

# DE BAGGERWERKEN IN DE SCHELDE EN HUN PERMANENTE OPTIMALISATIE

ir. H. BELMANS en ir. J. CLAESSENS

Gemeenschapsministerie van Openbare Werken en Verkeer / Antwerpse Zeediensten

ir. J. MARAIN

Tijdelijke Vereniging Zeeschelde

ir. A. BERNARD

Dredging International N.V.

*In order to improve the access to the harbour of Antwerp, dredging works are permanently undertaken on the river Scheldt. The last 10 years these dredging activities have undergone important improvements.*

*The dredged material is mainly sand. Upstream the river, the material becomes more silty. In general, the average grain size of the dredged material becomes finer due to different external factors.*

*The latest electronic devices are used both by the authorities (Antwerpse Zeediensten, Ministry of Public Works) and by the contractors (T.V. Zeeschelde: Dredging International, Decloedt & Zoon, Ondernemingen J. De Nul).*

*Modern electronic positioning systems are used over the complete length of the river Scheldt. The dredgers are also equipped with the most modern data acquisition systems where all dredging related data like tide, position of ship and draghead, productions, etc. are recorded.*

*Dredging techniques have also developed drastically. Different new developments, like the underwater pump and the splittrailer were undertaken specifically for improving the dredging works on the river Scheldt. The actual dredger typically employed on the river Scheldt is one with a volume of 2000 - 3000 m<sup>3</sup>, a low density of 1,3, a small draught, a capability of pumping ashore and high manoeuvrability.*

*During recent years more and more attention has been given to the environment. This has also an influence on dredging and dumping activities. Different studies are being undertaken in order to analyse the composition of the dredged material and in order to propose adapted dredging techniques. For the disposal of the dredged material, different alternatives are under study.*

*In the article special attention is also given to the maintenance of the access channels to the sealoeks of the harbour of Antwerp. Here sweep-beam handling vessels are used which transport the sediment from the access channel back to the river. This transportation is being carried out by using a big sweep-beam of under water bulldozer. This system was introduced after research and scale model investigations. Important cost savings could be realised.*

*The m/s 'Antigoon' is the latest product as a typical Scheldt dredger. This new ship, taking the above mentioned new developments into account, is characterised by a large volume of 8400 m<sup>3</sup>, a small density of 1,2 and a draught of 7,5 m. During the dredging cycle a minimum of turbidity is guaranteed. The ship is equipped with dynamic tracking of the draghead. Due to its advanced design, it is expected that important cost savings can be achieved on the dredging works executed by this ship. The dredger is also equipped with the latest pump ashore facility.*

## 1

### INLEIDING

In de Schelde worden, opwaarts van Vlissingen, baggerwerken uitgevoerd om dit gedeelte van de maritieme toegangsweg tot de haven van Antwerpen in stand te houden. Deze werken worden uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Overheid, op basis van een langlopend baggerkontraat, door de aannemerscombinatie 'Tijdelijke Vereniging Zeeschelde' bestaande uit 'Dredging International' N.V., 'Ondernemingen Jan De Nul' N.V. en 'Baggerwerken Decloedt en Zoon' N.V.. De leiding van de werken is toevertrouwd aan de Antwerpse Zeediensten, een overheidsdienst van het Gemeenschapsministerie van Openbare Werken en Verkeer, Bestuur der Waterwegen. Het overgrote deel van deze baggerwerken

vindt plaats op Nederlands grondgebied (ca. 85% van het totale volume).

Jaarlijks worden hiertoe door de Nederlandse Rijksoverheid de nodige vergunningen afgeleverd.

De controle en begeleiding van de baggerwerken is de laatste jaren gekenmerkt geweest door een steeds toenemende inzet van zeer gespecialiseerde elektronische apparatuur (plaatsbepaling, peilingen, baggergraaf).

Ook de baggertechnieken kenden de laatste 10 jaren een explosieve ontwikkeling. Door aanpassing van de baggertechniek aan de specifieke en evoluerende eisen van de Schelde is in de loop der jaren een typisch baggerschip ontwikkeld.

Rekening wordt o.a. gehouden met de, steeds fijner wordende baggerspecie op de te onderhouden drempels. Tevens werd aandacht besteed aan de omgeving, waar-

bij milieubewuster gewerkt wordt zowel bij het baggeren als bij het bergen van de baggerspecie.

De nadruk dient in dit verband echter gelegd op het feit dat de te baggeren specie hoofdzakelijk bestaat uit zand.

Ook werd de nodige aandacht gegeven aan de kostprijs van de baggerwerken. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van de sweep-beam techniek voor het onderhoud van de toegangseulen naar de grote zee-sluizen in Antwerpen, waarbij grote verbeteringen en besparingen konden gerealiseerd worden na intensieve research-inspanningen.

Dezelfde filosofie (milieubewustzijn, economie, rendabiliteit) is terug te vinden in het ontwerp van het laatste nieuwe baggertuig, het m/s 'Antigoon', dat specifiek ontwikkeld werd door Bestuur en aannemer ten behoeve van de baggerwerken op de Schelde.





Peilschip 'De Parel II'



Peilschip 'Prosper'

plaatsen voor baggerspecie worden in functie van hun gebruik, al dan niet intensief gepeild.

De regel die hierbij steeds in acht genomen wordt, is 'Vandaag gepeild, morgen uitgewerkt' waardoor de evolutie van de kritische plaatsen op de rivier op de voet kan gevolgd worden. Dit laat tevens toe ook tussentijds de baggerwerken bij te sturen.

Verder publiceert de hydrografische afdeling nog sectiekaarten van de ganse Zeeschelde en haar bijrivieren, zodat deze dienst een welgevoerd programma heeft.

Naast het uitvoeren van peilingen houden de Antwerpse Zeediensten zich bezig met de studie van de evolutie in de morfologie van de Schelde ten einde de voorbereiding en de sturing van de baggerwerken nog te optimaliseren.

#### 4

##### DE UITVOERING VAN DE WERKEN

Voor het uitvoeren van de baggerwerken op de Schelde is de aannemer contractueel verplicht het nodige materieel ter beschikking te stellen.

Tevens wordt de verplichting opgelegd de evolutie van de baggertechnieken te volgen en toe te passen, zodat steeds een ultramoderne vloot kan instaan om de baggerwerken optimaal uit te voeren volgens de richtlijnen van de Antwerpse Zeediensten.

Veruit het grootste deel van de werken wordt uitgevoerd met sleepopperzuigers, waaraan specifieke eisen gesteld worden van diepgang en aangepast modern klepsysteem voor het storten van de baggerspecie op veelal ondiepe stortzones.

Er wordt dag en nacht gewerkt van maandag 7.00u tot zaterdag 6.00u in ploegstelsel.

Indien nodig kan het Bestuur ook weekeindwerk verplichten.

#### 5

##### BAGGERPLAATSEN

Op de Scheldekaart (zie middenpagina) worden de verschillende baggerplaatsen aangeduid.

Hieruit blijkt dat zeker niet over de ganse lengte van de rivier moet gewerkt worden, doch dat het baggeren beperkt wordt tot een aantal zones. Afhankelijk van de plaats wordt een welbepaalde diepte en breedte van de vaargeul verzekerd.

Voor het instandhouden van de breedte wordt gebaggerd langs opdringende plaatranden.

Voor wat de diepte betreft vinden de baggerwerken plaats op de hierna volgende drempels:

Afwaarts van het sluisencomplex Zandvliet - Berendrecht worden volgende diepten gegarandeerd:

Drempel van Zandvliet GLLWS - 125 dm  
Drempel van Bath GLLWS - 120 dm  
Drempel van Valkenisse GLLWS - 120 dm  
Drempel van Hansweert GLLWS - 117 dm  
Drempel van Borssele GLLWS - 121 dm

Opwaarts van het Zandvliet - Berendrecht sluisencomplex wordt gestreefd naar GLLWS - 105 dm tot het Kruisschanssluisencomplex, GLLWS - 85 dm op de drempel van De Parel en GLLWS - 95 dm in de toegangseul van de Kallosluis.

Deze diepten moeten verwezenlijkt zijn over een minimum breedte van 200 m opwaarts Zandvliet en 300 m tussen Zandvliet en Hansweert.

Afwaarts Hansweert bedraagt de minimum breedte 500 m met een lokale vernauwing tot 300 m op de drempel van Borssele.

De tolerantie bij het uitvoeren van de baggerwerken bedraagt 35 cm voor de diepten en 3 à 4 m voor de positie.

Over het algemeen wordt de gebaggerde specie terug in de rivier gestort in zones, waar dit geen hinder voor de scheepvaart vormt en waar dit zo mogelijk de stromingen gunstig beïnvloedt om zodoende een na-

tuurlijke uitschuring op de drempels te veroorzaken.

In de praktijk gebeurt dit in de nevenvaarwaters en langs de rand van uitschurende holle oevers in het hoofdvaarwater.

#### 6

##### DE CONTROLE VAN DE WERKEN

De controle van de baggerwerken gebeurt op twee manieren:

- aan de hand van de peilingen worden de resultaten beoordeeld en wordt beslist of de werken op de gepeilde zone al dan niet moeten worden verder gezet.

- aan boord van elk baggertuig is steeds, eveneens in ploegverband, een controleur van de Antwerpse Zeediensten aanwezig die het ganse baggerproces van nabij volgt en er op toeziet dat de gegeven richtlijnen strikt worden nageleefd.

Om dit te kunnen verwezenlijken zijn zowel de baggertuigen van de aannemer als de peilschepen van de Antwerpse Zeediensten uitgerust met gesofistikeerde elektronische apparatuur.

##### Elektronische apparatuur

Zowel de peilschepen van de Antwerpse Zeediensten als de baggerschepen van de T.V. Zeeschelde zijn uitgerust met eenzelfde elektronische plaatsbepalingssysteem en radiogetijdemeetapparatuur. Deze systemen zijn operationeel over de ganse lengte van de Schelde en laten toe uiterst nauwkeurig werk te leveren.

Het elektronisch plaatsbepalingssysteem is van het type Mini Ranger Falcon. Dit is een gesloten systeem met communicatie tussen schip en een aantal walstations. Langs de Schelde staan een 20 tal walstations opgesteld, welke borg staan voor een nauwkeurigheid van 3 m. Dit plaatsbepalingssysteem laat vooreerst toe zeer nauwkeurig te peilen, alsook deze peilingen uit te voeren in minder gunstige weersomstandigheden, wat



*Op de linkse foto de sextant zoals die tot voor 10 jaar gebruikt werd voor de plaatsbepaling, op de rechtse foto het moderne elektronische plaatsbepalingssysteem waarmee alle peilschepen en baggerschepen zijn uitgerust.*

absoluut noodzakelijk is om de continuïteit van het peilprogramma te handhaven. Verder laat het systeem toe aan boord van de baggerschepen het eigen schip op een scherm te zien varen op een Scheldekaart met daarop aangeduid de baggerzone, de klepzone, dieptelijnen, boeien, oevers, enz. ... Tevens wordt de gevaren koers op een plotter geregistreerd.

Door middel van radiogetijdemeters, die toelaten het getij op een 10 tal plaatsen langs de Schelde radiografisch aan boord te ontvangen. Is het enerzijds mogelijk de peilingen sneller uit te werken en anderzijds te baggeren met toleranties van 35 cm. Het net van radiogetijdemeters zal eerlang nog wor-

den uitgebreid met 4 bijkomende zenders, waardoor voor de peilingen helemaal geen correcties meer op het getij hoeven te worden toegepast.

Aan boord van het baggerschip worden eveneens aangegeven: stand van de zuigbuis, beladingsverloop in tonnen waterverplaatsing, baggerdebiet en densiteit van het opgezogen mengsel in de sleeppijp, enz. ... Gecombineerd met de voorgaande gegevens (positie schip, positie zuigbuis, baggerkarakteristieken, ...) zal een continue en automatische registratie het mogelijk maken de baggerwerken verder te analyseren en te optimaliseren. Het ontwikkelen van de zogenaamde 'Baggergraaf' kadert in dit op-

zet. Deze baggergraaf zal naast een permanente cyclusanalyse van het baggerproces tevens zorgen voor een uiterst nauwkeurig in kaart brengen van de kunstmatige zandverplaatsingen, wat de Antwerpse Zeediensten zal toelaten de zandbewegingen in de rivier nog beter te volgen om zo de te baggeren volumes te optimaliseren.

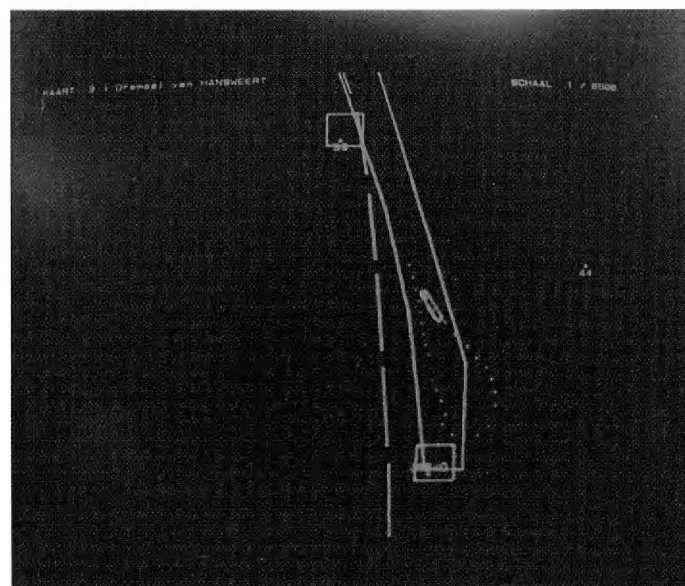
## 7

### DE BAGGERSPECIE

Op Nederlands gebied is de Schelde een zandrivier.



*Brug van een sleeppopperzuiger. Links het beeldscherm voor de plaatsbepaling en rechts van de bediener het kleuren beeldscherm van de radar.*



*Beeldscherm van de plaatsbepaling met aanduiding van de baggerzone van de drempel van Hansweert.*



Zandopspuitingen ten behoeve van industrieterreinen, met specie afkomstig uit de Schelde.

Daar wordt dan ook zuiver zand gebaggerd ( $d_{50} = 0,150$  mm), te vergelijken met het zand dat op de stranden van onze Noordzeekust wordt aangetroffen. Op Belgisch grondgebied is de toestand enigszins complexer.

Hier worden zand/slib mengsels aangetroffen, waarvan het slib slechts enkele procenten bedraagt van het zandgehalte.

In de toegangseulen tot de zeesluizen treft men enkel slib aan, dat door speciale baggertuigen wordt verwijderd.

## 8

### DE TOEKOMST

Baggeren is een dure aangelegenheid. Er moet bijgevolg getracht worden de te baggeren hoeveelheden te verminderen. Dit is overigens gelijklopend met een goed milieubeheer. Men moet streven naar een minimale opwoeling en menging van de verschillende bodemsoorten.

In de voorgaande eeuwen werd het slib, aangevoerd via de bijrivieren en de bovenloop, op natuurlijke wijze door de regelmatige overstromingen terug op het land gezet en vormde zo de vruchtbare polders.

Het regelmatig verwijderen van significante hoeveelheden slibhoudende specie uit het Belgische gedeelte van de Schelde is een beleidsoptie voor de toekomst.

Het Bestuur en de aannemer zoeken naar oplossingen voor dit milieuprobleem.

Thans worden studies en onderzoek uitgevoerd naar locaties, waar geconsolideerde slibhoudende specie kan aan land gebracht worden. Eventuele nabehandeling van verontreinigd slib wordt mede in dit onderzoek betrokken.

## 9

### DE KOSTPRIJS VAN DE BAGGERWERKEN EN MAATREGELEN VOOR BESPARINGEN DOOR OPTIMALISATIE

Thans wordt jaarlijks circa 14 miljoen  $m^3$  specie (densiteit 1,8 à 1,9) gebaggerd in de Wester- en Zeeschelde.

De kosten bedragen jaarlijks 1,4 à 1,6 miljard BEF. Omgerekend betekent dit 20 à 25 miljoen BEF aan onderhoudsbaggerwerken per km vaarweg per jaar. Per behandelde ton goederen in de haven van Antwerpen vertegenwoordigt dit een uitgave van 15 à 20 BEF.

Doelstelling is zowel de hoeveelheid baggerspecie als de kostprijs te reduceren. Hiertoe werd door de Antwerpse Zeediensten en T.V. Zeeschelde gezamenlijk een optimalisatieprogramma uitgewerkt.

Dit optimalisatieprogramma omvatte hoofdzakelijk twee beleidsopties: enerzijds het toepassen van de laatste nieuwe elektronische technieken op het gebied van metingen en controle van de werken en anderzijds het voortdurend verbeteren en aanpassen van het gebruikte baggermaterieel. Volgende nieuwe technieken werden ingevoerd na diepgaand onderzoek:

#### Electronica ten behoeve van metingen en begeleiding van de baggerwerken

- de installatie van een elektronisch plaatsbepalingssysteem, dat toelaat met grote precisie te peilen en te baggeren.
- de installatie van radiogetijdemeters langs de Schelde om de tijcorrectie bij hydrografische metingen overbodig te maken, alsook de baggerschepen toe te laten nauwkeurig op diepte te werken.
- de uitbouw van de baggergraaf, die toelaat het baggerproces automatisch te sturen

en de kunstmatige zandverplaatsingen precieser te volgen.

#### Nieuwe baggertechnieken

- het invoeren van nieuwe technieken in verband met het vervoeren onder water van slib (sweep-beam technieken) in de toegangseulen naar de grote zeesluizen.
- het inzetten en verder ontwikkelen van specifieke all-round Scheldebaggereschepen (sleepzuiger - steekzuiger met walpersinstallatie) met kleine diepgang.
- het inzetten van een zeer grote sleepzuiger met abnormaal kleine diepgang, aangepast aan de steeds fijner wordende specie in de Schelde en aangepast aan de strenger wordende milieu-eisen. Na jarenlange research hebben deze criteria geleid tot de 'Antigoon'.

Dank zij het doorvoeren van deze elektronische verbeteringen in de begeleiding van de baggerwerken en dank zij het permanent optimaliseren van de ingezette baggertechnieken, is het risico van een geleidelijke evolutie naar een prijsverhoging (ten gevolge van de steeds fijner wordende specie op de Schelde) resoluut omgebogen in een prijsreductie.

Hierbij wordt verwacht dat de inzet van de 'Antigoon', te samen met de andere wel overwogen technische verbeteringen, een verdere kostprijsreductie tot gevolg zal hebben voor de werken uitgevoerd met dit nieuwe vaartuig. Een diepgaand begeleidingsprogramma zal per drempel de invloed moeten nagaan van de optimalisaties aangebracht aan boord van de 'Antigoon'.

## 10

### EVOLUTIE VAN DE BAGGERWERKEN IN DE SCHELDE

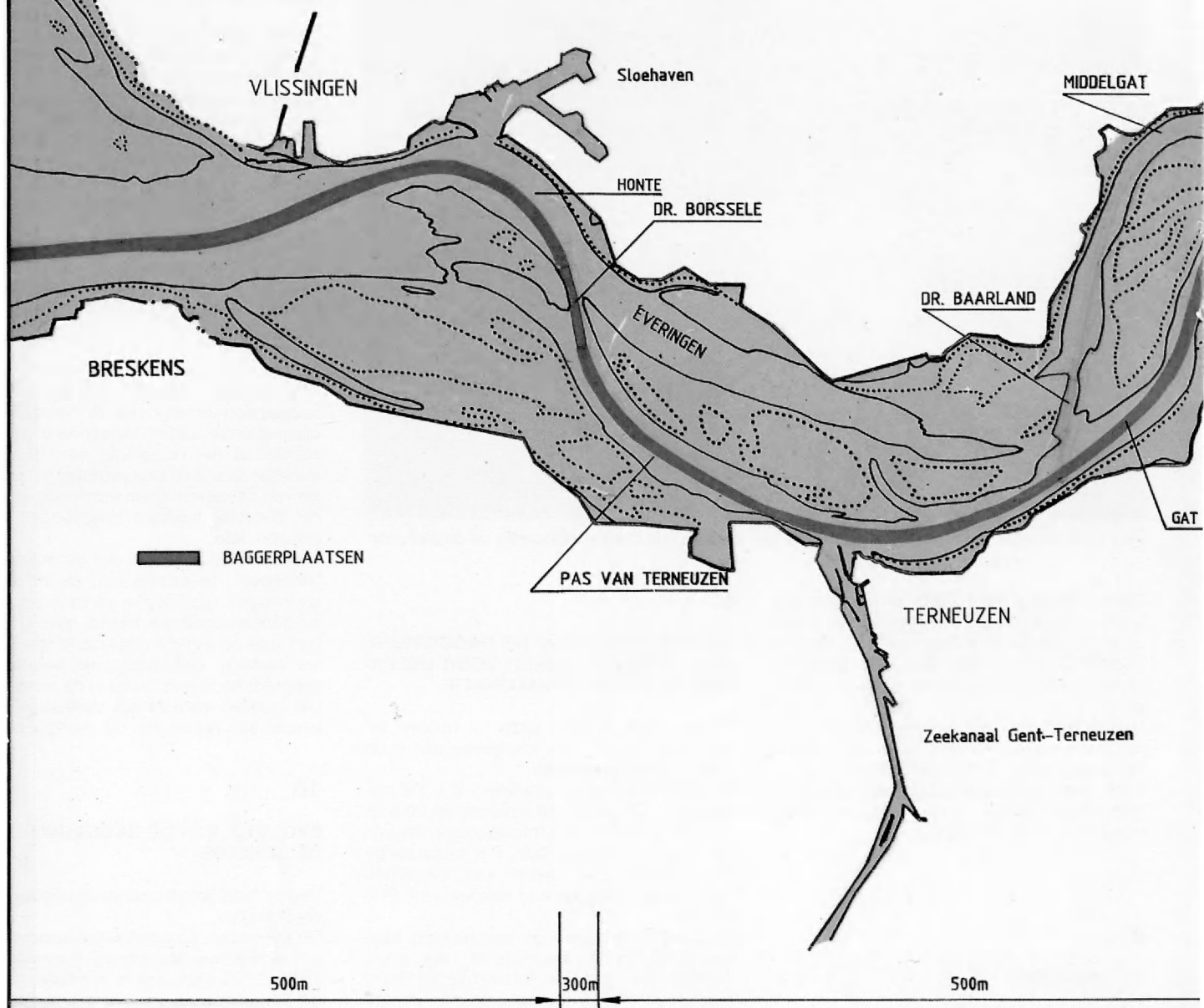
Sedert 1895 wordt permanent gebaggerd in de Schelde.

De allereerste baggerwerken vonden plaats op de plaat van Melsele even opwaarts van Killo. Al vrij snel diende gebaggerd tot aan de Belgisch-Nederlandse grens: de drempel van Bath op Nederlands gebied werd voor het eerst gebaggerd in 1923. In de loop van de jaren werd steeds meer afwaarts ingegrepen tot in 1973 de drempel van Borssele de meest afwaarts gebaggerde drempel werd. De gebaggerde hoeveelheden worden weergegeven in volgende tabel en figuur. Hieruit blijkt geen of weinig toename meer in de loop der laatste jaren.

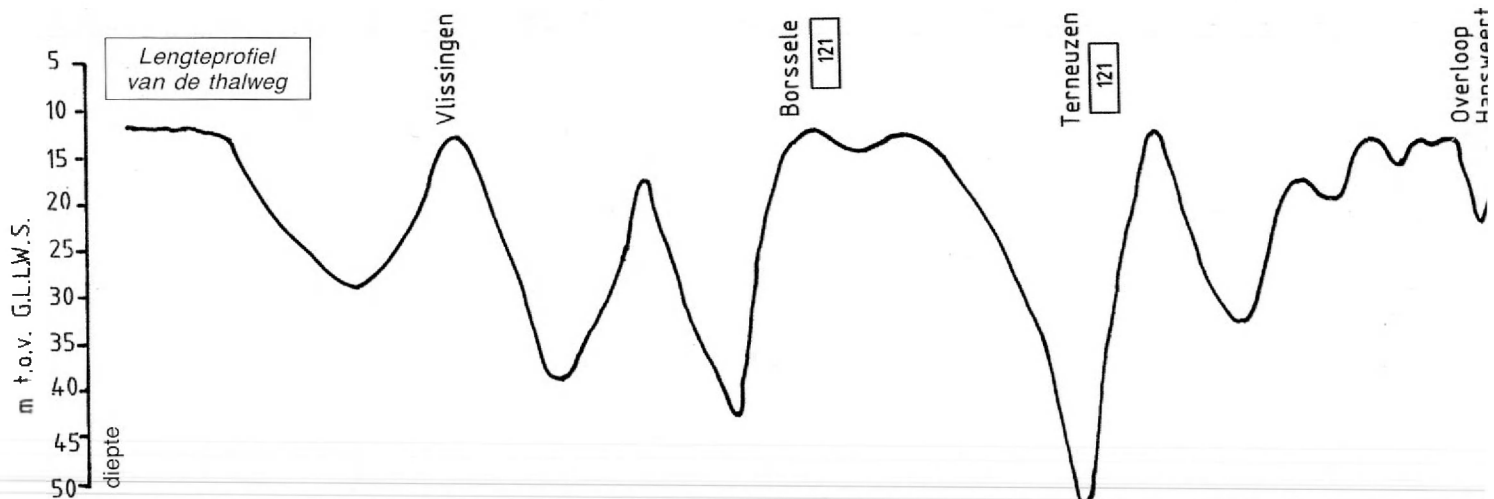
| Periode   |                          |
|-----------|--------------------------|
| 1895-1940 | 1,6 miljoen $m^3$ /jaar  |
| 1941-1950 | 2,6 miljoen $m^3$ /jaar  |
| 1951-1960 | 5,4 miljoen $m^3$ /jaar  |
| 1961-1970 | 9,0 miljoen $m^3$ /jaar  |
| 1971-1980 | 14,7 miljoen $m^3$ /jaar |
| 1981-1988 | 13,4 miljoen $m^3$ /jaar |

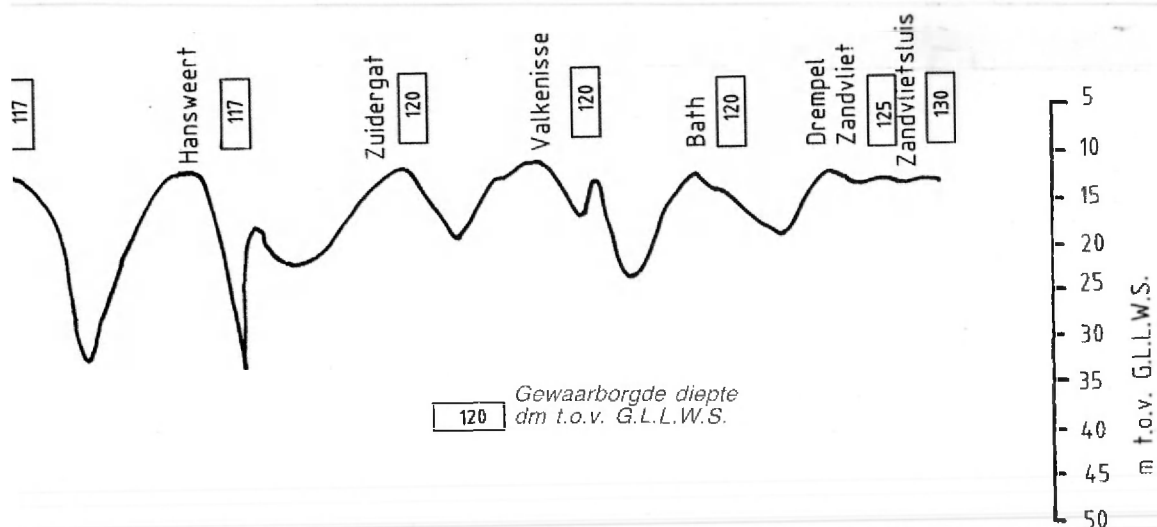
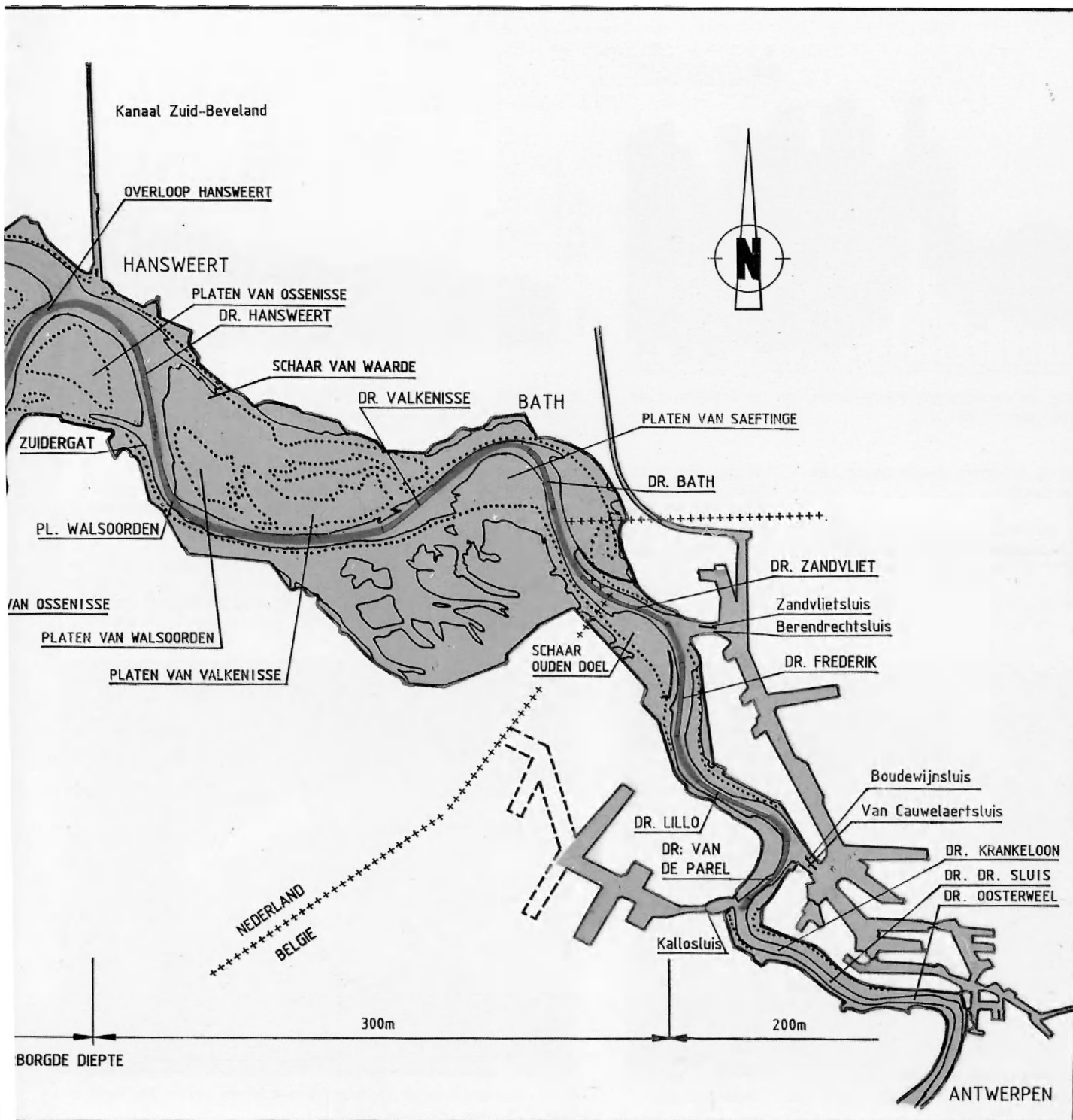
De grafiek geeft de evolutie sedert 1961 weer, waarin eveneens de hoeveelheden opgespoten specie opgenomen zijn. De resultaten van deze baggerwerken zijn terug te vinden in de toename van de afme-

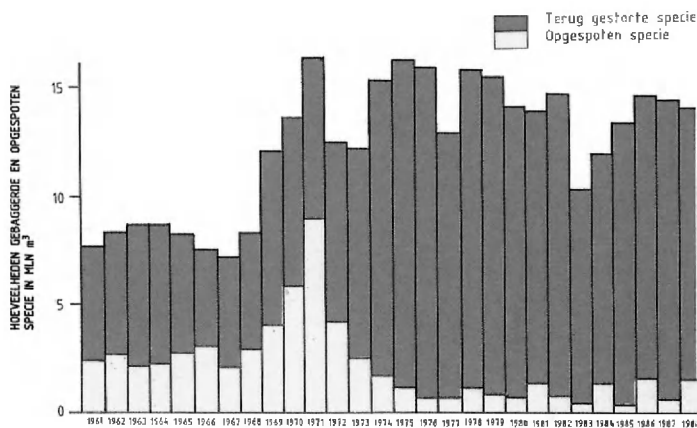
**Algemeen plan van de Schelde met aanduiding van de vaargeul en de baggerplaatsen**



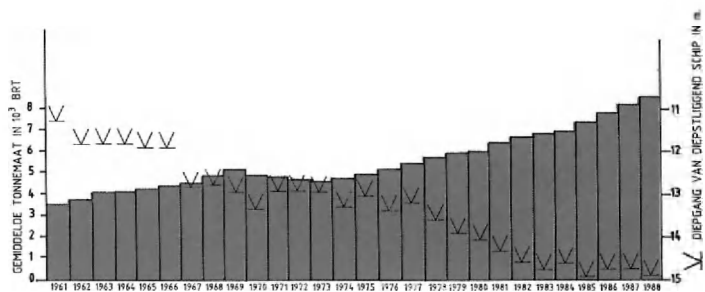
BREEDTE VAARGEUL MET GEWA







Evolutie van de gebaggerde hoeveelheden op de Schelde in de periode 1961 t/m 1988.



Evolutie van de gemiddelde tonnemaat op de Schelde van 1961 t/m 1988 en evolutie van de diepgang van het diepstliggend schip over dezelfde periode.

tingen van de schepen, die de haven van Antwerpen aandoen.

Thans is de toestand zo dat 4% van de totale scheepstrafiek tijgebonden is en in staat voor 50% van de totale zeegoederen-traffic.

Het diepststekende schip dat de haven van Antwerpen tot op heden bereikt heeft, was

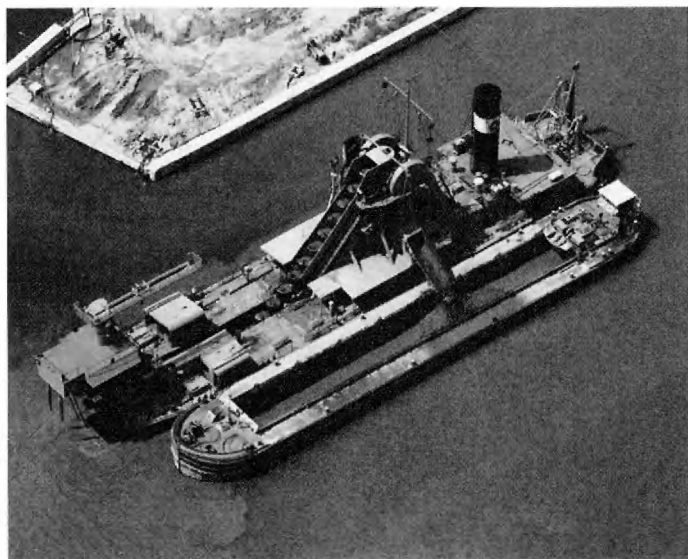
het m/s 'Permeke' met een diepgang van 14,95 m (1985). Het langste schip was het m/s 'Main Ore' met een lengte van 352 m (1989). Het ingezette baggermaterieel kende in de loop der jaren eveneens een geleidelijke evolutie. Na de emmerbaggermolen en steekzuiger werd de sleepzuiger ontwikkeld.

Het grootste deel van het baggerwerk wordt

thans met sleepzuigers uitgevoerd.

De sleepzuiger, als aangewezen tuig voor baggerwerken in drukke vaarroutes, kende zelf een gestadige evolutie waar nader zal worden op ingegaan.

Vooreerst is men erin geslaagd verschillende functies te combineren aan boord van één enkel schip. Vroeger kwamen hiervoor verschillende type schepen in aanmerking.



Emmerbaggermolen 'IJzer' aangedreven door middel van stoommachine. Bouwjaar 1952.



Stationaire steekzuiger 'Dender', tevens uitgerust met een bakkenlaad installatie. Bouwjaar 1959



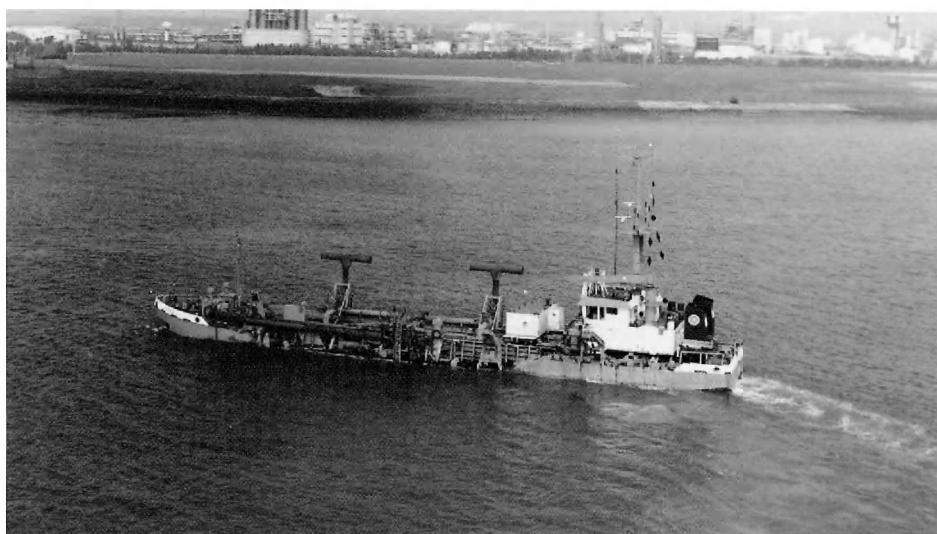
Sleephopperzuiger 'Sanderus', met een beuninhoud van 5.300 m³ en een maximum diepgang van 7,25 m. Bouwjaar 1968.

Typische voorbeelden van dergelijke 'all-round' baggerschepen zijn de 'Lesse II' en de 'Orwell'. De 'Lesse II' is zowel steekzuiger als sleepzuiger, kan bakken laden en is een splijthopper. De 'Orwell' is eveneens een splitsleephopperzuiger en kan bovendien aan de wal persen zonder dat hiervoor een aparte walpersinstallatie en bakken vereist zijn.

Voor de afwaartse drempels is men van grote, diepliggende schepen (type 'Antwerpen IV', 'Atlantique', 'Sanderus') geleidelijk aan overgegaan naar zeer wendbare middelgrote sleepzuigers van 2500 à 3500 m³ (type 'Maas', 'Schelde II', 'Krankeloon', 'James Ensor'), met een densiteit in beun van minimum 1,60 t/m³, met een diepgang van maximaal 7 m en met veel propulsie- en



Sleephopperzuiger 'James Ensor'. Bouwjaar 1980. Beuninhoud 3600 m<sup>3</sup>. Dit schip is tevens uitgerust met een walpersinstallatie, vooraan op het schip.



Sleep- en steekhopperzuiger 'Lesse II'. Bouwjaar 1987. Beuninhoud 2020 m<sup>3</sup>. Deze zuiger is uitgerust met een sleeppijp, een steekpijp (om stationair te baggeren) en een bakkenlaad installatie (T-stukken aan stuurboordzijde v.h. schip).

boegschroefvermogen.

Anderzijds heeft men voor de opwaartse drempels de kleinere 'all-round' hopperzuigers ontwikkeld type 'Lesse II' en 'Orwell' met een beuninhoud van 2000 m<sup>3</sup>, densiteit 1,3 t/m<sup>3</sup> en maximale diepgang van 5 m. Een verdere evolutie was het inzetten van de 'Amerigo Vespucci' van 3500 m<sup>3</sup> maar met een densiteit van 1,3 t/m<sup>3</sup> en diepgang van 6,2 m.

Stationaire steekzuigers, emmerbaggermolens en kraan op ponton met een groot aantal zelfvarende bakken en bakkenlosinstallatie worden heden slechts sporadisch ingezet in zeer specifieke gevallen (bijv. vrijbaggeren van wrakken, baggeren langs kaaimuren of steigers, baggeren in de onmiddellijke nabijheid van zandplaten). Dit komt ontegensprekelijk de veiligheid van het scheepvaartverkeer ten goede.

Gezien de evolutie in de baggerwerken (verfijning van de baggerspecie op de drempels, milieutechnische redenen, ...) staat men nu voor een belangrijke nieuwe ontwikkeling, te weten het inzetten van een nieuw type sleepzuiger op de afwaartse drempels. Deze nieuwe sleepzuiger wordt gekenmerkt

door een grote beuninhoud, een beperkte diepgang, een soortelijk gewicht in beun van maximaal 1,3 t/m<sup>3</sup> en een grote manoeuvreerbaarheid.

## 11

### BESCHRIJVING MODERNE SLEEPHOPPERZUIGER, GEOPTIMALISEERD VOOR DE BAGGERWERKEN OP DE SCHELDE

In samenwerking met de Antwerpse Zee-diensten werden door de research-afdelingen van de baggeraannemer zeer doorgedreven onderzoekingen uitgevoerd op het gebied van:

- de grondkarakteristieken van de verschillende drempels (boringen, monsternames, analyses, berekeningen).
- de vullingskarakteristieken van een hopperbeun
- de overflow karakteristieken na vulling van het beun.

Dit leidde tot belangrijke verbeteringen en tot een 'typische Scheldehopper';

### Baggertechnisch

De belangrijkste ontwikkelingen aan boord van sleepzuigers zijn de volgende geweest:

- Het ontwikkelen van de allereerste onderwaterpomp op de sleeppijp aan boord van de 'Maas' in 1973 (dit principe moest toelaten de lichte zand-slib specie van de Belgische drempels op te zuigen met minder watertoevoeging);
- Het ontwikkelen van speciale lossystemen om te kleppen op ondiepe stortplaatsen, te weten het gepatenteerd bodemschuivensysteem van de 'Maas';
- De inzet van de eerste splitsleephopperzuiger 'Krankeloon' in 1979 wat een zeer grote ontwikkeling betekende in de baggerwereld.



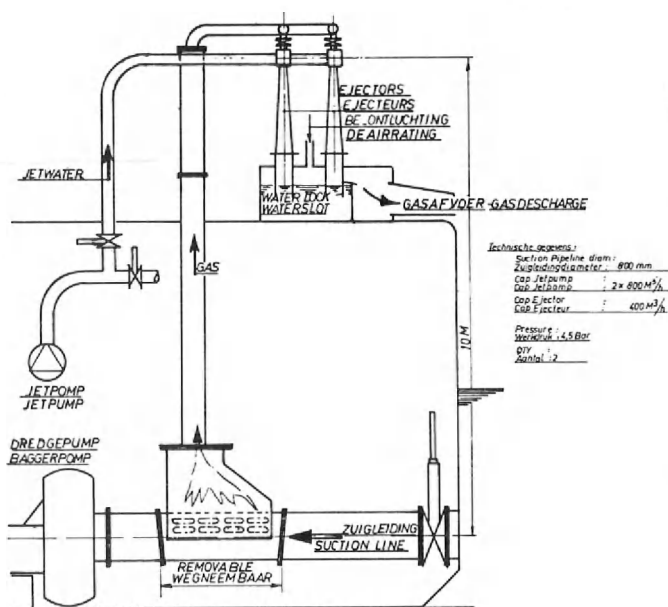
Dieplepel baggerponton 'Zenne', uitgerust met een hydraulische kraan type Demag H185 met een vermogen van 746 kW. De kraan is uitgerust met een dieplepel van 8 m<sup>3</sup>.



Sleephopperzuiger 'Maas'. Bouwjaar 1973. Beuninhoud 3.170 m<sup>3</sup>. Deze foto toont de onderwaterpomp gemonteerd halverwege de sleeppijp.



Sleephopperzuiger 'Krankeloon'. Bouwjaar 1980. Beuninhoud 2.700 m<sup>3</sup>. Deze sleephopperzuiger is van het splijttipe.



Principetekening van de ontgassingsinstallatie zoals gemonteerd aan boord van de sleephopperzuiger 'Orwell'. Hiermee kan baggerslib onder zeer hoge densiteit gebaggerd worden.



Beun van de splitsleephopperzuiger 'Orwell' met bovenaan de walpersinstallatie.

Deze evolutie (van ondiepe lossystemen) wordt verder gezet aan boord van de 'Antigoon'. Vele verbeteringen werden ook aangebracht om aangepaste baggermethoden te gebruiken in functie van de te onderhouden drempels zoals speciale en automatisch regelbare sleepkoppen, gebruik van onderwaterjets op zanddrempels, ontgassingsinstallaties in het geval van slib, regelbare overvloeisystemen in de beun. Voor het uitvoeren van opspuitingswerken werden eveneens belangrijke verbeteringen gerealiseerd.

#### Wendbaarheid - Scheepvaart

Alle zuigers zijn nu uitgerust met één of twee boegschroeven en hebben een aangepaste vorm om hen toe te laten in zeer beperkte ruimten te kunnen manoeuvreren en een minimale hinder te vormen voor de scheepvaart. De schepen zijn allen uitgerust met meer dan voldoende propulsie- en boegschroefvermogen.

Als eerste in de baggerwereld werden de sleephoppers 'Schelde II' en 'Krankeloon' gebouwd met een brug vooraan op het schip om aldus een grote zichtbaarheid en veiligheid te verlenen aan de bemanning. Tevens is dit comfortverhogend vermits de brug niet boven de machinekamer staat. Op de brug zijn de meest moderne navigatiemiddelen geïnstalleerd.

#### 12

#### DE OPSPUITINGEN

Gezien het onderhoud hoofdzakelijk betrekking heeft op zanddrempels, kan dit zand aan wal gespoten worden voor dijkversterkingswerken (bijv. in het kader van het Sigmaplan), voor ophogingen (bijv. ophogingen

voor industrieterreinen) en voor strandsuppleties (bijv. St. Annastrand).

Slib kan ook aan wal gespoten worden hetzij voor definitieve berging, hetzij voor latere behandeling (scheiding, indikken van slib, ...). Alternatieve bergingslocaties en bergingsmethodes worden op dit ogenblik bestudeerd.

De techniek van het opspuiten is ook zeer sterk geëvolueerd de laatste jaren. De vroegere bakkenlosinstallatie werd grotendeels verdrongen door de zelflossende sleephopperzuiger. Deze laatste diende vroeger aan te meren langs een steiger of ponton om te kunnen opspuiten.

Zeër recent werd een nieuwe techniek ontwikkeld, waarbij de hopper aan de wal perst doorheen een drijvende leiding gekoppeld over de boeg van de sleepzuiger.

Rekening houdend met de sterke stroming en het getij op de Schelde, is deze nieuwe methode een gevoelige verbetering in de



*Splijtsleephopperzuiger 'Amerigo Vespucci'. Bouwjaar 1986. Beuninhoud 3.500 m<sup>3</sup>. Deze zuiger is ondertussen ook reeds uitgerust met een boegkoppeling om aan wal te kunnen persen.*



*Splijtsleephopperzuiger 'Orwell'. Bouwjaar 1987. Beuninhoud 2.373 m<sup>3</sup>.*



*Walpersinstallatie zoals tot  $\pm 10$  jaar geleden algemeen gebruikt werd. Met de bakkenzuiger 'Warche', bouwjaar 1961. Totaal vermogen 2.300 kW.*



*Walpersinstallatie zoals vroeger gebruikt ten behoeve van rechtstreeks oppersen aan de wal door middel van een sleeplopperzuiger. Dit systeem vergde steeds grote investeringen voor de bouw van de aanlegsteiger.*



*Moderne walpersinstallatie waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een steiger; de koppeling met een drijvende leiding wordt gerealiseerd via de boeg van het schip.*

efficiëntie van de opspuitingswerken, waarbij er niet telkens een steiger moet gebouwd worden om dijk- of terreinophogingen uit te voeren.

## 13

### HET ONDERHOUD VAN DE TOEGANGS-GEULEN TOT DE SLUIZEN MET 'SWEEP-BEAM HANDLING VESSELS'

Het onderhoud van de toegangseul naar de Kallosluis gebeurde tot 1986 met een sleephopperzuiger. Dit van de toegangseulen naar de andere sluisen gebeurde met een groot aantal sleepboten met kleine ploegen. Beide systemen waren duur en weinig efficiënt. Een uitgebreid onderzoek en een experimenteel programma werd gezamenlijk door Bestuur en aannemer opgestart voor de toegangseul naar de Kallosluis.

Een mathematisch model werd door de aannemer ontwikkeld om de aanslibbingsmechanismen te bestuderen. In het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout werden fysische schaalmodellen van ploegen en onderwater (bulldozer)bladen uitgetest.

Proeven en metingen op ware grootte werden uitgevoerd in de toegangseul zelf (sleephopper uitgerust met zeer groot bulldozerblad) en leidden tot de ontwikkeling



*Sweep-beam handling vessel 'Alligator' uitgerust met een onderwater bulldozerblad t.b.v. het slibvrij houden van de toegangseulen van de grote sluisen v.d. haven van Antwerpen. De 'Alligator' heeft een totaal vermogen van 2.300 kW en is uitgerust met 4 Aquamaster propellers welke een uitstekende wendbaarheid geven.*



*Het bulldozerblad waarmee het schip 'Alligator' is uitgerust. Afmetingen van het bulldozerblad of sweep-beam: breedte 18 m - hoogte 2 m.*

van de 'sweep-beam handling vessel', waarbij een onderwater bulldozerblad (of sweepbeam) voortgetrokken wordt door een zeer wendbaar werkschip. De theorie van het 'agitatiebaggerwerk' in slib bleek onjuist te zijn op de Schelde!

Het inzetten van de 'Alligator' en de 'D.N. 30' in de toegangseulen naar de verschillende sluizen (Kallo-, Zandvliet-, Berendrecht-) heeft geleid tot een zeer productieve en zeer economische baggermethode, hetgeen tot stand is gekomen na intensieve research, proeven en systematische optimalisaties.

## 14

### SEDIMENTOLOGISCHE VERANDERINGEN IN DE SCHELDE

De sedimentologische samenstelling van de bodem op de reeds genoemde baggerplaatsen is in de laatste decennia duidelijk gewijzigd. Een vergelijkende analyse van de korrelverdelingsdiagramma's van zandmonsters genomen op de verschillende drempels, toont aan dat een duidelijke verfijning optreedt van de gemiddelde zandkorrel (d50 uit de korrelverdelingscurve). Dit is te wijten aan een aantal externe menselijke ingrepen, die hoofdzakelijk hebben plaatsgevonden tijdens de laatste 20 jaren. De belangrijkste zijn de volgende:

- Door inpolderingen van schorreggebieden (ca. 6000 ha sedert de eeuwwisseling) wer-

den de afzettingsgebieden van fijn sediment sterk gereduceerd. De fijne specie blijft hierdoor grotendeels in de rivier zelf en sedimenteert dan o.a. op de drempels.

- Door de invloed van de overvloed uit de beun van de hopper tijdens het baggerproces door schepen met een hoge ontwerp-densiteit ( $1,8 \text{ t/m}^3$  of meer) bezinkt de grove fractie in de hopper, terwijl de fijne fractie terugkeert in de Schelde en procentueel toeneemt op de bodem. Dit effect wordt nog versterkt in geval van zandwinning.

- Ten gevolge van industriële lozingen, van de aanvoer via rivieren zoals de Rupel en ten slotte ten gevolge van de mestoverschotten uit de landbouwsector, is er een continue aanvoer van fijne, dikwijls verontreinigde materialen.

Al deze factoren hebben geleid tot een systematische grotere fijnheidsgraad van het te baggeren bodemsediment. Hierbij zij er op gewezen dat fijnere specie trager in een scheepsbeun bezinkt waardoor het moeilijker, en dus ook duurder, te baggeren is.

## 15

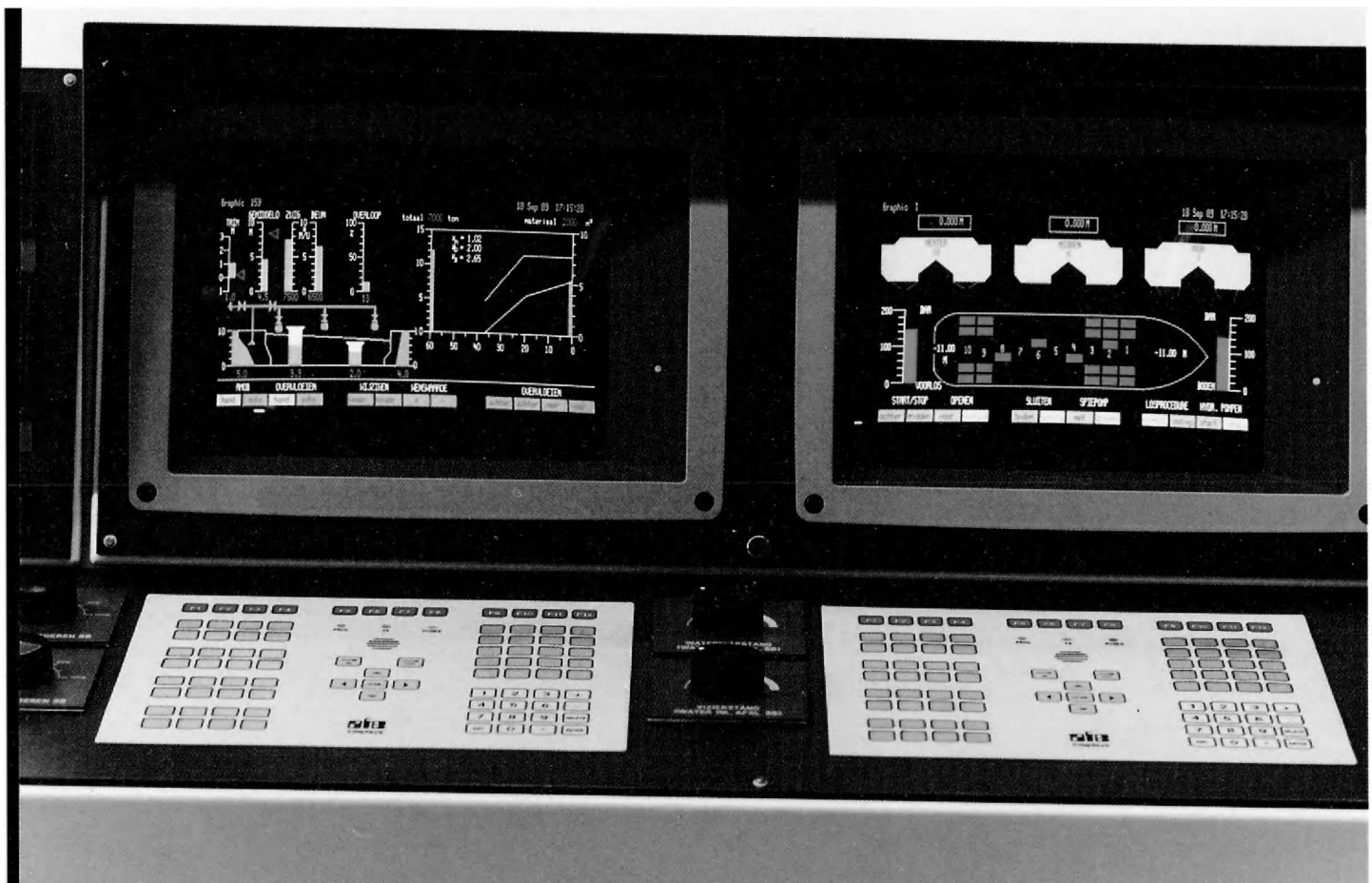
### TOENEMEND MILIEUBEWUSTZIJN BIJ DE BAGGERWERKEN

De baggerspecie, welke thans in de Westerschelde wordt gebaggerd, wordt zo dicht mogelijk bij de baggerlocaties terug in de Schelde gestort. Dit gebeurt zowel uit financiële als uit rendementsoverwegingen. Door

het terugstorten van baggerspecie in de secundaire vloedscharen wordt de stroming in de hoofdvaargeulen geconcentreerd, wat de bevaarbaarheid van de rivier bevordert. Het bevorderen van dit fenomeen werd op punt gesteld door het Waterbouwkundig Laboratorium van Borgerhout.

In de toekomst zal deze werkmethode niet altijd mogelijk blijven, enerzijds wegens ver-zadiging van bepaalde stortlocaties, anderzijds uit oogpunt van natuur- en milieubeheer van de Westerschelde. Er zullen eisen gesteld worden, waarbij de baggerspecie naargelang haar kwaliteit naar welbepaalde plaatsen zal dienen te worden getransporteerd. Op dit ogenblik worden door het Bestuur de nodige studies uitgevoerd naar de keuze van alternatieve bergingslocaties voor Scheldespecie zowel onder water als aan land. Hierbij dient vooral aandacht gegeven te worden aan de drempels met een hogere slibfractie, die licht verontreinigd is door zware metalen en organische polluenten. Het betreft hier uitsluitend de Belgische drempels vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Antwerpen (drempels van Zandvliet, Frederik, Lillo, de Parel en Kranke-loon). Het is inderdaad in dit Belgische deel van de Schelde dat er, ten gevolge van de zoetwater-zoutwater interactie, een flocculatie optreedt van de aanwezige slibdeeltjes. Dit gaat gepaard met een grotere bezinking, waardoor deze drempels een grote slibfractie vertonen.

Het uitvoeren van deze studies en het ont-



Computergestuurde controle van alle functies aan boord van de sleephopperzuiger 'Antigoon'.

wikkelen van verbeterde en/of alternatieve bagger-, stort- en verwerkingsmethoden past levens in het kader van de specifieke vergunningen, die Nederland verleent voor het uitvoeren van de baggerwerken in de Westerschelde. Inderdaad, sedert 1985 zijn de baggerwerken op de Westerschelde eveneens onderworpen aan de Nederlandse Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO), waardoor de Vlaamse Overheid niet alleen over een baggervergunning doch ook over een stortvergunning moet beschikken. Dit is het geval voor alle baggerspecie op Nederlands grondgebied.

Het is te verwachten dat de voortzetting van de baggerwerken op de Belgische drempels, de berging van deze specie zal vereisen aan land of tenminste de fijne fractie hiervan, dit wil zeggen op Belgische grondgebied, waarbij aangepaste scheidings-, behandelings- en stockeringstechnieken voor dit 'zand-slib' mengsel niet worden uitgesloten.

Met deze gegevens voor ogen werd er geëxperimenteerd met baggermethodes, die tijdens de baggercyclus een minimale turbiditeit veroorzaken in de Schelde. Het inzetten van sleepzuigers met steeds kleinere specifieke densiteiten (1,3 voor de 'Orwell' en 'Amerigo Vespucci'; 1,2 voor de 'Antigoon'), kadert in dit opzet. Deze hoppers laten inderdaad toe, door hun lage tot zeer lage verhouding laadvermogen/beuninhoud, de overflow te elimineren waardoor fijnere slibdelen niet meer in suspensie gebracht worden tijdens het baggeren.

## 16

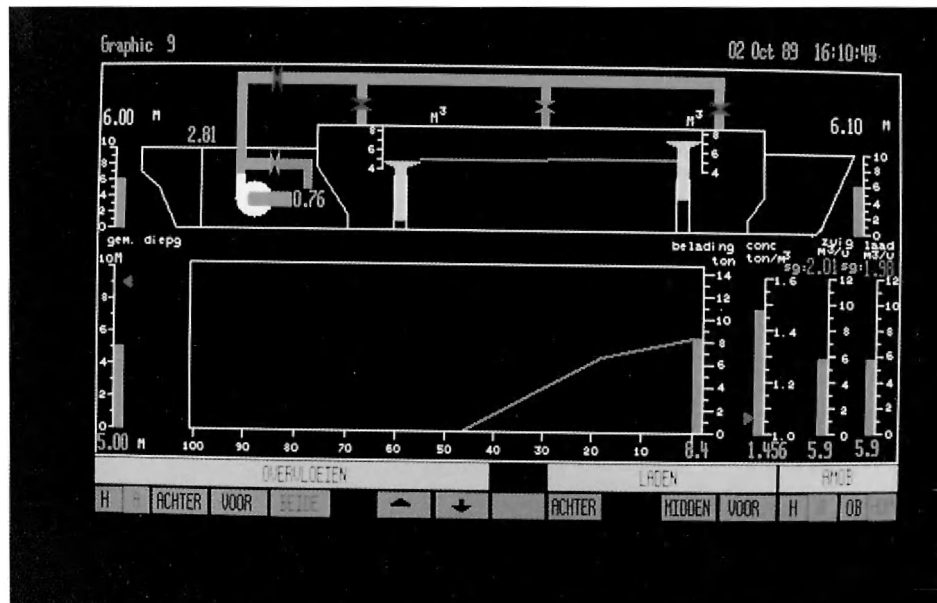
### HET m/s 'ANTIGOON': DE SLEEPZUIGER VOOR DE JAREN 90

Het antwoord op de hierboven aangehaalde sedimentologische veranderingen in de Schelde enerzijds, en om eventuele milieubezwaren tijdens het baggerproces tot een minimum te herleiden anderzijds, vindt men in het ontwerp van de 'Antigoon'.

De grotere fijnheidsgraad van het te baggeren bodemsediment heeft met de huidige schepen, die ontworpen zijn voor grove en middelgrove specie, een toename van de zuigduur en een vergroting van de overflow (overvloeifase) tijdens het baggerproces tot gevolg. Anderzijds kan worden aangenomen dat de gemiddelde vaartijd in de toekomst zou kunnen toenemen gezien het belang van een uit milieutechnisch oogpunt aangepaste keuze van de stortlocaties.

Al deze invloeden werken kostprijsverhogend. Hierdoor stonden én overheid én aannemer voor een belangrijk probleem: stilaan zou de kostprijs van de baggerwerken gaan stijgen. Het gezamenlijk aanpakken van dit probleem en het uitwerken van een oplossing was van vitaal belang voor het Vlaamse Gewest en meer specifiek voor de Antwerpse haven.

Intensieve researchinspanningen bij 'Dredging International' en permanent overleg tussen het Bestuur der Waterwegen en de T.V. Zeeschelde, hebben finaal geleid tot een revolutionair ontwerp van een nieuw baggertuig waarmee de baggerwerken in de Schelde én milieubewuster én goedkoper



Detailopname van het beeldscherm van de controle.

zouden kunnen uitgevoerd worden.

De vormgeving en dimensionering van de 'Antigoon' is een ingrijpende verandering van het sinds het begin van de eeuw stilaan evoluerende 'Scheldebaggerchip'.

In vergelijking met de meest recente van deze baggerschepen heeft de 'Antigoon' een dubbel zo groot laadvermogen en een bijna driemaal groter hoppervolume.

De baggerinstallatie van de 'Antigoon' werd ontworpen om een optimale produktiviteit te bereiken bij het baggeren van het zeer fijne Schelde-zand (korrel diameter van 0,150 tot 0,200 mm).

De sleeppijp en sleepkop worden computerbestuurd ('dynamic tracking'). De bediener kan via het beeldscherm het baggerproces volgen en dit zonder extreme eisen te stellen aan zijn concentratievermogen.

De grote beuninhoud van 8400 m³ en de geometrie van de hopper met densiteit in beun  $d = 1,2$  voor een laadvermogen van 10.000 ton bij diepgang 7,5 m resulteren in een optimale sedimentatie van het opgezogen zand-water mengsel met geen of minimale overloopverliezen. Aldus worden de milieubezwaren tengevolge van het mogelijk veroorzaken van turbiditeit in de Schelde (gehalte aan zwevende deeltjes) herleid tot een minimum.

De keuze van 1 sleeppijp met diameter 1,2 m, gecombineerd met een zeer krachtige zuigpomp met waaierdiameter 2,66 m resulteert in een mengsel van ca. 25.000 m³/u bij zandconcentraties tot 40%.

De baggerprocessturing en de vorm van de sleepkop zorgen ervoor dat de concentratie zo stabiel mogelijk en maximaal blijft.

De efficiëntie in slib wordt sterk verbeterd door een adequate gasafzuiginstallatie.

Daardoor is het mogelijk zelfs visceuze slibsoorten met zeer hoge concentraties op een stabiele wijze naar de hopper te pompen. Gepollueerde fijne baggerspecie kan zodoende zonder overloopverliezen verwijderd worden. Om de diepgang bij het dumpen in ondiepe stortzones maximaal te benutten zijn er voorlosdeuren in de bodem aangebracht, die in open stand hoger dan de scheepsbodem blijven.

Hierdoor verdwijnt een hoeveelheid zand die de diepgang voldoende vermindert om, zonder gevaar voor beschadiging, de hoofddeuren eerst gedeeltelijk, daarna volledig te openen.

Twee jetpompen met een totaal debiet van 7600 m³/u spuiten water in de beun om de lostijd van het zand zo kort mogelijk te houden.

De automatische regeling van de telescopische overloopbuizen laat toe het overtollige water uit de beun te verwijderen bij bereiken van het maximum laadvermogen (constant tonnage).

De baggerspecie kan eveneens aan de wal worden geperst via een boegkoppeling zonder gebruik van een steiger of afmeerkade. De opspuitproductie bedraagt 5000 m³/u over belangrijke persafstanden.

De manoeuvreerbaarheid wordt efficiënter door twee boegschroeven met drukcompensatietunnel. Twee wendbare flaproeren kunnen elk onafhankelijk uitgestuurd worden.

Twee schroeven met verstelbare spoed staan op de grootst mogelijk asafstand van elkaar, zodat een zo groot mogelijk koppel gecreëerd wordt bij het wenden.

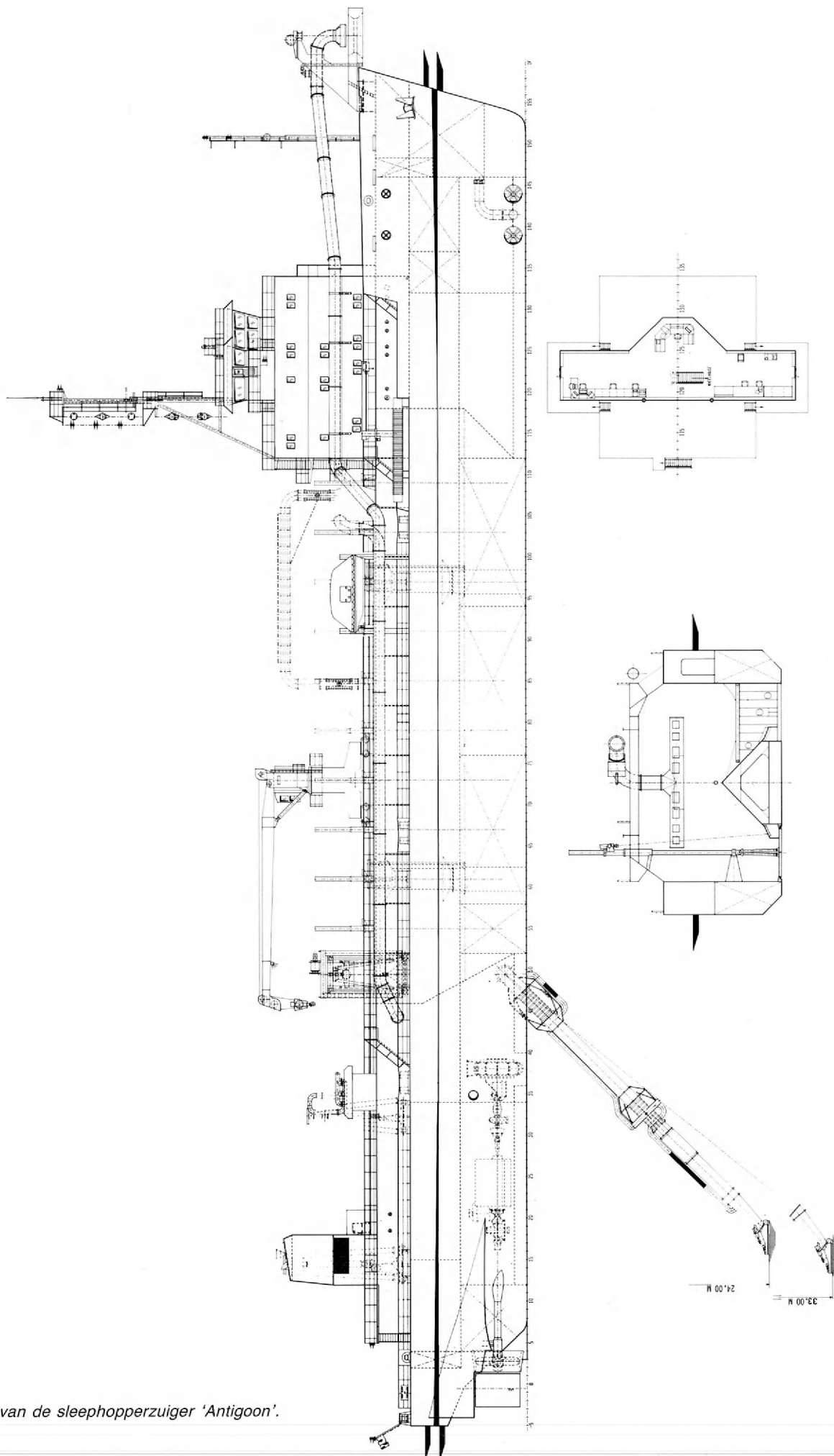
Al deze mogelijkheden kunnen computerbestuurd worden voor een snelle uitvoering van de manoeuvres.

De brug bevindt zich vooraan wat ten goede komt aan de zichtbaarheid en dus de veiligheid en het comfort van de bemanning.

Het schip is ook bijzonder geschikt voor oliebestrijding met behulp van veegarmen. Hiervoor werden tijdens de bouw de nodige basisvoorzieningen getroffen.

De figuren in dit extra nummer zijn afkomstig van het Gemeenschapsministerie van Openbare Werken en Verkeer/Antwerpse Zeediensten.

De foto's werden ter beschikking gesteld door Foto Guido Coolens N.V. - Antwerpen, Aero News P.V.B.A. - Brussel, Foto Flite - Ashford (Groot-Brittannië), Dredging International N.V. - Zwijndrecht en Gemeenschapsministerie van Openbare Werken en Verkeer / Antwerpse Zeediensten.



Algemeen plan van de sleephopperzuiger 'Antigoon'.