

# Sea Spider een speciale kabellegger van De Hoop

Een bijzondere kabellegger, ontworpen om in moeilijke gebieden te werken, is in maart 1999 met bouwnummer 373 opgeleverd door Scheepswerf de Hoop in Lobith. De Sea Spider is gebouwd in opdracht voor de Groningse operator Van der Stoel-Cable. Dit bedrijf heeft zich geconcentreerd op het leggen van stroomkabel van wal tot wal. Het management is in handen van Wagenborg Shipping. Na 1 jaar van werken met dit schip wordt nader ingegaan op het ontwerp, de achtergronden en de performance.

Fig.1. De "Sea Spider"



## De Markt

Sinds de liberalisatie van de internationale markt van stroomleveranciers is er een grote behoefte aan stroomkabels tussen de verschillende landen op wereldschaal. Het eerste project voor de Sea Spider is het leggen van de Swe-Pol link, een 245 km lange verbinding tussen Zweden en Polen, bestaande uit een 600 MW, hoogspannings (450 kV) gelijkstroom kabel. In het jaar 2000 moet de Sea Spider eenzelfde kabel leggen tussen Guernsey-Jersey en de Franse kust. Belangrijk is dat de kabel wordt ingegraven om beschadigingen door o.a. vissersschepen zoveel mogelijk te voorkomen. In de meeste gevallen is de leverancier van de kabel verantwoordelijk voor het leggen van de kabel. De Sea Spider werkt onder een long term charter voor ABB High Voltage Cable.

Naast de stroomkabelmarkt is er een grote behoefte aan meer fibre-optic(communicatie)-kabels. Vaak worden ze samen met stroomkabels gelegd. De Sea Spider kan ook gebruikt worden voor het leggen van fibre-optic kabels van beperkte lengte.



Fig.2. First loading in Karlskrona

## De kabel

De stroomkabel is voor elk project anders afhankelijk van diverse factoren. Voor sommige toepassingen uni-polair, voor andere toepassingen bi-polair. Soms wordt voor de retour stroom een zogenoemde metallic return kabel toegepast, soms wordt de retour stroom door zee geleid. De diameter, de doorsnede, het kabelgewicht, de kabellengte en het maximale aantal lussen verschilt per project. De kabel mag niet worden getordeerd, daarom zijn draaiende carroussels nodig om de kabel in op te slaan. Het s.g. varieert tussen 1.5 - 2.4. De minimale buigstraal bedraagt ca. 4.00 m Verder kan de kabelbescherming geen hoge drukken weerstaan, de maximale stapelhoogte bedraagt ca. 4.00 m afhankelijk van het specifieke kabelgewicht en de opbouw

van de kabel. Aan de kabel kan maar beperkt getrokken worden en tevens moet hij zonder te veel lussen en loops op de zeebodem worden neergelegd omdat vooraf de lengte nauwkeurig is vastgesteld. Dit stelt hoge eisen aan de tensioners en de aandrijving van de carrousel.

### Logistiek

De kabelfabriek heeft een beperkte productie- en opslagcapaciteit, waarbij de kabel in een continu proces wordt gefabriceerd. Het schip moet de kabel op tijd ophalen om de productie niet te laten stagneren. Voor het Swe-Pol project neemt het laden van de kabel ca. 2 dagen in beslag, het leggen van de kabel gebeurt met ca. 2 knoop ook in 2 dagen. Het lasen van twee einden kabel duurt ca. 5 dagen. De rest van de tijd is vrij voor transport. Het aantal lussen moet bij voorkeur zo klein mogelijk worden gehouden. Dit leidt tot carroussels met een grote diameter om grote lengtes mee te kunnen nemen. De aanlandingen worden normaliter met andere units verricht. De afstand tussen kabelfabriek en het gebied waar de kabel gelegd moet worden speelt een grote rol in het ontwerp. Bij grote afstanden (transatlantisch) moet men afwegen of transport en leggen niet gescheiden moeten worden.



Fig.3. Loading arm

De meeste kabels moeten worden bedekt of ingegraven. Op de Sea Spider is hiervoor de Smart-Jet geplaatst die de kabel direct op de zeebodem ingraaft. Dit bespaart een extra gang voor het ingraven.

### Het project

In mei 1998 kwam de Fa.v/d Stoel bij de Hoop met de vraag om de bak Meda om te bouwen tot zelfvarende bak met een carrousel voor ca. 4000 ton kabel. In het voorjaar van 1999 zou dit vaartuig de Swe-Pol kabel moeten leggen.

De ombouw omvatte o.a.

- nieuw voorschip en achterschip;
- extra zijtanks waarin dieseldirect gedreven voortstuwers moesten komen;
- nieuwe dubbele bodem;
- nieuwe accommodatie.

Na een korte studie werd besloten dat het beter was de Meda te verkopen en een nieuw schip te bouwen. De hoofdafmetingen werden aangehouden en om de kosten te drukken zou het schip zo simpel mogelijk worden uitgevoerd en zonder hiermee de functionaliteit aan te tasten.

De basis eisen waren:

- Capaciteit om 4200 ton kabel te leggen in 1 run.
- Een carrousel diameter van ca. 24 meter.
- Mogelijkheid tot plaatsen van 2 kleinere cable trunks voor metallic return kabel.
- Snelheid ca. 10 knoop.
- Beperkte diepgang volbeladen, mogelijkheid tot droogvallen.
- DP klasse II met de mogelijkheid om in de volgende condities op positie te blijven:

Het dek-equipment bestaande uit:

- A frame
  - Carrousel
  - Ankerlieren
  - Tensioners
  - Kraan
  - Kabel trunk
- is door de rederij geleverd en geïnstalleerd.

Voor de eenvoud en beperkte tijd is ervan uitgegaan dat alle kabelleg equipment op het dek wordt geplaatst (Minimale integratie).

Ten aanzien van regelgeving is gekozen voor:

- Nederlandse vlag;
- Bureau Veritas;
- IMO Code of safety for special purpose ships.

### Vermogen opwekking/distributie

Na verschillende vergelijkingen is gekozen voor een diesel elektrische installatie i.p.v. de oorspronkelijke dieseldirecte oplossing. De reden hiervoor:

- Een centrale installatie met een kleiner totaal geïnstalleerd vermogen.
- Het vermogen kan gemakkelijk verdeeld worden voor dek-equipment.
- In 'normale' condities is er een diesel beschikbaar voor onderhoud.

Voor de voortstuwing zijn verschillende alternatieven mogelijk:

- AC-AC; constant toeren, variabele spoed
- AC-DC; variabele toeren, vaste spoed
- AC-AC; variabele frequentie, variabel toeren, vaste spoed.

AC-AC met variabele spoed is de meest simpele, recht toe rechtaan oplossing en vaak de goedkoopste. Alleen bleken er geen CPP



Fig.4. Tensioners

Tabel 1 - Ontwerp criteria

	Laying Cable Offshore	Landing cable near shore	Burying cable
Wind speed, 1 min mean	15 m/sec	8 m/sec	15 m/sec
Significant wave height	2.5 m	1 m	2.5 m
Current surface speed	1.3 m/sec	0.5 m/sec	1.0 m/sec
Bollard pull	100 kN	-	250 kN

thrusters beschikbaar binnen de gevraagde levertijd.

AC-DC vergt onderhoud aan de elektromotoren. De omvormers en motoren zijn normaal luchtgekoeld en vergen koellucht van buiten. In Europa wordt deze vorm van voortstuwing gezien als ouderwets en is daarom niet erg populair. In Amerika is de situatie anders.

AC-AC met variabele frequentie is de meest elegante manier om het probleem op te lossen. Indien geen stuwkracht gevraagd wordt staan de schroeven stil. (Laag brandstofverbruik). Thrusters met vaste spoed waren wel beschikbaar binnen de bouwtijd.

## Thrusters

Een aantal typen thrusters is beschikbaar:

Type	Efficiency compared to Azimuth thruster
Tunnel	75%
Azimuth	100%
Pump jet	45%

De azimuth thruster is het meest efficiënt voor wat betreft kosten en verbruikte kW's. De pomp jet is het meest inefficiënt. De tunnel thruster is erg goedkoop in vergelijking met de andere types maar heeft als nadeel dat het maar twee stuwrichtingen heeft. Retractable thrusters zijn ongeveer twee keer zo duur als een vaste azimuth thruster maar hebben als voordeel dat zij diep onder water zitten en altijd een hoge stuwkracht kunnen leveren. De voorste azimuth thruster kan tevens meedoen als hoofdvoorstuwer.

Gebaseerd op bovenstaande overwegingen zijn 3 azimuth thrusters geselecteerd en 1 tunnel thruster voor operaties op ondiep water. De achterste twee azimuth thrusters zitten boven de kiel en de voorste is intrekbaar en kan op ondiep water dus niet worden gebruikt. De boegschroef is geplaatst in de scheg voor het voorpiekschot om een korte buis te creëren en een maximaal draaimoment.

## Generatoren

De elektrische balans (tabel 2) geeft aan dat in het slechtste geval een vermogen van 5380 kW wordt afgenomen door de verschillende verbruikers. Op basis van deze getallen is gekozen voor de volgende configuratie van generatoren:

• 2 x Cummins/Wärtsilä 170-16V	2 x 2000 kW
• 2 x Cummins/Wärtsilä 170-6L	2 x 740 kW
Totaal vermogen	5480 kW
Haven/Nood generator	180 kW

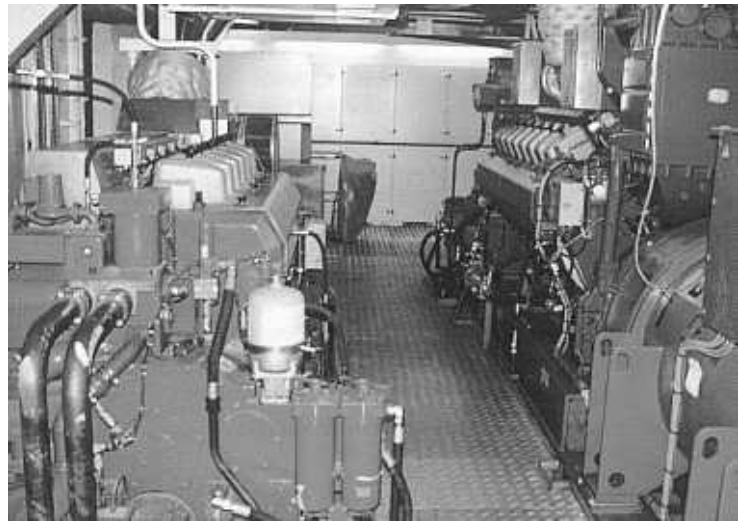


Fig. 5. Engine room

De vier diesels draaien isochroon parallel met loadsharing en voeden het hoofdschakelbord (480 Volt).

Ingeval van storing kan het hoofdbord gedeeld worden. Het halve vermogen en de halve thruster capaciteit gaan dan verloren. In normale condities wordt met gesloten koppelschakelaar gewerkt om een zo groot mogelijke vermogens buffer te hebben en asymmetrische belasting te vermijden.

De verschillende grootte van de generatoren geeft een grotere flexibiliteit in vermogensstappen in vergelijking met bijvoorbeeld 4 x 1500 kW (Caterpillar), de loadsharing blijkt in de praktijk goed te werken.

Total available:

- 4 engines: 5480 kW (6000 kW with 10% overload, for 1 hour per 24 hours)
- 3 engines: 4740 kW/3480 kW
- 2 engines: 4000 kW/1480 kW
- 1 engine: 2000 kW/740 kW
- emergency/harbour generator: 175 kW.

Tabel 2 - Overzicht elektrisch belastingen

Item	Thrusters kW	Cable lay equipment kW	'Domestic' kW	Total kW	Load %
Max weather/burying cable	4700 (100%)	405	281	5386	98%
Laying cable offshore (design criteria)	3326 (71%)	685	270	4281	90 / 78%
Landing cable near shore (des.crit.)	1134 (32%)	550	270	1954	71%
Burying cable (design criteria)	3414 (73%)	530	270	4214	77%
Jetting cable	3925 (84%)	819	270	5014	91%
'Repair' /welding cable	3326 (71%)	665	270	4261	78%
Transit	3000 (86%)	0	270	3270	69 / 94%
Harbour condition	0	0	150	150	86%
Loading cable in port	0	532	206	738	50%
Emergency	0	0	38	38	22%

## Frequentieomvormers

Er zijn een aantal type 'drives' beschikbaar op de markt:

- Directe omvormer (Cyclo converter), in het algemeen voor vermogens >5MW
- Stroombron omvormers (Synchrodrive of Load Commutated Inverter). Deze drives geven een slechte performance bij deellast en geven grote harmonische verstoring in het scheepsnet. Vermogensrange 4-20 MW.
- Voltagebron omvormers (PWM drive), toegepast met asynchrone elektromotor. Robuust en simpel.

Hierin zijn meerdere types:

- IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistors) voor vermogens < 1.5MW
- GTO (Gate turn off thyristors) voor vermogens van 1-6 MW
- 6 pulse systemen, deze geven te hoge harmonische verstoring
- 12 of 18 pulse systemen die een acceptabele netvervuiling hebben.

Er is gekozen voor een IGBT drive omdat deze weinig netvervorming levert, een zeer hoge efficiency heeft, een goede snelheidsregeling en hoog koppel over een groot toerenbereik.



Fig.6. Bridge aft

### Accommodatie

De accommodatie is geschikt voor 50 personen. Dit is bereikt door de volle breedte van het schip te benutten. Dit betekent dat sommige hutten geen daglicht hebben. Alle hutten voor de scheepsbemanning hebben wel daglicht. De open brug is ruim en voorzien van kantoor en survey ruimte. Omwille van de levertijd is een extra laag accommodatie in de ontwerpfase reeds weggehaald om de bruggen tussen Lobith en Rotterdam met compleet dekhuis te kunnen passeren.

### Indeling

Lengte van het achterdek is van grote waarde. Daarom is de carrousel zoveel mogelijk naar voren geschoven, zonder in volbeladen toestand onacceptabele trimliggingen te krijgen. De accommodatie en het dekhuis zijn zoveel mogelijk naar voren geschoven. De machinekamer is deels onder de accommodatie geplaatst. De uitlaten en ventilatiekokers lopen langs de achterzijde van de opbouw omhoog.

De romp is voorzien van twee langsschotten op B/5, om 1 compartiment schade volgens SOLAS te kunnen overleven. De wingtanks worden gebruikt voor waterballast en drinkwater. De dubbele bodem tanks zijn void. De brandstoftanker is geplaatst in de dieptank onder de workshop in het achterschip. Twee dag- en settlingtanks voorzien de generatoren van brandstof.

Het hoofdschakelbord en de drives voor de voorste twee schroeven zijn in de MK geplaatst. De MK is ruim opgezet om tijdens de bouw ongestoorde voortgang tussen de verschillende disciplines te kunnen creëren. De voortstuwingsmotoren en hun drives staan in de achterpiek.

Vanwege het lage vrijboord is een walkway op ca. 3.5 meter boven dek aangebracht. Op dit niveau staan ook de tensioners, controle ruimtes voor kabelleg equipment en smartjet.



Fig. 7. Radioroom

In principe moet het schip in twee modes kunnen werken:

- kabelleggen;
- kabelrepareren.

Bij het repareren van een kabel wordt de bestaande kabel kapot geknipt, en een nieuw deel wordt tussen de twee oude delen gemonteerd. Dit vereist een groot glad werkdek achter. In dit geval moet de trencher met umbilical winch worden verwijderd.

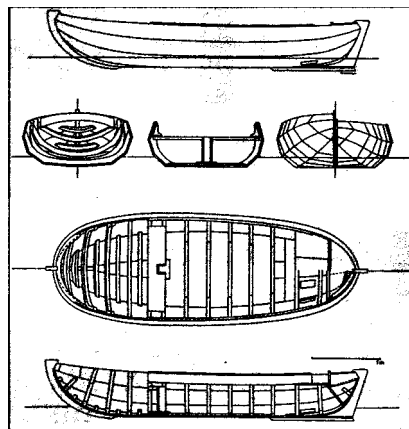


Fig.8. 18 voets visboot

### Snelheid

Het schip is ontworpen voor relatief kleine transit afstanden en snelheid is secundair. Gekozen is voor een romp met maximale volheid om de diepgang zo gering mogelijk te houden. Een voordeel van de kleine diepgang is dat ook de laterale krachten relatief klein zijn. Voor de vorm van het voorschip heeft een 18' visbootje model gestaan (fig. 8) het achterschip is praamvormig met een middenscheg. Vanwege eenvoud van constructie is gekozen voor een volledig ontwikkelbare rompvorm. In juli 1998 zijn voortstuwings- en zeegangsproeven uitgevoerd bij VBD in Duisburg die de eerdere vermogensschattingen bevestigden (fig. 9). De twee achterste thrusters elk 1200 kW geven het schip de vereiste snelheid van ca. 10 knoop op vlak water, samen met de voorste thruster kan de snelheid vergroot worden tot 11 knoop. Met twee kleine generatoren 2x750 kW, behaalt het schip nog een snelheid van 7 knopen. De maximale zijwaartse snelheid bedraagt ruim 5 knoop.

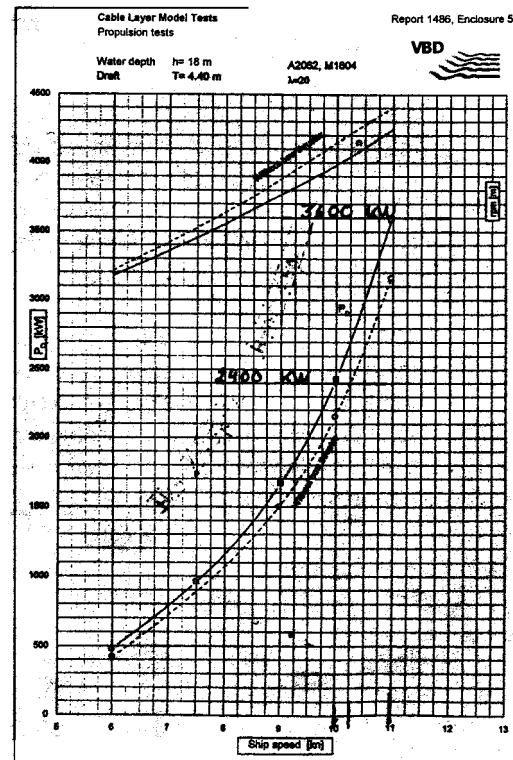


Fig.9. Vermogenskromme

Ondanks de grote B/T verhouding en de enorme GM gedraagt het schip zich zeer goed in zeegang, ook dwarscheeps. De scherpe kimmen en het deels ondergedompelde dek, leveren veel demping. De computers op de brug blijven zonder zeevast staan.

### DP systeem

Gekozen is voor een redundant DP systeem met 3 positie-referentie signalen:

- 2 DPGS met onafhankelijke D signalen via Inmarsat
- 1 Sonardyne HPR, geschikt voor werken op diep en ondiep water

Het DP systeem heeft de volgende functies:

- Position keeping
- Tracking
- Autopilot
- Handpilot
- Joystick

In het geval dat onvoldoende vermogen beschikbaar is, wordt automatisch vermogen teruggenomen om overbelasting van het boordnet te voorkomen. Het DP systeem is het primaire (volledig redundant) besturingssysteem aan boord. De bedieningshandles van Schottels en boegschroef zijn alleen voor noodbesturing. Vanaf vertrek uit te haven tot aan terugkeer wordt het schip door 1 systeem bestuurd, overnames (afgezien van brug voor/achter) zijn niet nodig.

De vermogens zijn zodanig gekozen dat kan worden voldaan aan de criteria gesteld in tabel 1.

Het functioneren van het systeem is getest door BV en Global Maritime (Noorwegen).

## Sterkte

Het gehele dek is ontworpen voor een gelijkmatige belasting van 10 ton/m<sup>2</sup>. Het vlak is zodanig versterkt dat het schip met volle lading kan droogvallen. In het vlak is AH36 toegepast om gewicht te besparen i.v.m. beperkte diepgang op het wad.

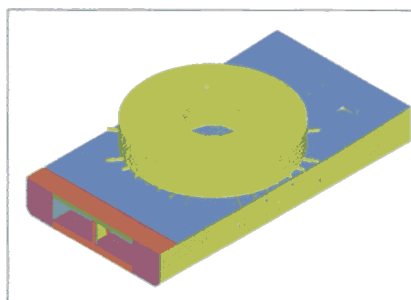


Fig.10. Om de interactie tussen carousel, fundatie en schip goed te kunnen bekijken is een FEM-analyse gemaakt van het schip.

Voor de sterkte is de geconcentreerde belasting door de carousel van belang. Ter plaatse van de voor- en achterkant van de carousel treden grote schuifkrachten op. Tijdens de bouw werd besloten het ladinggewicht te verhogen van 4200 ton tot 4800 ton, hiermee werden de langsscheepse sterkte en de lokale sterkte t.p.v. de fundatie van de carousel

uiterst kritisch. Om de interactie tussen carousel, fundatie en schip goed te kunnen analyseren is een FEM gemaakt van het schip (fig.10). Een probleem bij de analyse was het gedrag van de kabel in de carousel. Is de lading relatief slap en volgt de carousel de bewegingen van het schip of is de lading stijf en rust de carousel bij doorbuigend schip op de voor en achterkant. In het model is aangenomen dat de lading zich gedraagt als massief koper (relatief stijf dus).

In fig. 11 en 12 zijn enkele resultaten weergegeven. Op basis van deze sommen is besloten (tijdens de bouw) een extra langsschot op HS te plaatsen en de beide andere langsschotten met ca. 2 mm te verzwaren. Extra dwarschotten zijn geplaatst onder carousel om het dek te ondersteunen.

## Bouw

De bouw stond vanaf dag 1 onder grote tijdsdruk. Het contract is medio juli getekend. Begin november arriveerden de eerste secties in Lobith (gefabriceerd door Scheepswerf De Merwede). De wijziging in de constructie en dientengevolge parallelle engineering en bouw heeft tot gevolg gehad dat de secties in het voorschip vertraagden en dat pas medio januari de voorpiek geplaatst kan worden.

Na sluiting van de fabriek van Cummins/Wartsila in Surgere gaat op de proefstand een van beide grote generatoren in overspeed en is total loss. In 12 dagen wordt een nieuwe hoofdmotor gemaakt en op de 13<sup>e</sup> dag geïnstalleerd aan boord. Eind januari volgt de tewaterlating, waarna het transport naar Rotterdam wordt verhinderd door het hoge water in de Rijn. Begin maart vindt de eerste zeereis naar Delfzijl plaats. Onderweg staken een voor een de generatoren hun diensten, terwijl ook de frequenties drives diverse storingen vertonen. In Delfzijl vindt de installatie van het dek-equipment plaats waarna tijdens Pasen een succesvolle proeftocht wordt gehouden. De oplevering vindt plaats op 15 april, waarna het schip naar Karlskrona vertrekt om kabel te laden. Alles binnen de budgetten en op tijd. Dit is alleen mogelijk als werf en reder zeer nauw samenwerken en maximale druk op toeleveranciers blijven uitoefenen. Alle

belangrijke leveranciers zijn meermalen bezocht en in een enkel gevallen hebben werf en reder permanent een vertegenwoordiger in de fabriek gestationeerd voor optimale communicatie.

Tijdens het opstarten heeft vooral het slecht functioneren van de generatoren, gecombineerd met de complexe voortstuwinginstallatie gezorgd voor veel vertraging.

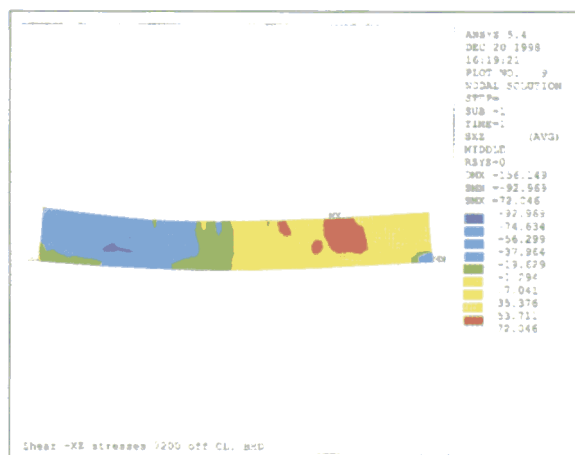
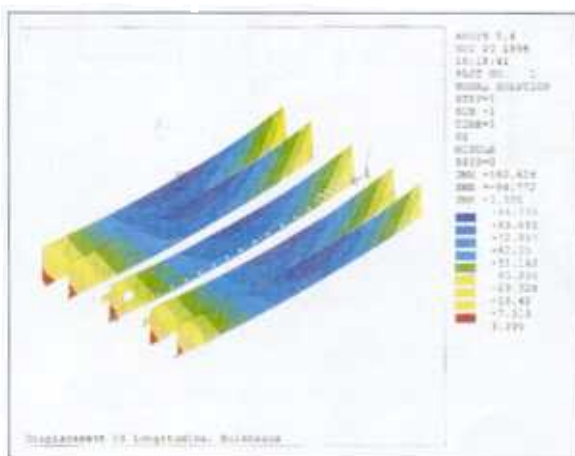
## Performance

Het schip heeft ondertussen het SwePol project succesvol afgerond in totaal 146 dagen. De gemiddelde legsnelheid (inclusief ingraven) bedroeg hierbij 20 km/dag. Daarnaast heeft het schip nog enkele kabels gerepareerd, waaronder een werk in de Ierse zee. Hier is gebleken dat het schip bij 50 knopen wind en een significante golfhoogte van 5 meter op positie blijft, maar dat de werkzaamheden gestaakt moeten worden om beschadiging van de kabel op de zeebodem te voorkomen. Tijdens het lassen van de kabel wordt hetzelfde deel telkens van de zeebodem opgetild en weer 'neergelegd', bij rotsige bodem lijdt dit na verloop van tijd tot beschadigingen van de 'armering'.

## Conclusie

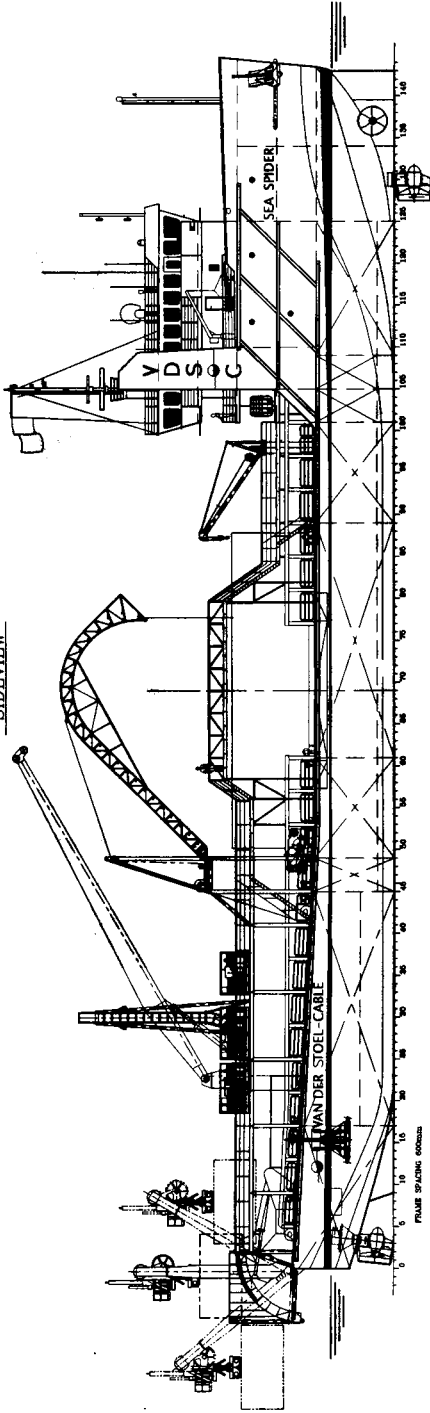
De Sea Spider heeft tijdens zijn nog korte leven al veel mensen gevangen in zijn net. Maar in tegenstelling tot andere lotgenoten zijn de meesten tot nu toe erg tevreden met "de Spin". De totstandkoming is hectisch verlopen maar heeft geen afbreuk gedaan aan kwaliteit of functioneren van het schip. Ook zonder kabelguitrusting is het een zeer bruikbaar schip met groot werkdek, deadweight en DP capaciteit.

Fig.11 en 12. Resultaten van de analyse.

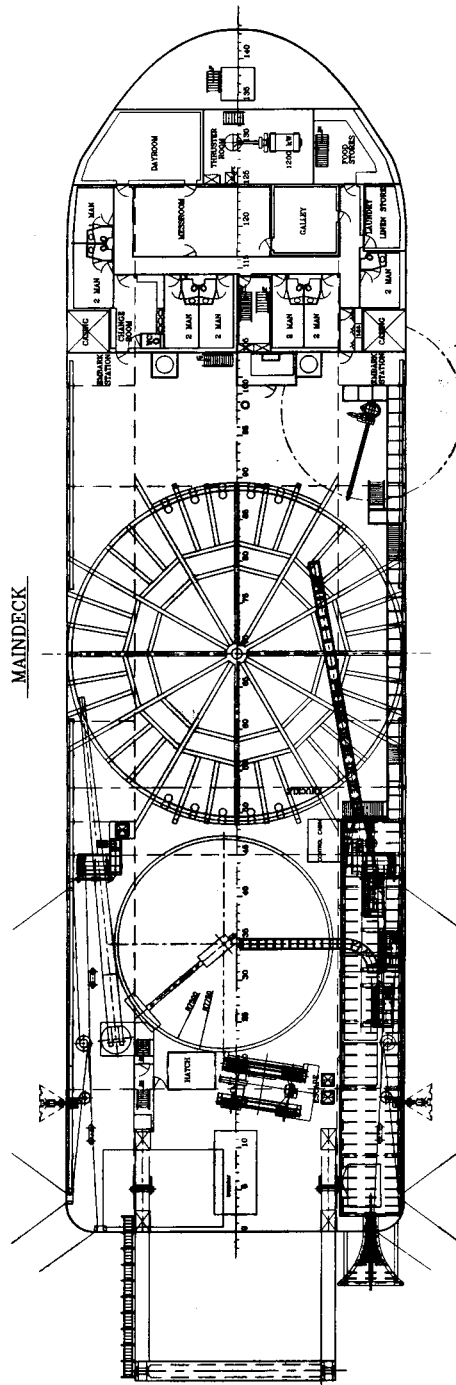


Hoofdafmetingen	
Lengte o.a.	86.10 m
Lengte l.l.	82.32 m
Breedte	24.00 m
Diepgang max.	4.50 m
Diepgang min	2,20 m
Deadweight (excl. cable lay equipment)	5500 tonnes
Snelheid	10.3 knots
Bemanning	51 persons
Generatoren	2 x 2080 kW/ 2 x 780 kW
Thrusters voor	1 x 1100 kW/ 1 x 1200 kW
Thrusters achter	2 x 1200 kW/
Waterballast	2840 m <sup>3</sup>
Drinkwater	340 m <sup>3</sup>
Brandstof	545 m <sup>3</sup>
Dekbelasting	10 ton/m <sup>2</sup>

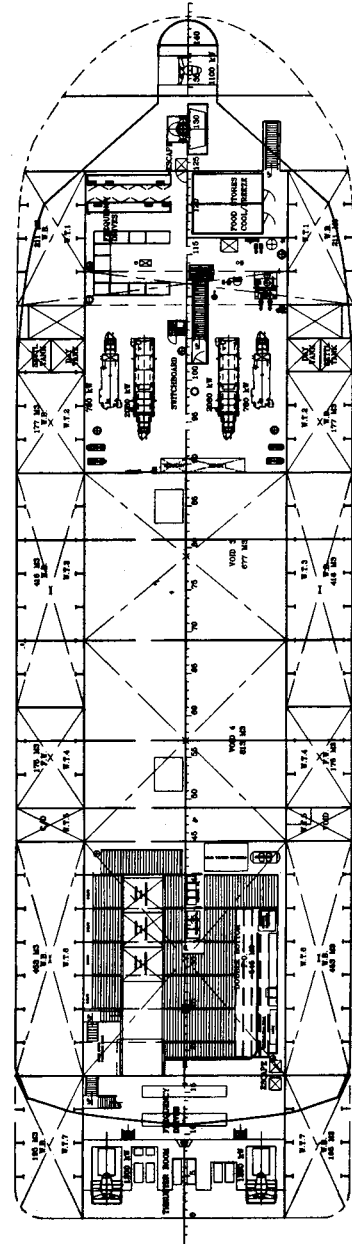
SIDEVIEW



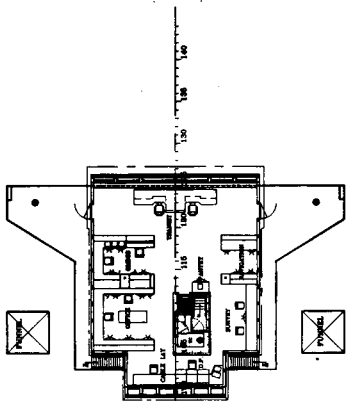
MAINDECK



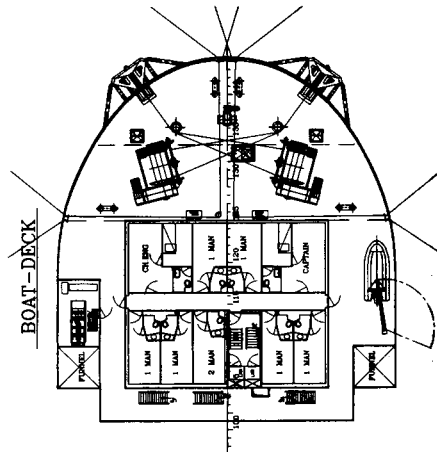
TANKTOP



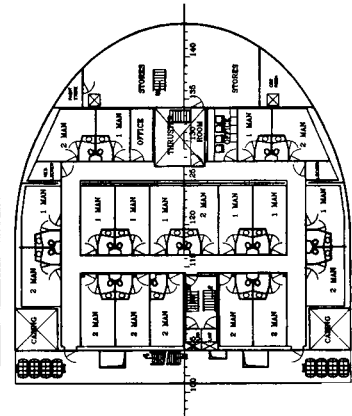
BRIDGE-DECK



BOAT-DECK



FORECASTLE-DECK



Algemeen plan