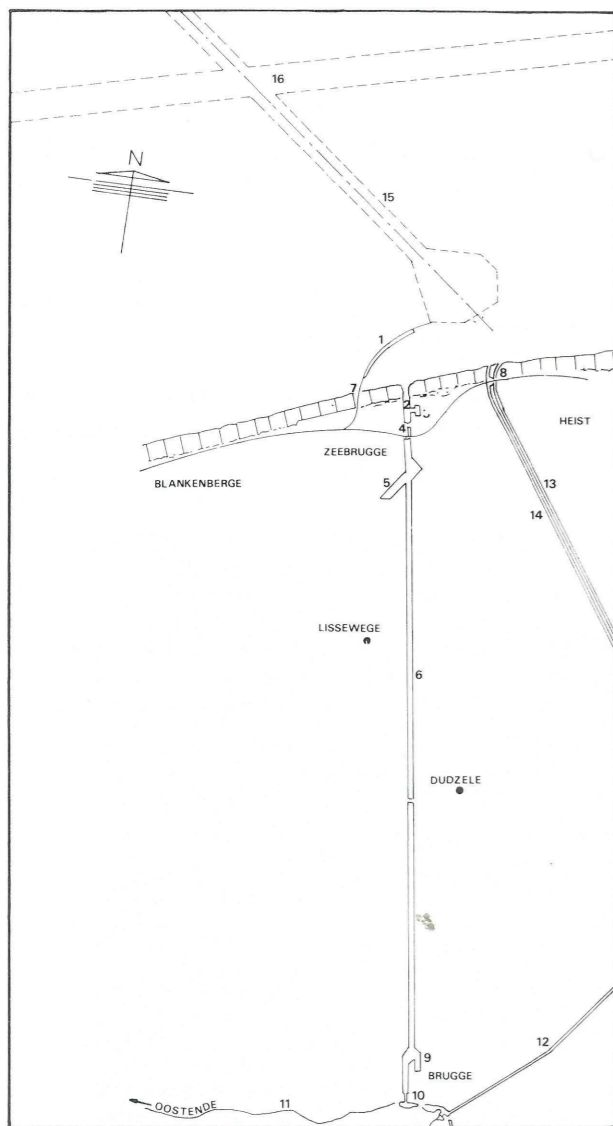


Foto 1. — Algemeen zicht op de oude en de nieuwe haven van Zeebrugge.

ring van het herstellen van de oorlogsschade, die tijdens de twee wereldoorlogen werd aangericht, werden er geen belangrijke werken uitgevoerd.

Ook de diepgang in de haven en in de zeegeul naar de haven bleef op 6,5 meter onder het laagste laagwater.

Het was dan ook niet te verwonderen dat het scheepvaartverkeer geen merkelijke vooruitgang boekte en rond de 500.000 ton (in- en uitvoer samen) per jaar bleef stagneren, hoewel tussen de beide wereldoorlogen dit cijfer bepaalde jaren reeds de 1 miljoen ton had overschreden.



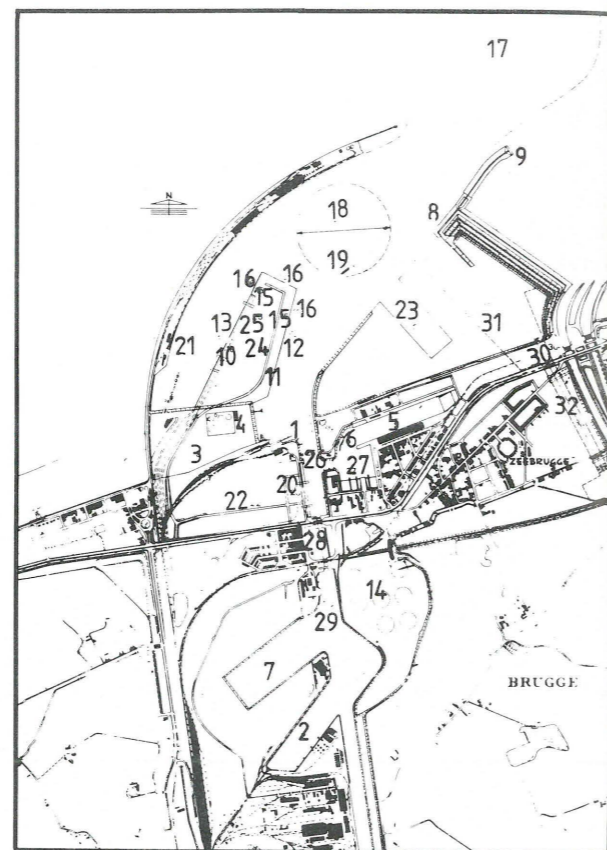
- |                                |                                 |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Havendam - Leopold II dam   | 9. Dokken                       |
| 2. Havengeul                   | 10. Verbindingsluis             |
| 3. Tijdok (vissershaven)       | 11. Kanaal Gent-Brugge-Oostende |
| 4. Zeesluis                    | 12. Kanaal Brugge-Sluis         |
| 5. Havendok (Ferrydok)         | 13. Leopoldkanaal uitwaterings- |
| 6. Zeekanaal (Boudewijnkanaal) | 14. Schipdonkkanaal kanalen     |
| 7. Open paalwerk (claire-voie) | 15. Pas van het Zand            |
| 8. Uitwateringsluizen          | 16. Wielingen                   |

Fig. 1. — De haven van Brugge - Zeebrugge in 1907.

Tussen 1950 en 1960 werden dan toch enkele verbeteringswerken uitgevoerd zonder dat er echter gewag kan gemaakt worden van een echt programma voor een systematische verdere uitbouw.

In 1960 werd voor het eerst een globaal programma opgevat om de haven van Zeebrugge uit te bouwen voor grotere schepen en de haven toegankelijk te maken voor petroleumtankers van max. 50.000 t.d.w. bij hoogwater en doorlopend toegankelijk voor tankers van 35.000 t.d.w.

Figuur 2 situeert deze naoorlogse werken zoals ze in 1970 voltooid waren.



- |   |  |
|---|--|
| 1. Terminal voor ferryboats   | 17. Baggerwerken in de Pas van het Zand en de geul door het Ribzand: -9,30 m onder laagwater, bodembreedte 300 m |
| 2. Oud ferrydok   | 18. Zwaairom met diameter 500 m  |
| 3. Westbank   | 19. Wrak van emmerbaggermolen „Beverwijk“ (werd verwijderd)  |
| 4. Eerste petroleumvestiging  | 20. Short-sea containerterminal  |
| 5. Prins Albertdok - vissershaven   | 21. Roll-on/roll-off terminals   |
| 6. Jachthaven   | 22. Verbindingsweg tussen beide containerterminals   |
| 7. Prins Filipdok   | 23. Militair tijdok  |
| 8. Oostelijke dam   | 24. Bedieningsweg op het Westerhoofd   |
| 9. Lage havendam  | 25. Westerhoofd  |
| 10. Westelijke kaaimuur   | 26. Havengeul  |
| 11. Voorlopige ligkuil voor petroleum-schepen (1962)                      | 27. Tijdok   |
| 12. Wrak van Engelse oorlogskruiser Thetis (werd verwijderd)              | 28. Sluis  |
| 13. Aanlegkaai met ligkuil tot 13 m onder laagwater                       | 29. Boudewijnkanaal  |
| 14. Bufferopslagplaats voor ruwe petroleum                                | 30. Uitwateringsluizen   |
| 15. Kaaimuur rond Westerhoofd   | 31. Toegang nieuwe zeesluis  |
| 16. Baggerwerken rondom het Westerhoofd: ligkuil tot 13 m onder laagwater | 32. Nieuwe zeesluis  |

Fig. 2. — De haven van Zeebrugge in 1970.

In 1970 besliste de Regering tot een nog grotere uitbouw van de haven over te gaan. Deze beslissing werd voorafgegaan door een studie die bevolen werd door de toenmalige minister van Openbare Werken en die tot doel had verslag uit te brengen over de mogelijkheden om in volle zee of aan de Belgische Kust een nieuwe haven te bouwen voor schepen met grote tonnenmaat.

Een speciaal daartoe samengestelde commissie boog zich over dit probleem en kwam tot het besluit dat in principe de voorkeur moest uitgaan naar de uitbouw van een polyvalente diepzeehaven in Zeebrugge, omdat op die manier de noodzakelijke investeringen het minste risico zouden dragen.

Het verslag van de commissie bevatte een voorstel tot mogelijke uitbouw van de haven van Zeebrugge, waarvan de uitvoering kon gespreid worden over drie achtereenvolgende fazen.

In 1970 nam de Regering de beslissing om een eerste fase van dit voorstel uit te voeren. Die eerste fase bevatte de nieuwe grote zeesluis, de nieuwe achterhaven (beperkt tot 1.300 ha oppervlakte), alsook een zekere uitbouw van de buitenhaven (gebeurlijk lange lage strekdammen) om de toegankelijkheid van de haven en van de zeesluis voor grote schepen te verzekeren.

De werken aan de nieuwe zeesluis werden reeds in 1972 aangevat.

Ook de vorm van de nieuwe achterhaven kon spoedig vastgelegd worden.

Ondertussen is de nieuwe zeesluis op 10 april 1984 als de Burgemeester Pierre Vandamme-sluis in gebruik genomen.

Daardoor is het noordelijk insteekdok in die achterhaven reeds toegankelijk.

Een definitieve beslissing nopens de uitbouw van de voorhaven werd niet zo vlug genomen. Deze voorhaven vormde immers van meetaf aan een zeer moeilijke en delikate opgave.

Om meerdere redenen werd afgezien van de uitbouw met lange en lage strekdammen. De beslissing om in deze voorhaven een LNG terminal te bouwen beïnvloedde naderhand uiteraard ook gevoelig de bouwplannen.

Gezien voor een dergelijke zware technische opgave alleen permanente en zeer nauwe samenwerking tussen de Staat en de aannemers op gebied van studie en uitvoering een tijdige efficiënte realisatie kon

waarborgen, werd in september 1976, na een internationale oproep, door de Regering een raamovereenkomst voor de uitbouw van de voorhaven afgesloten met de Tijdelijke Vereniging Zeebouw-Zeezand, een groep bestaande uit verschillende gespecialiseerde bouwfirmas en studiebureaus.

Aanstonds werd met een eerste deelcontract gestart, nl. het studiekontract. Volgens een uitgebreid studieprogramma werden alle facetten op hydraulisch, nautisch en sedimentologisch gebied van de nieuwe buitenhaven onderzocht, evenals de invloed ervan op de omgeving, inzonderheid op de Oostkust en het Schelde-estuarium.

Uitgebreide laboratoriumstudies samen met een aanvullend meetprogramma in situ, werden sinds september 1976 aan een hoog ritme doorgevoerd.

Zo kon reeds in juni 1977 gestart worden met een tweede deelcontract nl. met de strandverbeteringswerken op de Oostkust. Deze werken zijn reeds geruime tijd beëindigd zodat Knokke-Heist nu over een strandbreedte van 100 m bij hoog water beschikt.

In 1978 werd dan een aanvang genomen met de eigenlijke werken aan de voorhaven zelf.

Op 9 augustus 1980 tenslotte besliste de Regering over de uitbouw lengte en -vorm van de nieuwe voorhaven: de optimale uitbouwvorm van 1.750 m (afstand zeewaarts van de bestaande Leopold II dam) werd weerhouden.

Inmiddels zijn de werken van de eigenlijke dammenbouw nagenoeg voltooid.

Op figuur 3 wordt de goedgekeurde lay-out van de nieuwe voor- en achterhaven in detail weergegeven.

Het effect van al deze werken op de scheepstrafiek in Zeebrugge is merkwaardig: in 1986 werd een trafiek bereikt van 16 miljoen ton.

In de volgende hoofdstukken wordt meer in detail ingegaan op de meest recente verwezenlijkingen in de nieuwe haven en tevens worden de technische kenmerken van enkele der belangrijkste werken behandeld.

## II. DE ACHTERHAVEN EN DE NIEUWE ZEESLUIS

De nieuwe achterhaven zal zich situeren in een zone begrensd ten noorden door het bestaande dorp van Zeebrugge (5), ten westen door het Boudewijnkanaal (6), ten oosten door het Leopold- en Schipdonk-

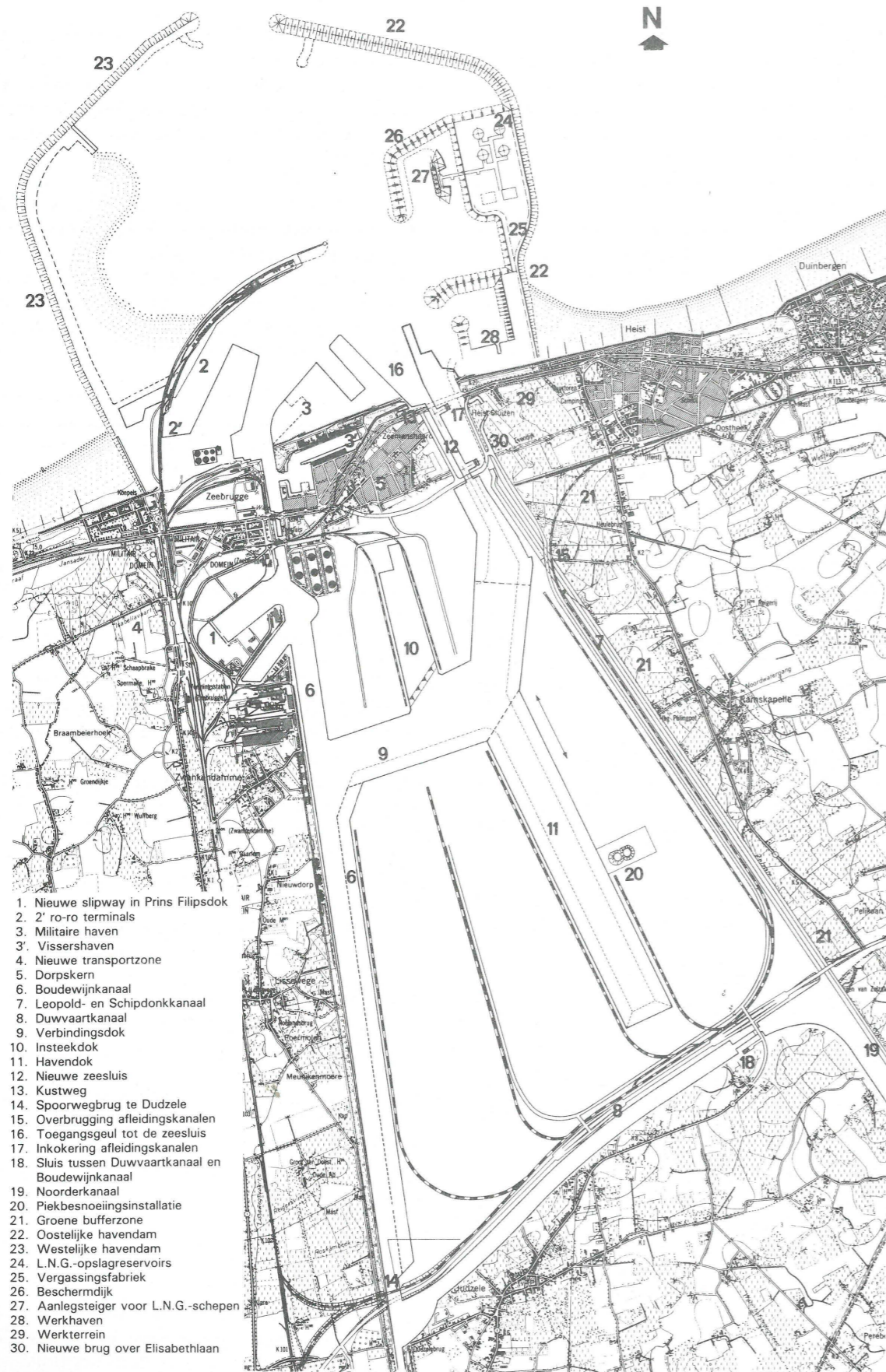


Fig. 3. — De nieuwe infrastructuurwerken.

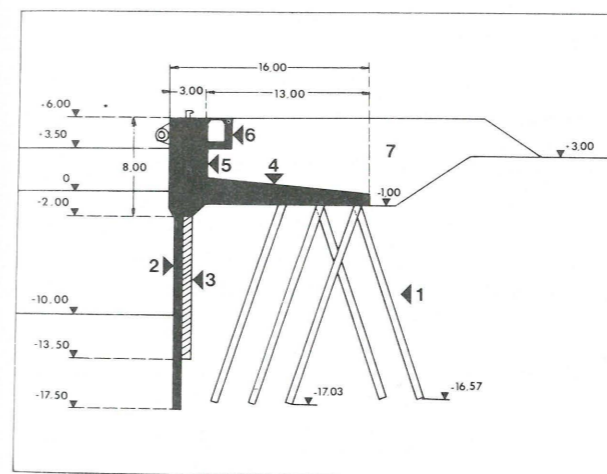
1. Nieuwe slipway in Prins Filipisdok
2. 2' ro-ro terminals
3. Militaire haven
- 3'. Vissershaven
4. Nieuwe transportzone
5. Dorpskern
6. Boudewijnkanaal
7. Leopold- en Schipdonkanaal
8. Duwvaartkanaal
9. Verbindingsdok
10. Insteekdok
11. Havendok
12. Nieuwe zeesluis
13. Kustweg
14. Spoorwegbrug te Dudzele
15. Overbrugging afleidingskanalen
16. Toegangseul tot de zeesluis
17. Inkokering afleidingskanalen
18. Sluis tussen Duwvaartkanaal en Boudewijnkanaal
19. Noorderkanaal
20. Piekbesnoeiingsinstallatie
21. Groene bufferzone
22. Oostelijke havendam
23. Westelijke havendam
24. L.N.G.-opslagreservoirs
25. Vergassingsfabriek
26. Beschermdijk
27. Aanlegsteiger voor L.N.G.-schepen
28. Werkhaven
29. Werkterrein
30. Nieuwe brug over Elisabethlaan

kanaal (7) en ten zuiden door het nog te bouwen duwvaartkanaal (8). De totale oppervlakte van het omschreven achterhavengebied bedraagt ca. 1.300 ha, waarvan 300 ha bestemd zijn voor nieuwe havendokken.

In de planning van de uitbouw van de achterhaven zijn twee delen voorzien terwijl de nieuwe zeesluis het derde belangrijk element vormt dat moet instaan voor de verbinding met de open zee.

**1. Het noordelijk deel**, nl. het deel gelegen ten noorden van het verbindingsdok (9) met het Boudewijnkanaal, is bestemd om een typische portuaire functie te vervullen. Dit noordelijk haventerrein is uitgerust met een insteekdok (10).

Een 2.286 m lange kaaimuur (zie fig. 4) vormt de omtrek van dit insteekdok. De waterdiepte bedraagt er 13,5 m (noordzijde) tot 14,5 m (zuidzijde): de bodemdiepte varieert er tussen -10 m en -11 m; de konstante waterstand in het dok bedraagt +3,5 m.



1. Geprefabriceerde betonpalen
2. Betonnen damplanken
3. Cementmortelwand
4. Vloer in gewapend beton
5. Gewapend beton voorwand
6. Kabelkoker
7. Aanvulling met zand, voortkomende uit de bouwsleuf

Fig. 4. — Insteekdok in de achterhaven. Dwarsdoorsnede van de kaaimuur.

De kaaimuur is van het Deens type met een fundering uit geprefabriceerde betonpalen, met een lengte van 21,80 m en 17,40 m, en met een voorwand uit betonnen damplanken met een lengte van 19,00 m en 16,50 m. Ten einde de zanddichtheid van de voorwand uit betonnen damplanken te verzekeren, werd er een cementmortelwand achter de damplanken gestort. Op de damplanken en de palen rust een vloer in gewapend beton, afgewerkt met een verticale gewapend beton voorwand, met kabelkoker op het peil +6 m.

Dit is ook het niveau van de kaai vlakte rondom het dok.

De palen, de damplanken en de cementmortelwand werden geheid in zandgronden.

De vloerplaat werd aangevuld tot op het peil +6 m met zand, voortkomende uit de bouwsleuf.

De betonnen palen en damplanken werden in de grond getrild door middel van een elektrisch trilblok, gemonteerd op een stelling, lopende op een brug die het werkoppervlak overspant. Om de 30 m scheidt een uitzettingsvoeg de verscheidene onafhankelijke moten van de kaaimuur.

De betonnen palen en damplanken werden vervaardigd in 144 vaste metalen bekistingen, waaruit door middel van een aerolift de afgewerkte produkten werden gelicht om ze op de opslagplaats te zetten. Op dezelfde manier werden ze dan op vrachtwagens geladen welke ze naar de heistellingen vervoerden.

Het geheel van de konstruktie is afgewerkt met om de 30 m een bolder met 120 t trekkracht en met rubberfenders van het holle cylindertype met  $\varnothing i = 600$  mm en  $\varnothing u = 1.200$  mm; de fenders zijn 3 m lang en worden om de 20 m opgehangen aan de kaaimuur.

Voor het maken van de betonnen palen en damplanken, werd op de bouwplaats een prefabrieksterrein opgericht van 17.000 m<sup>2</sup> werkoppervlakte, waar zowel de wapeningskooien als de palen en de damplanken vervaardigd werden, en waar de betoncentrale voor de bevoorrading van de mixers zorgde die de palen en damplanken stortten. Het werkterrein werd bediend door een portaalkraan van 30 m overspanning en een hefvermogen van 20 t.

Voornaamste hoeveelheden:

Grondwerk: uitgraving + aanvulling:	940.000 m <sup>3</sup>
Gewapend betonpalen, sekte 0,50 m x 0,60 m	56.933 m
Gewapend betondamplanken, sekte 0,50 m x 0,60 m	77.444 m
Cementmortelwand	25.851 m <sup>2</sup>
Beton	110.500 m <sup>3</sup>
Wapeningsstaal	8.500 t

**2. In het zuidelijk deel** van het achterhavengebied kunnen diverse diepzeescheepvaartgebonden bedrijven opgericht worden. Alle terreinen zullen er langs diep water gelegen zijn, nl. langs de rechteroever van het te verbreden en te verdiepen Boudewijnkanaal en langs weerszijden van het nieuw te graven noord-zuidwaarts gericht havendok.

Zowel het verbindingsdok als het havendok zullen een bodembreedte van minimum 200 m en een nuttige waterdiepte van 18,5 m hebben.

De dokoevers worden in taludvorm afgewerkt. Volgens de aard van de bedrijven die er zich zullen vestigen zullen naderhand kaaimuren, of aanlegsteigers gebouwd worden.

Het noordelijk gedeelte van het groot havendok (11) wordt thans uitgerust om de grootste bulkschepen (kolen, erts, e.d.) te kunnen ontvangen. Hiertoe werd in 1986 een aanvang gemaakt met de bouw van een eerste fase van een diepwaterkade aan de noordwestkant van dit havendok (fig. 5).

Deze kaai dient voor het lossen van kool- en ertschepen tot 125.000 à 150.000 d.w.t. De waterdiepte vóór de kaai bedraagt 18,5 m (bodem -15,- m; waterpeil +3,5 m; kaainiveau +6 m).

De totale lengte van de kaaimuur is 480 m, waarvan 90 m gelegen zijn in het verbindingsdok als reoerkaaimuur en 390 m in het nieuw ontworpen dok.

De kaaimuur is van het Deens type met een fundering uit geprefabriceerde gewapende betonpalen met een dwarsdoorsnede van 58 cm x 58 cm en met een lengte van 17,50 m. De voorwand van de kaaimuur bestaat uit een grondrijke wand (0,80 m dik) in gewapend beton die reikt tot een diepte van -25 à -26 m, en die in de grond werd vervaardigd volgens het slibwandprocédé. De betonplaat die rust op deze voorwand en op deze palen heeft een breedte van 25 m wat nodig is om de grote kraan (40 t op 40 m) die later de kolen en erts zal lossen te laten op steunen.

Speciaal dient vermeld dat het hier een zeer zwaar kaaimuurtype betreft met zeer veel palen welke nodig zijn om de latere ertsstock, gelegen juist achter de kaaimuur en die tot 17 m hoog gestapeld wordt met een gewicht van 3 t/m<sup>3</sup> (of totaal 51 t/m<sup>2</sup>) op te vangen.

Er werd ernaar gestreefd om praktisch alle voorbereidende werken op de werf zelf uit te voeren:

— De zware geprefabriceerde palen met een stukgewicht van 14 ton werden ter plaatse vervaardigd.

De palen werden in speciaal ontworpen bekistingen geprefabriceerd. Het prefabriceren van de palen gebeurde naast de plaats waar ze dienden geheid te worden. De bekistingen werden progressief verplaatst volgens de bouwrichting van de kaaimuur waardoor transportkosten van de palen vermeden werden. Het totaal aantal palen bedraagt 1.100 stuks met een totale lengte van 19.250 m.

— De palen werden in de grond geheid met één van de grootste heimachines ter wereld, uitgerust met

een trilhamer PTC. Tijdens het heien kon er worden voorgespoten aan de paalpunt met water onder druk doorheen een buisje dat tot aan de paalpunt in de as van de palen was ingebetonneerd.

— De beton voor de kaaimuur, (ongeveer 43.000 m<sup>3</sup>) werd eveneens ter plaatse vervaardigd in een op de werf geïnstalleerde betoncentrale met een productiecapaciteit van 60 m<sup>3</sup>/uur. Het beton werd vervoerd met vrachtwagens en mixers en ter plaatse verwerkt met kabelkranen.

— De bekistingen voor de muurmoten hadden een hoogte tot 8,20 m en waren 33 m lang.

— Grondwerken en bemaling: De bemaling met diepwaterputten heeft het grondwater neergeslagen tot een peil -3 m (het grondwaterpeil bevindt zich normaal aan peil +2,5 m). De grondwerken werden uitgevoerd met hydraulische kranen en vrachtwagens.

Uitgraving en aanvulling: totaal ongeveer 210.000 m<sup>3</sup>.

— Gewapende betonslibwand (voorwand kaaimuur): 8.500 m<sup>3</sup>.

De sleuf werd uitgegraven met een speciaal daartoe ontworpen grijper.

Bentonietspecie die tot boven aan de sleuf gevuld werd hield de wanden van de sleuf met een breedte van 80 cm vertikaal tot het peil -26 m. Er werd gewerkt met panelen van 7,5 m lengte waarin een wapeningskooi werd geplaatst en die dan in één continue operatie volgebetonneerd werden.

De grondrijke voegen werden speciaal verzorgd en uitgevoerd met een speciale C.W.S. voeg.

— Wapeningsstaal: de totale verwerkte hoeveelheid bedroeg ongeveer 2.600 ton.

De werken aan deze „diepwaterkade” werden eind 1987 voltooid.

**3. De nieuwe P. Vandammesluis** vormt de verbinding van het achterhavengebied met de voorhaven en de zee (voor de \* verwijzingen zie fig. 6).

De lengte van de zeesluis bedraagt 500 meter, de breedte 57 meter en de drempel ligt op 15 meter onder gemiddeld laag laagwater. De sluis is uitgerust met vier stalen roldeuren (\*2, \*3) en vier stalen wipbruggen (\*4, \*5), telkens twee aan elk sluishoofd, die het verkeer op de kustweg (13) ongehinderd zullen blijven verzekeren.

Door een afvoerdruiker (\*6) gelegen langs de westelijke sluismuur kan het waterpeil der opwaarts gelegen dokken geregeld worden.

## HAVEN VAN ZEEBRUGGE

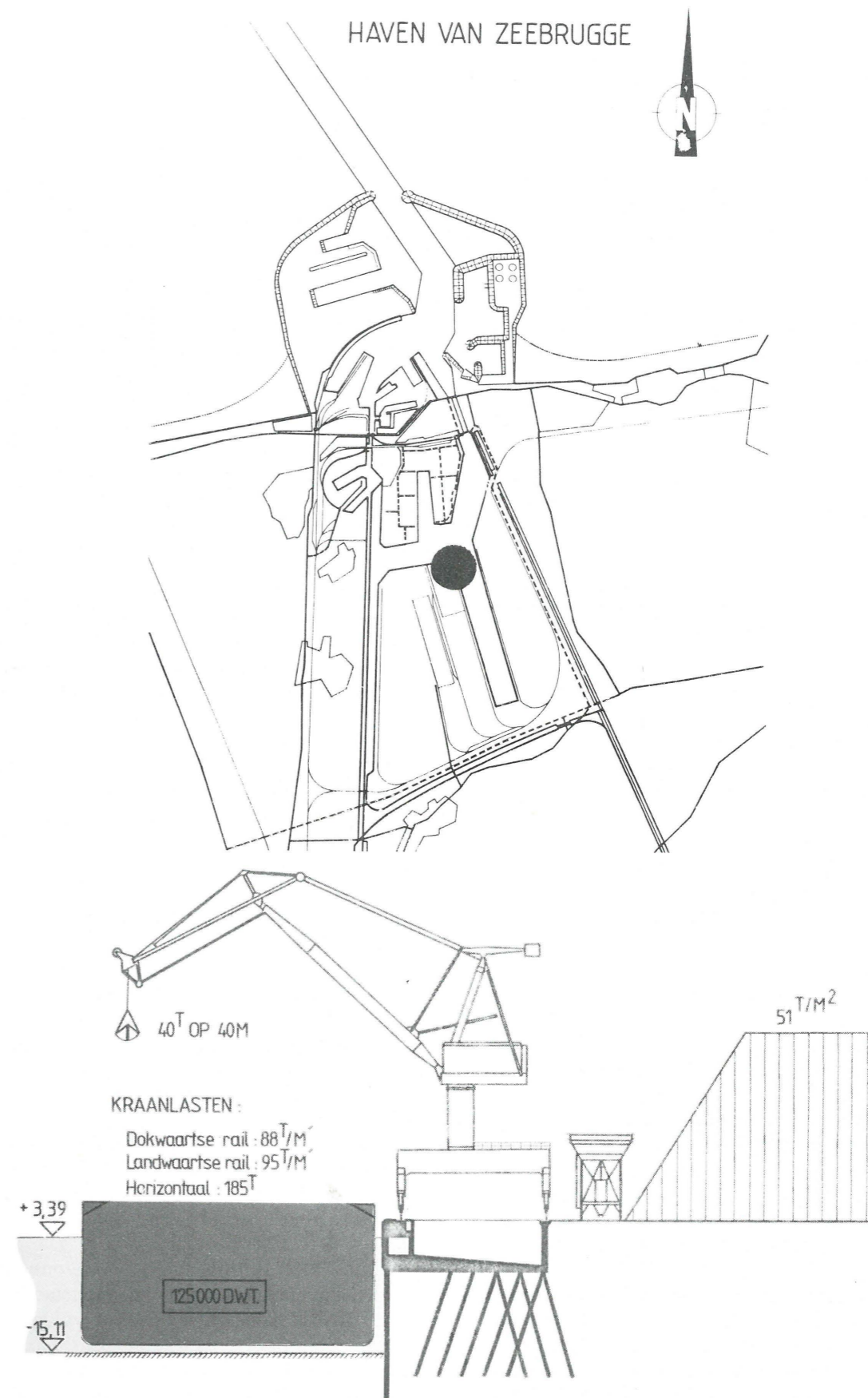


Fig. 5. — Diepwaterkade in de achterhaven. Liggingsschets en dwarsdoorsnede.

Vóór de bouw van de sluis werden de afleidingskanalen Leopold- en Schipdonkkanaal in kokers omgeleid (\*7). De sluismuren (\*8) van het sas bestaan uit hoog gefundeerde kaaimuren op gewapend betonpalen (\*9).

Achter de betondamplanken (\*10) die de voorwand der muren vormen, verzekert een scherm (\*11) in kleicement de dichtheid van het sas tegen zanduitspoeling.

Het hoge platform (\*12) der muren werd uitgevoerd op een zandaanvulling (\*13) ter vervanging van de voordien uitgegraven slappe gronden. De uitgravingen binnen in het sas werden naderhand onder water uitgevoerd.

Om onderdrukken te vermijden bestaat de vloer (\*14) van het sas uit prefabbetonblokken die met open voegen rusten op een horizontale drain (\*15) in grint.

De sluishoofden zelf werden in den droge uitgevoerd d.m.v. cellenwanden welke tevens deel zijn blijven uitmaken van de deurkamer- en nissenkonstrukties.

Voornaamste hoeveelheden:

Grondwerk uitgraving – aanvulling:	1.700.000 m <sup>3</sup>
Metalen damplanken:	16.000 t
Gewapend beton:	260.000 m <sup>3</sup>
Wapeningsstaal:	17.000 t
Scherm in kleicement:	85.000 m <sup>3</sup>
Beschoeide muren:	13.000 m <sup>3</sup>
Gewapend betonpalen en damplanken:	132.000 M <sup>3</sup>

\* \* \*

Ter hoogte van de zeesluis is de bestaande spoorlijn Brugge-Zeebrugge-Knokke-Heist onderbroken en vervangen door een omleggingsspoor. Dit omleggingsspoor volgt via een halfhoge spoorbrug over het Bouwdewijnkanaal te Dudzele (14) zuidelijk het industrieterrein en geeft via het tracé van het bestaand Schipdonkkanaal met een nieuwe overbrugging (15) over dit kanaal en over het Leopoldskanaal terug aansluiting ter hoogte van het station van Heist.

Meerdere werken ten behoeve van het nieuw achterhavengebied zijn reeds uitgevoerd of volop in uitvoering. De werken aan de nieuwe zeesluis en aan de toegangskaaimuren (16) naar de sluis zijn volledig voltooid. Op 8 november 1983 werd de sluis voor de eerste maal gebruikt door een commercieel schip.

Het noordelijk deel van de nieuwe achterhaven, het verbindingdok en het insteeddok, zijn in de loop van 1984 in gebruik genomen.

Inmiddels werden de inkokering van het Leopold- en Schipdonkkanaal (17) over een lengte van 950 m en de zuidelijke omlegging van de kustweg afgewerkt. Deze omlegging is noodzakelijk om de aansluiting te verwezenlijken tussen het nieuw achterhavengebied en het rijkswegennet zonder de bebouwde kom van Zeebrugge te belasten.

De noordelijk gelegen haventerreinen werden met ca. 3 m opgehoogd en ingericht met de nodige infrastructuur voor nieuwe havenbedrijven. Nadien zal de uitbouw van het zuidelijk deel van de achterhavenszone tot aan het geplande duwvaartkanaal verder gerealiseerd worden. Het duwvaartkanaal zal via een sluis (18) de verbinding verzekeren tussen het Bouwdewijnkanaal en het noorderkanaal (19) en op die manier aansluiting geven met Gent en het verder gelegen waterwegennet.

In het zuidelijk deel van het achterhavengebied is reeds een eerste vestiging opgericht, nl. de piekbevoeiingsinstallatie van de N.V. Distrigaz (20) die voor de nodige buffervoorraad van aardgas in de periode van het hoogste verbruik tijdens het jaar moet zorgen.

Teneinde al deze werken en de industriële activiteiten in het achterhavengebied zo harmonieus mogelijk in het bestaand landschap in te kaderen is een bufferzone voorzien ten oosten van de bestaande Schipdonk- en Leopoldkanalen (21).

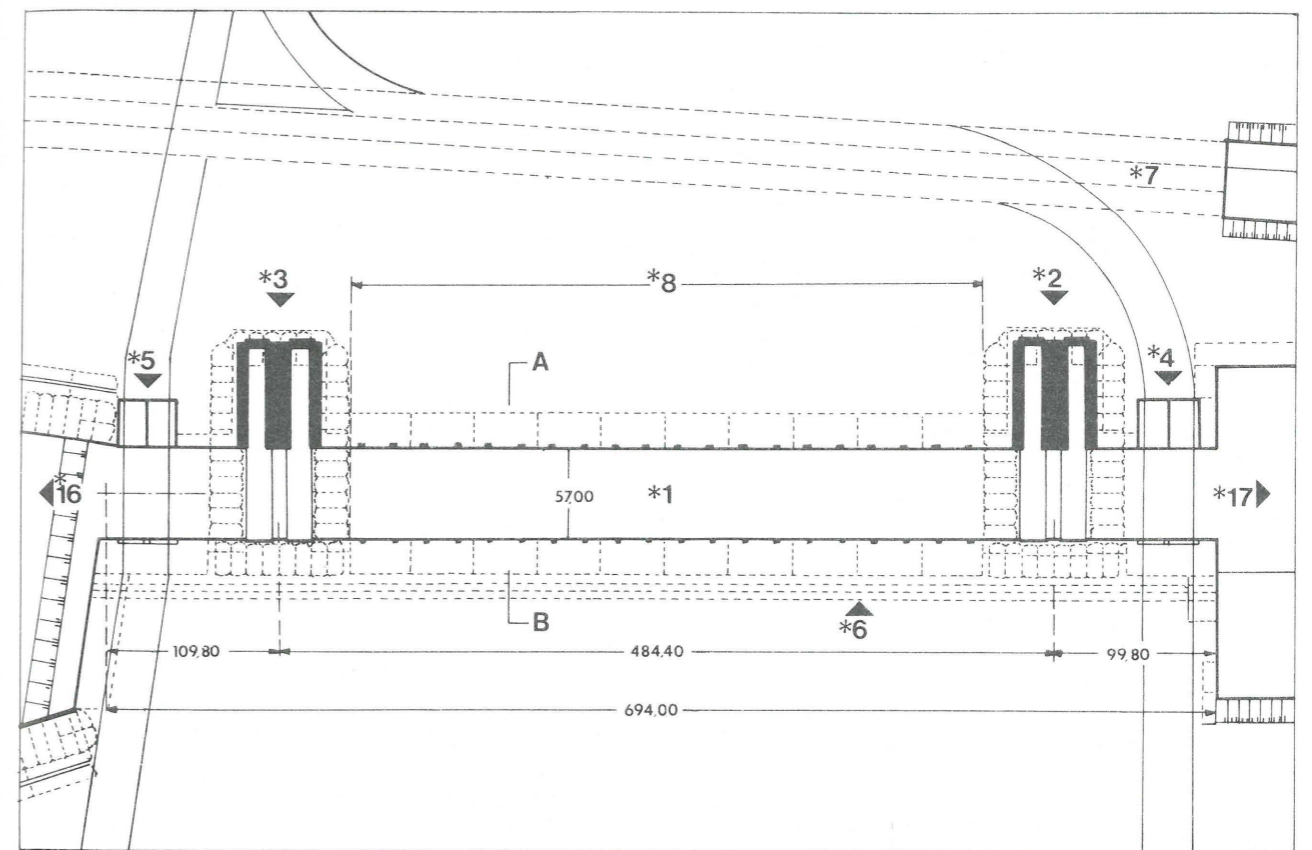
### III. DE NIEUWE BUITENHAVEN

De globale vormgeving van de nieuwe buitenhaven bestaat uit een oostelijke (22) en een westelijke (23) dam. Het kruinpeil van deze dammen zal reiken tot 11 à 14 meter boven laag laagwater in functie van de plaats waar ze in zee worden gebouwd. De afwerking ervan is inmiddels reeds voltooid.

De bouw van deze dammen werd voorafgegaan en permanent bijgestuurd door een uitgebreide studie waarvan de diverse onderdelen in het globaal overzicht van figuur 7 worden opgesomd.

Figuur 8 geeft een overzicht van de ontwerpvoorwaarden betreffende de golf- en waterstanden waaraan de diverse damsecties dienen te voldoen.

In figuur 9 worden enkele belangrijke geologische en hydrografische basisgegevens opgesomd welke aan de oorsprong liggen van het definitief damontwerp.



- \* 1. Sas
- \* 2. Bovenhoofd
- \* 3. Benedenhoofd
- \* 4. Bovenkeldering
- \* 5. Benedenkeldering
- \* 6. Afvoerduiker
- \* 7. Kokers
- \* 8. Kolkmuern
- \* 9. Palen in gewapend beton
- \* 10. Damwand in gewapend beton
- \* 11. Scherm in kleicement
- \* 12. Bovenbouw
- \* 13. Zandaanvulling
- \* 14. Vloer
- \* 15. Horizontale drain
- \* 16. Zee
- \* 17. Dok

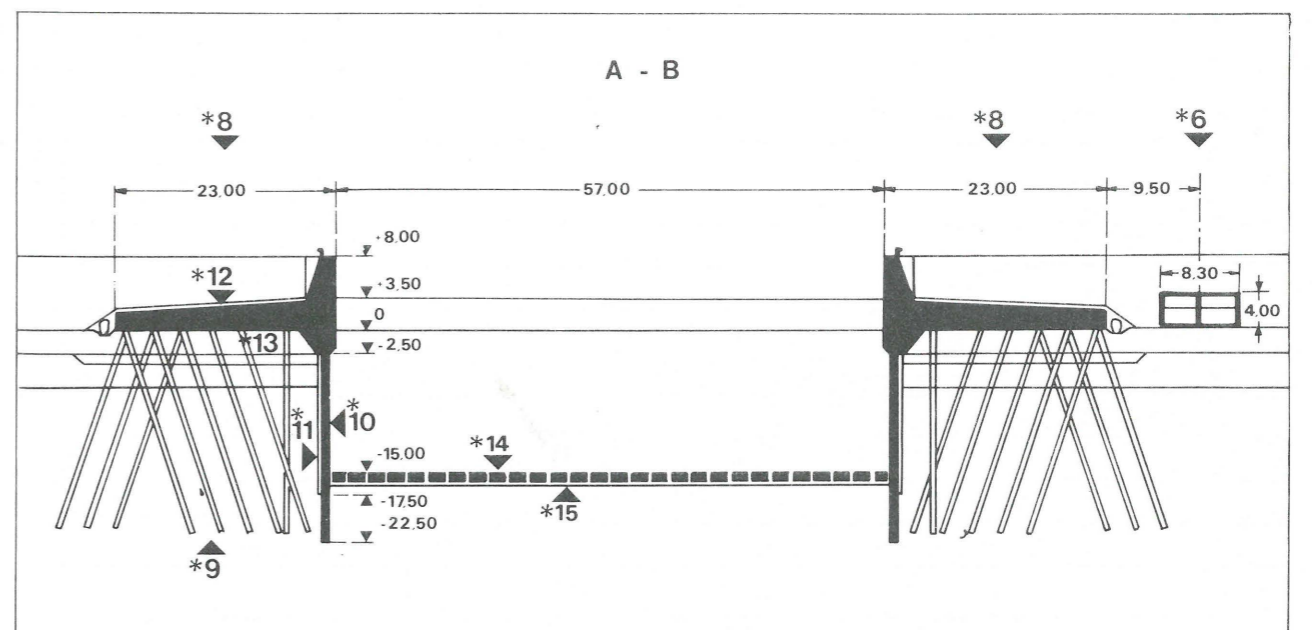


Fig. 6. — De nieuwe zeesluis.

Fase	Hydrografisch onderzoek	Geotechnisch onderzoek	Hydraulisch onderzoek		Nautisch onderzoek	Sedimentologisch onderzoek
			Fysisch	Mathematisch		
Basisgegevens	Bodemligging Stroom Golven Wind	Bodemsamenstelling Draagkracht			Prototype metingen a/b van schepen	Bodemonderzoek Transportmetingen Tracerproeven
Layout havendammen			Permanentiemodel Tijmodel Diffractiemodel	Refractie Diffractie Getij	Simulatorproeven Model vrijvarende schepen	Sedimentologisch model
Ontwerp dammen		Stabiliteitsberekeningen	2 en 3 dimensionale modellen			
Uitvoering	Evolutie van bodemligging (erosies) en stroom Meteodienst	Controle sonderingen en boringen	Operationeel tijmodel		Stroomatlassen Loodsatlassen Meetvaarten	Transportmetingen

Fig. 7. — Overzicht studie en begeleiding dammenbouw.

	Workharbour Northern breakwater	Southern East breakwater			LNG breakwater	Outer harbour breakwater		
		East	North	West		SW	NW/NE	Mouth
Design wave height $H_s$ (m)	4.00	3.00	5.75	5.75	4.90	5 à 6	6.10	6.10
Design sea level (m)	Z + 5.20	Z + 6.85	Z + 6.00	Z + 6.00	Z + 6.00	Z + 6.85	Z + 6.85	Z + 6.85
Accepted damage (%)		0.5	0.5	5-10	0.5	0.5	0.5	0.5
Probability of exceedance (%)	40	10	40	25	40	10	10	10
Lifetime or exposure time (year)	5	50	5	3	5	50	50	50

Z = Gemiddeld laag-laag water bij Springtij - 8 cm.

Fig. 8. — Ontwerpcndities van de diverse damsekties.

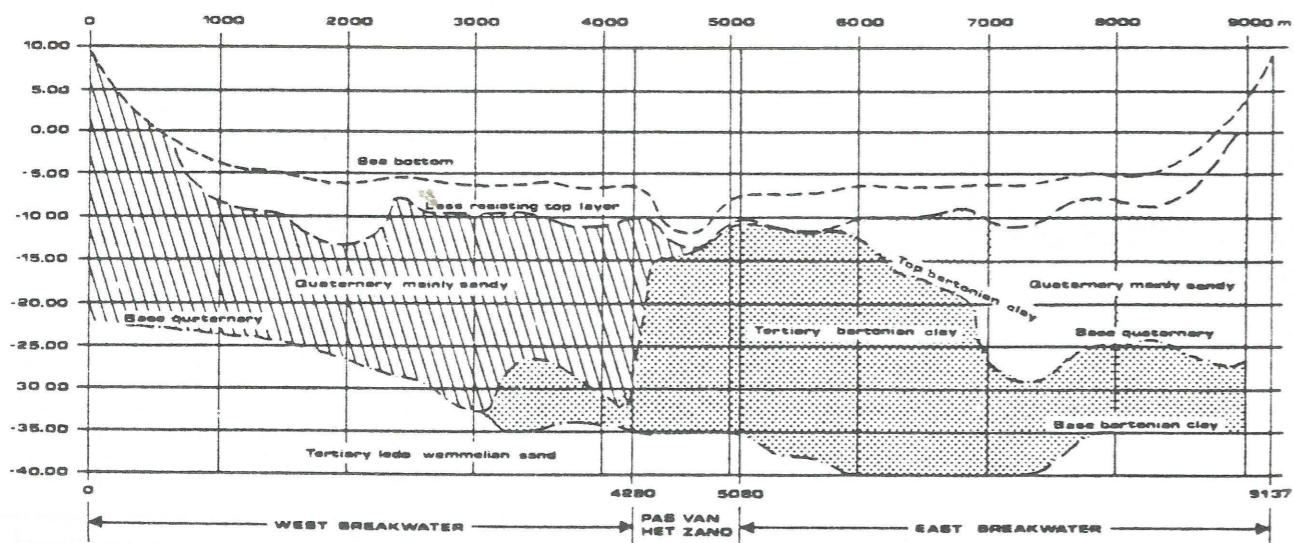


Fig. 9a. — Geologisch profiel in de as van de buitenhavendammen.

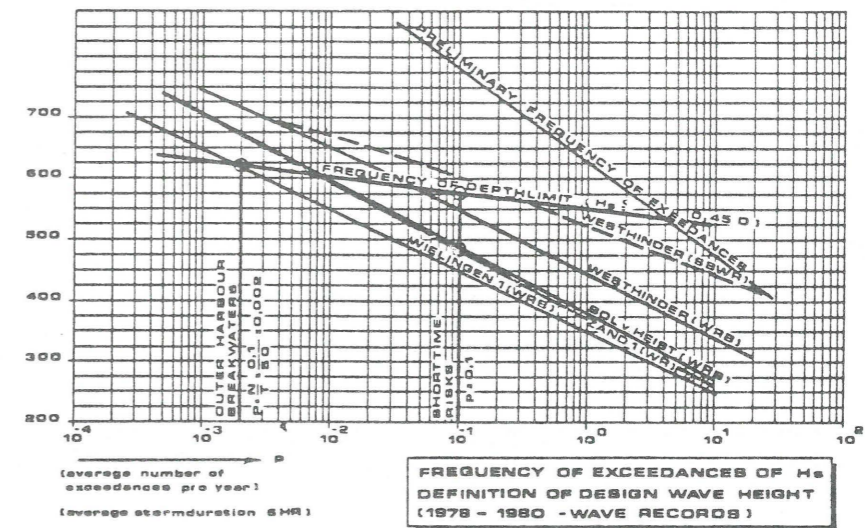


Fig. 9b. — Golfhoogte distributie op diverse lokaties rond Zeebrugge.

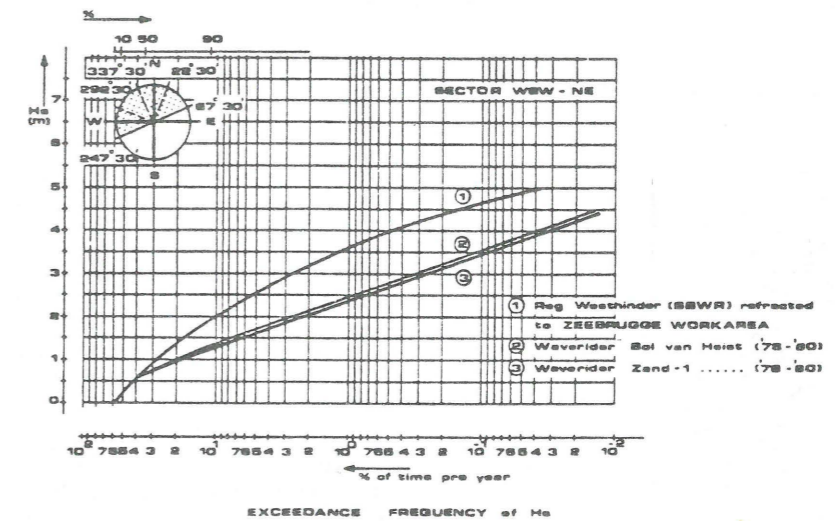
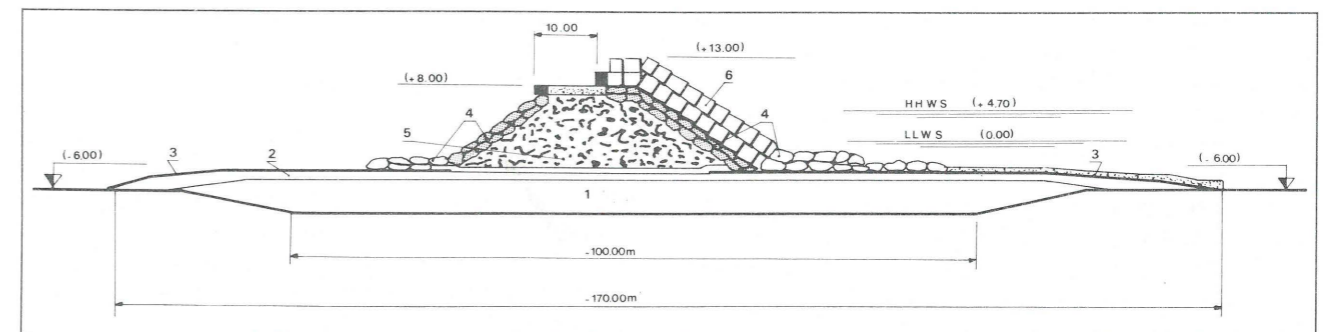


Fig. 9c. — Golfklimaat op het werkfront.

Fig. 9. — Enkele basisgegevens voor de dammendesign.



- 1. Zand
- 2. Grind
- 3. Zinkstukken
- 4. Breuksteen van 1 tot 3 ton en van 3 tot 6 ton
- 5. Tout-venant
- 6. Betonblokken van 25 tot 30 ton

Fig. 10. — Stortsteendam.

Alvorens de eigenlijke bouwwerken van de dam te starten moest er gezorgd worden voor een draagkrachtige ondergrond: daartoe werden eerst de weinig draagkrachtige grondlagen weggebaggerd en vervangen door goed (in zee gewonnen) zand.

Daarna werd een laag erosiegrind op dit zand aangebracht. Indien nodig werd dit nieuw aangebracht grondpakket nog verdicht met trilnaalden of explosieven vanop een hefplatform.

Om erosie te voorkomen werden tenslotte aan de teen van de dam zinkstukken afgezonken.

Voor de stortsteendammen had men als belangrijkste bouw materiaal breuksteen nodig. Voor de bermen van de dam werd breuksteen van 1 tot 3 ton (voor de binnenzijde) en 3 tot 6 ton (voor de zee-waartse zijde) gebruikt. Voor de damkern tenslotte werd „tout-venant” van 2 tot 300 kg en voor de afwerking van de damkern breuksteen van 1 tot 3 ton gebezigd.

De zee-waartse zijde van de dam werd tegen golf-aanval beschermd door het plaatsen van betonblokken van 25 tot 30 ton.

Deze blokken, ter plaatse gemaakt, werden gepositioneerd door middel van een kraan met elektronisch plaatsbepalingsysteem.

Voornaamste hoeveelheden:

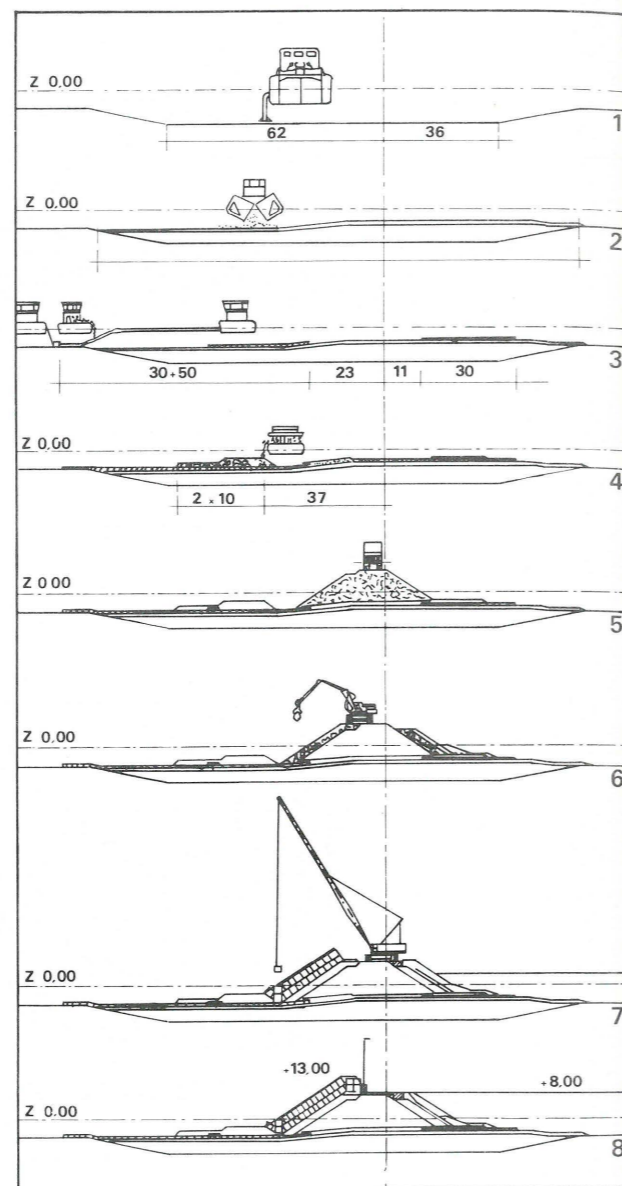
Zandopspuiting	± 50.000.000 m <sup>3</sup>
Grind	± 7.000.000 t
Zinkstukken	± 1.100.000 m <sup>2</sup>
Breuksteen	± 10.600.000 t
Betonblokken	± 60.000 blokken
Zandasfalt	± 475.000 t

Figuur 10 geeft een type-doorsnede van een stortsteendam en in figuur 11 worden de opeenvolgende konstruktiefazen van de damopbouw weergegeven.

Om de invloed van de nieuwe buitenhaven op de stranden van Knokke-Heist en ook op Nederlands grondgebied minimaal te houden, werd een algemene strandverbetering van de Oostkust doorgevoerd. Deze strandverbetering werd gerealiseerd door het aanbrengen van een grote hoeveelheid (8 miljoen m<sup>3</sup>) in zee gewonnen grof zand waardoor het bestaande strandprofiel werd verhoogd (fig. 12).

#### IV. DE BAGGERWERKEN IN DE TOEGANGSGEULEN NAAR DE HAVEN VAN ZEEBRUGGE

In heel de evolutie van de uitbouw van de haven van Zeebrugge werd uiteraard veel aandacht besteed

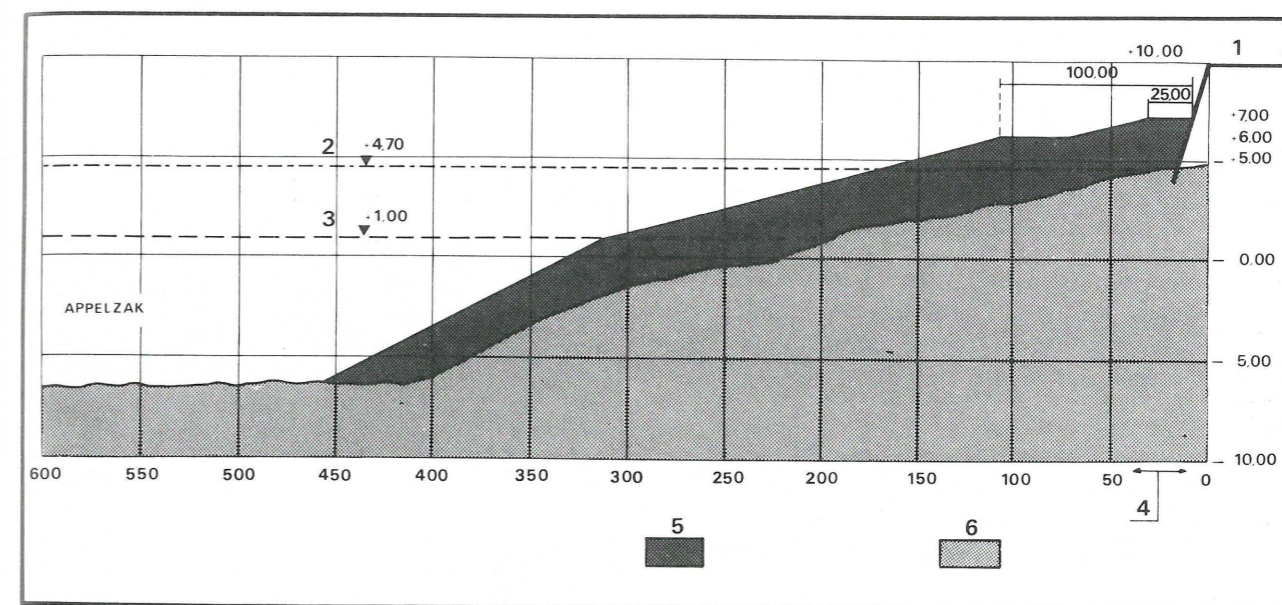


1. Uitbaggeren cunet met sleep of cutterzuiger
2. Kleppen zand en erosiegrind met spijltak
3. Afzinken zinkstukken met 2 zink-pontons en steenstortor
4. Storten berm 3-6 ton + T.V. met zijlosser
5. Bouwen kern in T.V. met dumpers
6. Bouwen talud in 1-3 ton + filter-constructie met poclairn 600
7. Bouwen talud in betonblokken met american hoist 11.310
8. Afwerken kruin + diensweg + opspuiting + verlichting

Fig. 11. — Schematizing damopbouw buitenhavendam.

aan het op voldoende breedte en diepte brengen en onderhouden van de toegangsgoulen vanuit zee naar de haven. De aantrekkingskracht en de ontplooiings-kansen van een haven zijn immers sterk verbonden met de mogelijkheden om er de grootst mogelijke schepen te kunnen ontvangen en dienaangaande is er de laatste decennia een merkwaardige schaalvergroting opgetreden.

De geschiedenis der baggerwerken aan de Belgische Kust start rond de eeuwwisseling toen de eerste steek-



1. Wandeldijk
2. Zee bij hoogtij
3. Zee bij laagtij
4. Afstand in meters
5. Strandverbetering
6. Strand vóór de zandopspuiting

Fig. 12. — Strandverbetering Oostkust — Type-dwarsdoorsnede van het strand: toestand voor en na de opspuiting.

zuiger Vlaanderen I (bouwjaar 1899) de ingang tot de haven van Blankenberge vrijbaggerde.

Na de eerste wereldoorlog (in 1920) werd in Zeebrugge met de eerste baggeroperaties gestart met behulp van twee eenheden (Vlaanderen II en III) welke beiden sleepzuigers waren met één centrale sleeppijp achteraan.

Het onderhoudsbaggerwerk geschiedde enkel in de voorhaven en de gebaggerde specie werd geklept op ± 3,5 km ten oosten (bij vloed) of ten westen (bij eb) van de kop van de oude môle.

De 2 voormelde schepen werden tijdens de tweede wereldoorlog door de bezetters tot zinken gebracht in de haveningang om dienst te doen als blokkade.

In 1945 werden de onderhoudsbaggerwerken in de Zeebrugse voorhaven heropgestart met een emmerbaggermolen (de Volkracht III, met 600 l emmerinhoud, uit Engeland overgebracht) en 2 nieuw gebouwde eenheden welke dezelfde namen droegen als de tijdens de oorlog vernietigende schepen: de Vlaanderen I (1.400 m<sup>3</sup>) — een sleephopperzuiger met centrale baggerpijp en de Vlaanderen II — een pompstation voor het baggeren op moeilijk bereikbare plaatsen.

Het verdiepen van de toegangsgoulen tot Zeebrugge — namelijk Pas van het Zand en Scheur (voor een liggingschets zie fig. 13) nam een aanvang in 1962.

Hiervoor werd de in 1959 gebouwde sleephopperzuiger Vlaanderen XII ingezet (beuninhoud 2.300 m<sup>3</sup>).

De voornaamste geulen werden tijdens de zestiger jaren gestadig verdiept van het peil -7,50 tot -9,50 (Pas van het Zand) en van -9,50 tot -10,50 (voor het Scheur).

De totale gebaggerde hoeveelheid evolueerde van ± 3.000.000 m<sup>3</sup> in 1962 tot ± 15.000.000 m<sup>3</sup> in 1970.

In 1970 werd de toen nieuwgebouwde Vlaanderen XVIII, met zijn beuninhoud van 1.300 m<sup>3</sup> de grootste sleephopperzuiger ter wereld, ingezet in de toegangsgoulen. Samen met de Pacifique (9.000 m<sup>3</sup>) werden de verdiepings- en onderhoudsbaggerwerken verdergezet aan een ritme schommelend tussen 15 en 25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar.

De Pas van het Zand heeft thans een bodembreedte van 300 m en een bodemdpte van -12,50 m t.o.v. de gemiddelde laag laagwaterstanden (bij spring); voor het Scheur-West bedragen deze afmetingen respectievelijk 500 m en -14,20 m. Deze dimensies laten toe dat schepen tot meer dan 46' de haven kunnen bereiken.

Het verdere verdiepingsprogramma (-13,50 m voor de Pas van het Zand) voorziet in de toegankelijkheid van schepen tot 51' en dit in functie van de

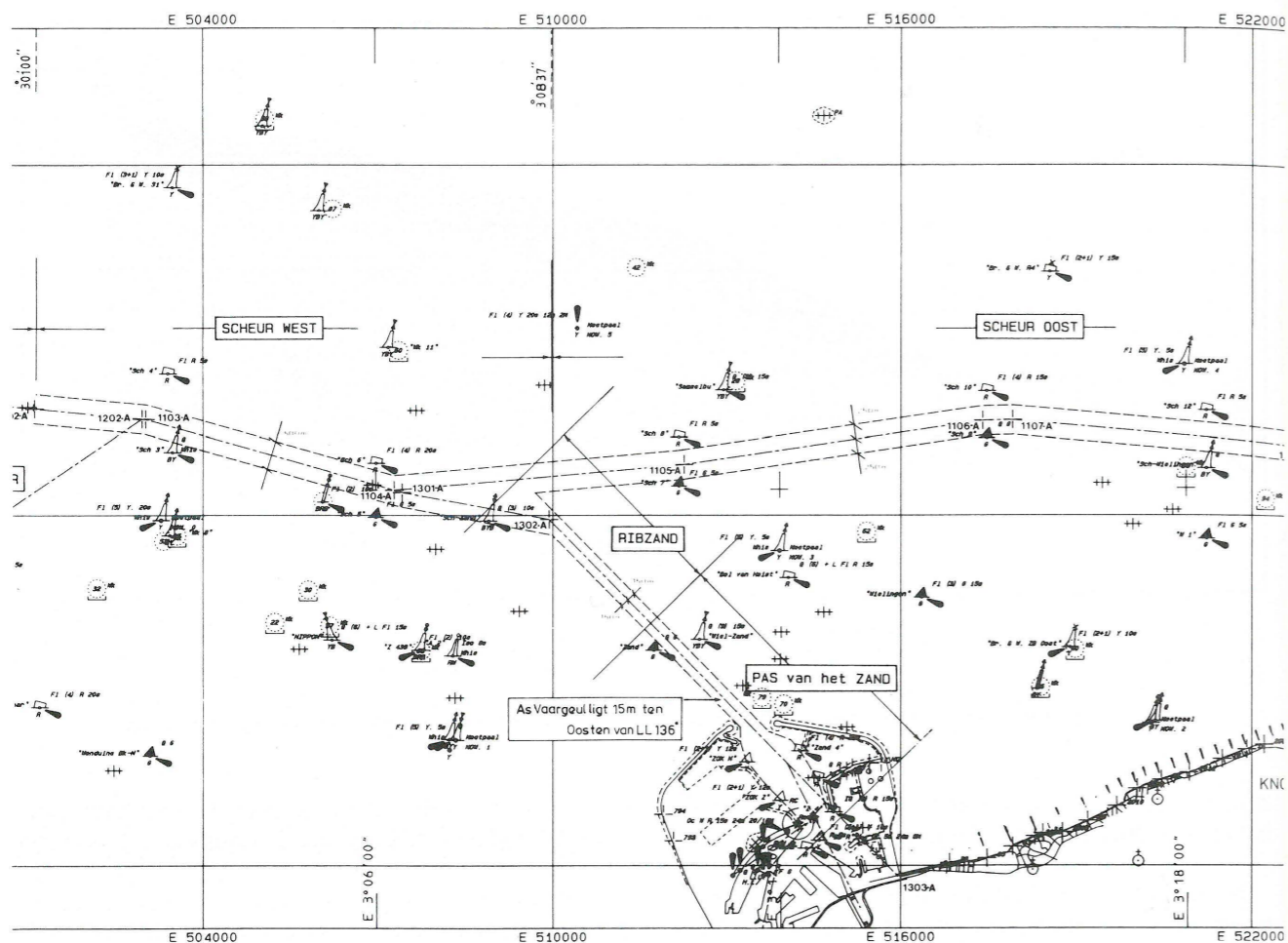


Fig. 13. — De toegangsheulen naar de haven van Zeebrugge.

diepwaterkade in de nieuwe achterhaven welke eertlang in gebruik zal worden genomen.

#### V. ENKELE BIJZONDERE TECHNIEKEN TOEGEPAST EN/OF ONTWIKKELD IN HET KADER VAN DE WERKEN IN ZEEBRUGGE

Het lijkt geen twijfel dat de werken in Zeebrugge in menig domein als katalisator hebben gediend om nieuwe technieken te ontwikkelen of om bepaalde meet- en bouwconcepten te verfijnen.

In het kader van dit artikel kan alleen maar een algemeen overzicht gegeven worden van enkele der meest merkwaardige ontwikkelingen op dat gebied. Voor meer gedetailleerde beschrijvingen en commentaar wordt naar de gespecialiseerde literatuur verwezen.

Zo bijvoorbeeld op het gebied van het dimensioneren en ontwerpen van damconstructies. De meeste

theoriën dienaangaande zijn gebaseerd op opzoekingen in laboratoria of opgebouwd langs zuiver theoretische en mathematische weg. In Zeebrugge is evenwel een uniek programma „Daminstrumentatie” op touw gezet om in situ te kunnen nagaan hoe nauwkeurig de benaderingen in de laboartoriummodellen of in de theoretische berekeningen wel zijn.

Op een welbepaalde oordeelkundig gekozen plaats van de dam worden de belangrijkste parameters door middel van verfijnde sensoren opgemeten en geregistreerd: golfhoogten en -perioden, drukvariaties in de bodem en in de fundering, drukopbouw in het damlichaam, enz...

Dit proevenprogramma in situ zal twee jaar doorgaan en moet toelaten de terugkoppeling van de natuur naar het laboratorium mogelijk te maken en de gehanteerde basishypothesen te controleren. Het is de eerste maal dat zulks op een dergelijke schaal wordt aangepakt (Foto 2).



Foto 2. — De meetopstelling „Daminstrumentatie” op de Westelijke dam.

Ook op het gebied van de conceptie der deklaag-elementen van de dammen hebben de Belgische ingenieurs zich in Zeebrugge niet onbetuigd gelaten. Na grondige studie werd een nieuw type blok ontwikkeld (het zogeheten Haro-blok) waar reeds met belangstelling vanuit het buitenland naar gekeken wordt.

De basisidee van dit blok is: met een minimum hoeveelheid materiaal (beton) een blok maken dat een goede inhaking waarborgt t.o.v. de naburige elementen en tevens het vereiste percentage holten op het talud realiseert om de energieabsorptie van de golven optimaal te verwezenlijken (Foto 3).

Een ander probleem dat moest opgelost worden behelsde de draagkracht van de funderingsbodem der

dammen. Vooreer de zinkstukken op de klaarge maakte zandfundering werden neergelaten was het op sommige plaatsen noodzakelijk dit zand nog eens extra te verdichten. Het neergeklepte zand van die fundering bezat immers niet altijd de nodige draagkracht waarop gerekend moet kunnen worden voor de algemene stabiliteit van de dam zelf.

Kontroletesten met sonderingsapparaten moesten voor elke zone uitmaken of supplementaire verdichting al of niet nodig was. In totaal moest ca. 25% van het geklepte zand deze verdichtingsoperatie ondergaan.

Alhoewel verdichtingstechnieken genoegzaam bekend zijn, is in Zeebrugge baanbrekend werk verricht om de gekende werkwijzen gevoelig te verbeteren. Twee methodes werden ontwikkeld en toegepast.

Enerzijds de *vibratietechniek*: een sterprofiel (vorm en conceptie gepatenteerd) wordt vanop een hefeiland in het zandlichaam gedrukt en met behulp van een vibratieblok gedurende 15 min heftig getrild. De vibratie-energie wordt in het zand overgebracht en zorgt voor de nodige compactatie. Anderzijds de *explosietechniek*: om de 7,5 m worden gaten geboord in het zand waarin springstof wordt neergelaten; na explosie (waarbij de volgorde en de tussenperioden experimenteel werden bepaald) wordt een degelijke zandfundering verkregen.

Deze laatste methode is zeer recent ontwikkeld en is met grote interesse door specialisten gevolgd geworden waardoor ze werkelijk aan de spits staat van

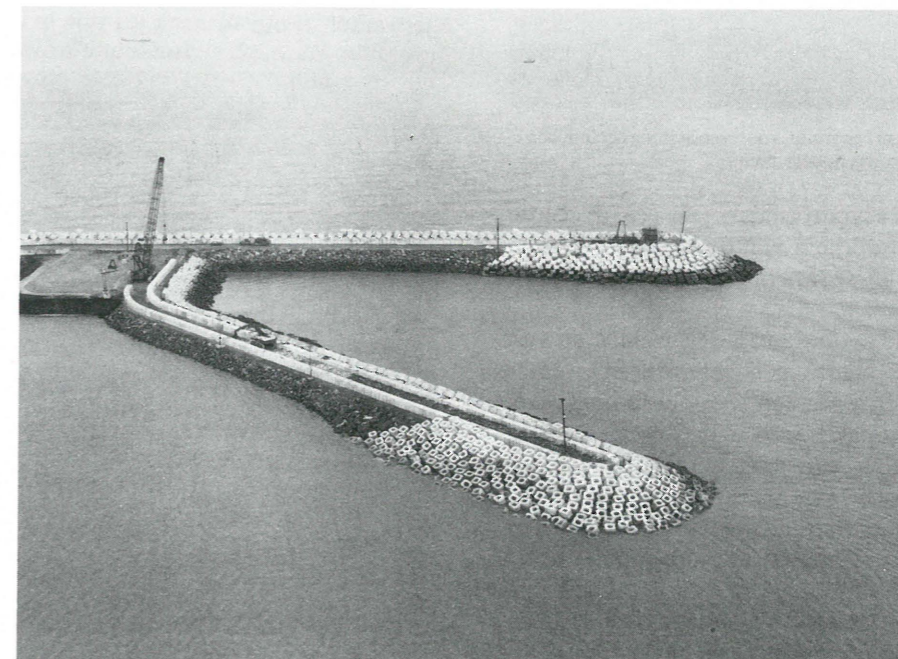


Foto 3. — Het „Haro-blok” als deklaagelement voor stortsteendammen.

de gebezigde technieken terzake. Vooral de snelheid waarmee deze explosietechniek bepaalde gronden kan verdichten biedt ruime perspectieven voor groot-schalige toepassingen. Het is één van de voorbeelden van spits technologie waarvan de export van Belgische know-how naar het buitenland door de Zeebrugse ervaring mogelijk wordt gemaakt.

Vanop ditzelfde hefeiland werd ook een nieuwe en speciale boortechneek ontwikkeld: het zogenaamd directioneel boren. Dit werd met succes toegepast voor het ruimen van het wrak van de Florentino: de hef-kabels om dit wrak te lichten werden aangebracht in vooraf onder het wrak geboorde kromlijnige boortracés.

De voordelen van deze techniek zijn velerlei: nauwkeurigheid, bedrijfszekerheid, snelheid van uitvoering (belangrijk bij zee werken!), kostenbesparing e.d.m. (Foto 4).

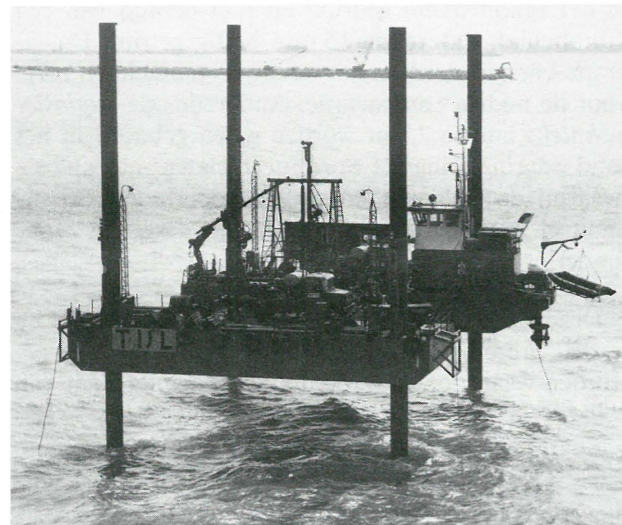


Foto 4. — Hefeiland o.m. gebruikt voor verdichtingstechnieken en directioneel boren.

Tenslotte nog twee voorbeelden van geavanceerde technologieën in het domein van de baggerwerken en van de opvolging van sedimentologische processen.

Teneinde de snelle evolutie van de stranden en van de gebaggerde scheepvaartuigen beter en frequenter te kunnen observeren werd een speciaal lodingsvaartuig ontworpen dat uniek is in heel de wereld: Beasac. Dit vaartuig is in feite een omgebouwde hovercraft dat aan snelheden tot 50 km per uur en ook op ondiepe plaatsen (1 m waterdiepte) nauwkeurige ladingen kan verrichten. Het registreren en verwerken van de zeer grote hoeveelheden gegevens en metingen die hieruit voortvloeien kan slechts gebeuren door middel van de recentste ontwikkelingen inzake de computertechnologie (Foto 5).



Foto 5. — Het nieuw ontwikkeld hydrografisch meetvaartuig „Beasac”.

Wat de baggerwerken betreft dient de leidinggevend-positie vermeld te worden van de Belgische ingenieurs inzake de problematiek van doorvaarbaarheid van slib.

Daartoe zijn recentelijk meetmethodes ontwikkeld geworden (o.m. met radio-actieve sondes) die een heel ander licht hebben geworpen op de vraagstelling hoe en waar er moet gebaggerd worden om de grootste efficiëntie te verkrijgen in functie van de steeds groeiende zeescheepvaart met diepstekende schepen.

De hiervoor op punt gestelde Navitracker is een nauwkeurige continu-werkende meetsonde welke de dichtheid van de aanwezige sliblagen registreert en in kaart brengt. Dit toestel draagt dan ook wezenlijk bij tot het optimaal benutten van de vaargeulen in slibrijke gebieden en tot de efficiënte sturing van de baggerwerken (Foto 6).



Foto 6. — De nieuw ontwikkelde continu werkende dichtheitssonde „Navitracker”.

## RÉSUMÉ :

# LE PORT DE ZEEBRUGGE

*Le port de Bruges a connu au cours du bas Moyen Âge une activité intense à laquelle l'ensablement du Zwin devait mettre fin pour plusieurs siècles.*

*Ce n'est que vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle que l'idée de construire un port autonome sur la côte belge s'imposa à nouveau.*

*En 1895 il fut décidé de bâtir un port maritime sur le littoral non loin de Bruges.*

*En 1907 les ouvrages étaient terminés.*

*Le port de Bruges-Zeebrugge na subit plus aucune modification jusqu'en 1950.*

*Pendant les années 1950-1960 quelques aménagements furent réalisés.*

*C'est en 1960 qu'un plan d'ensemble fut conçu en vue de permettre l'accès du port de Zeebrugge aux navires de plus fort tonnage.*

*En 1970, comme aboutissement d'une étude, le Gouvernement décida de poursuivre l'extension du port de Zeebrugge. Le programme d'extension comprenait la construction d'une nouvelle écluse maritime, un nouvel arrière port et une extension de l'avant port.*

*Le nouvel arrière port est prévu en deux parties. La partie nord pourvue d'une nouvelle darse est destinée à remplir une fonction typiquement portuaire.*

*Dans la partie sud diverses entreprises dont les activités sont liées à la navigation maritime, pourront s'établir en bordure d'eau profonde, c'est-à-dire sur la rive est du canal Baudouin élargi et approfondi et sur les rives de la future darse orientée nord-sud.*

*La nouvelle écluse maritime, mise en service le 10 avril 1984, relie l'arrière port à l'avant port et la mer.*

*En 1976 le Gouvernement décida de confier l'étude et les travaux d'extension de l'avant port à l'association momentanée Zeebouw Zeezand sous la direction et avec la collaboration du Service de la Côte du Ministère des Travaux Publics.*

*En ce qui concerne la configuration du nouvel avant port qui comprend une jetée est et une jetée ouest, des études très approfondies ont été réalisées à l'aide des techniques les plus modernes.*

*La réalisation de ce programme d'extension du port de Zeebrugge a nécessité une importante activité de dragages pour élargir et approfondir les chenaux d'accès.*

*Il est digne d'être mentionné que dans le cadre de ces travaux d'extension portuaire de grande envergure, des nouvelles techniques furent développées et appliquées afin d'affiner certains méthodes de conception, de réalisation et d'abstraction.*