

Tax Prof Galbra

SURFACE EFFECT SHIPS EN CATAMARANS VOOR
SNEL PASSAGIERSVERVOER.

Een literatuurstudie en voorbereiding op
het cursuswerk.

Scriptie van MARC DELE
Delft, november 1986

(Bijgewerkt)

VOORWOORD

Deze scriptie is geschreven in het kader van het afstudeer project dat ik verricht bij de afdeling Maritieme techniek van de TH Delft in samenwerking met de koninklijke maatschappij "de Schelde" te Vlissingen. De scriptie is het resultaat van de eerste fase van het afstudeer project.

Het afstudeer project omvat een ontwerpstudie van Surface effect ships en Catamarans voor snel passagiersvervoer. Deze scriptie vormt een eerste oriëntatie op het gebied van de surface effect ships en catamarans. Tevens wordt in de scriptie de tweede fase van het project ,het ontwerp van verschillende vaartuigen,voorbereid.

SAMENVATTING

Surface Effect Ships (SES) en Catamarans behoren tot de categorie van de snelle geavanceerde schepen. Uit marktonderzoeken blijkt dat na de Hydrofoil de Catamaran en de SES met resp. 23.9 en 12.5 % het grootste marktaandeel in het snelle passagiers vervoer hebben. De grootte van de tot nu toe gebouwde SES en Catamarans ligt rond en onder de 30 meter. Snelheden welke behaald worden lopen op van 25 tot 40 knopen. Hierbij is de tendens dat SES iets hogere snelheden halen dan Catamarans.

De basis constructie van de SES en de Catamaran zijn vergelijkbaar. Beiden bestaan uit twee lange smalle rompen welke worden verbonden door een dek. Het grote verschil tussen de twee typen schepen is het luchtkussen dat bij de SES tussen de twee rompen wordt aangebracht en dat het grootste deel van het draagvermogen (80%) van de rompen overneemt. Door het aanbrengen wordt de weerstand van de SES verminderd. Het luchtkussen maakt van het SESontwerp een complexe zaak.

Bij het ontwerp van de SES zijn belangrijke aandachtspunten:

- Het gewicht. Dit dient zolaag mogelijk gehouden te worden teneinde het payload en dus de passagierscapaciteit zo hoog mogelijk te houden. (1 ton payload = 10-15 passagiers plaatsen)
- De weerstand en voortstuwings berekening
- De trim en stabiliteit.

Bij het ontwerp van Catamarans spelen gelijke punten een rol. De stabiliteit speelt hier echter niet zo'n sterke rol, in die zin dat zij zeker niet te laag zal zijn.

Omdat het gebied nog vrij nieuw is, is het moeilijk in het voorontwerp stadium iets kwantitatiefs te zeggen over het zeegangsgedrag van de vaartuigen. Dit probleem zal dan ook kwalitatief benaderd moeten worden.

Ten behoeve van het voorontwerp en de economische evaluatie zijn twee mogelijke veerroutes geselecteerd:

- Een route over het Kanaal (Dover-Oostende)
- Een route langs de Noorse kust (Bergen-Stavanger)

De technisch/economische analyse dient gezien de verschillen tussen de voorontwerpen gemaakt te worden op basis van Required Freight Rate (kosten per passagier per mijl).

De technische analyse zal vooral kwalitatief gedaan moeten worden omdat na de voorontwerpfase waarschijnlijk nog niet genoeg concrete gegevens voorhanden zijn.

INHOUDSOPGAVE

Hoofdstuk:	Blz:
Voorwoord	i
Samenvatting	ii
1 Inleiding	1
2 Snelle geavanceerde schepen	3
2.1 Typen geavanceerde vaartuigen	3
2.2 Stand der techniek	5
2.3 Transport efficiency	7
2.4 Inzetbaarheid	7
2.5 Markt voor snelle schepen	8
3 Surface effect ships	10
3.1 SES, Principe en componenten	10
3.1.1 Het luchtkussen	10
3.1.2 Sidehulls	11
3.1.3 Seals	11
3.1.4 Liftsysteem	12
3.1.5 Het voortstuwingsysteem	13
3.2 Weerstand en voortstuwing	14
3.2.1 Weerstandcomponenten	14
3.2.2 Totale weerstand en beïnvloeding hiervan	15
3.2.3 Weerstandsschatting	16
3.2.4 Typen voortstuwars	17
3.3 Stabiliteit en zeegangsgedrag	18
3.3.1 Stabiliteit	18
3.3.2 Zeegangsgedrag	20
3.4 Constructie en produktie	21
3.4.1 Materialen	21
3.4.2 Constructie	23
3.5 Marktaandeel	23
4 Catamarans	25
4.1 Catamarans, principe en eigenschappen	25
4.2 Weerstand en voortstuwing	26
4.3 Zeegangsgedrag en stabiliteit	28
4.3.1 Stabiliteit	28
4.3.2 Zeegangsgedrag	29
4.4 Constructie	29
4.5 Marktanalyse	29
5 Ontwerpproblemen en ontwerpproces	31
5.1 Optredende problemen bij het ontwerp van SES	31
5.1.1 Sidehull ontwerp	31
5.1.2 Gewichtsschatting	31
5.1.3 Weerstandsschatting	32
5.1.4 Stabiliteit en zeegangsgedrag	32
5.2 Ontwerpproces van surface effect ships	32
5.3 Problemen in catamaran ontwerp	33
5.3.1 Rompontwerp	33
5.3.2 Gewichtsschatting	34
5.3.3 Weerstandsschatting	34

5.4 Ontwerpproces van catamarans	34
6 Selectie van twee representatieve veerdiensten	36
6.1 Keuze van de korte route	36
6.2 Keuze van de lange route	37
7 Technisch-economische analyse	39
7.1 Economische analyse	39
7.2 Technische analyse	41
Literatuur	42
Figuren	45
Tabellen	70
Bijlagen	76
Fast ferry and crewboat census	76
Vergelijkingschepen	
Surface effect ships	85
Catamarans	95
Opgave	102
Verslag gesprek 19 sept '86	106
Verslag gesprek 20 okt. '86	107

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

Deze scriptie is het resultaat van een literatuurstudie op het gebied van Surface effect ships (voortaan SES) en snelle catamarans. De scriptie is geschreven als orientatie op - en nadere uitwerking van de afstudeerprojectopgave. Deze opgave is gegeven in de bijlage.

Het afstudeerproject omvat het onderzoek naar de ontwerptechnische- en economische aspecten van SES en catamarans voor snel passagiers vervoer. Het afstudeer project is als gewoonlijk gesplitst in drie fasen:

- De vierdejaars scriptie
- Het cursuswerk
- Het ingenieurswerk.

Deze scriptie is het resultaat van de eerste fase en dient als inleiding op de tweede fase.

In de tweede fase, het cursuswerk, worden surface effect ships en catamarans van twee lengte klassen en verschillende snelheden ontworpen, teneinde gegevens te verkrijgen ten behoeve van de technisch/economische analyse in het tweede deel van het cursuswerk.

De vaartuigen worden ontworpen in de lengteklassen 30 en 60 meter, waarbij de laatste voor zowel de ses als de catamaran geheel nieuw is. De grootste lengte van tot nu toe gebouwde vaartuigen valt voor beide typen rond 40 meter. Ook de te onderzoeken snelheden liggen hoger dan tot nog toe gebruikelijk was. Vooral voor de catamaran kan dit nog onvoorziene problemen gaan opleveren.

Volgens de opgave zouden nu 12 ontwerpen gemaakt dienen te worden:

SES 30 m	20 kn	35 kn	50 kn
SES 60 m	30 kn	50 kn	70 kn
CAT 30 m	20 kn	35 kn	50 kn
CAT 60 m	30 kn	50 kn	70 kn

Hierbij mogen catamarans van de 30 meterklasse bepaald worden met behulp van de literatuur. Dit is echter slechts mogelijk voor de snelheden 20 en 35 kn, omdat de tot nu toe gebouwde catamarans niet sneller zijn. Als reële snelheid voor de lengte klasse kan de middelste opgegeven snelheid gezien worden. De anderè twee snelheden zijn misschien wat overdreven hoog en laag. Voor de technisch/economische analyse is dit waarschijnlijk een voordeel.

Bij de 30 meter klasse ses kan gebruik gemaakt worden van een ontwerp van de koninklijke maatschappij "de Schelde".

Het ingenieurswerk zal waarschijnlijk voornamelijk betrekking hebben op het nader uitwerken van de (een) voorontwerp(en) van de 60 meter klasse vaartuigen. De juiste inhoud hiervan wordt echter pas vastgesteld als het cursuswerk is afgerond.

Na een eerste oriëntatie op snelle oppervlakte vaartuigen in het algemeen in hoofdstuk twee, worden als eerste in respectievelijk de hoofdstukken drie en vier de eigenschappen, principes en problemen van surface effect ships en catamarans besproken.

In hoofdstuk vijf wordt dan als voorbereiding op het ontwerp van de vaartuigen een analyse gemaakt van de mogelijke ontwerpproblemen die zich tijdens het ontwerpproces kunnen voordoen. Daarna wordt getracht een ontwerpproces voor het ontwerp van de beide typen op te zetten, waarvan in het cursuswerk gebruik kan worden gemaakt.

De ontwerpen dienen te worden gemaakt voor twee representatieve veerdiensten. Dat wil zeggen een korte route voor de 30 meter klasse en een langere route voor de 60 meter klasse vaartuigen. In hoofdstuk zes worden deze routes geselecteerd en verder besproken.

Hoofdstuk zeven geeft tenslotte de inhoud aan van de technisch/economische analyse. De economische parameter, op basis waarvan de vergelijking tussen de vaartuigen gemaakt wordt, de required freight rate, wordt besproken en nader uitgewerkt. Tevens wordt in dit hoofdstuk een opbouw van de operationele kosten gegeven.

HOOFDSTUK 2: SNELLE GEAVANCEERDE SCHEPEN

Het vergroten van de sloopssnelheid of het verbeteren van het zeegangsgedrag van déplacementsschepen is slechts tot aan een bepaalde grens mogelijk. Boven een snelheid welke overeenkomt met een Froude getal van ongeveer 0.40 neemt de golfweerstand zo sterk toe, dat relatief grote vermogens dienen te worden aangewend om hogere snelheden te bereiken. Het verbeteren van het golfgedrag kan slechts worden bereikt door schaalvergroting.

Gezien de vraag naar snelle schepen, bijvoorbeeld voor militaire of civiele taken waarbij hoge snelheid gewenst is, zijn verschillende vaartuigen ontwikkeld. Deze vaartuigen kunnen door hun werkingsprincipe een hogere snelheid bereiken met minder vermogen dan een vergelijkbaar déplacementsschip. Ook is het zeegangsgedrag van geavanceerde schepen vaak beter dan die van het déplacementsschip.

2.1 TYPEN GEAVANCEERDE VAARTUIGEN

De principes waarop deze zogenaamde "high performance craft" gebaseerd zijn berusten op het gebruiken van hydrostatische, hydrodynamische of aerostatische krachten om het grootste deel van de scheepsromp geheel boven water (of diep onder water) te houden. Onderverdelingen kunnen op vele manieren gemaakt worden. Hier zullen we echter kijken naar de indeling:

- Multihulls
- Monohulls
- Hydrofoils
- Aircushion craft

Multihulls:

Onder dit type vallen de schepen met meer dan één romp. De catamaran, een schip met twee rompen verbonden door een dek, is wel de bekendste vorm van de multihull. Een type waaraan goed het verbeterde zeegangsgedrag verklaard kan worden is de zogenaamde SWATH (small waterplane area twin hull). Dit type schip, dat afgebeeld is in figuur (2.1) is een vaartuig dat bestaat uit een platform (het dek met opgebouwde accommodaties) dat via gestroomlijnde poten met een klein doorsnijdend wateroppervlak is afgesteund op twee torpedovormige drijflichamen diep onder het wateroppervlak. Het grootste deel van het rompvolume bevindt zich hier dus onderwater. Door het kleine doorsnijdend wateroppervlak van de poten zijn de invloeden van golven zeer gering. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de drijflichamen zich in rustiger waterlagen bevinden.

Door de stroomlijning van de poten zijn de golfvorming en golf-excitatiekrachten gering. De golfweerstand van de Swath is hierdoor klein in vergelijking met die van een conventioneel déplacementsschip. Het nat oppervlak van de Swath is echter groter dan die van het vergelijkbare conventionele schip. De wrijvingsweerstand zal hierdoor vooral bij hogere snelheden veel hoger uitvallen. Swath zijn door het grote nat oppervlak niet geschikt voor hoge snelheden.

Op het ogenblik is slechts een Swath gebouwd. Het type verkeert nog voornamelijk in de ontwikkelingsfase.

Moderne catamarans zijn veelal (semi) planerend uitgevoerd. Een vergelijking met de planerende monohull zou hierdoor gemaakt kunnen worden. Doordat de rompen van de catamaran echter ver uitelkaar geplaatst zijn is de stabiliteit van de catamaran veel groter, hetgeen zich uit in een beter zeegangsgedrag. De catamaran wordt uitgebreid besproken in hoofdstuk 4.

Monohulls:

Het vergroten van de snelheid van monohulls is slechts dan mogelijk wanneer de weerstand slechts langzaam toeneemt bij toenemende snelheid. Dit is slechts mogelijk wanneer een deel van de romp zich bij hogere snelheid uit het water verheft met behulp van hydrodynamische krachten. De wrijvingsweerstand neemt dan af door het verkleinde nat oppervlak. De hydrodynamische krachten worden groter naarmate de snelheid toeneemt. Bij rondspant schepen kan slechts een klein deel van het scheepsgewicht gedragen worden door de hydrodynamische krachten, omdat de rompvorm niet geschikt is voor hoge snelheden (Liftkrachten blijven laag). Deze rompvorm wordt daarom ook wel semi *déplacements-*schip genoemd. Een romp waarbij wel (bijna) het gehele scheepsgewicht gedragen kan worden door de hydrodynamische krachten zijn de zogenaamde "hard chine planning hulls". Dit type heeft een knikspant vorm met een V-vormige bodem. Deze vorm wordt getoond in figuur (2.2). Deze vorm is gezien zijn zeegangsgedrag minder geschikt voor open zee operaties.

Hydrofoil:

Dit type schip is beter bekend als de draagvleugelboot. Bij hoge snelheid wordt de romp geheel uit het water getild met behulp van vleugels welke onder het schip zijn aangebracht door middel van struts. De vleugels creëren een liftkracht (hydrodynamische kracht) welke zo groot is dat deze het gehele scheepsgewicht kan dragen. De Hydrofoil gaat dan "varen" op de vleugels (foils) waarbij alleen de struts het wateroppervlak doorsnijden. De romp bevindt zich dan zo'n één á anderhalve meter boven het wateroppervlak. De vleugels bevinden zich in diepere, rustiger waterlagen, en de golven oefenen geen druk uit op de romp. Het zeegangsgedrag is dan ook zeer goed. (zie figuur (2.3)) De weerstand wordt in de "foil borne" conditie nog slechts bepaald door de wrijvingsweerstand van de vleugels en de struts en door de geïnduceerde weerstand van de vleugels. Zeer hoge snelheden zijn met dit type vaartuig te behalen. De grote beperkende factor is eigenlijk cavitatie van de struts en foils en de aandrijving. De nodige stabiliteit van het vaartuig kan tijdens foil borne operatie bereikt worden op twee manieren:

- Door gebruik te maken van "surface piercing foils"
- Door gebruik te maken van "fully submerged foils in combinatie met mechanische of elektronisch geregelde stabilisatie middelen zoals flappen of iets dergelijks.

Figuur (2.4) toont een afbeelding van deze twee typen foils.

De surface piercing foil stabiliseert zichzelf. Doordat het deel van de foil dat bij helling meer onderwater komt meer liftkracht gaat leveren, zal de helling worden tegengewerkt. Fully submerged foils zijn voorzien van trimflappen, waarmee door verandering van de aanstroomhoek de grote van de liftkracht kan worden beïnvloedt. De stabiliteit kan op deze wijze dynamisch geregeld worden.

Aircushioncraft:

De laatste groep van geavanceerde vaartuigen zijn de luchtkussen vaartuigen. Deze vaartuigen zijn zo ontworpen dat het gehele gewicht, inclusief payload geheel of voor het grootste deel gedragen wordt door een luchtkussen. Dit luchtkussen wordt onder een platform aangebracht met behulp van ventilatoren en in stand gehouden met behulp van "skirts". Dit zijn meestal rubberen schorten welke rond het platform zijn aangebracht en die de ruimte tussen het platform en de grond afsluiten, zodat de lucht niet kan ontsnappen. Doordat de skirts flexibel zijn kan het aircushion vehicle (ook Hovercraft genoemd) zich zowel boven land als boven water verplaatsen.

Figuur 2.5 toont een afbeelding van een hovercraft.

Het "vaartuig" wordt voortbewogen door middel van luchtpropellers.

Het kussen wordt ook hier opgesloten met behulp van flexibele skirts.

Het ontwerp van de skirts is een belangrijke zaak. Wanneer de skirts te veel lucht uit het kussen laten ontsnappen, is een groter liftvermogen nodig. Het kussen en de skirts zijn verantwoordelijk voor het zeegangsgedrag van de hovercraft.

Om aan het probleem van de grote zijdelingse slip en de grote luchtstroom onder de skirts het hoofd te bieden is men gaan experimenteren met vaste, stijve zijskirts, welke tot onderwater doorliepen. Uit deze experimenten zijn de zogenaamde sidewall hovercrafts ontstaan.

Naarmate dit type zich verder ontwikkelde werden de sidewalls steeds meer uitgevoerd als sidehulls met een eigen waterverplaatsing.

Er werden nu ook andere namen gegeven aan dit type vaartuig zoals:

CAB (captured air bubble) en later SES (surface effect ship).

Figuur(2.6) geeft een afbeelding van een ses.

De huidige SES's zijn in staat te varen zowel met als zonder luchtkussen. De sidehulls hebben zoveel drijfvermogen dat het gehele scheepsgewicht kan worden gedragen. Er blijft dan nog zoveel ruimte over tussen het wateroppervlak en het dek, dat gewoon gevaren kan worden. De SES is aan de voor en achterzijde voorzien van skirts, welke nu seals worden genoemd. Het kussen wordt ook hier opgebouwd en in stand gehouden door ventilatoren. De voortstuwing kan geschieden met behulp van propellers of waterjets. In tegenstelling tot de ACV, waar het gehele gewicht wordt gedragen door het luchtkussen, wordt bij de SES een deel van het gewicht gedragen door de sidehulls (15 tot 20 %) Het draagvermogen van de SES kan binnen bepaalde grenzen gevarieerd worden door de kussendruk aan te passen. De SES wordt uitgebreid besproken in het volgende hoofdstuk.

2.2 STAND DER TECHNIEK

Multihulls:

Swath's verkeren nog in de ontwikkelingsfase. Volgens een publikatie in highspeed surface craft (mrt 1986) is tot nu toe slechts één exemplaar gebouwd en in dienst. Het betreft hier een 36 meter lang schip. De snelheid is niet bekend.

Catamarans:

Catamarans bezetten op dit ogenblik een aanzienlijk deel van de wereldmarkt voor snel personenvervoer (zie par. 2.3). De gemiddelde

lengte van snelle catamarans ligt op het ogenblik rond de 25 tot 30 meter. De grootste catamaran die op het ogenblik in dienst is is volgens het HSSC onderzoek een 36 meter lang schip. De gemiddelde maximale snelheden liggen in een gebied van 30 tot 40 knopen. De service snelheden liggen iets lager tussen 25 en 35 kn. Catamarans worden gebouwd met verschillende rompvormen. Hierin zijn te onderscheiden: Planerende en semi-déplacementsontwerpen beide met symmetrische- of asymmetrische rompen. Of een ontwerp planerend of semi-planerend is hangt af van de lengte en de snelheid (Froude getal). Vermogens welke nodig zijn om de snelheden te bereiken lopen op tot ongeveer 4500 hp. Voor de gemiddelde catamaran ligt het vermogen rond 2600-3000 hp. Passagierscapaciteiten lopen op tot 200-250 voor de 26 m klasse catamarans en 300-350 voor de 30 m klasse catamarans.

Monohulls:

Planerende monohulls zijn gebouwd tot een lengte van ongeveer 45 m. De gemiddelde lengte ligt bij ongeveer 30 meter. Voor passagiersvervoer over ruw water zijn planerende monohulls niet erg geschikt wegens een minder goed zeegangsgedrag en een hoog versnellingsniveau. Snelheden lopen op tot 28 knopen. Passagiersaantallen liggen voor de grote monohulls tussen 200 en 400 passagiers.

Hovercraft:

Hovercrafts zijn vooral bekend van passagiersvervoer over het kanaal. Hiervoor worden zeer grote exemplaren ingezet. In tabel (2.1) worden de belangrijkste gegevens van enkele hovercrafts gegeven. Lengten lopen op tot ongeveer 50 meter met passagierscapaciteiten tot 400 personen en 40 auto's. Deze grote ontwerpen hebben tevens snelheden welke oplopen tot 70 knopen. Hiervoor zijn vermogens nodig van 15000 hp.

SES:

Tot op heden is eigenlijk slechts één SES ontwerp goed commercieel doorgebroken. Dit is de Vosper Hovermarine. De Hovermarine is ontworpen in verschillende series, met verschillende lengten en snelheden. De snelheid van de series ligt rond de 30 knopen. De passagierscapaciteiten lopen uiteen van 65 passagiers voor de HM 221 tot 250 voor de HM 527. Deze laatste ses heeft een vermogen van 2825 kw. Andere SES ontwerpen, zoals de recente Cirrus 105 p zijn nog niet zoveel gebouwd. De genoemde Cirrus heeft een lengte van 32 meter, een snelheid van 42 knoop en een passagierscapaciteit van 300 personen. Maximale snelheden die tot nu toe gehaald zijn met surface effect ships zijn 80 en 90 knopen met respectievelijk de Amerikaanse testvaartuigen SES 100 A en SES 100B (beiden 100 ton)

Hydrofoil:

De hydrofoil bestrijkt tot op heden het grootste deel van de markt voor snelle geavanceerde schepen. Vooral de Rodriques RHS hydrofoils zijn zeer succesvol. De gemiddelde lengte van de hydrofoils ligt rond de 30 meter. De snelheden liggen rond de 40 knopen. Tabel (2.2) geeft van enkele hydrofoils de belangrijkste gegevens. Veel hydrofoils worden ook gebruikt voor militaire toepassingen.

2.3 TRANSPORT EFFICIENCY

Ten behoeve van een onderlinge vergelijking van de prestaties van de hier besproken vaartuigen wordt vaak de methode van Gabrielli en von Karmann toegepast. Zij gebruiken de zogenaamde transport efficiency welke zij als volgt definiëren:

$$\eta_{tr} = \frac{W \cdot V}{P}$$

waarin: W = gewicht in newton (N) of (kg) Niet dimensionloos
V = snelheid in m/s (kn)
P = vermogen in Watt (hp)

In zeer veel publikaties wordt het oorspronkelijke artikel uit 1950 van Gabrielli en von Karman aangehaald. Zij berekenden van zeer veel verschillende vervoersmiddelen de transport efficiency en zetten deze uit in een grafiek. De grafiek die zij verkregen is vergelijkbaar met die van figuur (2.7). In figuur(2.8) is het transport rendement van conventionele schepen en geavanceerde vaartuigen uitgezet. Uit deze grafiek blijkt dat bij lage snelheid conventionele schepen de hoogste transport efficiency hebben. Bij hogere snelheden (40-60 kn) hebben eerst hydrofoils het hoogste rendement. Bij nog hogere snelheden (meer dan 60 knopen) komen de ACV en SES er als beste uit. Voor economische voorspellingen heeft de transport efficiency geen functie, omdat de bouwkosten en het payload er niet in zijn verwerkt. Figuur(2.9) toont de transport efficiency van surface effect ships en catamarans uit de literatuur, zoals deze gegeven zijn in de bijlagen.

2.4 INZETBAARHEID

De in dit hoofdstuk besproken vaartuigen kunnen worden ingezet voor verschillende doeleinden. Enkele mogelijkheden zijn:

- Ferry voor passagiersvervoer
- Patrouillevaartuig voor kustwacht, visserijinspectie e.d
- Marine taken
- Werkschip/personeelstransportschip voor de offshore
- Loodsboot, reddingsboot, brandblusboot

Elke taak stelt natuurlijk zijn specifieke eisen. Een algemene eis zal echter een goed zeegangsgedrag zijn. Hoe langer het vaartuig kan doorvaren in golven, des te groter is zijn inzetbaarheid. Er zijn twee aspecten van het zeegangsgedrag aan te wijzen welke vooral belangrijk zijn voor snelle schepen. Dit zijn:

- De grootte van de verticale versnellingen in verband met human comfort
- De mogelijkheid van het vaartuig koers en snelheid in golven te behouden.

Vertikale versnellingen:

Voor human comfort zijn vooral de verticale versnellingen van belang. Bij draagvleugelschepen en ACV's is het zeegangsgedrag afhankelijk van de verhouding h_w/h_s . Hierin is h_w de golfhoogte en h_s de grootte van de vrije spleet tussen de golven en de romp resp. de kussenhoogte.

De h_w/h_s wordt voor verschillende vaartuigen gegeven in figuur (2.10). Draagvleugelschepen hebben voor $h_w/h_s = 0.5$ een vertikaal versnellingsniveau van 0.03-0.04 g. Bij $h_w/h_s = 0.5$ hebben luchtkussenvaartuigen een vertikaal versnellingsniveau van 0.15 tot 0.5 g. Om de versnellings- en bewegingsniveau's te verlagen zijn voor zowel draagvleugelschepen als luchtkussenvaartuigen "ride control" systemen ontworpen. De SES 100A en SES 100B haalden bij $h_w/h_s = 0.5$ een vertikaal versnellingsniveau van 0.1 g met behulp van ride control systemen.

Swath's vertonen een zeer goed zeegangsgedrag.

Planerende schepen ondervinden over het algemeen een zeer hoog versnellingsniveau ten gevolge van het stoten van de romp op de golven. Schepen met een grote "dead rise" (extreem V-vormige spanten in het voorschip) kunnen echter verticale versnellingsniveau's van 0.35 g bereiken bij $h_w/h_s = 0.3$ (equivalent met $h_w/h_s = 0.5$ voor ACV).

Van Oossanen (lit 21) geeft als rangorde van sloopstypen gerangschikt op zeegangsgedrag de volgende volgorde (van goed naar slecht):

- Draagvleugel schepen (Fully submerged)
- Swath
- Luchtkussen schepen met ride control
- Draagvleugelschepen van het surface piercing type
- planerende schepen met grote L/B verhouding en grote dead rise en met ride control (0.35 g)
- Luchtkussenschepen zonder ride control (0.5 g)
- Planerende schepen zonder ride control (meer dan 0.5 g)

Behouden snelheid in golven:

Dit tweede aspect van het zeegangsgedrag is voornamelijk afhankelijk van de scheepsbewegingen, de toegevoegde weerstand in golven en het optreden van slamming en deck wetness. De toegevoegde weerstand leidt tot niet vrijwillige snelheidsreductie. De andere factoren leiden tot snelheidsreductie ter verbetering van human comfort. Luchtkussen vaartuigen kunnen ook snelheid verliezen door een toename van kussenlucht verlies ten gevolge van excessieve bewegingen. Figuur(2.11) geeft voor de verschillende sloopstypen de onvrijwillige snelheidsreductie in golven. Wanneer de lijn voor ACV en SES in deze figuur juist is (dit dient eigenlijk gecontroleerd te worden) heeft dit aanzienlijke invloed op het transport rendement en op de inzetbaarheid.

2.5 MARKT VOOR SNELLE SCHEPEN

Het blad High speed surface craft heeft in haar uitgave van maart-april 1986 een onderzoek gedaan naar alle schepen (ferry's en crew boats) met een passagiers capaciteit van tenminste 50 personen of een equivalente payload en een minimale service snelheid van 25 kn. Het bedoelde artikel is opgenomen in de bijlagen. In de studie zijn alleen die vaartuigen opgenomen die gebouwd zijn of die eind maart in bestelling waren, en die ook daadwerkelijk in dienst zijn. Opgelegde schepen zijn niet meegeteld.

In tabel (2.3) zijn de gegevens van het artikel per sloopstype samengevoegd. Hieruit blijkt dat de hydrofoil tot nog toe het grootste marktaandeel heeft (wat aantallen in dienst zijnde vaartuigen betreft) namelijk 54.7 %. Hierna volgen de catamaran (23.9 %) en de SES (12.5 %).

Voor de Europese markt zijn deze percentages respectievelijk 72.4 %, 19 % en 86 %. Slechts 3 van de onderzochte vaartuigen zijn in gebruik bij de coast guard of de marine. Daarnaast is het grootste deel van de in dienst zijnde schepen in gebruik als ferry. In navolging van de snelle ferry's in Hong kong zijn er nu ook Amerikaanse ferry operators geneigd te kiezen voor snelle ferry's. Zij geven echter de voorkeur aan ferry's waarop ook enige auto's geplaatst kunnen worden. (Zie lit.35)

HOOFDSTUK 3: SURFACE EFFECT SHIPS

De ontwikkeling van het surface effect ship is begonnen in 1960. Allen Ford ontwikkelde de eerste SES ideeën als oplossing voor het in stand houden van de airgap van ground effect machines die zich over water gingen bewegen. De SES werd toen CAB (captured air bubble vehicle) genoemd. Zeer veel ontwikkelingswerk is sindsdien verricht. De ontwikkeling speelde zich vooral af in Amerika in opdracht van de Navy. Bekende testvaartuigen zijn: XR-1, SES 100A en SES 100B. De laatste twee, honderd tons vaartuigen, haalden snelheden van respectievelijk 80 en 90 knopen. Meer recent heeft de U.S Navy nog testen uitgevoerd met het testvaartuig SES-200 (gericht op lagere snelheden).

3.1 SES, PRINCIPE EN COMPONENTEN

Het surface effect ship behoort tot de familie van het air cushion vehicle (ACV). De romp bestaat uit twee "side hulls" in een catamaran configuratie. Tussen deze twee rompen wordt met behulp van ventilatoren een luchtkussen opgebouwd, waardoor het vaartuig voor het grootste deel uit het water getilt wordt. De rompen blijven echter ten alle tijde in het water steken, zodat geen lucht onder de rompen kan ontsnappen. Om het luchtkussen in stand te houden worden zowel aan de boeg als aan het hek tussen de rompen zogenaamde "seals" aangebracht. Deze seals zijn vergelijkbaar met de skirts rond een hovercraft. Figuur (3.1) geeft een principe schets van een SES. Hieraan zijn enkele componenten te onderscheiden welke apart besproken zullen worden. Deze componenten zijn:

- Het luchtkussen
- De sidehulls
- Bow & stern seals
- Het liftstelsel
- Het voortstuwingsstelsel.

3.1.1 Het luchtkussen

Het luchtkussen heeft de belangrijkste invloed op de afmetingen en het tonnage van de SES. Het grootste deel van het gewicht van de SES wordt in de "on-cushion mode" (de toestand waarin de SES op het kussen vaart) gedragen door het luchtkussen (80 % of meer). Het draagvermogen van het kussen is het produkt van het kussenoppervlak en de kussendruk. De kussendruk kan niet te hoog zijn, omdat anders lucht onder de sidehulls door zou ontsnappen. Door de kussendruk uit te drukken in meters of centimeters waterkolom wordt een goed inzicht verkregen in het principe van het dragende luchtkussen bij de SES.

T is de diepgang in de "off-cushion mode". Het gehele gewicht van de SES wordt in dat geval gedragen door de rompen. In de on-cushion mode is de diepgang T_c . Het waterniveau tussen de twee rompen staat lager ten gevolge van de druk in het luchtkussen. De kussendruk in (centi)meters waterkolom is nu gelijk aan $(T - T^*)$ (zie figuur (3.2)). Het kussen oppervlak is gelijk aan het produkt van de kussenlengte en de kussenbreedte. Dit is slechts geheel waar wanneer de sidehulls de gehele kussenlengte bestrijken en de seals recht zijn zoals in

figuur (3.1).

De lengte/breedte verhouding van het kussen is van invloed op de prestaties van het vaartuig en is afhankelijk van de gewenste snelheid. De hoogte van het luchtkussen is een compromis tussen twee tegengestelde eisen. Aan de ene kant zou de kussenhoogte groot moeten zijn in verband met de vaart over golven en aan de andere kant mag de kussenhoogte niet te groot zijn in verband met de dwarsscheepse stabiliteit van de SES.

3.1.2 Sidehulls

Een tweede zeer belangrijke component in het ontwerp van de SES zijn de sidehulls. Deze zo ontworpen te zijn dat zij:

- in de off-cushion mode een zodanig déplacement hebben dat zij het gehele SES gewicht kunnen dragen.
- In de on-cushion mode een zo laag mogelijke weerstand veroorzaken en de SES een zo groot mogelijke stabiliteit geven.

Hiertoe zijn twee alternatieven in gebruik. Het eerste alternatief is toegepast op de SES 100A en wordt nog steeds gebruikt voor de Hovermarine's. De sidehulls beslaan bij deze vaartuigen ongeveer 2/3 tot 3/4 van de lengte. De rest van de lengte wordt afgedicht met behulp van een "wrap around seal". (zie figuur (3.3)). Voordeel van dit systeem is een klein nat oppervlak door korte rompen. Het draagvermogen zal echter kleiner zijn, waardoor volle rompen gebruikt zullen moeten worden om in de off-cushion mode nog enige ruimte tussen wateroppervlak en onderkant dek te houden. Bij de Hovermarines is deze ruimte erg klein.

Het tweede alternatief is toegepast op de SES-200 en de BH 110. Deze ontwerpen zijn voorzien van sidehulls welke over de gehele lengte van het vaartuig doorlopen zoals geschets is in figuur (3.1). Om aan de eerder genoemde twee eisen te kunnen voldoen is er een rompvorm ontstaan welke als volgt beschreven kan worden (zie figuur (3.4)): De onderzijde van de romp bestaat uit smalle, recht wanden welke een zo laag mogelijke weerstand veroorzaken in de on-cushion mode. De dead rise van de rompen is ongeveer 30-45° en zorgt voor een betere "roll"- en "yaw" stabiliteit. Eventueel kunnen nog hard chines en spray rails (zie figuur (3.5)) worden aangebracht om weerstandsverhoging door golfvorming en "spray wetting" te voorkomen. De bovenzijde van de rompen zijn "verdikt" om een groter drijfvermogen te verkrijgen. Door de vorm aan te passen kan de weerstand in de off-cushion mode verlaagd worden. Voor de weerstand in de on-cushion mode is de vorm van de verdikking niet belangrijk. Met de grootte en vorm van de verdikking moet tevens rekening gehouden worden met de plaats en afmetingen van de motoren.

3.1.3 Seals

De seals van surface effect ships zijn lange tijd aan veranderingen onderhevig geweest, omdat zij een belangrijke rol spelen bij ACV's en SES's. De seals vormen de afdichting van het luchtkussen. Het liftvermogen wordt bepaald door de kussendruk en de hoeveelheid wegstromende lucht (air flow). Naarmate deze hoeveelheid groter is,

zal het liftvermogen hoger dienen te zijn. De seals dienen er dus voor te zorgen dat zo weinig mogelijk lucht verloren gaat. Hiertoe moeten zij zeer stijf zijn, zodat zij bijna continu op het golfoppervlak aansluiten. De weerstand, veroorzaakt door de seals, wordt hierdoor wel hoger. Het seal ontwerp zal dus een compromis moeten zijn tussen een lager liftvermogen en hoger voortstuwingsvermogen enerzijds en een hoger liftvermogen en lager voortstuwingsvermogen anderzijds.

Verschillende seal vormen zijn uitgeprobeerd. De Bowseals welke gebruikt worden in combinatie met 2/3 sidehulls zijn voortgekomen uit de skirts van hovercrafts. Zij bestaan uit vingervormige zakken van een met elastomeer bekleed weefsel. Met behulp van de kussenlucht wordt de seal opgeblazen en in vorm gehouden. Figuur (3.6) toont een afbeelding van een dergelijke seal. Bij deze Bag-finger seals wordt de flexibiliteit bepaald door de lengte van de vingers. Bij de configuratie van figuur (3.6) zijn de vingers korter dan de hoogte van het kussen. De flexibiliteit zal dus minder zijn. Voor de BH 110 zijn seals ontwikkeld waarbij de vingers direct op de huid gemonteerd zijn (zie figuur (3.7)). De lengte van de vingers beslaan hier de gehele kussenhoogte.

Een andere vorm voor de bow seal is de semi flexibele seal. Deze bestaat uit panelen welke scharnierend zijn bevestigd aan de boeg. De seal kan bestaan uit één of meerdere panelen. Figuur (3.8) toont een dergelijke seal. Deze panelen worden met hydraulische of pneumatische veren op hun plaats gehouden. Voordeel van deze seal is dat zij in de off-cushion mode kunnen worden opgeklapt, zodat varen als catamaran mogelijk is.

Stern seals zijn tot nu toe eigenlijk alleen uitgevoerd als geschetst in figuur (3.9). Deze seal bestaat uit 3 of meer flexibele zakken die van romp tot romp doorlopen en welke op druk gehouden worden met behulp van een ventilator.

De seals moeten ontworpen worden om belastingen van pneumatische en hydrodynamische aard te kunnen weerstaan. De zwaarste belasting ondervindt de seal over het algemeen bij hoge snelheid in kopgolven. Ook het met grote snelheid achteruit varen kan grote krachten op de seals ten gevolge hebben.

Zoals al eerder aangehaald is, is de seal van invloed op het totaal benodigde vermogen van de SES. Ongeveer 10 tot 15 % van het totaal vermogen moet worden toegeschreven aan de luchtlekkage rond de seals. Hoewel enige lekkage (air flow) nodig is voor een goede ride stabiliteit en ride control is een goede afdichting van het kussen dus noodzakelijk voor een goede overall efficiency.

3.1.4 Liftsysteem

Het liftsysteem bestaat uit een aantal ventilatoren (minimaal 2, normaal 4 tot 6). Deze ventilatoren bouwen onder de SES het lucht kussen op en houden dit in stand. Zij handhaven de kussendruk op een zodanig niveau dat de sidehulls ten alle tijde een stuk in het water blijven steken. De kussendruk dient variabel te zijn om het draagvermogen van de SES te kunnen aanpassen aan het gewicht, dat daalt naarmate meer brandstof verbruikt wordt. De karakteristieken

van de ventilatoren moeten daarom kunnen worden aangepast; bijvoorbeeld door het veranderen van het toerental of door verstelling van "inlet guide vanes" (IGV's). Voor verbetering van het zeegangsgedrag zijn zogenaamde ride control systemen ontwikkeld. Om het zeegangsgedrag van SES's te verbeteren is het noodzakelijk dat de geleverde druk door de ventilatoren zeer snel kan worden aangepast. Bij zeer snel wordt gedacht aan wisselingen van 5 tot 10 Hz.

De keuze van het liftstelsel is afhankelijk van de gewenste druk en de optredende air flow. De air flow wordt voornamelijk bepaald door de breedte van het kussen, omdat het grootste deel van de lucht ontsnapt onder de seals. Er zijn verschillende typen ventilatoren beschikbaar. Deze zijn onder te verdelen met behulp van de doorsnede van het ventilatorwiel en behuizing en de lucht in- en uitstroomrichtingen. In principe zijn op deze manier 4 typen te onderscheiden welke zijn geschetst in figuur (3.10).

Bij axiale ventilatoren lopen de in- en uitstroomrichting parallel aan de rotatieas van de ventilator. De drukverhoging wordt veroorzaakt door de lift op de vleugelvormige ventilatorbladen.

De centrifugale ventilator heeft een instroomrichting parallel aan de rotatierichting van het ventilatorwiel. De uitstroomrichting staat loodrecht op deze richting. De drukverhoging wordt veroorzaakt door een versnelling van de luchtdeeltjes in het schoepenwiel.

De mixed flow ventilator is een combinatie tussen beide eerder genoemde typen.

De cross flow fan heeft een rotatieas welke loodrecht staat op zowel de instroom als de uitstroomrichting.

Axiale ventilatoren voldoen het best wanneer grote luchtstromen met een lage druk vereist zijn. Centrifugale ventilatoren zijn meer geschikt voor hoge drukken en lage air flows. (meestal toegepast op ACV)

3.1.5 Het voortstuwingsstelsel

Het voortstuwingsstelsel bestaat uit drie componenten:

- Voortstuwder
- Tandwielkast
- Motor (Kracht bron)

De krachtbron kan worden gevormd door een snellopende dieselmotor of een gasturbine. Voor dit doel zeer geschikte, veel toegepaste motoren zijn van MTU. Diesel motoren moeten een groot vermogen kunnen leveren bij een laag gewicht. Voor zeer hoge snelheden kunnen dieselmotoren niet meer aan deze eis voldoen. Dan zijn eigenlijk alleen gasturbines te gebruiken. Het nadeel van gasturbines is dat zij zeer snel draaien en dat dus zeer nauwkeurig gefabriceerde tandwielkasten nodig zijn. Deze laatste zijn natuurlijk duurder dan normale tandwielkasten waarmee dieselmotoren kunnen volstaan.

Wat betreft de voortstuwders kan gekozen worden uit enkele alternatieven:

- Conventionele subcaviterende en transcaviterende schroeven
- Supercaviterende schroeven
- Waterjet's

De eigenschappen van deze voortstuwings zullen worden besproken in de volgende paragraaf.

3.2 WEERSTAND EN VOORTSTUWING

De weerstand en voortstuwings problematiek is een zeer belangrijk onderdeel van het ontwerp van een SES. In deze paragraaf zal dan ook ruim aandacht worden besteed aan de weerstandsopbouw en de eigenschappen van de verschillende voortstuwings.

Het totale vermogen van de SES kan worden opgesplitst in drie componenten namelijk:

- Lift vermogen .
- Voortstuwingsvermogen
- Hulpvermogen

De eerste twee hangen nauw samen. Wanneer zij worden samengenomen kan een overall efficiency worden bepaald, welke een maat is voor de prestaties van de SES.

3.2.1 Weerstandscomponenten

De weerstand van de SES kan als volgt worden onderverdeeld:

- Aerodynamische weerstand
 - + aerodynamische profielweerstand (10 - 15%)
 - + impulsweerstand (momentum drag)
- Hydrodynamische weerstand
 - + Wrijvingsweerstand ten gevolge van sidehulls en seals (40-60%)
 - + golfmakende weerstand ten gevolge van:
 - luchtkussen (50% (rond $F_n = .75$))
 - sidehulls (daarboven afnemend)
 - interactie tussen sidehulls
 - interactie luchtkussen/seals
 - + sprayweerstand
 - + separatieweerstand (3-5%)

De onderstreepte componenten zijn het belangrijkste. De percentages zijn gemiddelde percentages van de totale weerstand.

- Aerodynamische profielweerstand

Deze weerstand wordt veroorzaakt door het boven water stekende deel van de SES. Omdat de SES met hoge snelheid vaart en deze weerstand kwadratisch oploopt met de snelheid is deze niet te verwaarlozen. Het is zaak aan de vorm van de opbouw ruime aandacht te besteden, teneinde de aerodynamische weerstand te verlagen.

- Aerodynamische impulsweerstand

Deze weerstandscomponent komt voort uit de kracht welke nodig is om de kussenlucht te versnellen. Een massa stilstaande lucht wordt "opgezogen" door de ventilator. De ventilator beweegt met de snelheid van het schip, dus de luchtmassa moet versneld worden. Volgens de

impulswet $M.V_1 - M.V_2 = F$ is voor deze versnelling een kracht nodig. Deze kracht moet geleverd worden door de voortstuwcr en is dus te zien als een weerstand.

- Wrijvingsweerstand

De hydrodynamische wrijvingsweerstand is afhankelijk van het nat oppervlak en wordt veroorzaakt door de wrijving tussen het water en en de huid etc. Wrijvingsweerstand is bij de SES vooral afkomstig van de sidehulls en de seals.

- Golfmakende weerstand

Deze vorm van weerstand wordt veroorzaakt doordat energie verloren gaat in het opwekken van golven. Golven worden opgewekt door het luchtkussen en door de sidehulls. Een klein deel van de golfmakende weerstand wordt tenslotte nog veroorzaakt door interactie tussen de sidehulls onderling en tussen het luchtkussen en de seals. De hydrodynamische toestand bij een SES in de on-cushion mode wordt geschetst in figuur (3.11). Wanneer de SES met hoge snelheid vaart, helt de interne waterlijn (tussen de sidehulls) achterover met een hellingshoek α ten gevolge van de kussendruk. Hierdoor wordt achter de SES een lange golf gegenereerd. De resulterende kracht R welke het kussen uitoefend op het wateroppervlak helt dus met dezelfde hoek achterover. Deze kracht R is te ontbinden in de verticale en horizontale componenten L (lift) en D (wave drag). D is de golfweerstand ten gevolge van het kussen. De situatie in figuur (3.11) is geidealiseerd. Figuur (3.12) geeft voor verschillende froudegetallen interne golf-situaties voor een model.

- Spray weerstand

Sprayweerstand is de extra wrijvingsweerstand welke ontstaat ten gevolge van de wrijving van de "boeggolf" langs de huid. Door op de juiste plaats een sprayrail aan te brengen kan deze weerstand verminderd worden.

- Separatieweerstand

Deze weerstand wordt ook wel hydrostatische weerstand genoemd. De weerstand ontstaat doordat het waterniveau direct achter de spiegel lager is dan de waterspiegel naast de spiegel. In geval van planeren is de gehele spiegel vrij en werkt hierop de atmosferische druk. De weerstandskracht welke moet worden overwonnen is dan gelijk aan het verschil tussen de kracht op de spiegel in geheel ondergedompelde positie en die in planerende positie.

3.2.2 Totale weerstand en beïnvloeding hiervan

De vorm van de weerstandskromme is sterk afhankelijk van de L/B verhouding van de SES. De figuren (3.13), (3.14) en (3.15) laten dit duidelijk zien. Uit deze figuren blijkt dat bij een lage L/B verhouding de golfweerstand bij lage snelheden een overheersende rol gaat spelen. (zie ook figuur (3.16)) Bij lage L/B veroorzaakt de golfweerstand een sterke "hump" in de weerstandskromme. Wanneer het gewicht van de SES hoger uitvalt dan verwacht, is het mogelijk dat de SES niet over de hump in de kromme kan komen (voor lage L/B verhoudingen). Zie figuur (3.14). Hierdoor neemt de maximaal haalbare snelheid drastisch af. Voor grotere L/B waarden (figuur (3.15))

loopt de weerstand veel minder snel op.
 Uit de getoonde figuren blijkt ook de opbouw van de weerstand voor verschillende froudegetallen en snelheden. Uit figuur (3.13) blijkt dat voor lage snelheden een grote L/B verhouding gunstiger is.

De totale weerstand wordt ook beïnvloedt door de air flow van het kussen. Wanneer een kussen wordt opgebouwd met airflow is nul, dan is de weerstand toch nog hoog. Naarmate de air flow groter wordt neemt de weerstand, en dus het benodigde voortstuwend vermogen, af. De optimale air flow is gedefinieerd als: die air flow waarbij het liftvermogen dat nodig is om de air flow te vergroten groter is dan de reductie van het voortstuwendvermogen (benodigd voor het handhaven van een constante snelheid). Er dient in voorkomende gevallen natuurlijk wel naar de prijs van het vermogen gekeken worden. Lift vermogen zal waarschijnlijk goedkoper zijn dan voortstuwend vermogen.

3.2.3 Weerstandsschatting

Ten behoeve van de weerstandsschatting van SES is bij "de Schelde" een computer programma aanwezig dat de weerstand berekend op basis van de volgende indeling en formules:

Profile resistance:

Dit is de aerodynamische profielweerstand welke gegeven wordt door de formule:

$$R_p = C_{DP} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot V^2 \cdot A_p \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} A_p = \text{Projected frontal area} \\ \text{above waterline} \\ C_{DP} = \text{Profile resistance coeff.} \end{array}$$

Cushion resistance:

De golfweerstand veroorzaakt door de drukverdeling van het kussen is gedefinieerd als de horizontale component van de kracht welke werkt op het wateroppervlak. Deze component wordt gegeven door:

$$R = \iint_S p(x,y) \cdot \zeta_x \cdot dx \cdot dy \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} p(x,y) = \text{de drukverdelings} \\ \text{functie} \\ \zeta_x = \text{gradient in x-richting} \\ \text{van de helling van de} \\ \text{waterlijn. (intern)} \end{array}$$

Voor de verdere afleiding wordt gebruik gemaakt van snelheidspotentialen en dergelijke. De afleiding zou voor dit rapport te ver voeren. De kussen weerstandscoëfficiënt wordt uiteindelijk gegeven door:

$$R_{cc} = \frac{R}{W} \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot a}{p_0} \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} W = \text{Totaal scheepsgewicht} \\ g = \text{gravitatie versnelling} \\ a = \text{halve kussenlengte} \\ p_0 = \text{kussendruk} \end{array}$$

Sidehull resistance:

De wrijvingsweerstand wordt gegeven door:

$$R_{sh} = 2 \cdot C_f \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot V^2 \cdot S_w \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} C_f = \text{Wrijvingsweerstandcoëfficiënt} \\ S_w = \text{Nat oppervlak per romp.} \end{array}$$

Separation resistance:

De separatie weerstand wordt berekend volgens de methode beschreven op bladzijde 15 met behulp van de formule:

$$R_{hs} = - \iint_{A_t} \rho \cdot g \cdot z \cdot dA_t \quad \text{met} \quad \begin{array}{l} A_t = \text{Transom area} \\ z = \text{diepgang van } 0 \text{ tot } T \\ \rho = \text{soortelijke massa} \\ \quad \text{van water.} \end{array}$$

3.2.4 Typen voortstuwars

Een belangrijk aspect van de voortstuwingsproblematiek is de keuze van de voortstuwars. Kort zullen in deze paragraaf enkele eigenschappen, voor- en nadelen van verschillende voortstuwars besproken worden.

Conventionele schroeven kunnen alleen gebruikt worden onder de cavitatie grens, zodat geen cavitatie optreedt. Dit houdt echter een ernstige beperking in voor de maximaal haalbare snelheid.

Transcaviterende schroeven zijn schroeven welke onder caviterende omstandigheden kunnen werken, waarbij de caviteiten korter zijn dan de koorde van het blad. Dergelijke schroeven zijn bruikbaar tot een snelheid van ongeveer 40 knopen. Boven deze snelheid moet gebruik gemaakt worden van supercaviterende schroeven. Deze schroeven worden gekenmerkt door hun bedrijfstoestand waarbij caviteiten op de bladen een lengte hebben van meer dan de koordelengte van het blad. De gehele zuigzijde van het blad is in de bedrijfstoestand bedekt door een cavitatievlies. Deze schroeven zijn eigenlijk alleen geschikt voor operatie in het snelheidsgebied rond het ontwerppunt waarvoor zij zijn ontworpen. Daarbuiten gaan speciale problemen optreden zoals "choking" (verstopping) en dergelijke.

Bij snelheden hoger dan 80 knopen worden "partially submerged supercavitating propellers" gebruikt. Dit zijn supercaviterende schroeven welke gedeeltelijk boven water uitsteken. De efficiency is dan hoger dan die van een geheel ondergedompelde schroef. Dit wordt getoond in figuur (3.18).

Nadelen van het gebruik van schroeven zijn de vergroting van de diepgang, doordat de schroeven onder het vlak uitsteken, en moeilijkheden welke gepaard gaan met de plaatsing van de schroeven onder het schip. Door plaatsing van de schroeven onder het schip worden deze erg gevoelig voor beschadiging ten gevolge van stoten op ondiepten o.i.d. Door het gebruik van "inclined shaft" systemen, waarbij de schroefas schuin door het bodemvlak wordt gevoerd teneinde de schroef onder het schip en dieper onder water te krijgen, ondervindt de schroef een niet axiale aanstroomcomponent. Deze component beïnvloedt het schroefrendement nadelig.

Waterjet's ontleen hun werking aan de impuls theorie. Een watermassa stroomt de aandrijver in. In de waterjet unit wordt deze massa versneld met behulp van een pomp, waarna de watermassa de aandrijver

met hogere snelheid verlaat. Volgens de impulstheorie wordt hierdoor een stuwkracht ontwikkeld. Een typisch waterjet systeem is geschetst in figuur (3.19). Het systeem bestaat uit een waterinlaat (flush inlet), een pomp, een draaibare nozzle en een voorziening waarmee de richting van de waterstraal kan worden omgekeerd (reversing bucket). De pomp wordt aangedreven met behulp van een snellopende dieselmotor (eventueel via een tandwielkast) of een gasturbine via een tandwielkast. Het gehele systeem wordt in het schip ingebouwd, zodanig dat geen onderdelen onder het schip uitsteken. Bij het ontwerp van de sidehulls dient rekening gehouden te worden met de ruimte welke nodig is voor de waterjet unit. Er dient ruimte te zijn voor de inlaat opening en voor het "thrust vectoring" systeem, waarmee de waterstraal gestuurd kan worden. Hiertoe is het noodzakelijk dat de sidehulls een vlakke spiegel hebben.

De pomp is van het axiale type. In de pomp wordt de druk verhoogd, waardoor de watermassa onder hoge druk in de nozzle geperst wordt. Hier vindt de versnelling van de watermassa plaats. De nozzle is meestal draaibaar uitgevoerd, waardoor de waterstraal gestuurd kan worden. Dit heeft voordelen bij het manoeuvreren, omdat de gehele stuwkracht in de gewenste richting werkt. Ten behoeve van het achteruit varen is een zogenaamde reversing bucket aangebracht. Dit is een soort emmer welke in de waterstraal geklapt kan worden waardoor de straal wordt omgekeerd. De stuwkracht werkt dan achteruit. Het grote voordeel van waterjet installaties is dat ook bij lage snelheden de maximale stuwkracht ontwikkeld kan worden. Dit heeft grote voordelen bij het manoeuvreren. Wanneer twee waterjets (één in elke sidehull) worden toegepast, is het mogelijk het vaartuig zijdelings te laten bewegen, waarbij de volledige stuwkracht kan worden aangewend. Het principe is geschetst in figuur (3.20).

Het is ook mogelijk de jet haar maximale stuwkracht te laten leveren, terwijl de beweging van het vaartuig gecontroleerd wordt door de reversing bucket meer of minder in de straal te houden. Op deze wijze is zeer snel overschakelen van vol vermogen vooruit op vol vermogen achteruit mogelijk. Naast voordelen tijdens manoeuvreren heeft de waterjet ook andere voordelen zoals:

- Doordat de gehele installatie is ingebouwd in de sidehulls kan op ondiep water gevaren worden.
- Er is weinig kans op schade aan de installatie (voor de inlaat opening zit uiteraard een rooster)
- De installatie is zeer geschikt voor reddingsvaartuigen, en divingsupport, door haar grote veiligheid voor in het water liggende mensen.

3.3 STABILITEIT EN ZEEGANGSGEDRAG

3.3.1 Stabiliteit

Stabiliteit van surface effect ships dient op een andere manier beschouwd te worden dan de stabiliteit van conventionele vaartuigen. Dit wordt veroorzaakt door de invloed van het luchtkussen.

In principe dient gekeken te worden naar:

- Intacte stabiliteit
 - + Statisch
 - aanvangsstabiliteit on cushion

aanvangsstabiliteit off-cushion
Stabiliteit bij grote hellingshoeken
on-cushion
off-cushion

+ Dynamisch
- Lekstabiliteit

De on-cushion stabiliteit is het meest kritisch.

Wanneer we kijken naar de aanvangsstabiliteit, dan kan deze gesplitst worden in stabiliteit in de off-cushion mode en stabiliteit in de on-cushion mode. De bepaling van de stabiliteit in de off-cushion mode levert geen problemen op. De SES heeft dan dezelfde hoge stabiliteit als een catamaran (wat hij dan in feite ook is). De aanvangsstabiliteit neemt af naarmate de SES hoger op zijn kussen komt te liggen, doordat de sidehulls, welke de stabiliteit moeten geven, steeds verder uit het water komen. De aanvangsmetacenterhoogte kan nog steeds redelijk eenvoudig berekend worden.

Wanneer de SES gaat hellen in de on-cushion mode gaat het luchtkussen de stabiliteit tegenwerken. De kussendruk gaat

een kenterend moment leveren. Dit effect wordt geschetst in figuur (3.21). De werklijn van de resulterende kussendruk loopt door het zwaartepunt van het kussen onder het vaartuig. Voor kleine hellingshoeken komt de ligging van dit kussen drukkingspunt ongeveer overeen met het midden van de interne waterlijn tussen de sidehulls. Uit de tekening is al te zien dat de on-cushion stabiliteit voornamelijk bepaald wordt door het déplacement van de sidehulls en door de breedte van het vaartuig. De stabiliteit van de SES neemt toe wanneer gekozen wordt voor rompen met een groter déplacement. De kussenhoogte is ook van invloed op de stabiliteit. De stabiliteit neemt af met toenemende kussenhoogte ten gevolge van het verder verschuiven van het kussendrukkingspunt.

De statische stabiliteit speelt een overheersende rol bij lage snelheden (F lager dan 0.5). Bij hogere snelheden gaat de dynamische stabiliteit een rol spelen. De sidehulls zijn voor dit doel ontworpen met een deadrise van 30 tot 45°. Bij hoge snelheden gaan op de daardoor ontstane vlakken hydrodynamische krachten werken, welke de stabiliteit kunnen vergroten. Zij moeten dan wel boven het zwaartepunt gericht zijn. Dit wordt verduidelijkt in figuur (3.22). Wanneer de dynamische liftkrachten boven het zwaartepunt gericht zijn veroorzaken zij een oprichtend moment. De dynamische lift is ook van invloed op de trimhoek. De trim wordt echter ook voornamelijk beïnvloedt door de seals en het drukkingspunt van het kussen.

Lekstabiliteit:

De meeste SES's zijn geconstrueerd met dubbele bodems of tanktops om vollopen ten gevolge van bodembeschadiging te voorkomen. Daarnaast zijn langs- en dwarsschotten aangebracht welke genoeg compartimenten vormen om de SES een goede lekstabiliteit te geven. De kans op lekraken van twee rompen tegelijkertijd moet door de grote afstand tussen beiden klein worden geacht. Zolang het kussen in stand gehouden kan worden is een grote hoeveelheid reserve drijfvermogen beschikbaar. De trim wordt binnen de perken gehouden door de intacte romp. Het kussen wordt minder snel beschadigd naarmate de sidehulls

dikker zijn. Pas wanneer een schip door de gehele sidehull dringt ontsnapt lucht uit het kussen. Door de waterdicht constructie van het dek blijft ook dan nog veel drijfvermogen over. De instandhouding van het kussen wordt ook gewaarborgd door de grote redundantie. Vele systemen zijn dubbel uitgevoerd in de beide rompen (bv voortstuwings, liftfans e.d.).

3.3.2 Zeegangsgedrag

Het zeegangsgedrag is een belangrijk criterium voor de inzetbaarheid van de SES. Des te beter het zeegangsgedrag, des te langer kan de SES doorvaren. Een slecht zeegangsgedrag resulteert veelal in een al dan niet vrijwillige snelheidsreductie. Dit is eerder getoond in figuur (2.11). De vrijwillige snelheidsreductie wordt veroorzaakt door het verminderen van de snelheid om de "human comfort" te verbeteren. De onvrijwillige snelheidsreductie wordt veroorzaakt door een groot kussenlucht verlies ten gevolge van golven en bewegingen. De criteria ten aanzien van human comfort gelden vooral op het gebied van de verticale versnellingen ten gevolge van dompen, slingeren en stampen. Het heave gedrag wordt voornamelijk bepaald door de interactie tussen het luchtkussen en de golven. De sidehulls oefenen gezien hun kleine *déplacement* in de on-cushion mode een geringe invloed uit. Het heave gedrag van een SES is moeilijker te analyseren dan dat van een conventioneel schip, omdat de lucht in het kussen samendrukbaar is. Het luchtkussen is vergelijkbaar met een luchtveer. Bepaalde frequenties worden verzwakt, terwijl in de frequenties rond de eigen frequentie opslinging plaats vindt. Golven veroorzaken, wanneer zij het kussen passeren, volume variaties welke volgens de gaswet worden omgezet in drukvariaties. In een matige zeegang zal de drukverdeling over de lengte van het kussen niet al te zeer variëren. Het resultaat van een passerende golf is dan slechts een totale heave beweging. Wanneer de drukpieken zo groot zijn dat variatie van de druk over de lengte optreedt, dan zal dit naast een heave beweging ook een stamp beweging veroorzaken. Dit laatste zal vooral optreden in grote golven. Ook de seals oefenen invloed uit op het golfgedrag. De seals zijn zo ontworpen dat zij het golfoppervlak zo goed mogelijk volgen, ten einde de airflow zo constant mogelijk te houden. Wanneer de airflow gaat variëren doordat de seals het golfoppervlak niet meer kunnen volgen door een te grote uitslag of een te hoge frequentie, zal dit zich uiten in een verhoging van de domp en stamp beweging. Door de eigenfrequentie van het schip-kussen systeem kan het voorkomen dat het systeem gaat resoneren met de golven. Door de relatief hoge eigenfrequentie zal dit in lange boeggolven niet optreden. In korte steile golven (sea state 1) kan dit echter resulteren in een springerig gedrag (cobblestone effect).

Om de kwaliteit van de "ride" te verbeteren zijn zogenaamde "ride-control" systemen ontwikkeld. Deze systemen zijn erop gericht de damping ten aanzien van domp en stampbeweging te vergroten. De tot nu toe ontwikkelde systemen werken vooral goed bij matige tot hoge snelheid, en dan vooral in het gebied van de resonantiefrequentie. De figuren (3.23) en (3.24) geven voor de test SES, SES 100B het

verschil in acceleratie niveau bij een snelheid van 50 knopen in een sea state 2. De eerste figuur geeft het karakteristiek zonder ride control. De maximale versnellingen liggen dan rond 0.10 g. De tweede figuur geeft het karakteristiek met ride control. De maximale versnellingen liggen dan rond 0.01 g. Figuur (3.25) geeft de resultaten voor de SES-200 welke een hoge L/B verhouding heeft. Ride control systemen regelen de kussendruk met behulp van ventielen (cushion vent valves) of met behulp van inlet guide vanes in de inlaat van de ventilatoren. De ventielen worden zo geregeld dat de drukpieken snel worden afgevlakt door lucht uit het kussen te laten ontsnappen. Het systeem met IGV's bereikt hetzelfde effect door regeling van de hoeveelheid instromende lucht. Het IGV systeem wordt gebruikt in een lagere sea state. In hogere sea state wordt het systeem gebruikt in combinatie met ventielen (vent valves). De stampbeweging wordt voornamelijk gedempt door de sidehulls (viskeuze en niet-viskeuze damping). Ook planning seals vergroten de damping ten aanzien van stampen.

3.4 CONSTRUCTIE EN PRODUKTIE

3.4.1 Materialen

De produktie wijze van SES's wordt voornamelijk bepaald door de keuze van het constructiemateriaal. Om de keuze van het constructiemateriaal nader te kunnen belichten moeten eerst de eisen welke gesteld worden aan het materiaal worden geformuleerd. Omdat de kussendruk gebonden is aan een fysisch maximum moet de constructie zo licht mogelijk worden uitgevoerd. Een verlaging van het constructiegewicht verlaagd het totaalgewicht. Hierdoor is het mogelijk de pay load te verhogen of het lift vermogen te verkleinen. Het lichter maken van de constructie kan op twee manieren geschieden:

- Door lichter materiaal te kiezen met ongeveer gelijke sterkte eigenschappen
- Door materiaal te kiezen met betere sterkte eigenschappen waardoor lichter geconstrueerd kan worden.

Uiteraard is ook een combinatie van beiden mogelijk. Uit deze punten volgen al twee voorwaarden. Het materiaal dient licht en sterk te zijn. Een andere voorwaarde is natuurlijk een goede corrosiebestendigheid in verband met het zoute milieu.

Een ander aspect waarmee rekening gehouden dient te worden bij de materiaalkeuze zijn de produktie kosten. Deze dienen natuurlijk laag te zijn. Meestal zal het zo zijn dat de sterke en lichte materialen duur zijn.

Materialen welke gezien deze eisen in aanmerking komen voor de constructie van SES's zijn:

- Staal
- Aluminium
- Kunststof composieten

Het zou te ver voeren deze materialen hier uitgebreid te bespreken. Kort zullen daarom per materiaal de voor- en nadelen en de daaruit voortvloeiende mogelijkheden besproken worden.

Staal:

Gezien het hoge specifieke gewicht per sterkte eenheid van staal is deze als constructie materiaal niet geschikt voor kleine SES. Pas voor grote SES's van 1000 ton en meer wordt staal interessant.

Alluminium:

Alluminium wordt zeer veel toegepast bij de constructie van kleine schepen zoals jachten, patrouillevaartuigen etc.. Veel tot nu toe gebouwde SES zijn geconstrueerd in alluminium. Enkele voorbeelden daarvan zijn: SES-200, BH 110, SES 100A en SES 100B. De dichtheid van alluminium is ongeveer 35 % van die van staal. Speciaal behandelde legeringen kunnen dezelfde vloeispanningen bereiken als mild steel. De verwerkings- en constructiewijzen van alluminium zijn vergelijkbaar met die van staal. De enige moeilijkheid is dat alluminium moeilijker lasbaar is dan staal. Legeringen welke bruikbaar zijn in zee milieu zijn die welke magnesium als hoofdlegeringsmateriaal hebben. Legeringen met koper zijn sterker, maar minder goed bestand tegen corrosie. Alluminium is gevoeliger voor vermoeiing dan staal.

Kunststof composieten:

Het gebruik van kunststoffen in vooral de kleine scheepsbouw neemt de laatste jaren steeds toe. Veel onderzoek wordt verricht, vooral ook naar de brandveiligheid van kunststoffen en composieten. Bij de constructie met kunststoffen wordt een zogenaamde matrix (polyester of epoxy) versterkt met glasvezels of vezels van een ander materiaal (kevlar of carbon). Deze vezels hebben allen verschillende sterkte eigenschappen. Kevlar is bijvoorbeeld minder bestand tegen drukbelastingen. Het heeft echter een grotere treksterkte dan glas.

De vezels worden gebruikt in verschillende vormen. Zij zijn te krijgen als:

- Matten (korte stukjes vezel in verschillende oriëntaties welke bij elkaar gehouden worden door een lijm)
- Weefsels
- Roving (een gesponnen draad van vezels)

Matten geven sterkte in alle richtingen in het vlak van de mat. Weefsels geven slechts in één of twee richtingen sterkte. Door meerdere lagen mat of weefsel toe te passen kunnen de sterkte eigenschappen van het laminaat beïnvloedt worden. Lichte en stijve constructies kunnen worden verkregen met behulp van sandwich constructie technieken. Sandwich constructies bestaan uit een laag schuim tussen twee dunne lagen laminaat. Sandwich panelen hebben een zeer hoge buigsterkte bij een erg laag gewicht.

Alle Hovermarine HM 2 en HM 5 serie SES's zijn geconstrueerd in glasvezel versterkte kunststof. Bij deze SES's zijn ook de opbouw en accommodaties in kunststof geconstrueerd, hoewel dit door IMO in verband met de brandveiligheid voor grote schepen nog niet is toegestaan.

Als voordelen van vezelversterkte kunststoffen kan gegeven worden:

- Een laag constructiegewicht
- Goede corrosie bestendigheid

- De eigenschappen zijn te variëren door middel van toevoegingen
- Ook dubbel gekromde oppervlakken zijn eenvoudig te vervaardigen
- Serieproductie is mogelijk
- Minimale onderhoudskosten
- Zeer glad rompoppervlak
- eenvoudig te repareren
- etc.

Een nadeel van kunststof is dat speciaal geschoold personeel nodig is voor het constructief ontwerp en voor de productie. De productie is niet meer te vergelijken met die van staal en aluminium. De verwerking van de kunststof dient te geschieden in een verwarmde en geventileerde hal.

3.4.2 Constructie

Bij de constructie van de SES dient rekening gehouden te worden met de verschillende belastingen welke op de romp werken. Dit zijn:

- Dynamische krachten op planerende vlakken
- Slamming krachten op de boeg en tegen het dek
- Buigende momenten in het dek
- Torsie momenten

Vooraf het dek dat de sidehulls verbindt staat bloot aan belastingen. Om de krachten goed te kunnen opvangen worden in dwarsrichting veel schotten in het dek aangebracht. Figuur (3.26) toont de constructiewijze van de BH 110 SES. Figuur (3.27) en Figuur (3.28) tonen de constructie van de HM 500 GRP Hovermarine. Duidelijk is te zien dat de schotten doorlopen van de ene sidehull naar de andere. Naast dwarsschotten zijn in de "centerbody" ook langsschotten aangebracht om langsscheepse buigende momenten op te vangen. Hierdoor ontstaat een doos structuur. De indeling van de romp, door plaatsing van schotten, is afhankelijk van belasting, waterdichte indeling, plaatsing van motoren en installaties en produceerbaarheid.

3.5 MARKTAANDEEL

Volgens een onderzoek van het blad High speed surface craft (maart 1986) zijn 12.5 % van het aantal snelle schepen dat is ingezet als ferry of als crewboat SES's. Deze 12.5 % is een totaal van 56 vaartuigen waarvan er zeker 12 niet als ferry varen. Tabel (3.1) geeft een uitgebreider overzicht van SES dan het bedoelde artikel uit high speed surface craft (lit 23). Een groot aantal van de schepen zijn vóór Hovermarines welke varen in Hong kong. De langste SES route is hier 80 nm. Tot nu toe zijn SES's slechts ingezet op routes met een rustige zeekarakteristiek. Veel routes bevatten rivier trajecten (Hong kong, Wenen-Budapest) of liggen in rustiger water zoals fjorden en zeearmen (Sognefjord-Bergen, Solent-Portsmouth-Ryde). Waarschijnlijk is dit te wijten aan de afmetingen van tot nu toe gebouwde SES. Het moet voor SES'S mogelijk zijn kanaal oversteken te maken. Grotere hovercrafts doen dit al jaren met succes. De BH 110 wordt ingezet als coast guard vaartuig op open zee voor de

Amerikaanse kust.

Ses bezetten op het ogenblik slechts 2 % van de Europese markt (in aantallen vaartuigen) voor snelle vaartuigen, terwijl de tot op heden succesvolste SES's (vosper hovermarines) in europa worden gebouwd.

HOOFDSTUK 4: CATAMARANS

Het idee achter de catamaran is al zeer oud. De eerste catamaran-achtige vaartuigen werden gebruikt door de polynesiërs. Zi bouwden zeer snelle, slanke, oorlogskano's welke voorzien werden van een uitlegger om voldoende stabiliteit te waarborgen. Ook voor snelle zeilboten is het catamaran principe geschikt. Catamarans horen tot de snelste zeilschepen ter wereld.

4.1 CATAMARANS; PRINCIPE EN EIGENSCHAPPEN

De moderne catamaran bestaat uit twee lange, smalle, rompen welke verbonden worden door een dek. Door deze configuratie verkrijgt de catamaran enkele voordelen ten opzichte van monohulls met vergelijkbaar déplacement. Als eerste voordeel kan genoemd worden het grote dekoppervlak. Het dekoppervlak is bijna zo groot als het produkt van de grootste lengte en breedte van de catamaran. Door de grote afstand tussen de twee rompen heeft de catamaran een hoge stabiliteit. In combinatie met het dekoppervlak is het dus mogelijk veel passagiers te vervoeren in hoge dekhuisen. Een ander voordeel van de hoge stabiliteit is het feit dat de rompen nu optimaal ontworpen kunnen worden op een minimale weerstand en een optimaal zeegangsgedrag. Wel blijft natuurlijk de ruimte eis voor motoren en dergelijke gelden als beperkende factor op het romp ontwerp.

Door haar eigenschappen is de catamaran geschikt als:

- Crewboat
- Ferry
- Survey boat
- Police/rescue boat
- Patrolboat.

Veel van de prestatie van de catamaran hangt af van de gekozen rompvorm. In principe kan gekozen worden uit twee alternatieven:

- Symmetrische rompen
- Asymmetrische rompen

Het verschil tussen deze beiden is geschetst in figuur (4.1).

De asymmetrische rompvorm kan vergeleken worden met een overlans doorgesneden monohull, waarvan de twee helften uit elkaar geplaatst zijn. De bouwkosten van deze rompen zijn lager dan die van symmetrische rompen, door de rechte wanden aan de binnenzijde van de rompen. De rompen van een catamaran worden ook wel Demihuuls genoemd om onderscheid te maken tussen de afzonderlijke rompen en de romp van de catamaran als geheel.

De operationele toestand van de catamaran is afhankelijk van het froudegetal. Bij hoge froudegetallen zal de catamaran gaan planeren. (voor definitie van planeren zie hoofdstuk 2). Catamarans voor hoge snelheden worden meestal ontworpen met asymmetrische rompen. Deze zijn echter alleen geschikt voor gebruik in planerende toestand. In semi-planerende of zelf déplacementstoestand is de weerstand groter dan die van symmetrische rompen. Voor schepen welke niet zo'n hoge snelheid hoeven te halen, en welke hooguit opereren in een semi-planerende toestand (semi-déplacement) zijn symmetrische rompen meer geschikt. Er wordt dan een catamaran verkregen welke

economisch kan opereren in het gehele snelheidsgebied. De flexibiliteit van het vaartuig wordt daardoor groter. Bij lage snelheid vaart de catamaran in de "displacement mode". Bij hogere snelheden wordt een deel van het scheepsgewicht gedragen door hydrodynamische krachten, waardoor een deel van de romp uit het water getild wordt. Voor semi planerende rompen kunnen de dynamische krachten oplopen tot ongeveer 40 % van het gewicht gedragen wordt. Voor lage snelheden kan zowel gekozen worden voor symmetrische- als asymmetrische rompen, hoewel de asymmetrische rompen bij lage snelheid een hogere weerstand hebben (zie fig (4.4)).

Wat betreft de voortstuwingsinstallatie kan voor catamarans het zelfde gezegd worden als voor surface effect ships. Zij zullen gezien hun lagere snelheden echter alleen gebruik maken van dieselmotoren. Het vermogen voor een catamaran zal in vergelijking met een SES natuurlijk hoger liggen. De catamaran heeft echter geen liftvermogen nodig.

De voortstuwingsinstallaties welke besproken zijn voor SES zijn ook geschikt voor de voortstuwing van catamarans, al zal de "partially submerged supercavitating propeller" gezien de lagere snelheden niet tot de eerste keuzen behoren. De catamaran demihulls bieden voldoende ruimte om motoren en andere componenten te plaatsen.

4.2 WEERSTAND EN VOORTSTUWING

De weerstand bij catamarans is op dezelfde wijze opgebouwd als bij monohulls. De weerstand is te ontleden in:

- Wrijvingsweerstand
- Golfweerstand
- Drukweerstand

Voor snelle schepen spelen ook nog een rol:

- "Spray" weerstand
- Weerstand van aanhangselen
- Aerodynamische weerstand

Daarnaast wordt een groot deel van de weerstand van catamarans veroorzaakt door interferentie effecten tussen de twee rompen onderling en tussen de golfsystemen van de twee rompen onderling.

Interferentie effecten:

Wanneer een lichaam in een stroming wordt geplaatst, dan zal zich rond dit lichaam een afgebogen en enigszins verstoorde stroming ontwikkelen, doordat de stroming zich rond het lichaam buigt. Wanneer nu een tweede lichaam dicht naast het andere geplaatst wordt, dan zal deze zich in de afgebogen stroming, veroorzaakt door het eerste lichaam, bevinden. Op dezelfde wijze zal het eerste lichaam zich in de afgebogen stroming van het tweede lichaam bevinden. De beide lichamen "voelen" dus elkaars aanwezigheid. Dit verschijnsel is geschetst in figuur (4.2) en wordt aangeduid met de term body interference. De stroming rond een symmetrische romp kan gesplitst worden in een symmetrisch en een asymmetrisch deel, doordat de stroming tussen de twee lichamen door de beïnvloeding recht zal zijn.

Beide demihulls van de catamaran hebben een eigen, identiek golf-systeem. Het is zeer goed mogelijk dat deze twee systemen met elkaar gaan interfereren. Vooral de interferentie tussen de boeggolf van de ene- en de hekgolf van de andere romp kan aanleiding geven tot een aanzienlijke verhoging of verlaging van de golfmakende weerstand. Ook de divergerende hekgolfsystemen kunnen elkaar versterken of verzwakken. De interferentie kan voor het ontwerpsnelheidsgebied worden beïnvloedt door het aanpassen van de hullspacing.

Golfinterferentie wordt belangrijk rond froudegetallen $F = 0.2$ (voor symmetrische demihulls). Voordelige interferentie treedt op rond $F = 0.32$ voor een hull spacing/lengte verhouding van $s/L = 0.3$. De interferentie kan de golfmakende weerstand dan zo'n 60 % verlagen. Nadelige effecten treden op rond $F = 0.4$ ($s/L = 0.3$). De golfmakende weerstand kan dan wel met 40 % verhoogd worden. Voor asymmetrische rompen wordt verwacht dat de nadelige interferentie gelijk blijft terwijl de voordelige interferentie minder wordt.

In het semi planerende snelheidsgebied ($0.5 \leq F \leq 1.2$) zijn de interferentie effecten te verwaarlozen. Slechts voor zeer kleine romp afstanden ($s/L = 0.2$) zijn dan de interferentie effecten nog van belang. Voor het planerende snelheidsgebied zijn interferentie effecten eveneens te verwaarlozen.

Weerstandsc componenten:

De weerstand kan voor catamarans op vergelijkbare wijze worden ingedeeld als bij SES. De bij de catamaran te onderscheiden componenten zijn:

- Aerodynamische profiel weerstand
- Hydrodynamische weerstand
 - * Wrijvingsweerstand
 - * Golfmakende weerstand
 - * Druk weerstand
 - * Sprayweerstand

De aerodynamische weerstand wordt op dezelfde wijze berekend als voor SES.

De wrijvingsweerstand is bij catamarans een belangrijke component doordat een catamaran een groot nat oppervlak heeft. De wrijvings weerstand maakt meer dan 50 % van de weerstand uit. (zie fig (4.3)). Bij hogere froude getallen wordt de invloed van de wrijving zelfs nog hoger (70-80%).

De golfweerstand wordt gesplitst in weerstand ten gevolge van het opwekken van een golfpatroon (golfmakende weerstand) en weerstand ten gevolge van brekende golven in dit patroon.

Voor planerende catamarans zijn twee vormen van "wave breaking resistance" van belang:

- Het breken van golven ten gevolge van golfinterferentie
- Het breken van hekgolven

Door interferentie van de golfsystemen tussen de rompen kunnen golven daar zo hoog en steil worden dat zij gaan breken.

De drukweerstand kan nog gesplitst worden in geïnduceerde weerstand, vormweerstand en wervelweerstand. De geïnduceerde weerstand wordt veroorzaakt door de horizontale component van de hydrodynamische liftkracht op planerende oppervlakken. De vormweerstand zal voor slanke catamaran rompen klein zijn. De separatie weerstand wordt op dezelfde wijze veroorzaakt en berekend als bij SES.

Vooraf snelle schepen hebben een spray weerstandscomponent. Deze wordt veroorzaakt doordat door de hoge druk gradiënt rond de boeg spray ontstaat. Deze vorm van weerstand kan verlaagd worden door het aanpassen van de boegvorm of door het aanbrengen van sprayrails.

Tenslotte kan nog de weerstand ten gevolge van aanhangselen onderscheiden worden. Bij het gebruik van waterjet's is deze weerstand echter te verwaarlozen.

Figuur (4.4) geeft tenslotte voor de rompen uit figuur (4.1) de bijbehorende weerstandskrommen.

Voortstuwning:

Voor wat betreft de keuze van de voortstuwder en de voortstuwingsinstallatie kan hetzelfde worden gezegd als voor de SES. Er wordt dan ook verwezen naar het vorige hoofdstuk.

Maximale snelheden welke tot nu toe voor passagiersvervoer gebouwde catamarans kunnen bereiken ligt tussen de 35 en 40 knopen. Het gebruik van gasturbines voor catamarans van deze klassen ligt daar door niet voor de hand. Motoren welke voor de tot nu toe gebouwde catamarans gebruikt zijn lopen op tot een vermogen van 1500 tot 2000 hp per motor.

4.3 ZEEGANGSGEDRAG EN STABILITEIT

4.3.1 Stabiliteit

De intacte stabiliteit van de catamaran levert geen problemen op. Gezien de grote afstand tussen de rompen is het mogelijk en de daaruit voortvloeiende stabiliteit is het mogelijk hoge opbouwen op het dek te plaatsen. Berekening van stabiliteit kan langs de normale weg geschieden. Wanneer ten gevolge van de voorwaartse snelheid hydrodynamische krachten gaan optreden wordt berekening moeilijker. Vooral de berekening van de trim wordt dan ingewikkeld, omdat de trim, de hydrodynamische krachten en de snelheid elkaar beïnvloeden. Het is moeilijk de ligging van het drukkingspunt van de dynamische krachten te bepalen, waardoor aannamen in de berekening noodzakelijk zijn.

De lekstabiliteit van catamarans zal over het algemeen ook geen problemen opleveren. Net als bij de SES is de kans dat beide rompen

tegelijkertijd lek raken ook hier klein. Door een goed ingedeelde waterdichte compartimentering dient er voor gezorgd te worden dat de helling in geval van lekragen van één of twee van de compartimenten niet te groot wordt. Door een waterdichte constructie van het dek kan deze eventueel ook opdrijvend vermogen leveren.

De trim zal over het algemeen in lekke toestand geen probleem opleveren, omdat de intacte romp deze binnen de perken houdt.

4.3.2 Zeegangsgedrag

Preciese gegevens over het zeegangsgedrag van catamarans zijn niet voorhanden. Uit verschillende kwalitatieve verhandelingen blijkt echter dat het zeegangsgedrag goed genoemd mag worden. Een belangrijk aspect, waar bij het ontwerp rekening mee gehouden dient te worden, is de vrije hoogte tussen het golfoppervlak en de onderzijde van het dek. Zodra de golven hier tegenaan gaan slaan, gaan versnellingen optreden. Ook de spanningen in het materiaal kunnen door de slamming hoog oplopen.

Het zeegangsgedrag is natuurlijk ook afhankelijk van de gekozen romp vorm. Planerende rompen zullen sneller gaan stoten op de golven, waardoor grote versnellingen ontstaan. De Marinteknik Jetcat is in staat bij 34 knopen nog een goed zeegangsgedrag (comfortable ride) te bieden in golven van 2 meter hoogte. Voor 2.5 meter hoge golven zou de snelheid moeten worden terug genomen tot 25 knopen.

4.4 CONSTRUCTIE

Ook voor catamarans zijn verschillende constructiematerialen te gebruiken. Dezelfde materialen welke bruikbaar zijn voor de SES zijn ook bruikbaar voor de catamaran. Ook hier geldt vooral de eis van een laag gewicht, omdat de prestaties van de catamaran sterk afhankelijk zijn van een laag gewicht.

Alluminium heeft ook hier de voorkeur, hoewel ook kunststof een goed alternatief biedt. Vooral voor de kleinere lengteklassen zou kunststof goed bruikbaar zijn. De voor en nadelen van de verschillende materialen zijn reeds besproken in het vorige hoofdstuk.

Veel catamarans zijn tot nu toe gebouwd onder classificatie van Det Norske Veritas. Dit classificatie bureau heeft zich de laatste tijd erg verdiept in de kleine snelle vaartuigen en heeft hiervoor speciale rules uitgebracht.

Net als de SES is de constructie van het verbindende dek belangrijk. Hierop werken grote krachten en momenten.

4.5 MARKTANALYSE

Figuur (2.3) geeft het marktaandeel (in procenten van het aantal vaartuigen) weer, van catamarans op de wereld markt voor snelle ferry's en crewboats. Hierbij is slechts gekeken naar de civiele markt. De catamaran blijkt totaal 23.9 % van deze markt te bezetten. Voor Europa is dit 51 % van de Europese markt. Belagrijke gebruiksgebieden welke zijn te onderscheiden zijn Australië en Scandinavië. Bijna alle in Europa varende catamarans zijn ingezet voor passagiers-

vervoer in scandinavische wateren. Bekende scandinavische catamarans zijn Westamaran en Marinteknik jetcat. Bekende australische catamarans zijn die van International Catamarans. (INCAT)

Catamarans worden ook ingezet als crewboat voor vervoer van personeel van en naar offshore velden. Zij worden bijvoorbeeld gebruikt in Brazilië door Norsul Offshore, waar zij varen tussen Macae en het Campos olieveld. De Franse maatschappij Surf gebruikt vier catamarans als crewboat aan de Afrikaanse westkust.

HOOFDSTUK 5: ONTWERPPROBLEMEN EN ONTWERPPROCES

5.1 OPTREDENDE PROBLEMEN BIJ HET ONTWERP VAN SES

Bij het ontwerp van surface effect ships komen door de aard van het vaartuig en de verschillen met conventionele schepen enkele ongewone problemen naar boven welke om een oplossing vragen.

5.1.1 Sidehull ontwerp

Een eerste probleem tijdens het ontwerpproces vinden we in de selectie van de lengte/breedte verhouding. In hoofdstuk 3 is al naar voren gekomen dat de L/B verhouding van invloed is op het weerstandsgedrag van de SES. Voordat de keuze gemaakt wordt zal dus een studie gemaakt moeten worden van eerder gebouwde schepen en hun weerstand- en voortstuwingskarakteristieken. Met behulp van een beschikbaar computer weerstandsprogramma kan binnen een redelijke tijd een afschatting gemaakt worden van de optimale L/B verhouding. Dit wordt gedaan door het programma te draaien met verschillende L/B waarden welke gevariëerd worden voor gelijk *déplacement*.

Het eigenlijke romp ontwerp is niet zo'n probleem, omdat in on-cushion mode slechts twee rechte wanden in het water steken. Het andere deel van de romp is slechts van belang in de off-cushion mode, en hoeft dus slechts ontworpen te worden voor lage snelheden.

De holte en de diepgang worden bepaald door de golfhoogten en de kussendruk. Gezien de ontwerpoverweging zoveel mogelijk passagiers te plaatsen als maar mogelijk is, wordt ontworpen voor maximale kussendruk. Deze druk ligt rond 50 cm waterkolom. De holte en de diepgang moeten aan deze druk worden aangepast, opdat er geen lucht onder de sidehulls kan ontsnappen. Ook voor het eerste voorontwerp is het eigenlijk al nodig dat er een schatting gemaakt is van het scheepsgewicht.

5.1.2 Gewichtsschatting

De gewichtsschatting van SES dient volgens een eigen methode te geschieden. Een geschikte berekeningsmethode is nog niet ontwikkeld. E.R. Miller (lit.8) geeft een aantal formules welke nog nader moeten worden onderzocht op hun bruikbaarheid voor dit ontwerp. De methode is gebaseerd op een splitsing van het gewicht in componenten.

Als hoofdcomponent wordt eerst het constructiegewicht bepaald met behulp van een coëfficiënten formule. De andere gewichten worden bepaald door een percentage van het staalgewicht aan te nemen. Wanneer aan de hand van vergelijkingsschepen blijkt dat de methode niet klopt, is het misschien noodzakelijk de coëfficiënten aan te passen.

In de latere fasen van het ontwerp zal de gewichtsschatting nauwkeuriger verricht moeten worden. Een goede methode hiervoor is natuurlijk ook het splitsen van het gewicht in componenten. Hierna zal van elke component zo nauwkeurig mogelijk het gewicht geschat moeten worden. Het is dan tevens mogelijk een zwaartepunt te berekenen ten behoeve van de stabiliteitsberekening.

5.1.3 Weerstandsschatting

De weerstandsschatting kan bij "de Schelde" worden uitgevoerd met behulp van een computer weerstandsschatting programma. De vereiste input wordt gegeven in figuur (5.1). Het programma splitst de weerstand in componenten, zodat de invloed van de verschillende componenten kan worden afgeschat.

Na de weerstandsberekening dient zelf de vermogensbepaling te worden gedaan. Veel moeilijkheden zijn bij de weerstandsschatting niet te verwachten.

5.1.4 Stabiliteit en zeegangsgedrag

De berekening van de stabiliteit, vooral on-cushion, kan problemen opleveren ten gevolge van de complexiteit welke door het luchtkussen veroorzaakt wordt. De aanvangsstabiliteitsberekening zal waarschijnlijk niet al te ingewikkeld worden. Voor grote hoeken maakt het verschuiven van het kussen drukingspunt de zaak erg ingewikkeld. Ten behoeve van de stabiliteitsberekening dient in de latere gewichtsschattingen ook de zwaartepuntsbepaling te worden meegenomen.

Om de trim in de hand te houden dient het zwaartepunt in de off-cushion mode natuurlijk boven het drukingspunt van de oprijvende kracht te liggen. In de on-cushion mode zal dit punt waarschijnlijk verschuiven. Het zwaartepunt moet dan liggen boven het samengestelde drukingspunt van het kussen en de oprijvende kracht van de sidehulls. Het verschuiven van de werklijn van de oprijvende kracht zou nog wel eens problemen kunnen gaan opleveren.

Wat betreft het zeegangsgedrag komen de criteria welke gesteld worden aan de bewegingen vooral voort uit eisen van "human comfort". Mantle (lit.20) definieert ten aanzien van bewegingscriteria twee categorieën:

- Criteria ten aanzien van "motion sickness"
- Criteria ten aanzien van "working efficiency"

De eerste categorie criteria gelden vooral voor laag frequente bewegingen (0.6 tot 1.0 Hz). De tweede categorie van criteria gelden vooral voor "hoog frequente trillingen" (hoger dan 1.0 Hz).

Figuur (5.2) geeft het verband tussen versnellingswaarden en het percentage zeezieken voor verschillende frequenties. Dezelfde figuur geeft ook de criteria voor "hoog frequente" trillingen in tijdsperiodes waarvoor de trilling draaglijk is. Voor passagiersvervoer zijn de criteria ten aanzien van "motion sickness" het meest van belang.

5.2 ONTWERPPROCES VAN SURFACE EFFECT SHIPS

Figuur (5.3) geeft een schema van een bruikbaar ontwerpproces, zoals ik dat opgesteld heb om de ontwerpcyclus te analyseren en een handleiding te geven voor het cursuswerk.

Het schema dient gelezen te worden van boven naar onder. Als eerste

worden de ontwerpeisen opgesteld. Deze volgen uit de opgave en uit de gekozen ferry route. De ontwerpeisen bepalen de lengte, snelheid, actieradius etcetera. Vervolgens wordt een L/B verhouding geselecteerd. Hierna volgt een eerste rompontwerp. Na het ontwerp van de sidehulls volgt een eerste gewichtsschatting, waarna het sidehull ontwerp waarschijnlijk zal moeten worden bijgesteld.

Het ontwerp wordt gemaakt met maximale kussendruk. Hieruit volgt in combinatie met het rompontwerp (kussenoppervlak) en de gewichtsschatting de beschikbare payload. Met behulp van payload en beschikbaar dekoppervlak kan het aantal passagiers bepaald worden.

Wanneer het volume van het dekhuis bekend is dient eventueel de gewichtsschatting te worden aangepast.

Verder in het proces, als enige zekerheid is verkregen over de hoofdafmetingen, wordt de weerstandsschatting gedaan. Hierna volgen de vermogensbepaling en motor- en voortstuwkeuze. Na deze keuze dient gecontroleerd of de motor en de voortstuwkeuze geplaatst kunnen worden (volume) en of de aangenomen gewichten kloppen. Het zelfde dient te gebeuren voor de brandstofvoorraden die nu berekend kunnen worden aan de hand van het specifiek verbruik en de geëiste actieradius.

De stabiliteitsberekening staat in het schema onderaan. Dit is gedaan om het schema nietodeloos ingewikkeld te maken. Natuurlijk is de stabiliteitsberekening, zeker in de latere iteraties, geheel verweven in het ontwerpproces. Daar de L/B verhouding de grootste invloed heeft op de stabiliteit is het heel goed mogelijk dat deze nog laat in het proces moet worden veranderd.

Het gehele ontwerpproces moet hier natuurlijk gezien worden als een spiraal welke een aantal malen doorlopen wordt.

5.3 PROBLEMEN IN CATAMARAN ONTWERP

Wanneer we kijken naar het ontwerpproces van de catamaran zijn er enkele belangrijke punten welke extra aandacht vergen. Een eerste probleemgebied vormt het rompontwerp.

5.3.1 Rompontwerp

Uit de ontwerpeisen volgen de lengte en de snelheid van de te ontwerpen catamaran. Als eerste dienen dan de hoofdafmetingen breedte, breedte van demihulls, diepgang en holte bepaald te worden. De selectie van de L/B verhouding vormt al direct het eerste aandachtspunt. Samen met de breedte en de vorm van de demihulls is de totale breedte van grote invloed op de weerstandskarakteristiek. Bij een smalle tunnel tussen de rompen treedt een grote interferentie op. Figuur (5.4) laat de invloed zien van de "hull spacing". De afstand tussen de rompen wordt hier uitgedrukt als verhouding. De weerstand neemt af bij toenemende afstand tussen de rompen. Het scheepsgewicht neemt bij het groter worden van deze afstand natuurlijk wel toe. (Het verbindende dek wordt breder en zwaarder). De totale weerstand zal door toename van het déplacement dan waarschijnlijk ook hoger worden.

Er dient dus een optimum gezocht te worden voor de rompafstand, zó dat de weerstand in het bedrijfspunt minimaal is.

De keuze van de breedte van de demihulls wordt behalve door de eisen van een lage weerstand natuurlijk ook bepaald door de eisen welke gesteld worden aan déplacement en diepgang.

De keuze van het type romp (symmetrisch of asymmetrisch) is afhankelijk van de bedrijfstoestand. wordt het ontwerp planerend of semi-planerend. Dit is natuurlijk afhankelijk van het froudegetal.

De keuze van de vormcoëfficiënten van de demihulls zal ook afhangen van de bedrijfstoestand.

Meer informatie op het gebied van de keuze van rompvormen etc. kan op dit punt niet gegeven worden door een gebrek aan literatuur over dit onderwerp.

5.3.2 Gewichtsschatting

Een ander moeilijk punt tijdens het ontwerp zal ook hier de gewichtsschatting zijn. Methoden en formules voor een eerste schatting zijn niet voorhanden. Er zal dus een eigen methode ontwikkeld moeten worden. Als eerste schatting zal een vergelijking met voorbeeld schepen kunnen volstaan. Later in het voorontwerp zal de schatting nauwkeuriger dienen te worden uitgevoerd door het gewicht op te splitsen in componenten. Per component dient het gewicht dan nauwkeurig te worden bepaald. Het voordeel hiervan is dat ook een beter inzicht wordt verkregen in de ligging van het zwaartepunt. Tijdens het verdere verloop van het ontwerp kunnen ook veranderingen in gewicht sneller worden gecorrigeerd.

Een goede methode om het constructiegewicht te bepalen is de schatting van het totale plaat oppervlak. Per m² kan dan een verstijver gewicht worden toegevoegd, waarna het gewicht kan worden berekend.

5.3.3 Weerstandsschatting

De weerstandsschatting van catamarans kan bij "de Schelde" met behulp van een computer weerstandsschattingprogramma worden uitgevoerd. Het programma is echter alleen geschikt voor froudegetallen lager dan 1.0. De weerstand van planerende catamarans kan met dit programma dus niet berekend worden. Voor de weerstandsschatting van deze snelle schepen moet nog een methode worden gevonden.

5.4 ONTWERPPROCES VAN CATAMARANS

Figuur (5.5) geeft een mogelijk ontwerpproces voor een catamaran. Het proces verloopt op ongeveer dezelfde wijze als het proces bij een een SESontwerp. Dit is duidelijk te zien wanneer de figuren (5.3) en (5.5) vergeleken worden.

Belangrijke brokken welke in het schema te vinden zijn zijn:

- Het rompontwerp
- De gewichtsschatting
- De weerstandsschatting
- De stabiliteitsberekening

Tijdens het rompontwerp wordt de breedte van de demihulls, de holte, diepgang etc. bepaald. Hierna wordt een gewichtsschatting gemaakt,

waarna het rompontwerp waarschijnlijk aangepast moet worden. Uit het rompontwerp (dekoppervlak) en de gewichtsschatting (payload) kan het aantal passagiers bepaald worden dat de catamaran zou kunnen vervoeren.

Na de eerste iteratie rompontwerp/gewichtsschatting volgt de eerste weerstandsschatting. Na de keuze van de motoren kan dan gewichts- en ruimte controle plaatsvinden. Wanneer enige zekerheid verkregen is omtrent de hoofdafmetingen, dient de stabiliteitsberekening in het proces opgenomen te worden. Voor de duidelijkheid is deze niet geheel in het schema opgenomen. De stabiliteit zal bij de catamaran waarschijnlijk toch geen problemen opleveren.

Ook hier wordt het gehele proces natuurlijk in een aantal iteraties doorlopen.

HOOFDSTUK 6: SELECTIE VAN TWEE REPRESENTATIEVE VEERDIENSTEN

De technisch-economische analyse van de ontworpen vaartuigen wordt gemaakt op basis van twee veerdienst routes. Deze routes dienen bekend te zijn voor de start van het voorontwerp, omdat de routes bepaalde ontwerpeisen met zich mee kunnen brengen. Hierbij moet gedacht worden aan actieradius, diepgangsbependingen, golfhoogten etc.. In overleg met "de Schelde" is besloten te kiezen voor een korte route (lengte ongeveer 60 nm) met een ruwe zee karakteristiek, en een langere route (lengte ongeveer 200 nm) met een relatief rustige zee karakteristiek.

6.1 KEUZE VAN DE KORTE ROUTE

Als korte route met een ruwe zee karakteristiek is de kanaal oversteek zeer geschikt. Het vinden van gegevens als passagiersaanbod en afstanden zijn voor de kanaal oversteek niet moeilijk te vinden. Figuur (6.1) toont een kaartje van het kanaal, waarin de verschillende routes geschetst zijn. Tevens worden voor de verschillende routes de afstanden en de huidige vaartijden gegeven. De vaartijden zijn de tijden die de schepen nodig hebben die de route nu bevaren. De lengte van de route's loopt uiteen van 112 mijl voor de route Vlissingen-Sheerness tot 23 mijl voor de route Calais-Dover. De route welke het dichtst in de buurt van de 60 mijl ligt is die van Oostende-Dover. Deze route wordt dan ook gekozen als korte veerroute. Een bijkomend voordeel is dat op deze route ook Jetfoils varen. De jetfoil legt de 64 mijl lange route af in 1 uur en 40 minuten. Wanneer we uitgaan van de SES van de 30 meter klasse (snelheid 20 tot 50 kn) zal de vaartijd liggen tussen 3 uur en 50 minuten en 1 uur en 20 minuten.

De hydrofoil welke de route bevaart is de Boeing Jetfoil, welke geëxploiteerd wordt door RMT (regie maritiem transport). Deze hydrofoil heeft een cruisesnelheid van ongeveer 40 knopen en een passagiers capaciteit van 280 personen. Wanneer we er vanuit gaan dat de te ontwerpen SES's en catamarans de Jetfoil zouden moeten vervangen kunnen de volgende gegevens gebruikt worden:

De Jetfoil heeft een verdeling van het aantal enkele oversteken per dag dat als volgt over het jaar verdeeld is:

Januari	- eind Maart	4	enkele overst. per dag
April	- eind Mei	8	"
Juni	- half July	10	"
July	- eind Augustus	12	"
Augustus	- half September	10	"
September	- half November	8	"
November	- December	6	"
Kerstperiode		8	"

Het totaal aantal oversteken dat per jaar gepland staat is 2800. 85 % hiervan wordt ook daadwerkelijk uitgevoerd. De benutting van de vaartuigen komt hierdoor uit op ongeveer 2000 uur per vaartuig (er varen er 2 op deze route).

Het passagiersaanbod verliep als volgt:

1983	318.000 passagiers
1984	339.000 passagiers
1985	307.000 passagiers

Voor de laatste jaren komt dit neer op een bezetting van respectievelijk 48 en 45 %.

Figuur (6.2) geeft de situatie weer van de aanlegplaatsen van de Jetfoil in Dover en Oostende.

Figuur (6.3) geeft voor het gebied de golfhoogten en perioden aan in gemeten aantallen voor alle seizoenen en alle richtingen. Uit deze figuur blijkt dat de gemiddelde golfhoogte waarmee rekening gehouden dient te worden kleiner is dan ongeveer 3.5 meter. De perioden zullen kleiner zijn dan ongeveer 10 seconden. Een nadere analyse moet nog gemaakt worden van de golfgegevens voor verschillende seizoenen en verschillende golfrichtingen. Dit zou voor de scriptie echter te veel tijd kosten.

6.2 KEUZE VAN DE LANGE ROUTE

Voor de 60 meter klasse vaartuigen dient een langere route gekozen te worden. Gedacht moet worden aan een route van ongeveer 200 mijl lengte. Een kortere route zou bij de hoge ontwerpsnelheden een te korte vaartijd opleveren voor een goede vergelijking.

Gekozen is voor de route Stavanger-Bergen-Stavanger. Heen en terug heeft deze een lengte van ongeveer 200 mijl. De route is afgebeeld in figuur (6.4). Bij goed weer loopt de route voor 70 % langs de kust over open zee. Bij slechter weer kan de route ook verplaatst worden naar meer beschut water tussen de eilanden. Deze route wordt weergegeven door de stippellijn in de figuur. Of het dan ook mogelijk is het geheletraject met maximale snelheid te varen is nog niet onderzocht.

Dok deze route is een bestaande veerdienst welke wordt onderhouden door twee Westamaran W95 catamarans. Ter vervanging hiervan zijn twee jetrider surface effect ships besteld. Deze hebben een lengte van 33 meter en een snelheid van 42 knopen.

Het personenvervoer in dit fjordengebied is voor een groot deel aangewezen op snelle ferry's. Door het gebied lopen ten gevolge van de terrein gesteldheid zo weinig wegen dat snel vervoer over water de enige oplossing is. Wanneer men met de auto van Bergen naar Stavanger zou willen rijden, zou dit een afstand zijn van ongeveer 425 km. In de route zitten dan nog 4 veerboten met wachttijd opgenomen. Wanneer we uitgaan van een gemiddelde snelheid van 100 km/h, zou de reistijd dus 4 uur en een kwartier zijn zonder wachttijden bij de veren. Per snelle ferry (100 mijl met 50 kn) zou de reistijd minder dan twee uur bedragen. Dat vervoer over water in dit gebied een belangrijke plaats inneemt blijkt wel uit het grote aantal

veerdiensten dat in het gebied vaart.
De tabellen (6.1) en (6.2) geven voor het traject over open zee de golfgegevens (noordelijk deel van de Atlantische oceaan). Hieruit blijkt dat de maximale golfhoogte zal liggen rond de 4 meter. Tussen de eilanden zal de golfhoogte aanmerkelijk lager zijn. De diepgang van de te ontwerpen schepen mag in ieder geval gelijk zijn aan 1.5 meter. Dit is namelijk de diepgang van de Westamaraan W95. Andere gegevens betreffende de diepgang en dergelijke moeten nog worden onderzocht.

HOOFDSTUK 7: TECHNISCH-ECONOMISCHE ANALYSE

De opgave stelt dat in de tweede fase van het cursuswerk een technisch-economische analyse van de ontworpen vaartuigen gemaakt dient te worden. De analyse dient te worden opgezet als een vergelijking tussen SES en catamarans, van verschillende lengteklassen en snelheden, voor passagiers vervoer over twee vervoerstrajecten. De opgave stelt dat de ontwerpen van gelijke lengte klassen gelijke transportcapaciteit dienen te hebben. Dit is niet haalbaar. Het zou niet mogelijk zijn optimale ontwerpen te maken wanneer de eis van gelijke transport capaciteit bindend is. De vergelijking zou in dit geval al niet meer eerlijk zijn en wellicht uitvallen in het voordeel van het vaartuig dat als eerste ontworpen is. Om deze reden is in overleg besloten de eis van gelijke transportcapaciteit te laten vallen.

De economische vergelijking tussen de verschillende ontwerpen kan het best gemaakt worden op basis van Required freight rate. In de technische analyse dienen andere zaken aan de orde te komen, welke bij de keuze van een reder/gebruiker van belang kunnen zijn.

7.1 ECONOMISCHE ANALYSE

De enige manier om ontwerpen van ongelijke transportcapaciteit te vergelijken is met behulp van het required freight rate. Dit wordt nog eens geïllustreerd door figuur (7.1). Het required freight rate gaat uit van de kosten per passagier per mijl. wanneer deze kosten voor ieder ontwerp bekend zijn, kunnen de ontwerpen onderling vergeleken worden.

Het required freight rate wordt verkregen door de gemiddelde jaarlijkse kosten te delen door de jaarlijkse transportcapaciteit.

$$RFR = \frac{AAC}{C} = \frac{\text{Kosten (per jaar)}}{\text{Passagiers . mijl (per jaar)}}$$

met:

RFR = Required freight rate
AAC = Average annual cost
C = Jaarlijkse transportcapaciteit

De gemiddelde jaarlijkse kosten zijn onder te verdelen in:

- Kapitaalskosten
- Operationele kosten

Benford (lit.30) definieert de gemiddelde jaarlijkse kosten als:

$$AAC = (CRF)_N^i \cdot P + Y$$

waarin: CRF = Capital recovery factor
P = Investering

Y = Jaarlijkse operationele kosten
(CRF).P = Kapitaalskosten op jaarbasis

De investering welke gedaan wordt om het vaartuig aan te schaffen wordt P genoemd. Er wordt vanuit gegaan dat het schip in N jaren terug betaald moet zijn uit de opbrengsten. Wanneer geen rekening gehouden zou worden met de rente, zou dus jaarlijks P/N gulden terug betaald moeten worden.

Wanneer wel rekening gehouden wordt met de rente (over vastliggend geld wordt geen rente verkregen) is dit bedrag hoger, namelijk:

$$(CRF)_N^i \cdot P$$

waarin: i = het rentepercentage

N = Het aantal jaren waarin de investering moet zijn terug verdient.

Voordat de kapitaalskosten berekend kunnen worden dient dus bekend te zijn in hoeveel jaren de investering terug verdient moet zijn. Hoe korter deze termijn, hoe groter de jaarlijkse kapitaalskosten zijn. De waarde van de capital recovery factor (CRF) wordt gegeven in tabel (7.1) voor verschillende i en N.

De operationele kosten kunnen worden onderverdeeld in dagkosten en reiskosten. De dagelijkse kosten bestaan uit:

- Bemanningskosten
- Onderhouds- en reparatiekosten
- Assurantiekosten
- Smeeroliekosten
- Beheerskosten
- Overige kosten

Deze kosten zijn vast, ongeacht of het schip vaart of niet.

De reiskosten bestaan uit:

- Brandstofkosten
- Laad- en loskosten
- Havenkosten
- Kanaal gelden etc.
- Overige reiskosten

Dit worden ook wel de variabele kosten genoemd.

Gegevens welke uit de eerste fase van het cursuswerk bekend moeten worden zijn:

- Passagierscapaciteit
- Aantal mijlen dat per jaar gevaren wordt
- Brandstofverbruik
- Smeerolieverbruik
- Aantal bemanningsleden
- Schatting van de investering aan de hand van de bouwkosten.

Verschillende kosten zullen geschat moeten worden of op een andere manier verkregen moeten worden.

7.2 TECHNISCHE ANALYSE

In de technische analyse dienen zaken aan de orde te komen welke voor de reder/gebruiker van de vaartuigen van belang kunnen zijn bij het doen van een keuze uit de verschillende ontwerpen.

Er zal gekeken moeten worden naar zaken als:

- Betrouwbaarheid van de vaartuigen
- Onderhoudstermijnen en toegankelijkheid
- Flexibiliteit bijvoorbeeld de mogelijkheid om economisch te varen bij lage snelheden
- Manoeuvreerbaarheid
- Inzetbaarheid, down time door het weer en zeegang
- Relatie passagiersaanbod/passagierscapaciteit etc.

Veel van deze punten zullen na het voorontwerp nog niet aan analyse toe zijn omdat nog te weinig gegevens bekend zijn.

Wel kunnen enige van deze punten kwalitatief bekeken worden.

LITERATUUR

- (1) Design and application of modern high speed catamarans
E.D.Fry & T.Graul
Marine Technology 1972
- (2) High speed catamarans, Their characteristics and roles in
modern warfare. C.D.Curtis & J.P.Sutcliffe
Fifth high speed surface craft conference
- (3) Hydrodynamic features of high speed catamarans
S.G.Yermotayev e.a.
Soviet shipbuilding journal augustus 1976
- : — (4) Catamarans...find worldwide demand for their stability, economy
and speed.
Veritas sept./oct. 1983
- (5) The catamaran as a fast patrol boat
T.J.Johnson
Ship & Boat international May 1986
- (6) Hycat: Hybrid hydrofoil catamaran concept
D.E.Calkins
Ocean engineering vol.11 1984
- (7) Discussion notes for a review of progress in design of large
SES. W.F.Perkins
Marine technology july 1975
- (8) An analysis of rigid sidewall surface effect craft for high
speed personnel transportation.
E.R.Miller, jr
Marine technology january 1970
- (9) Some special problems in surface effect ships
R.D.Waldo
SNAME advanced marine vehicles meeting May 1967
- (10) Captured air bubble vehicle progress report
A.G.Ford
SNAME advanced marine vehicles meeting May 1967
- (11) Captured air bubble vehicle stability tests
R.A.Wilson
SNAME advanced marine vehicles meeting May 1967
- (12) The surface effect ship
E.A.Butler
Naval engineers journal february 1985
- (13) Experimental study on the resistance of twin hulled air
cushion vehicles.

H.Ozawa e.a

Japan shipbuilding & marine engineering vol.11 nr 1 1977

- (14) The Dynamic response of surface effect ships in head seas using model simulation.
B.R.Clayton, R.Webb
Fifth international high speed surface craft conference
May 1986 Southampton
- (15) Development of the Bell Halter 110 SES
J.B.Chaplin
Journal of hydronautics April 1981
- (16) The domain of the surface effect ship
W.J.Eggington & N.Kobitz
SNAME sept. 1975
- (17) The HM500 series of sidewall hovercraft
E.G.Tattersall
Naval Architect febr. 1984
- (18) Variants of the Vosper Hovermarine SES designs
E.G.Tattersall
High speed surface craft conference May 1983 London
- (19) Noise and vibration control techniques for the U.S.Navy
3000-LT surface effect ship.
G.L.Fox
Marine technology jan. 1980
- (20) Air cushion craft development (first revision)
P.J.Mantle
DTNSRDC 80/012 (4727 revised) 1980
- (21) Geavanceerde scheepstypen
Dr.ir.P.v.Oossanen
Schip en werf 1983 nr.4
- (22) Materials in hovercraft
B.J.Russell
High speed surface craft dec. 1981
- (23) Fast ferry and crewboat census 1986
High speed surface craft march-april 1986
- (24) Hydrodynamics of high speed small craft
L.J.Doctors
University of Michigan. Dept. of nav. arch. and mar.eng.
no.292 jan.1985
- (25) Water,air and interface vehicles
P.Mandel
Massachusetts institute of technology april 1969

- (26) Semi planning catamarans, study of resistance and resistance prediction
A.J.Oving
5^e jaars cursuswerk TH Delft Mar. Techn.
Wageningen augustus 1985
- (27) Resistance prediction method for semi planning catamarans with symmetrical demihulls
A.J.Oving
Afstudeeropdracht TH Delft Mar. Techn.
Wageningen december 1985
- (28) Waterjet drive, aspects of it's use and it's place among propulsion systems
R.G.Parker e.a
International conference on propulsion for small craft
RINA Nov.9&10 1982
- (29) Economic criteria for ship design optimisation
ir.Th.M.Oostinjen
Schip en werf 1972 nr.23
- (30) A second look at the measures of merit in ship design
H.Benford
University of Michigan Dept. of nav.arch. and mar. eng.
no.223 july 1982
- (31) Relatie tussen ontwerp en kostprijs van schepen
ing.J.Punt
College MT 6 TH Delft maart 1985
- (32) Relatie tussen ontwerp en operationele kosten van schepen
ing.J.Punt
College MT 6 TH Delft maart 1985
- (33) RMT completes five years of Jetfoil operations
High speed surface craft may-june 1986
- (34) HYF Hongkong & Yaumati ferry company
High speed surface craft jan-febr. 1985
- (35) On second leg of round trip
M.McRoberts
Marine engineering/log sept.1984
- (36) First catamaran introduced by Sealink British ferry's
High speed surface craft march-april 1986
- (37) Fast ferry development reviewed at conference
High speed surface craft May-june 1986
- (38) High speed crewboat and utility craft directory 1986
High speed surface craft May-june 1986

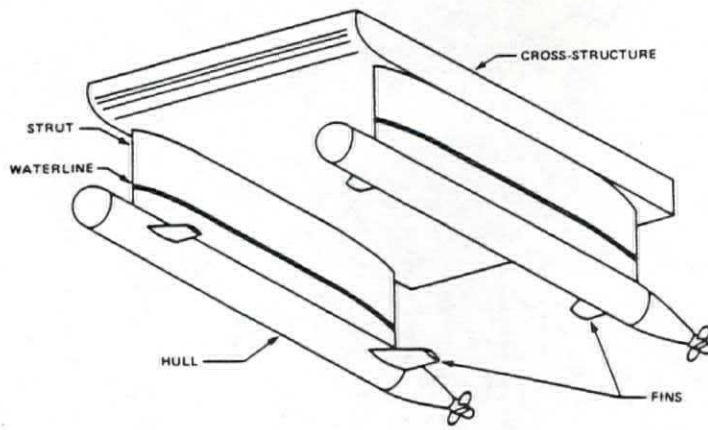


FIG. (2.1): SWATH (Lit 21)

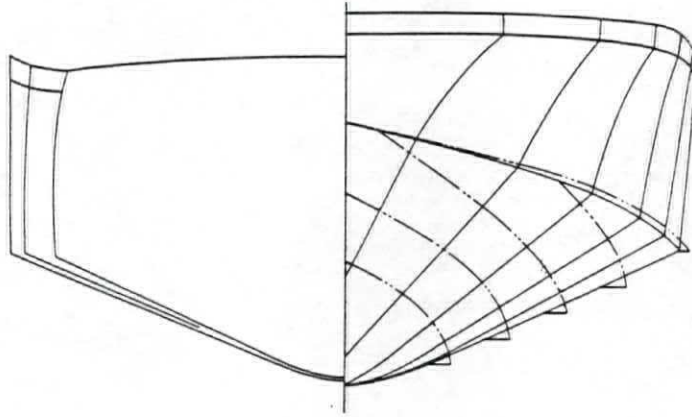


FIG. (2.2): Spantenraam van een Hard chine planning hull (Lit 21)

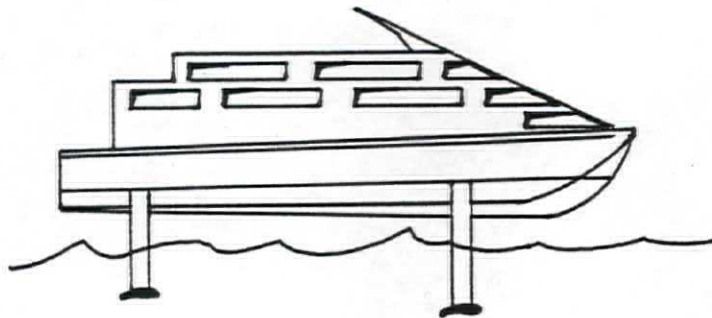


FIG. (2.3): Principe schets van een hydrofoeil in foil-borne conditie

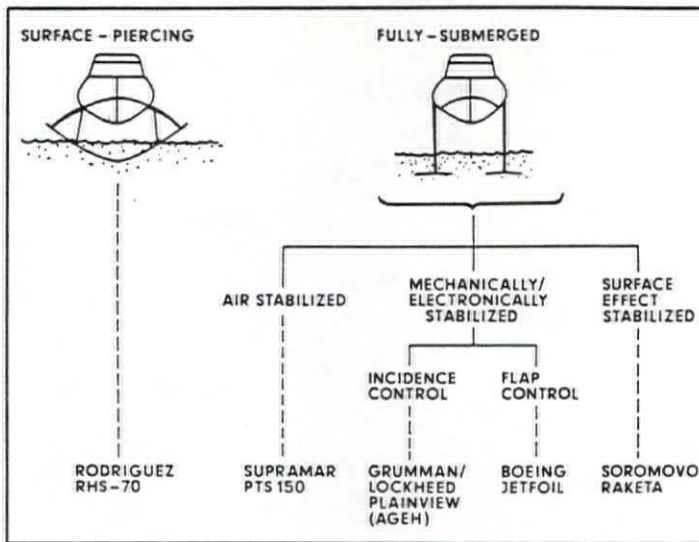


FIG. (2.4): Fully submerged- en Surface piercing hydrofoils (Lit 21)

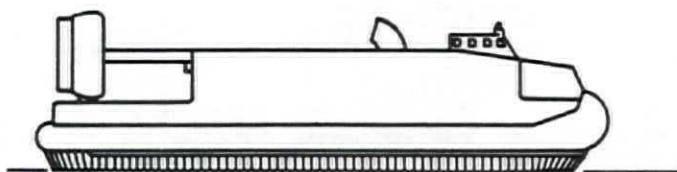


FIG. (2.5): Schets van een Hovercraft

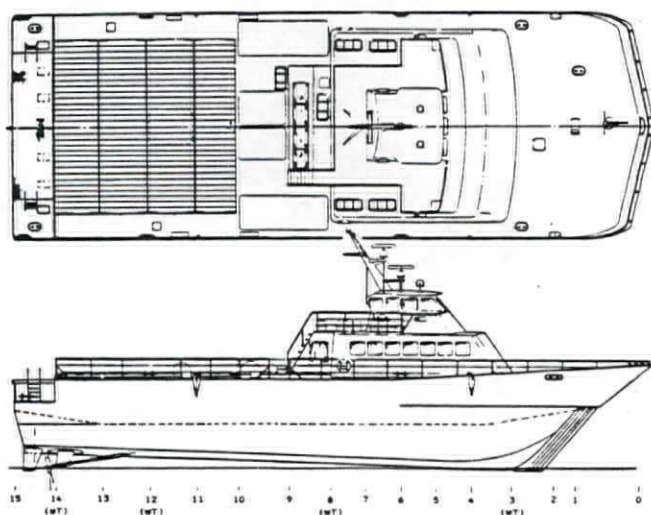


FIG. (2.6): Surface effect ship. (BH 110) (Lit 15)

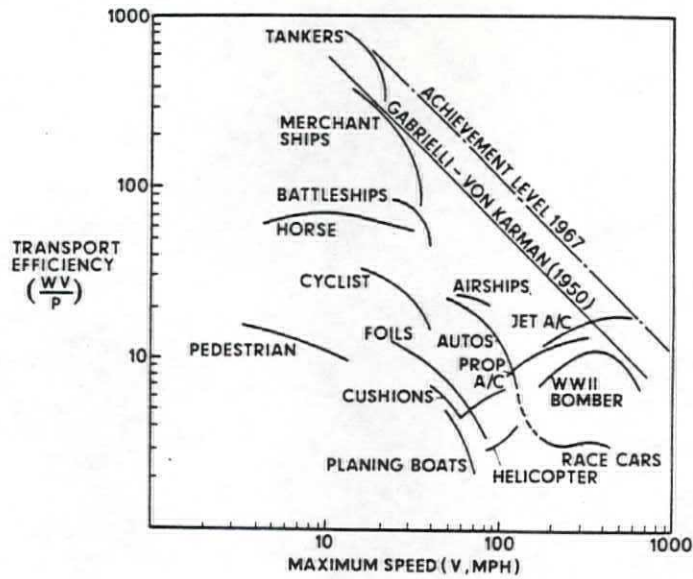


FIG. (2.7): Het transportrendement van verschillende transportmiddelen als functie van de snelheid (Lit 21)

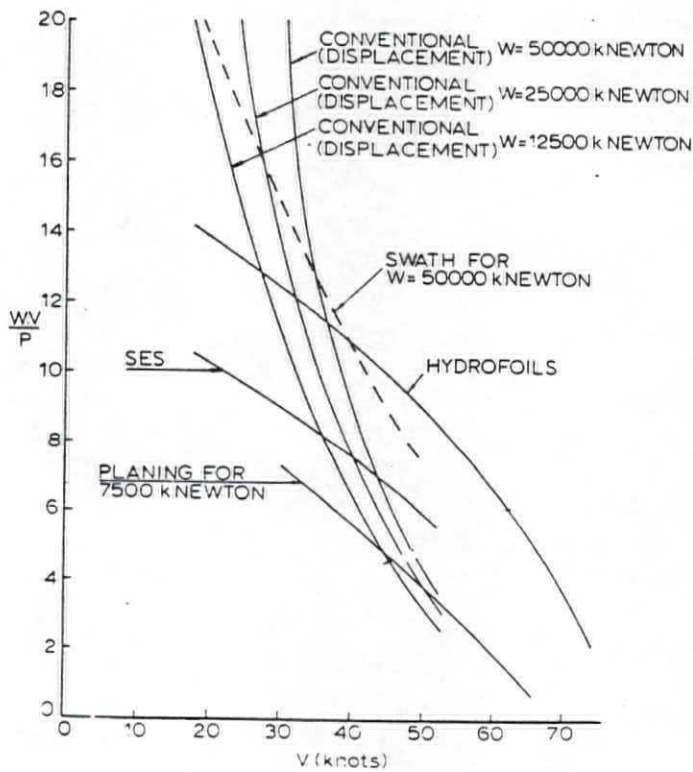


FIG. (2.8): Het transportrendement van conventionele en geavanceerde vaartuigen als functie van de snelheid (Lit 21)

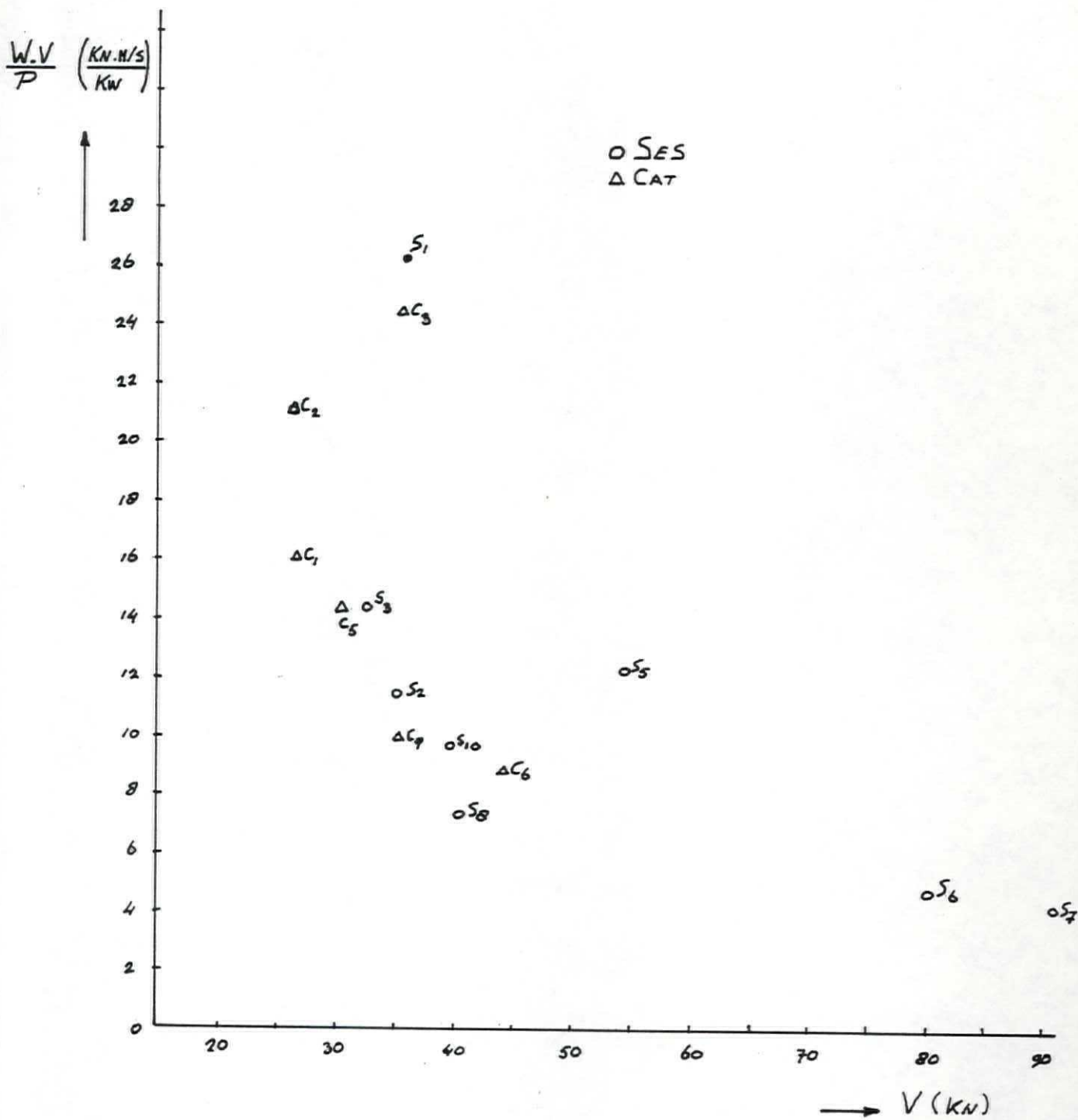


FIG. (2.9): Transport efficiency van Ses en Cats uit de literatuur
 (Voor de nummering zie de schepen in de bijlagen)

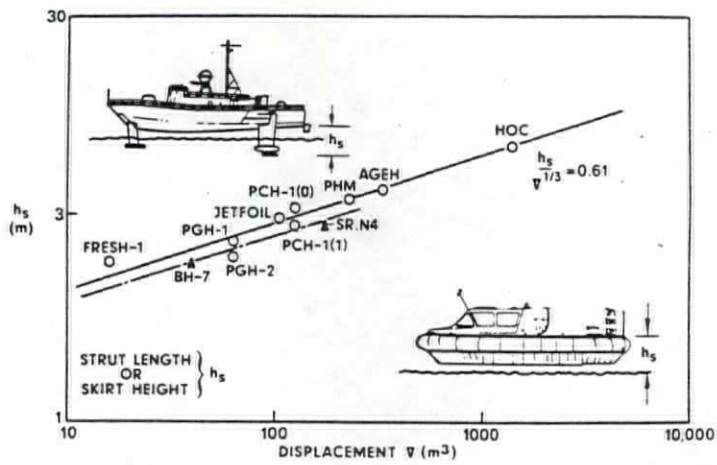


FIG. (2.10): Verband tussen de effectieve hoogte van draagvleugel en luchtkussenschepen boven het wateroppervlak (h_s) en de scheepsgrootte (L_{ik} 21)

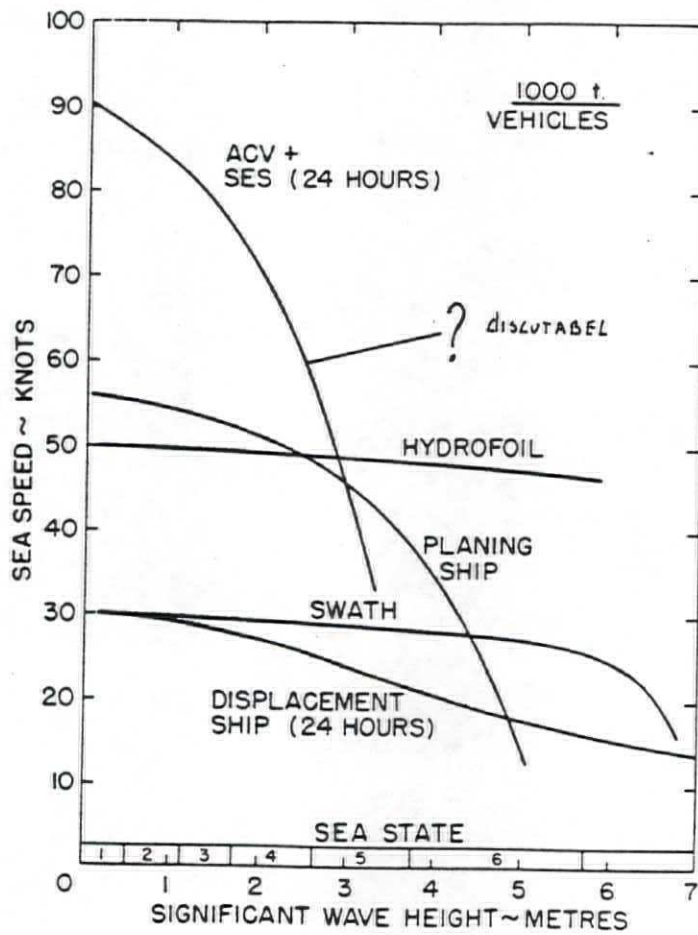


FIG. (2.11): Verband tussen de maximum haalbare snelheid in golven van verschillende typen schepen als functie van de significante golfhoogte. (L_{ik} 21)

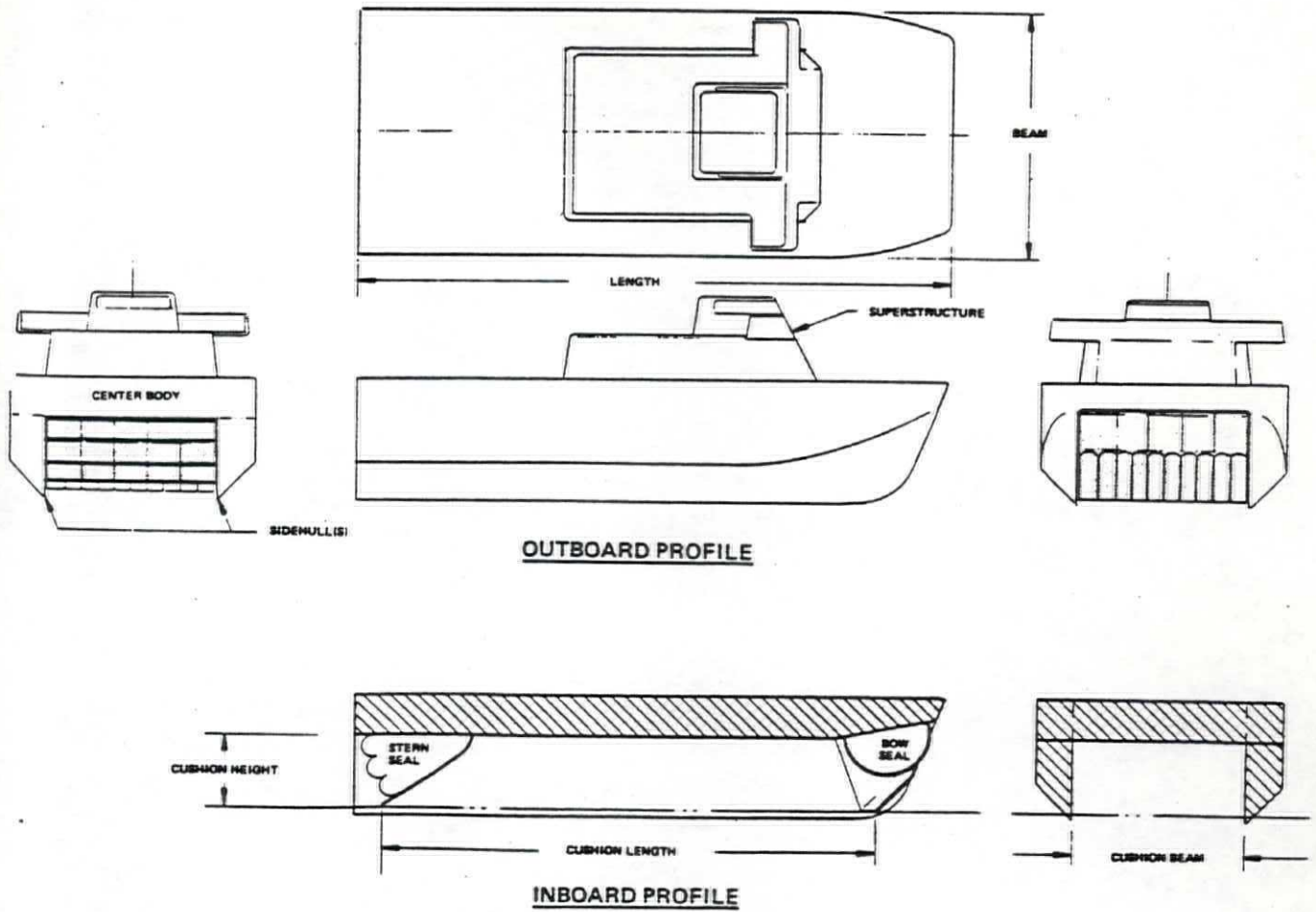


FIG. (3.1): Principe schets van een surface effect ship
(Lit 12)

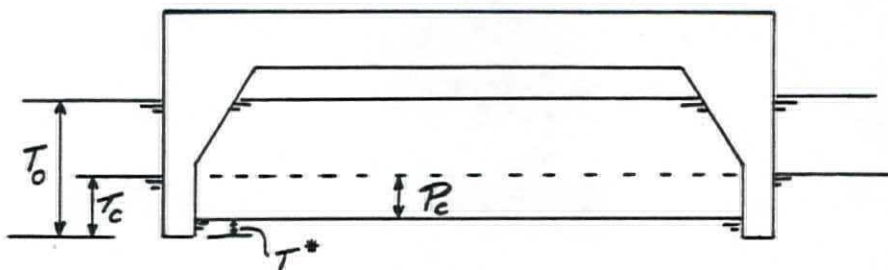


FIG. (3.2): Verband tussen kussendruk en diepgang

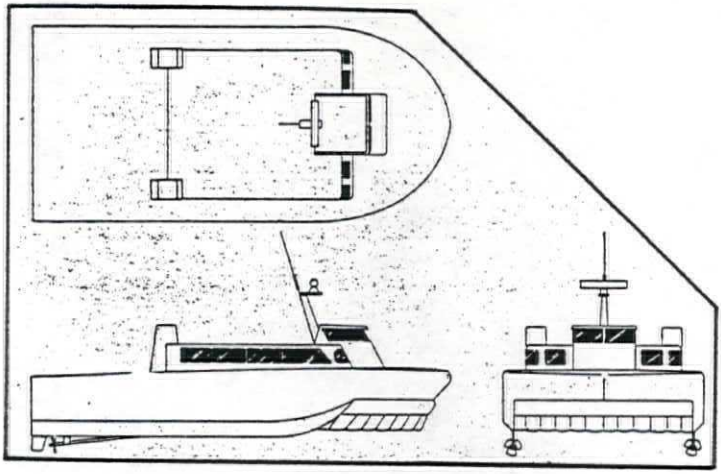


FIG. (3.3): 2/3 L sidehull met "wrap around seal" (Lit 8)

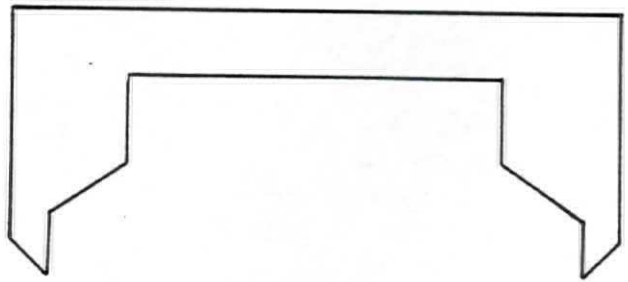


FIG. (3.4): Schematische doorsnede van de sidehulls van een SES

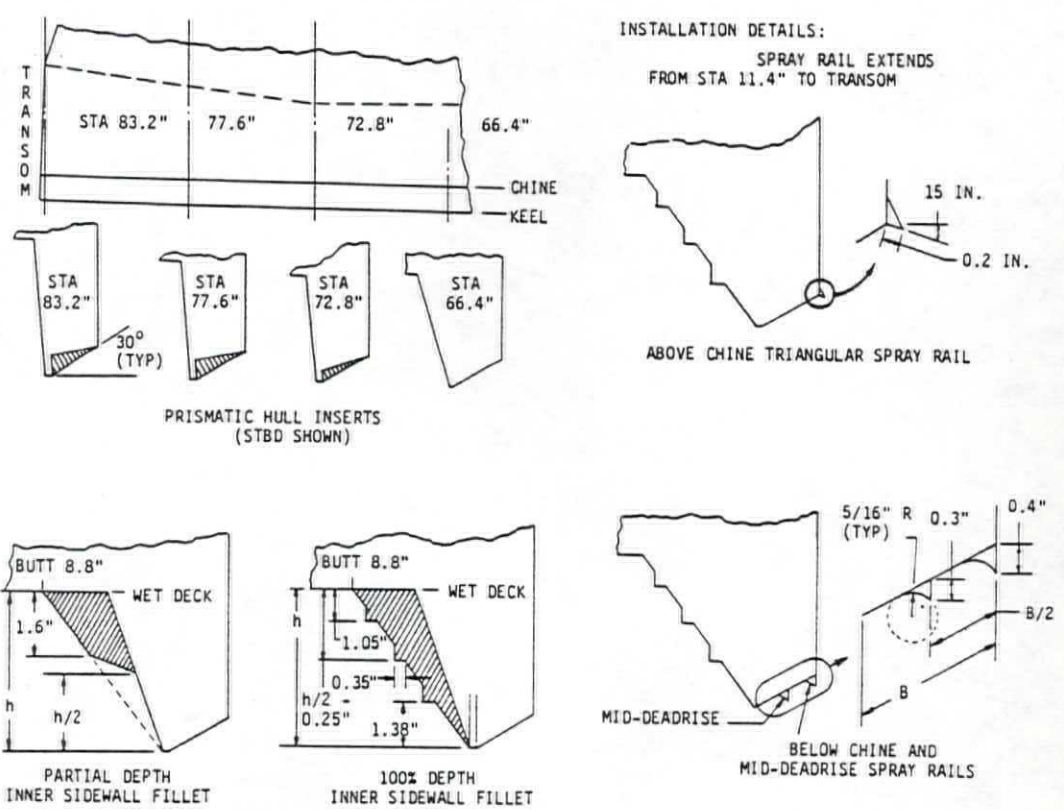


FIG. (3.5): Hard chines and spray rails (Lit 15)

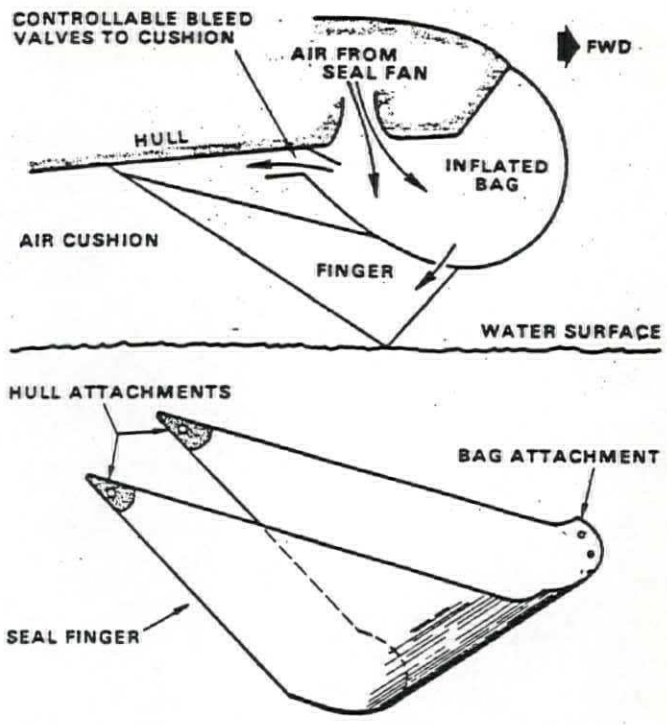


FIG. (3.6): Bag and finger bow seal
(Lit 12)

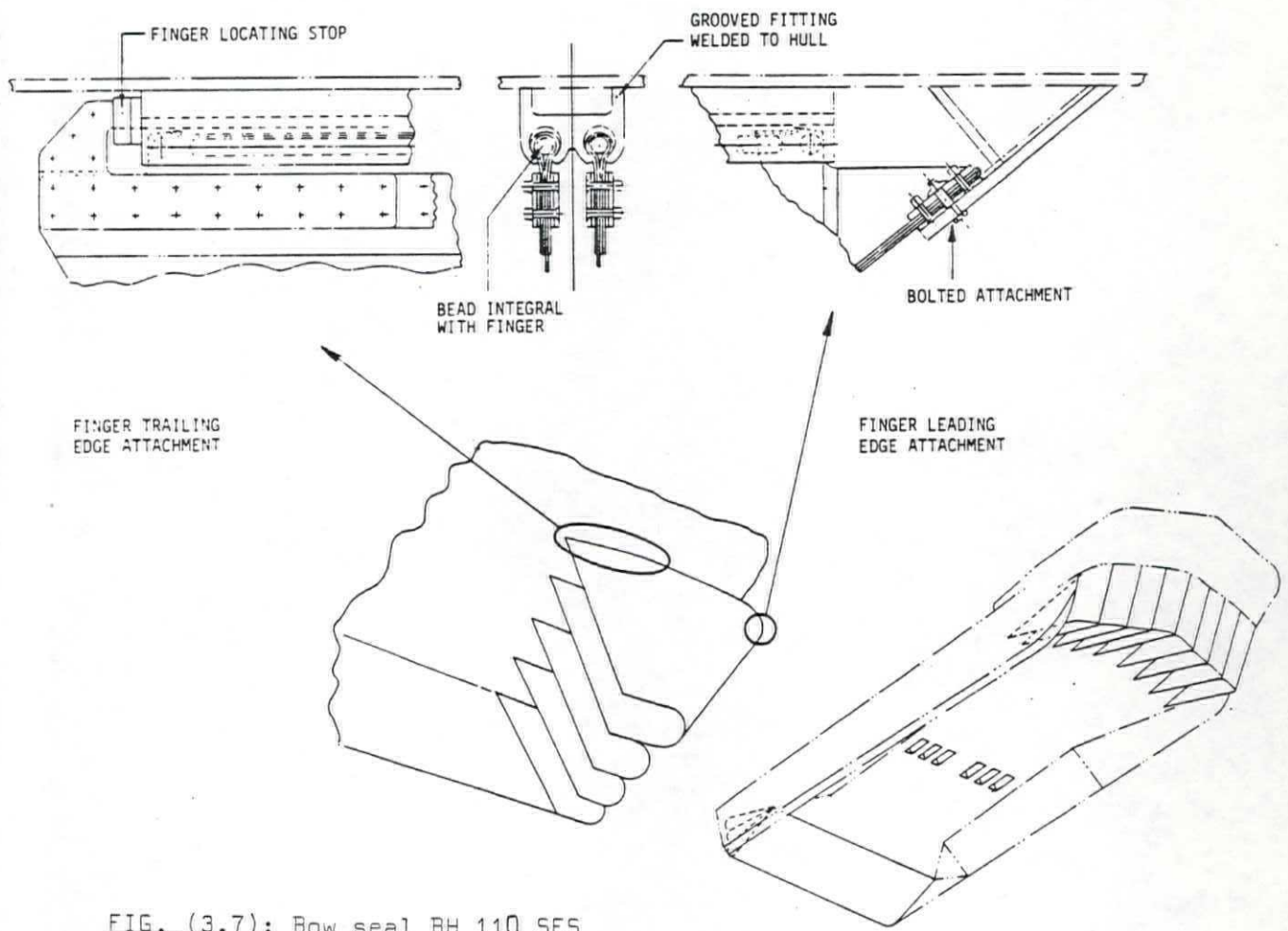


FIG. (3.7): Bow seal BH 110 SES
(Lit 15)

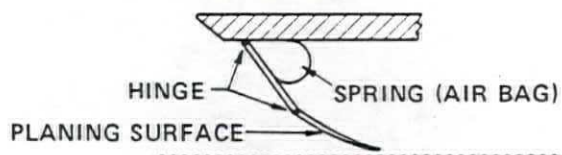


FIG. (3.8): Bow seal bestaande uit panelen

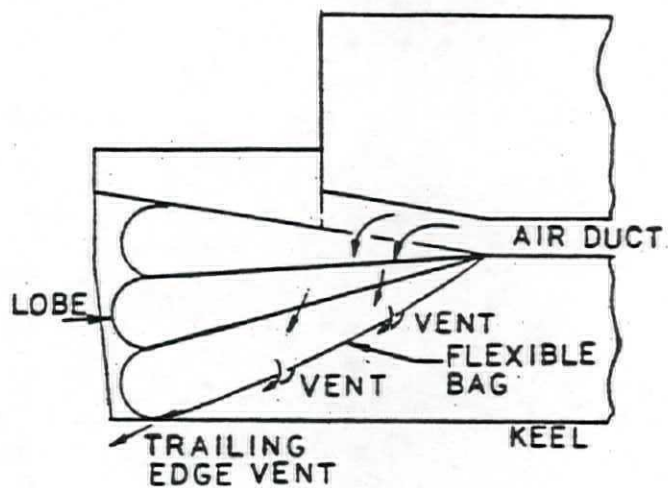


FIG. (3.9): Stern seal

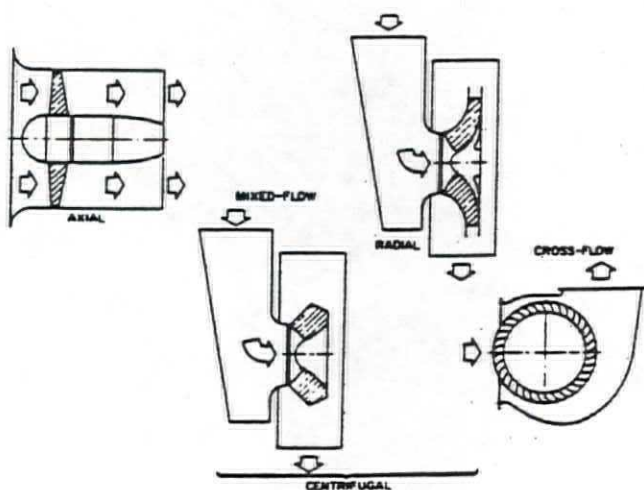


FIG. (3.10): Vier hoofdtypen ventilatoren
(Lit 12)

FIG. (3.11): Vector representatie van de golfmakende weerstand (Lit 12)

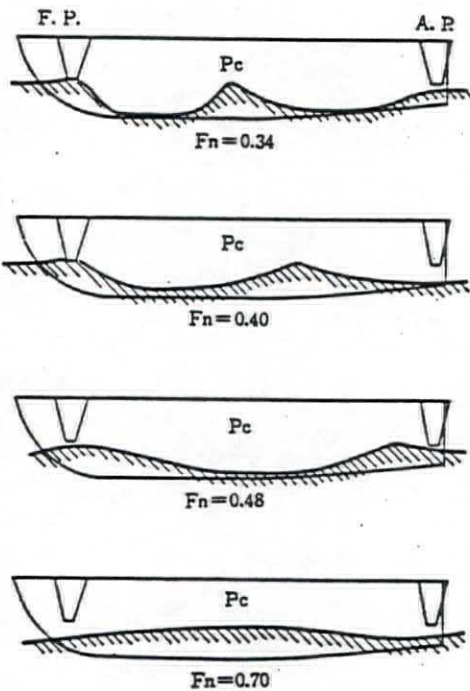
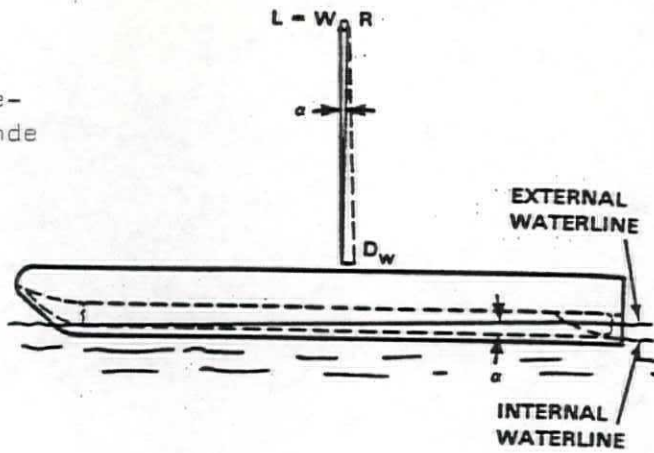


FIG. (3.12): Golfprofielen in de interne waterlijn voor een model bij verschillende froude getallen (Lit 13)

FIG. (3.13): Verband tussen de weerstand en de L/B verhouding voor een 4000 tons SES (Lit 9)

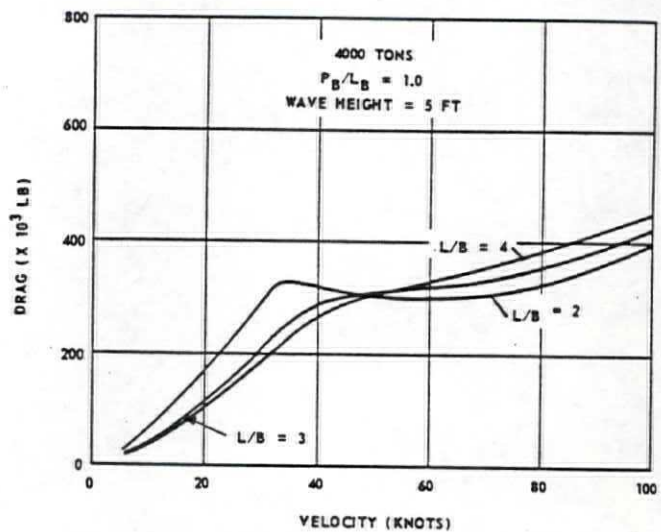


FIG. (3.14): Weerstandscomponenten van een SES met $L/B = 2.0$ (L,t 12)

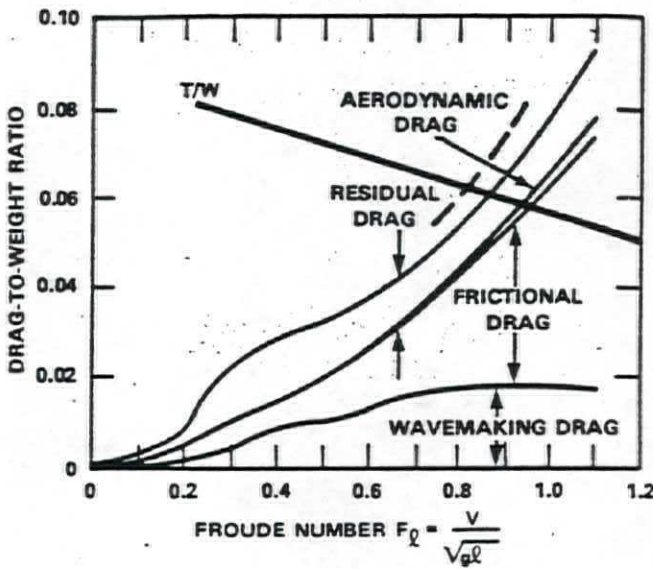
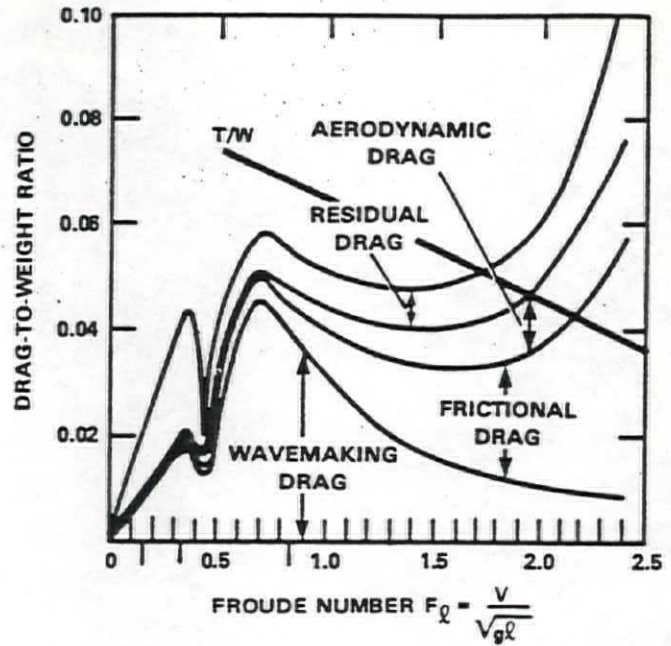
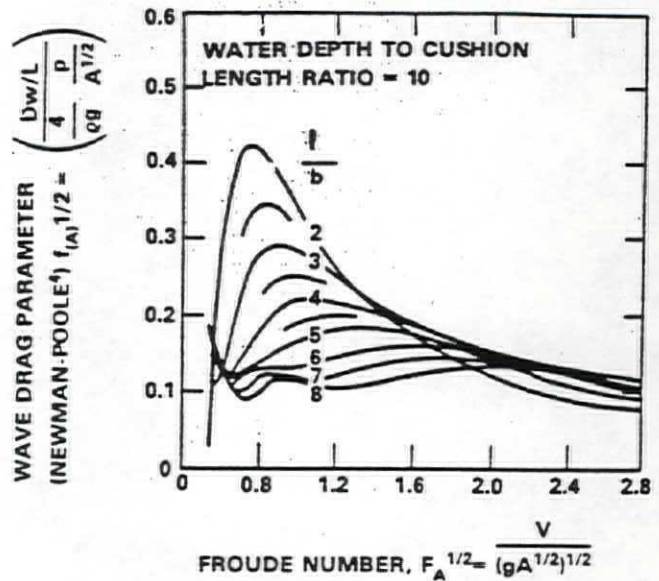


FIG. (3.15): Weerstandscomponenten van een SES met $L/B = 6.0$ (L,t 12)

FIG. (3.16): Golfweerstandsparameter tegen froude gerelateerde parameter (L,t 12)



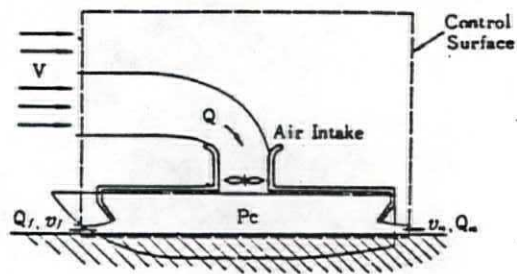


FIG. (3.17): Definitie schets impulsweerstand berekening (Lit 15)

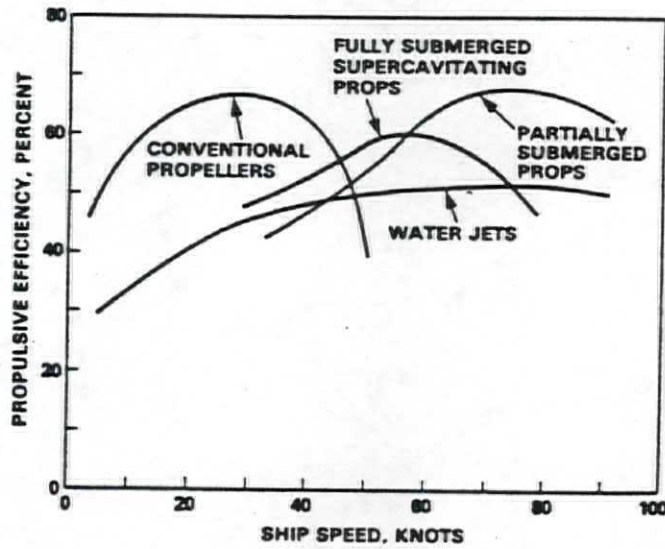


FIG. (3.18): Voortstuwingsrendement van verschillende soorten voortstuwers (Lit 12)

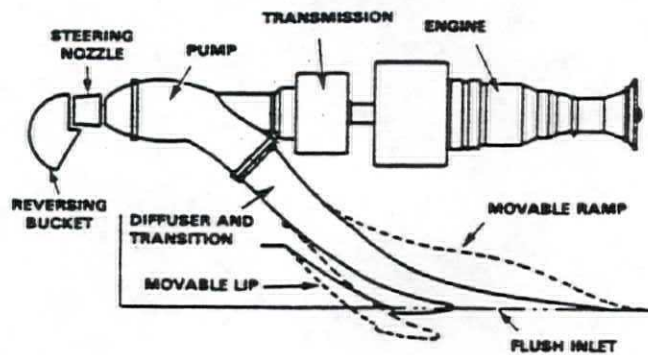


FIG. (3.19): Principe schets van een waterjet systeem (Lit 12)

FIG. (3.20): Manouvreren met behulp van twee waterjets (Lit 28)

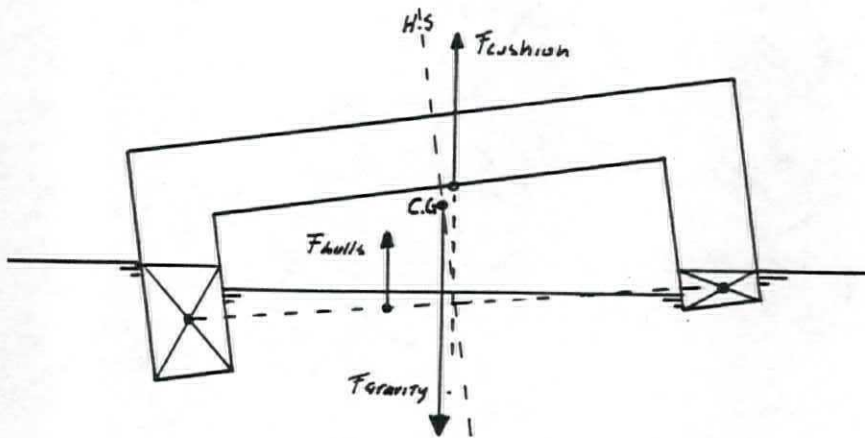
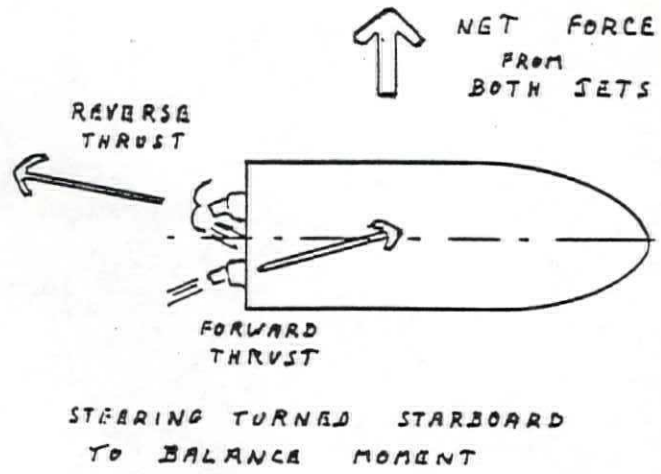


FIG. (3.21): Kenterend moment veroorzaakt door verschuiving van het kussendrukkingspunt

FIG. (3.22): Stabiliteit t.g.v dynamische krachten.

A: Kenterend moment

B: Oprichtend moment

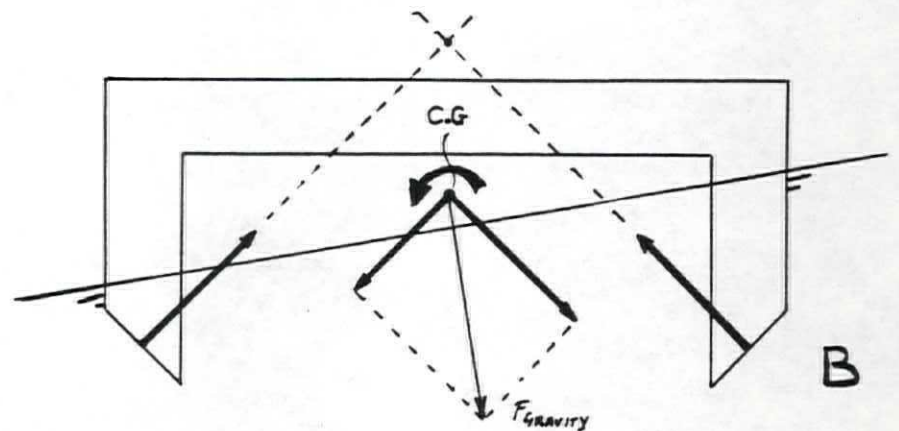
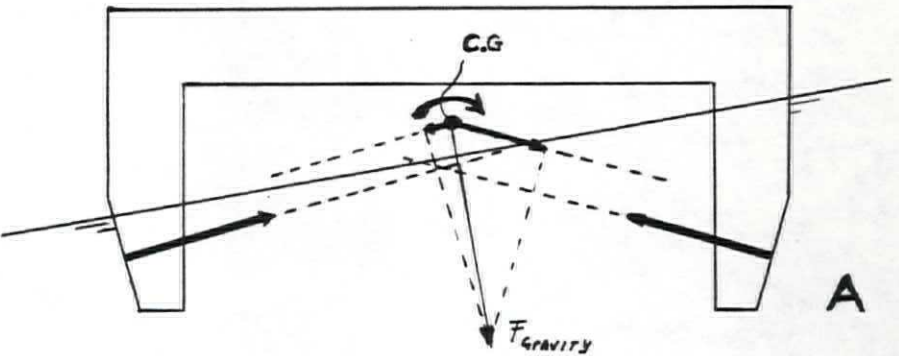


FIG. (3.23): Acceleratie van SES 100B zonder Ride control (Lit 10)

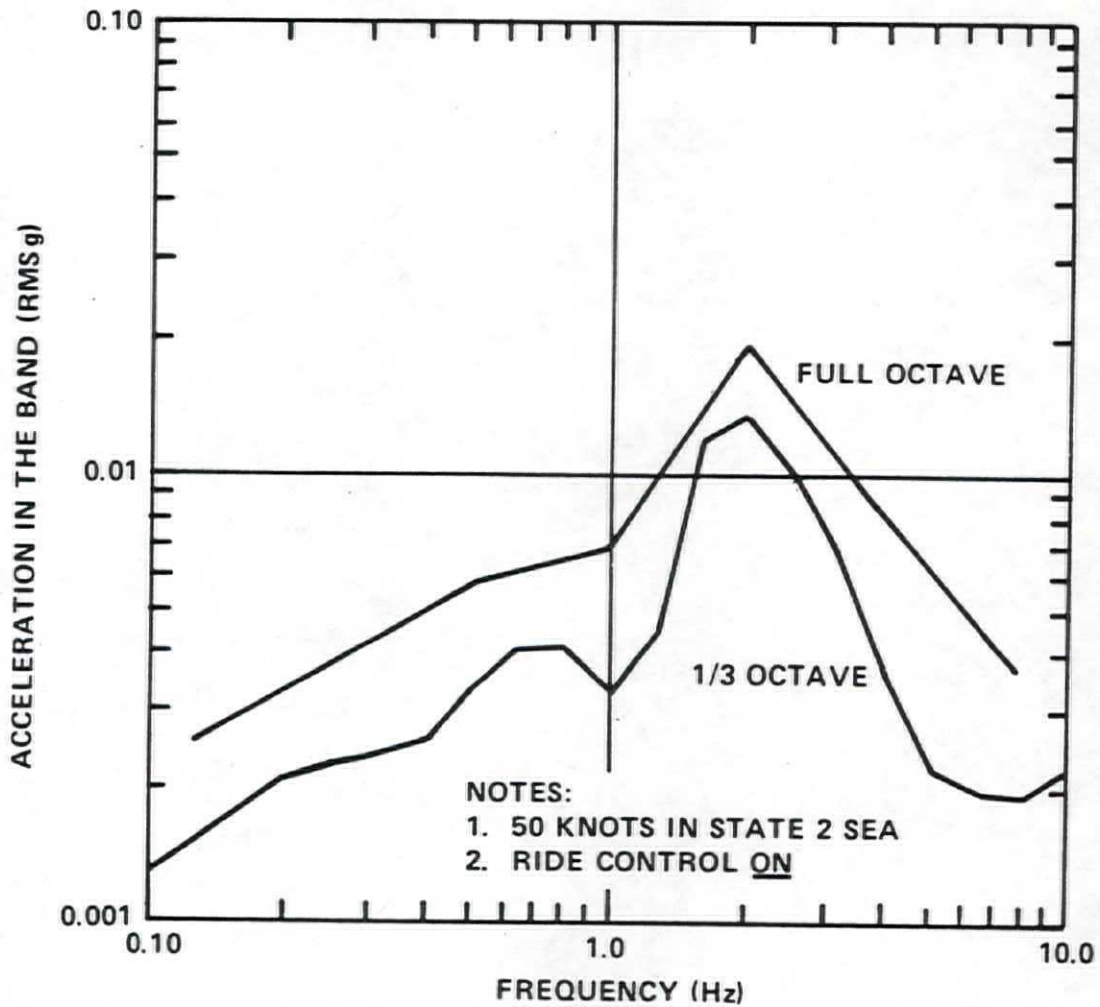
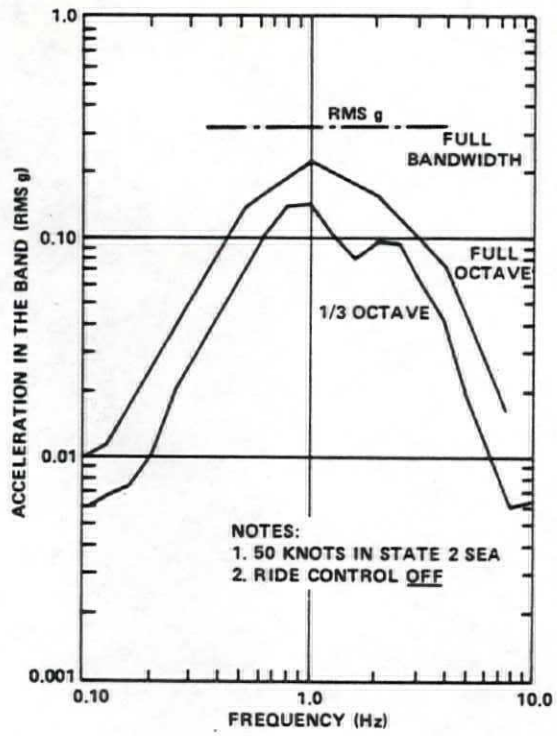


FIG. (3.24): Acceleratie van SES 100B met Ride control (Lit 10)

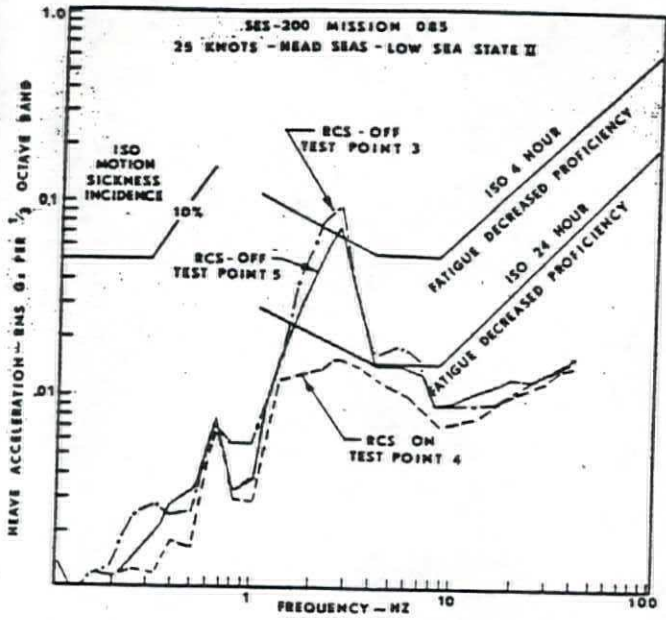


FIG. (3.25): Heave acceleration
SES-200 (Lit 12)

FIG. (3.26): Constructie van
de BH 110 SES
(Lit 15)

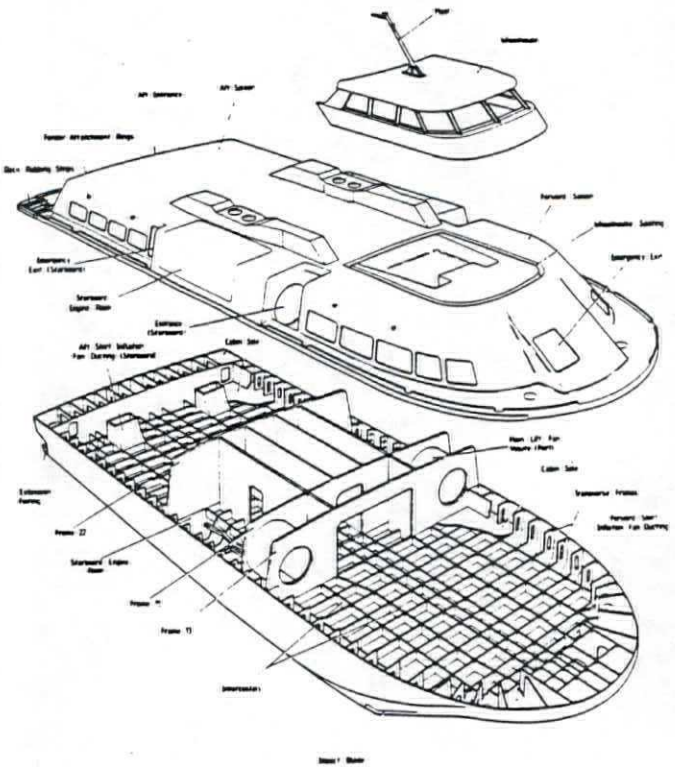
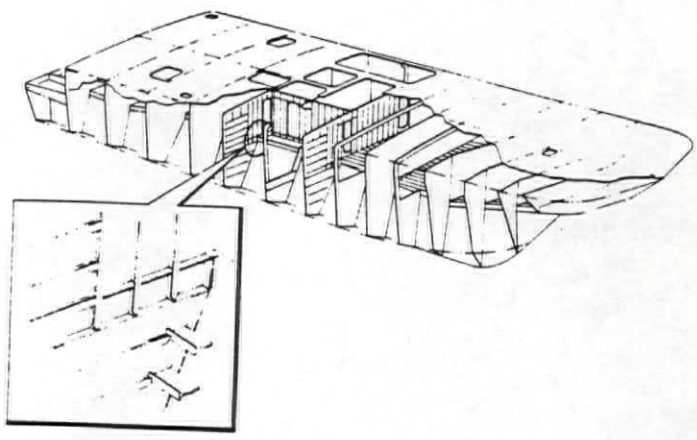


FIG. (3.27): Constructie
van de HM 500 hovermarine
(Lit 17)

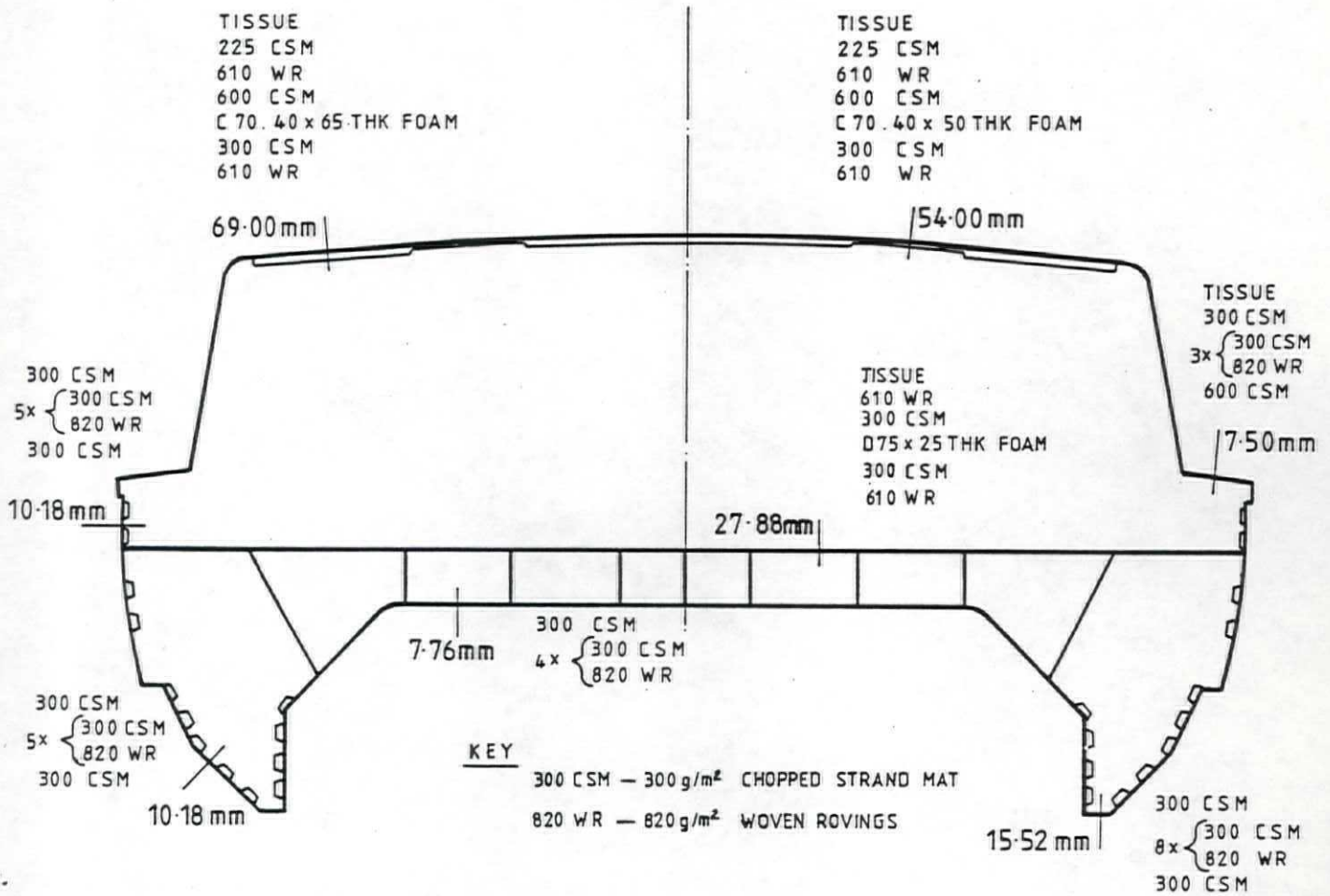


FIG. (3.28): Typische dwarsdoorsnede van de HM 500 GRP constructie (Lit 17)

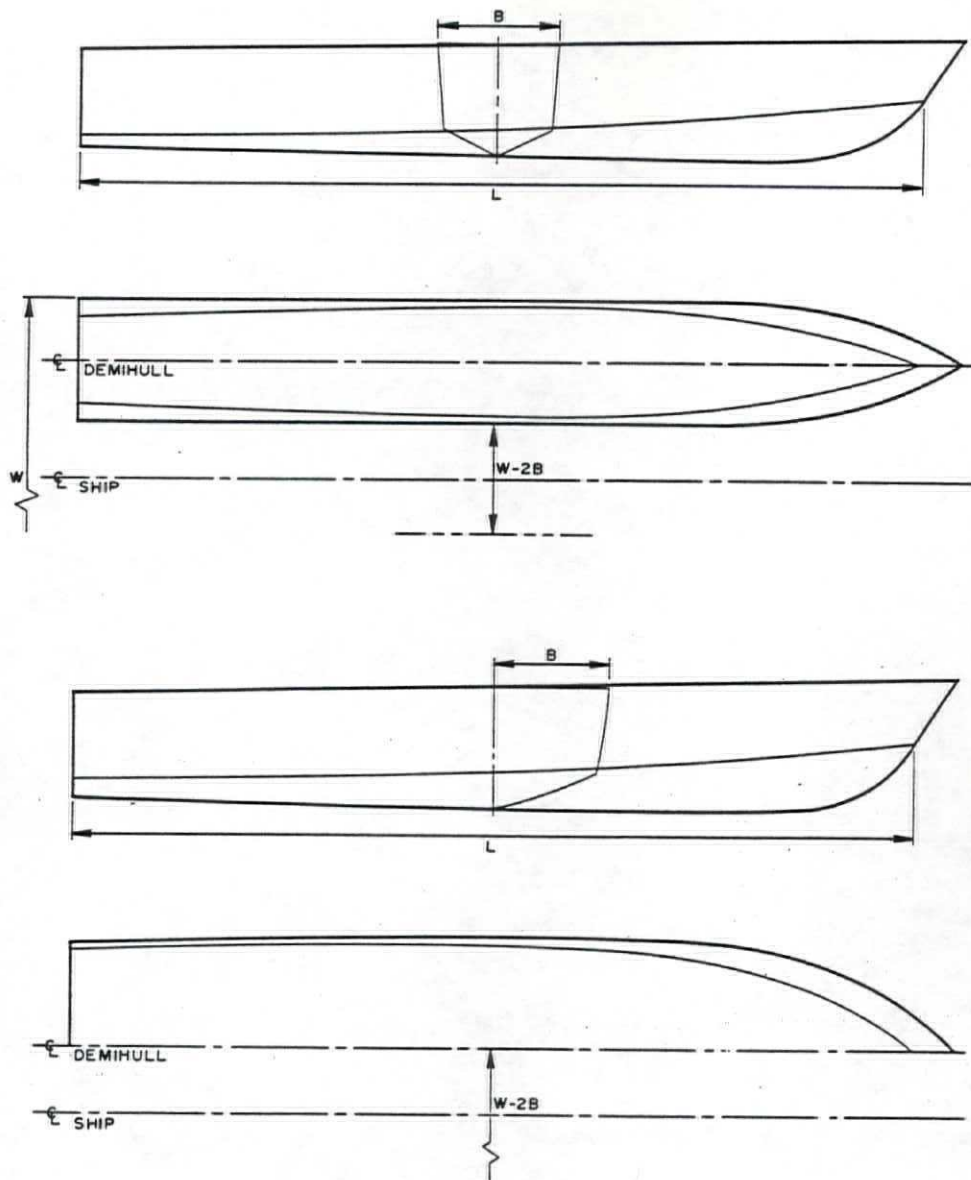


FIG. (4.1): Catamaran rompvormen
 Boven: symmetrisch romp nummer 1177
 Onder: asymmetrisch rompnummer 1179
 (Lit 1)

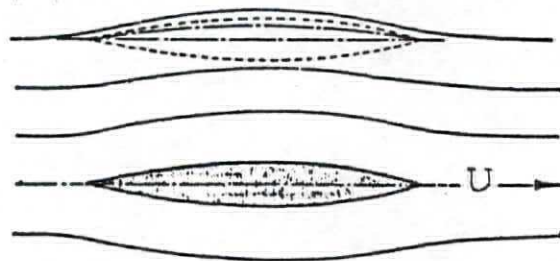


FIG. (4.2): Body interference (Lit 3)

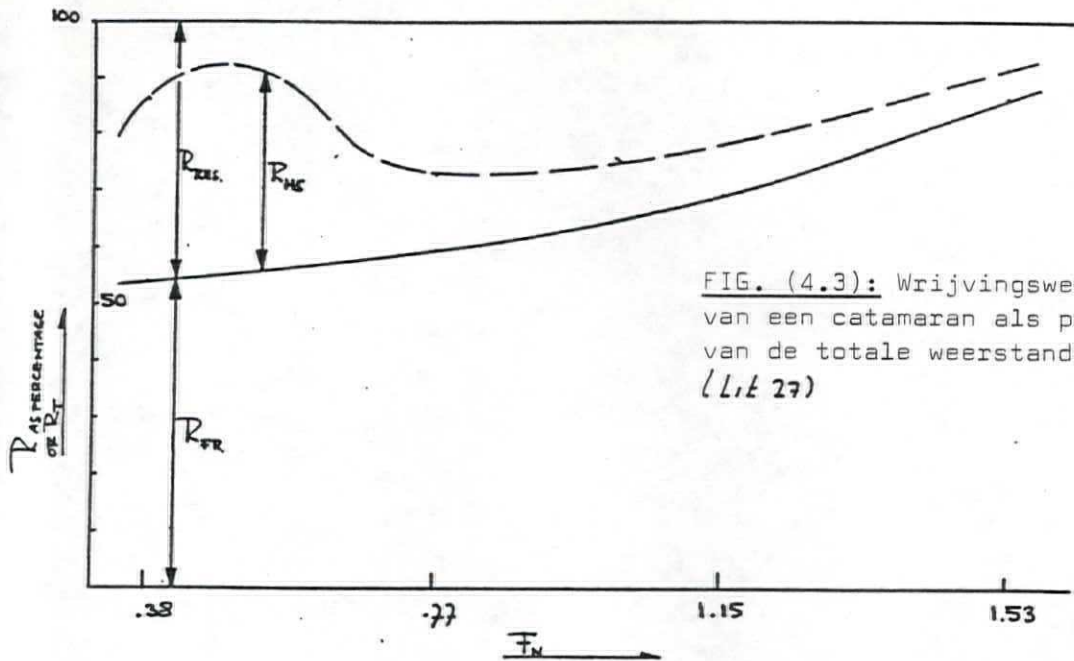


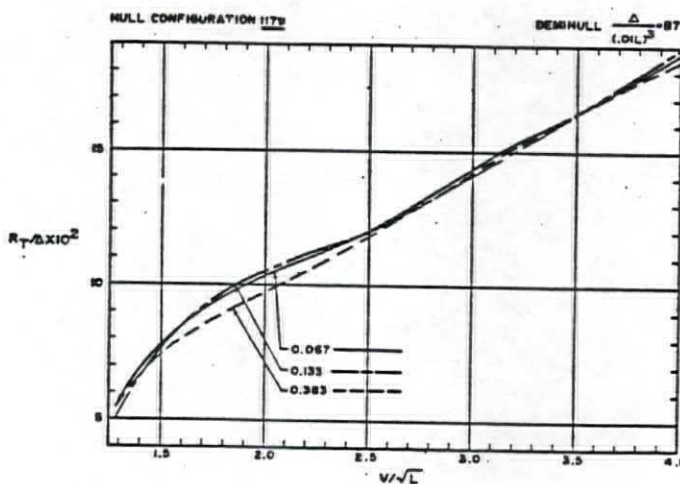
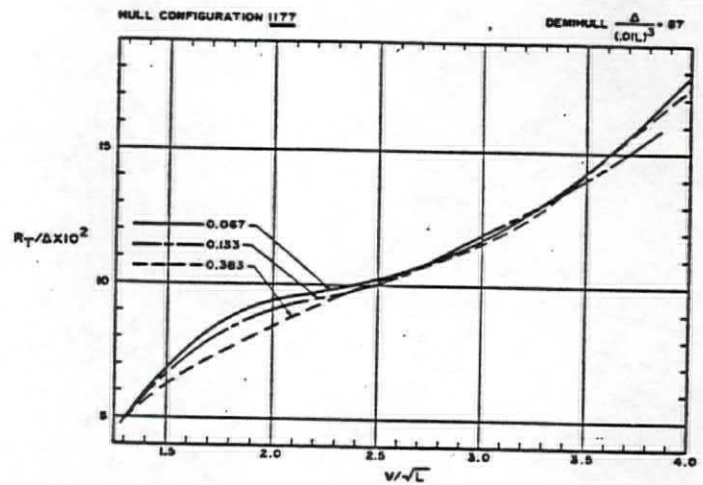
FIG. (4.3): Wrijvingsweerstand (R_{fR}) van een catamaran als percentage van de totale weerstand (Lit 27)

FIG. (4.4): Specifieke weerstandskrommen van de rompen in figuur (4.1) voor verschillende hull-spacings.

Boven: Romp 1177

Onder: Romp 1179

(Lit 1)



Length Cushion
 Length Sidehull Keel
 Beam Cushion
 Mean Cushion Pressure
 Weight Craft
 Inside Wetted Area on cushion
 Outside Wetted Area per hull on cushion
 Submerged Transom Area per hull on cushion
 Projected frontal area above waterline
 Profile Resistance Coefficient
 Mass Density of water
 Lift system efficiency
 Cushion/Total displacement ratio

FIG. (5.1): Input data SES computer weerstandsschatting

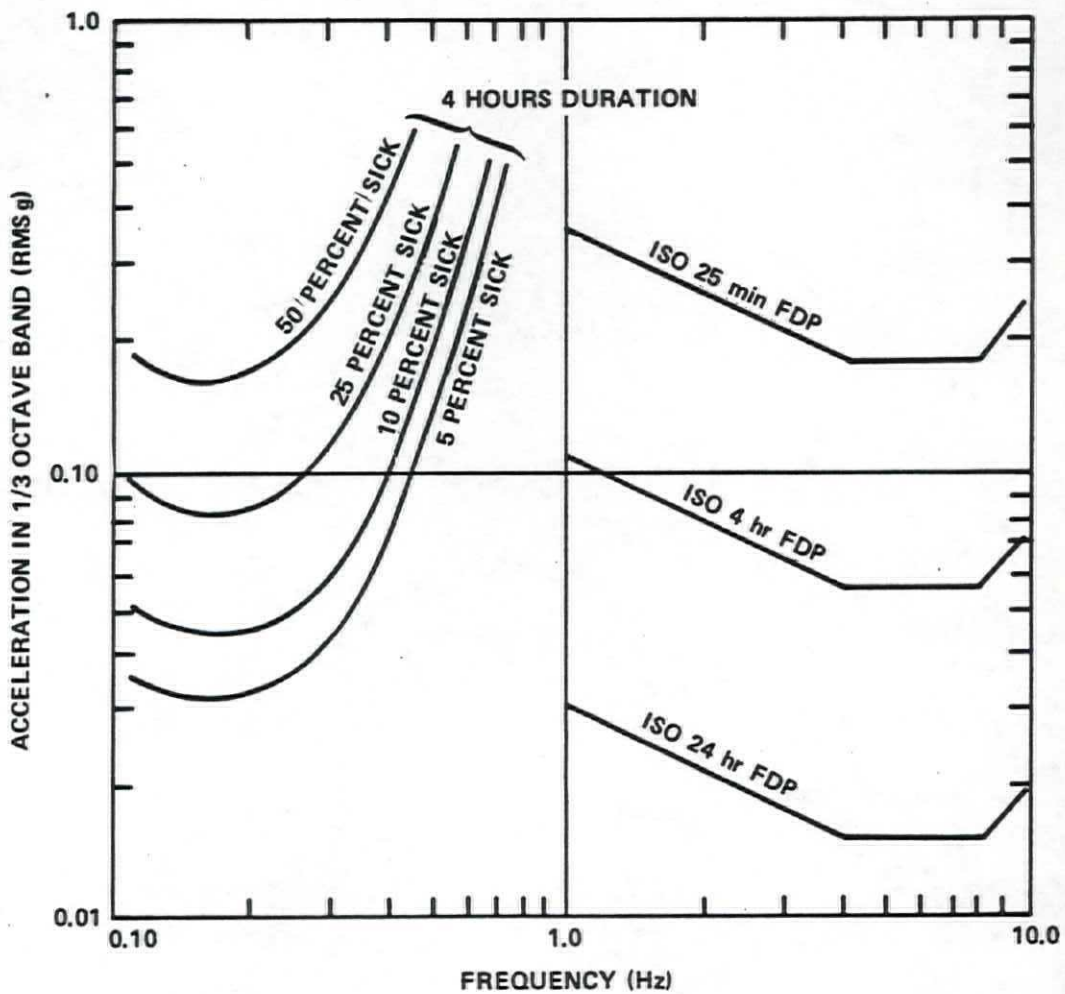


FIG. (5.2): Ride Quality Criteria (lit 20)

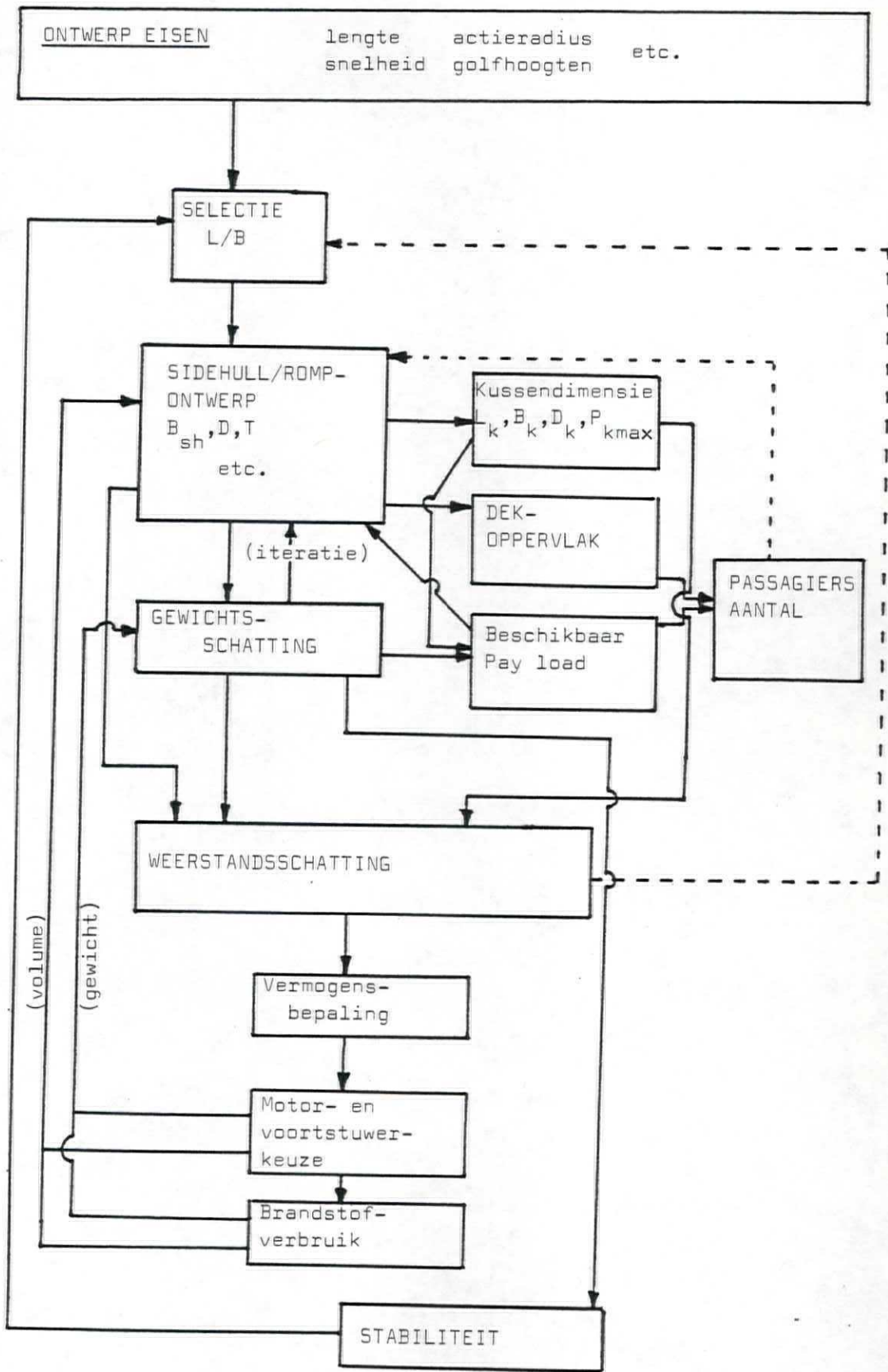


FIG. (5.3): Ontwerpproces van Surface Effect Ships

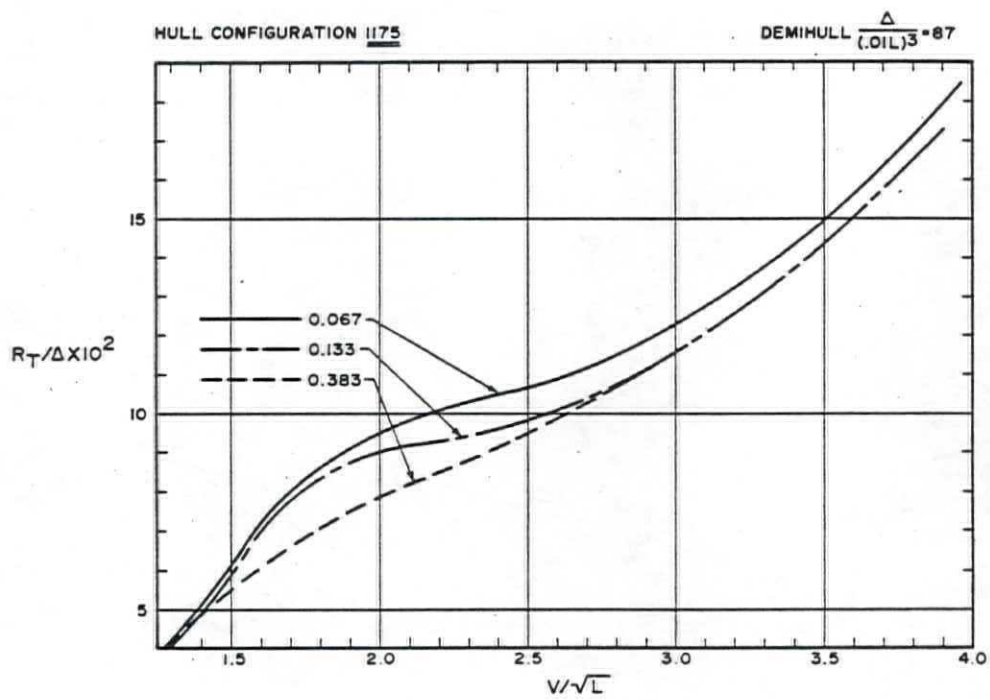


FIG. (5.4): Invloed van de hull spacing op de weerstand van een catamaran
(Lit 1)

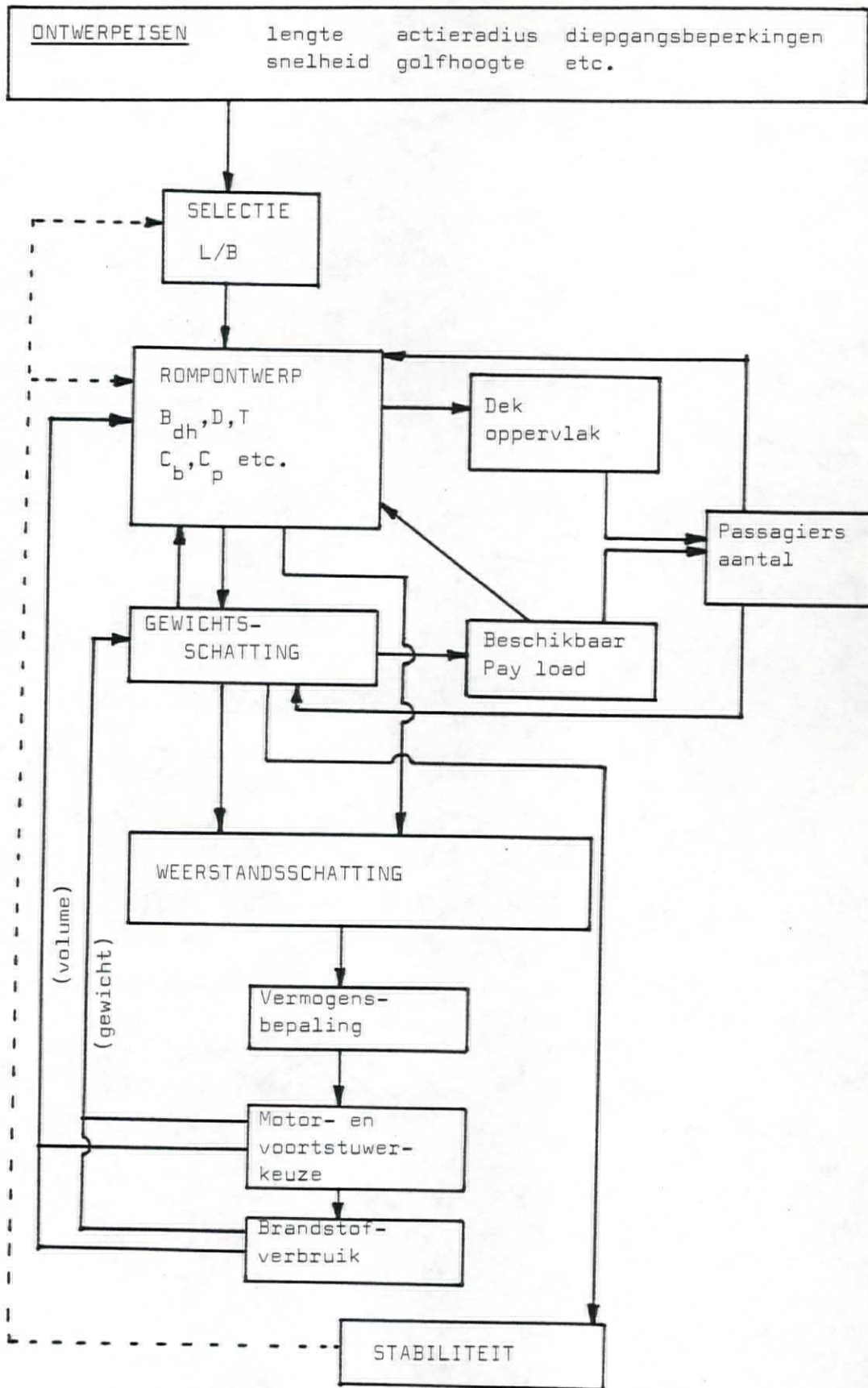
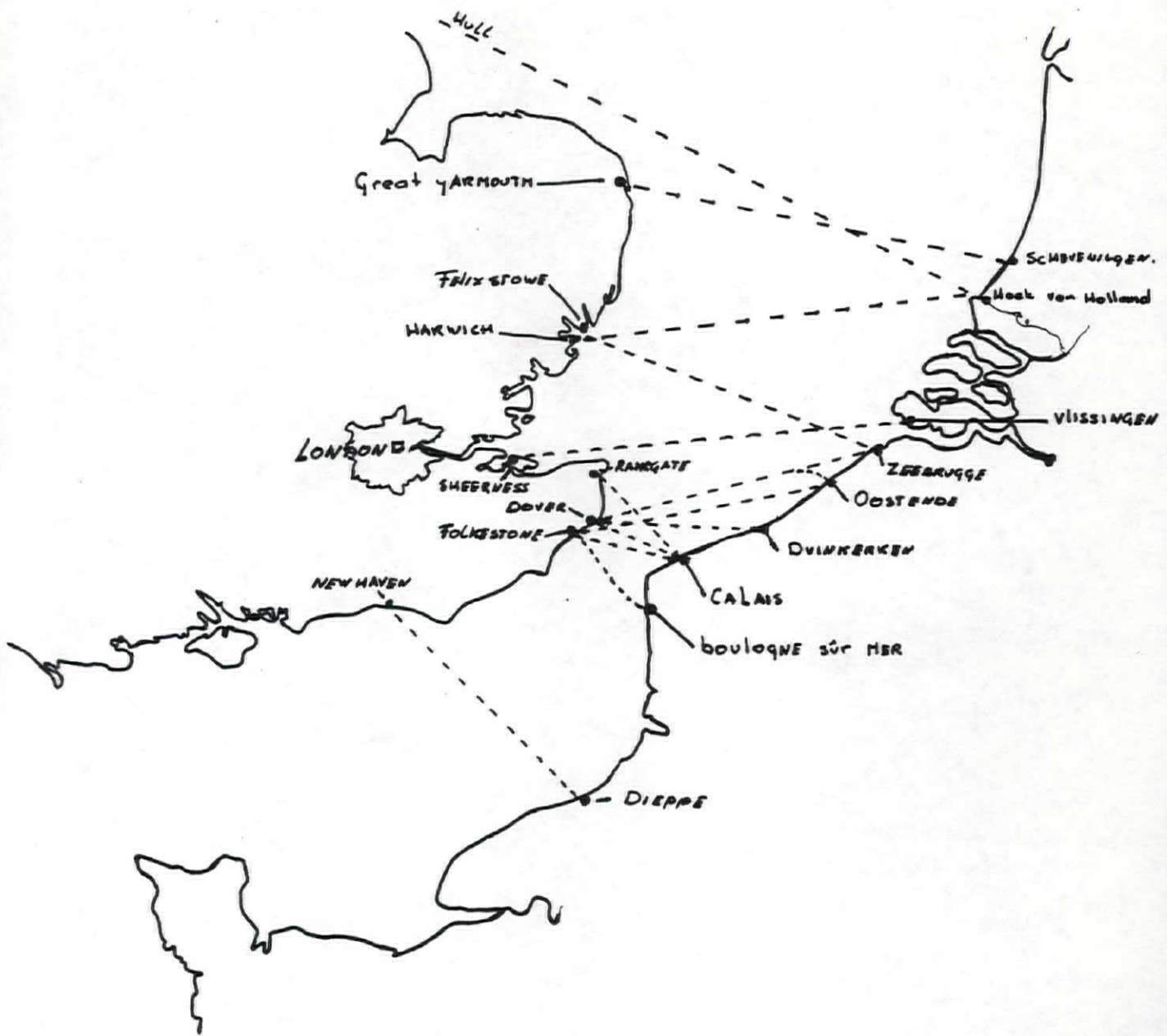


FIG. (5.5): Ontwerpproces van Catamarans



ROUTE

AFSTAND in ZEEMIJL

VAARTIJD

Scheveningen - Great Yarmouth	100	8 h
Hoek van Holland - Harwich	110	6 h 30' - 8 h 30'
Vlissingen - Sheerness	112	7 h - 9 h
Zeebrugge - Harwich	84	5 h
Zeebrugge - Dover	75	4 h
Oostende - Dover	64	3 h 45' (1 h 40' ^{jet foil})
Oostende - Folkestone	72	3 h 45'
Duinkerken - Dover	43	2 h 30'
Calais - Ramsgate	29	40'
Calais - Dover	23	35' - 1 h 30'
Calais - Folkestone	29	1 h 45'
Boulogne - Folkestone	27	1 h 45'
Dieppe - Newhaven	66	3 h 45'

FIG. (6.1): Kanaalroutes

The Jetfoil berths are alongside the railway stations at Dover (below) and Oostende

Dover-Ostend				Ostend-Dover				
All U.K. departures and arrivals are at Dover Western Docks								
Dep. Dates	Departures (All local times)			Departures (All local times)				
1 Jan - 5 Jan	10.05	13.20	15.10	17.50	08.30	11.55	13.45	16.35
6 Jan - 21 March	10.05	—	15.10	—	08.30	—	13.45	—
22 March - 31 May	10.05	13.20	15.10	17.50	08.30	11.55	13.45	16.35
1 June - 27 Sept.	08.25†	10.05	13.20	15.25	17.50	20.50	07.10†	08.30
28 Sept. - 25 Oct.	11.05	14.20	16.25	18.50	—	—	08.30	11.55
26 Oct. - 3 Nov.	10.05	13.20	15.25	17.50	—	—	08.30	11.55
4 Nov. - 17 Dec.	10.05	13.20	15.25	—	—	—	08.30	11.55
18 Dec. - 31 Dec.	10.05	13.20	15.25	17.50	—	—	08.30	11.55

† Only from 14 July until 30 August (not Sundays) No Services on 25 and 26 December No 16.35/17.50 service on 24 December and 31 December

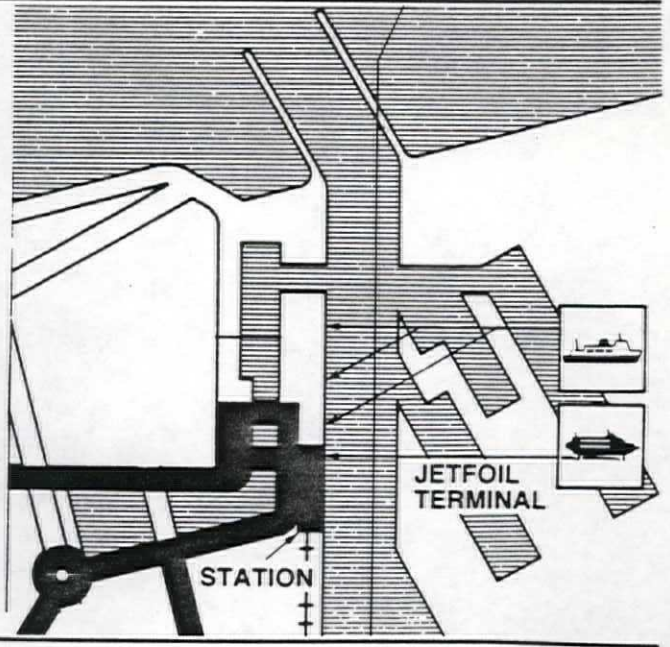
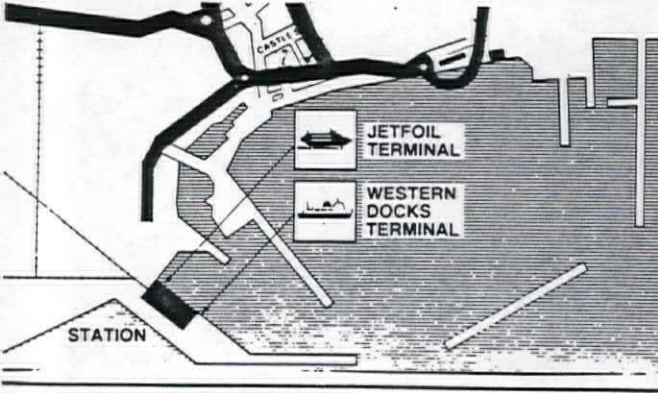


FIG. (6.2): Jetfoil terminals

WAVE HEIGHT CODE	DIRECTION CLASS - ALL DIRECTIONS											TOTALS	
	WAVE PERIOD CODE												
	X	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1		
00	484	316	18	7	4						1	5	835
01	34	861	109	26	7	1	1	1				26	1066
02	38	1281	472	82	20	7	3	4	3			12	1922
03	29	567	653	164	52	12	4	4	1	1		1	1468
04	22	156	396	188	49	8	3	1				3	826
05	12	74	215	89	61	14	2			1		1	547
06	4	40	133	57	14	2							343
07	11	13	70	104	45	20	1	3	1				265
08	4	13	36	45	30	11	3	1					143
09	4	6	31	36	20	12	4	3	1				117
10	1	2	3	4	6	2							18
11	3	1	4	8	7								23
12	2	1	4	8	4	3	1	1					24
13			5	5	8	3	1						22
14	1	1		2	1	2							7
15				2	2	1							6
16	1	1	2	3									7
17					1								2
18					1				1				2
19					2	1							3
TOTALS	650	3333	2131	943	376	110	26	19	7	3	48		7646

WAVE PERIOD CODE	WAVE PERIOD SECONDS
X	CALM OR PERIOD UNDETERMINED
2	5 OR LESS
3	6 OR 7
4	8 OR 9
5	10 OR 11
6	12 OR 13
7	14 OR 15
8	16 OR 17
9	18 OR 19
0	20 OR 21
1	OVER 21

WAVE HEIGHT CODE	WAVE HEIGHT FEET	WAVE HEIGHT METRES
00	1	0.25
01	1.5	0.5
02	3	1
03	5	1.5
04	6.5	2
05	8	2.5
06	9.5	3
07	11	3.5
08	13	4
09	14	4.5
10	16	5
11	17.5	5.5
12	19	6
13	21	6.5
14	22.5	7
15	24	7.5
16	25.5	8
17	27	8.5
18	29	9
19	30.5	9.5
20	33	10
21	36	11
22	39	12
23	43	13
24	46	14
25	49	15
26	52	16
27	56	17
28	59	18
29	62	19

FIG. (6.3): Golfgegevens Noordzee voor alle seizoenen en alle richtingen



FIG. (6.4): Lange veerroute Stavanger-Bergen-Stavanger

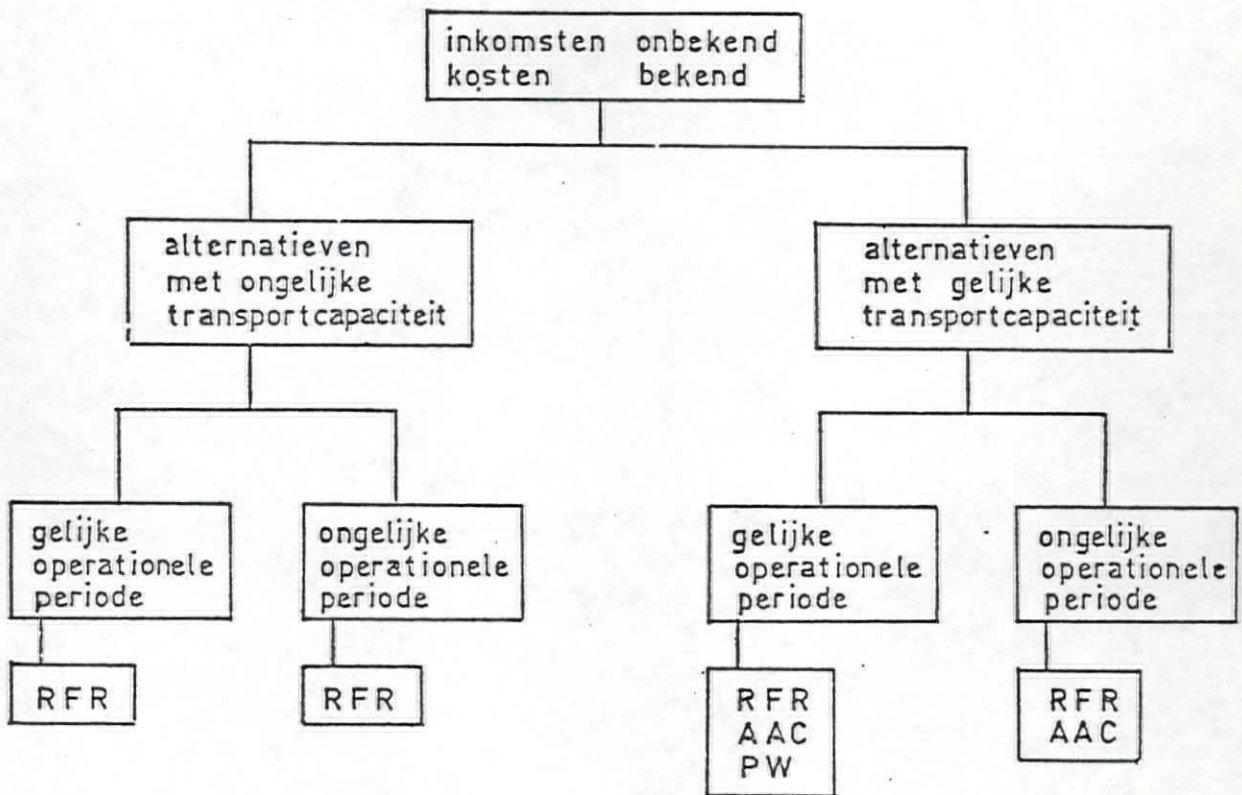


FIG. (7.1): Keuze van parameters ten behoeve van economische evaluaties

AIRCUSHION CRAFT	DISPL (S. TONS)	NO. OF PASSENGERS OR PAYLOAD (T)	RANGE N.M.	LENGTH (FT)	BEAM (FT)	CUSHION DEPTH (FT)	POWER (HP)	MAX. SPEED (KNOTS)	MAX. WAVE HT. (SIG. FT.)	TYPE
CANADA BELL VOYAGEUR VIKING	45 16.25	25T 6-7T	300 680	64.8 44.5	36.7 26.0	4.0 4.0	2X1300 1X1300	46.95 49.56	6	PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS
FRANCE NAVIPLANE N.300 N. 500	29.75 237	120 400 & 41 CARS	180	78.75 177.16	34.5 78.75	6.6	2X1500	62 76	13	PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS
GERMAN FEDERAL REP LIPPISCH X-113	0.38	1 CREW		27.68	19.34					AERODYNAMIC
JAPAN MITSUI MV-PP15 MV-PP5	56 13.45	155 6.16T	250 160	80.1 52.5	41.66 28.16	5 4	2X1950 1X1050	60 55		PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS
UNITED KINGDOM BHC	SR.N4 SR.N6 BH.7 56	282 & 37 CARS 38 15.68T	250 150 400	130.16 48.4 78.34	78 23 45.5	8 4 5.5	4X3400 1X900 1X4250	70 52 60	10-12	PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS
CUSHIONCRAFT HOVERMARINE VOSPER-THORNY- CROFT	CC.7 HM.2 VT.1 VT.2	3.38 65 146 35.85T	150 140 340 300	25.8 51.0 95.5 99	15.2 20 43.5 43.5	2 3 5.5 5.5	1X510 2X320 2X1675 2X3800	36 38 38 60	10-12	PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, SIDEHULL PASSIVE SEMI-AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS
USA AEROJET SES-100A AEROJET JEFF (A) BELL SES-100B	123ST 166.5 105	10T 60T 10T	CLASS 200 CLASS	81.9 96.1 77.67	41.9 48.0 35.0	6 5 6	4X3500 6X2800 3X500 3X3260 6X2800	80 50+ 80+ 50+	6 8 6	ACTIVE, SIDEHULL PASSIVE, AMPHIBIOUS ACTIVE, SIDEHULL
BELL JEFF (B)	162.5	60T	200	86.75	47.0	5			8	PASSIVE, AMPHIBIOUS
USSR SORMOVICH SPATE ZARNITSA	40.24 29.76 16.54	50 50 48	230	96 67.6 72.25	3.8 24 12.67		1X2300 3X780 1X265	65 50 19.13		PASSIVE AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS PASSIVE, AMPHIBIOUS

Tabel (2.1): Aircushion craft (Lit 21)

HYDROFOIL	DISPL. (S. TONS)	NO. OF PASS. OR PAYLOAD (T)	RANGE N.M.	LENGTH (FT)	BEAM (FT)	FOIL SPAN (FT)	STRUT LENGTH (FT)	FOILBORNE POWER (HP)	MAX. SPEED (KNOTS)	MAX. WAVE HEIGHT (SIG. FT.)	TYPE
CANADA BRAS D'OR	263.2	CREW 20		151	21' 6"	66	17	22,000	60	12	(1) (4)
ITALY HODRIQUEZ RHS 70 RHS 110 RHS 140 RHS 160	35.28 60.48 72.8 91.84	71 110 140 160	300 300 900 300	72.5 84 94.1 101.5	19.2	24.25 30.2 35.2 41.3	6.5 8.5 9.0 10.5	1X1350 2X1350 2X1350 2X1920	36.5 40 36 39		(1) (4) (1) (4) (1) (4) (1) (4)
SWITZERLAND SUPRAMAR PT20 Mk II PT50 Mk II PTS75 Mk III PTS150 Mk III	67.2 370.9 89.6 184.8	71 115 160 250	140 325 180 250	67.5 91.55 98.5 124.2	17.05 20.05 19.1 24.6	26.4 35.4 38.1 52.45	8.0 9.0 11.0 16.0	1X1100 2X1100 2X1650 2X3400	34 36.5 39 36.5	4.25 10	(1) (4) (1) (4) (1) (4) (1) (4)
U.S.A. TUCUMCARI (PGH-2) HIGHPOINT (PCH-1 MOD 1) PHM JETFOIL FLAGSTAFF (PGH-1) PLAINVIEW (AGEH-1) FRESH-1	71.6 141.1 263.2 118.7 75.6 367.4 18.5	18.7T 250 5.3T	> 500 > 600	80.3 115.5 132.7 90 73 212 47	19.5 30 28.2 30 21.6 40.4 22.5	36 36.5 47.6 30 37.16 70 < BEAM		1X3200 2X3800 1X25,000 2X33000 1X3550 2X14500 18000 LBT	> 50 > 50 40 40 40 50 80		(2) (3) (7) (2) (3) (7) (2) (3) (7) (2) (3) (7) (2) (4) (6) (2) (4) (6) (2) (3) OR (4)
U.S.S.R. TAIFUN KOMETA RAKETA VIKHP STRELA	72.8 62.72 28.34 131.6 54.50	105 102 64 268 94	240 450	103.2 115.5 88.4 156 96	18.25 31.5 16.5 29.6 26.4	32.9		2X1750 2X900 1X1200 4X1200 2X970	42 34 33 43 40	6.5 4 2.7 5 4	(2) (4) (7) (1) (4) (2) (4) (8) (2) (4) (8) (1) (4) (7)

NOTES (1) SURFACE PIERCING (2) FULLY-SUBMERGED (6) INCIDENCE CONTROL (7) FLAP CONTROL
(3) CANARD (4) AIRPLANE (5) AIR STABILIZED (8) SURFACE EFFECT

Tabel (2.2): Hydrofoils (Lit 21)

MARKT ANALYSE

	Europa	N-S Am.	Mid. Africa	Oost.	Azië-Austr.	Totaal	Marktaandeel percent. (%)
Hovercraft	11	2	-	-	5	18	4
SES	5	7	8	8	36	56	12.5
Hydrofoil	194	15	4	4	31	244	54.7
Catamaran	51	5	3	3	48	107	23.9
Monohull	7	5	-	-	8	20	4.5
Swath	-	-	-	-	1	1	0.2
Totaal	268	34	15	15	129	446	100.0

Tabel (2.3): Wereld markt voor snelle ferry's en crewboats

TYPE	Aantal	Service	OWNER	Plaats	Route	Pass.	Geb.	In serv.
Bell Halter 48	1	Hydro gr. survey ses	U.S. Army	N. Amerika	max range 1090 nm		1	1
BH 110	1	Crewboat	Pan Marine int.	Gulf of Suez			6	1
Cirrus Cirr 105P	1	Passagiers	Gabon ferry services	Gabon				
	1	Passagiers	Fylkes bataane i sogn og fjord.	Noorwegen	Maløy-Bergen	264		
Vosper HM 216	3		Aerocarros do Brasil	Brazilië			38	4
	1	Passagiers	Hongkong & Yau-mati ferry	Hong kong	60 mijl			
Vosper HM 218	4	Havendienst	Gem. Rotterdam	Rotterdam			61	41
	3	Crewboat	Maraven	Venezuela				
	3	Passagiers	Touristic enterprises	Mid. east africa				
	1		Autoshipping	Asia/Australië				
	24	Passagiers	Hongkong & Yau-mati ferry	Hong kong	60 -80 mijl			
	1		Pomas					
	5	Passagiers	Shell eastern petroleum	Azië	Pasir Panjang-Pulau Bukom			
Vosper HM 221	1	Passagiers	Donau dampfshiff-fahrt gesellschaft	Wenen	Wenen-Buda-pest (donau)	112	4	4
	2	Fire vessel	City of Tacoma fire dept.	Tacoma				
	1		Gray Mackenzie	N/S Amerika				
Vosper HM 527	4	Passagiers	Sealink ferries	Hong kong	Hong kong-Zhou-toujui (80 nm)		4	4

Tabel (3.1): SES overzicht

Code zeetoestand	Golfhoogte (m)	Gehele wereld %	Noord Atlantische Oceaan %	Noordelijk deel N.A. %
0	0	} 11.25	8.31	6.06
1	0 - 0.1			
2	0.1 - 0.5	31.69	28.20	21.57
3	0.5 - 1.25	40.19	42.03	40.99
4	1.25 - 2.5	12.80	15.44	21.24
5	2.5 - 4.0	3.03	4.29	7.01
6	4.0 - 6.0	0.92	1.50	2.69
7	6.0 - 9.0	0.12	0.23	0.44
8	9.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00
9	> 14.0			

Tabel (6.1): Ontmoetingskansen Golfhoogten

Code Zeetoestand	Golfhoogte (m)	Golfperiode (s)											Totaal			
		2.5	6.5	8.5	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5	>21					
0,1,2	< 0.5	5.19	0.39	0.14	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.06	0.15	6.07
3	0.5 - 1.25	13.93	5.41	1.25	0.43	0.15	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.27	21.56
4	1.25 - 2.5	7.43	18.12	10.44	3.45	1.03	0.33	0.10	0.10	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.03	40.99
5	2.5 - 4	0.79	5.00	7.60	4.92	2.01	0.66	0.19	0.19	0.06	0.06	0.06	0.01	0.01	0.01	21.25
6	4 - 6	0.13	0.92	2.07	2.00	1.16	0.48	0.18	0.18	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	7.01
7	6 - 9	0.04	0.25	0.64	0.79	0.56	0.26	0.12	0.12	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	2.68
8	9 - 14	0.00	0.02	0.07	0.12	0.10	0.06	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.43
9	> 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totaal		27,51	30.11	22.21	11.79	5.04	1.85	0.65	0.65	0.22	0.22	0.22	0.14	0.48	100.00	

Tabel (6.2): Golfhoogten-Golfperioden noordelijk deel
Noord Atlantische oceaan

Capital Recovery Factors, CRF $\left(UPWF = \frac{1}{CRF}\right)$

n	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
1	1.0100	1.0200	1.0300	1.0400	1.0500	1.0600	1.0700	1.0800	1.0900	1.1000
2	.5076	.5155	.5226	.5305	.5376	.5455	.5529	.5606	.5685	.5760
3	.3401	.3466	.3534	.3604	.3671	.3741	.3811	.3880	.3951	.4021
4	.2564	.2625	.2691	.2755	.2820	.2886	.2952	.3019	.3086	.3155
5	.2062	.2121	.2183	.2246	.2309	.2374	.2459	.2505	.2571	.2638
10	.1056	.1113	.1172	.1233	.1295	.1359	.1424	.1490	.1558	.1627
15	.0721	.0778	.0838	.0899	.0963	.1030	.1098	.1168	.1241	.1315
20	.0554	.0612	.0672	.0736	.0802	.0872	.0944	.1018	.1095	.1175
25	.0454	.0512	.0574	.0640	.0710	.0782	.0858	.0937	.1018	.1102
30	.0387	.0447	.0510	.0578	.0651	.0726	.0806	.0888	.0973	.1061
50	.0255	.0318	.0389	.0465	.0548	.0654	.0725	.0817	.0912	.1009
n	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
1	1.1100	1.1200	1.1300	1.1400	1.1500	1.1600	1.1700	1.1800	1.1900	1.2000
2	.5839	.5917	.5994	.6074	.6150	.6231	.6308	.6388	.6467	.6545
3	.4092	.4164	.4236	.4308	.4380	.4453	.4526	.4599	.4673	.4747
4	.3223	.3292	.3362	.3432	.3503	.3574	.3646	.3717	.3790	.3863
5	.2706	.2774	.2843	.2913	.2983	.3054	.3126	.3198	.3270	.3344
10	.1698	.1770	.1843	.1917	.1993	.2069	.2146	.2225	.2305	.2385
15	.1391	.1468	.1547	.1628	.1710	.1794	.1878	.1964	.2051	.2139
20	.1256	.1339	.1424	.1510	.1598	.1687	.1777	.1868	.1960	.2054
25	.1187	.1275	.1364	.1455	.1547	.1640	.1734	.1829	.1925	.2021
30	.1150	.1241	.1334	.1428	.1523	.1619	.1715	.1813	.1910	.2008
50	.1106	.1204	.1303	.1402	.1501	.1601	.1701	.1801	.1900	.2000
n	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
1	1.2100	1.2200	1.2300	1.2400	1.2500	1.2600	1.2700	1.2800	1.2900	1.3000
2	.6625	.6705	.6785	.6865	.6944	.7025	.7105	.7187	.7266	.7348
3	.4822	.4897	.4972	.5047	.5125	.5199	.5275	.5352	.5429	.5507
4	.3936	.4010	.4085	.4159	.4234	.4310	.4386	.4462	.4539	.4616
5	.3417	.3492	.3567	.3642	.3719	.3795	.3872	.3949	.4027	.4106
10	.2467	.2549	.2632	.2716	.2801	.2886	.2972	.3059	.3147	.3235
15	.2228	.2317	.2408	.2499	.2591	.2684	.2777	.2871	.2965	.3060
20	.2147	.2242	.2337	.2433	.2529	.2626	.2723	.2820	.2918	.3016
25	.2118	.2215	.2313	.2411	.2510	.2608	.2707	.2806	.2905	.3004
30	.2107	.2206	.2303	.2404	.2503	.2603	.2702	.2802	.2901	.3001
50	.2100	.2200	.2300	.2400	.2500	.2600	.2700	.2800	.2900	.3000
n	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%
1	1.3100	1.3200	1.3300	1.3400	1.3500	1.3600	1.3700	1.3800	1.3900	1.4000
2	.7429	.7510	.7591	.7673	.7755	.7838	.7920	.8002	.8085	.8167
3	.5584	.5662	.5740	.5818	.5896	.5975	.6055	.6134	.6214	.6293
4	.4694	.4772	.4850	.4929	.5008	.5087	.5167	.5246	.5327	.5408
5	.4185	.4264	.4344	.4424	.4505	.4585	.4667	.4749	.4831	.4913
10	.3323	.3413	.3502	.3593	.3683	.3774	.3866	.3958	.4050	.4143
15	.3155	.3250	.3347	.3443	.3539	.3636	.3733	.3831	.3928	.4026
20	.3114	.3213	.3311	.3410	.3509	.3608	.3707	.3806	.3905	.4005
25	.3104	.3203	.3303	.3402	.3502	.3602	.3701	.3801	.3901	.4001
50	.3101	.3201	.3301	.3401	.3500	.3600	.3700	.3800	.3900	.4000

Table (7.1): Capital Recovery Factors



Fast ferry and crewboat census 1986

Included in this first census of fast ferries and crewboats are all those craft carrying at least 50 passengers or equivalent payload at a minimum service speed of 25 knots believed to be operational or on order at the end of March. They are listed alphabetically by manufacturer and operator within four geographical areas.

Craft presently laid up are not included. As in the annual fast ferry and crewboat directories published in *High-Speed Surface Craft*, the listing errs on the side of caution. So some craft which are currently in service, particularly in Asia, may have been omitted.

Numbers in brackets refer to craft on order and "Number built" refers to total production. "Number in service", though, refers only to ferries, crewboats and utility craft. Naval and para-military variants are not included. Consequently, the number of craft laid up or scrapped may not be as great as the difference between the two figures suggests.

Few designs have so far achieved worldwide penetration, the Rodriguez PT.50 and Hovermarine 218 are the exceptions, but the geographical concentration of many early designs in the country of origin has broken down as fast ferries have become more generally accepted.

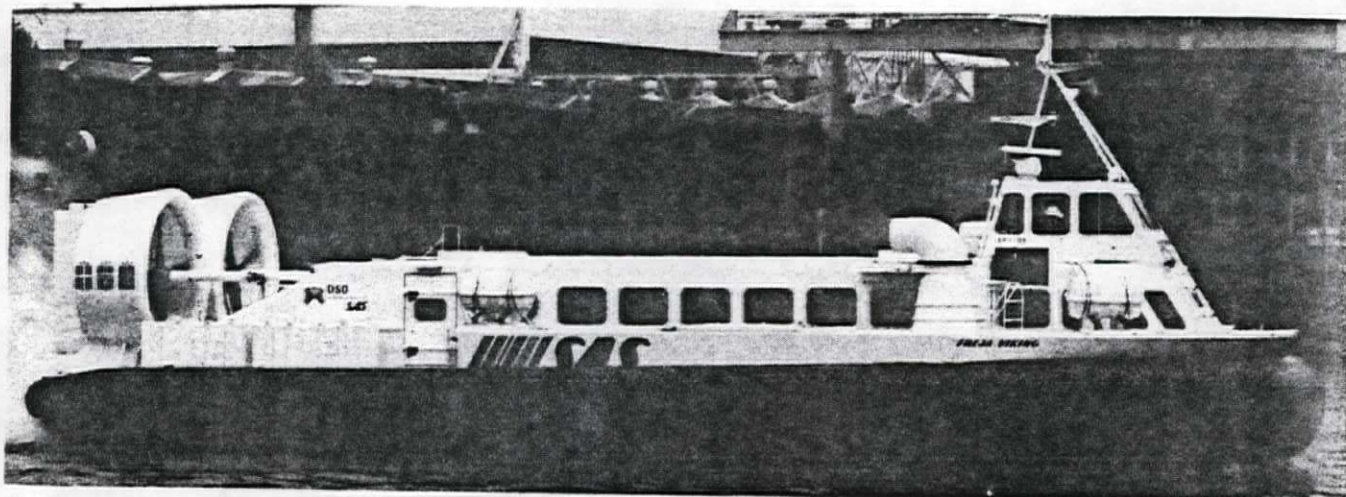
The Sormovo Kometa continues to be the most widely operated fast ferry in Europe. This is one of ten in service with Navigation Maritime Bulgare at Nessebar last summer. (Photograph: Ken Pemberton)

The census reveals that more than 80 different designs supplied by 30 yards are now in service. Outside the USSR, there are over 450 craft operating or on order. The longest production run from one yard to date has been the 48 PT.20s built by Rodriguez Cantiere Navale. And the same design has also achieved the longest total production run, 73 from four yards, although only those built by Rodriguez and Hitachi are included here.

More Sormovo Kometas are in service than any other type, over 60 outside the USSR, while the 24 Hovermarine 218s operated by the Hongkong and Yaumati Ferry Company represents the largest fleet of a single type.

And even with the increasing number of catamarans entering service, almost 50% of the craft listed here are still hydrofoils. Rodriguez Cantiere Navale has now built more than 125 since 1956, more fast ferries than any other yard, and over 90 remain in service.

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Bell Aerospace Canada Voyageur hovercraft Number built: 4, Number in service: 1			
	Canadian Coast Guard	1	
Bell Halter 48 surface effect ship Number built: 1, Number in service: 1			
	US Army	1	
Bell Halter 110 surface effect ship Number built: 6, Number in service: 1			
	Pan Marine International	1	
Boeing Jetfoil 929-100 hydrofoil Number built: 10, Number in service: 10			
			Far East Hydrofoil 9
			Sado Kisen Kaisha 1
Boeing Jetfoil 929-115 hydrofoil Number built: 18, Number in service: 9			
Compania Trasmediterranea	2		Far East Hydrofoil 3
Regie Maritimes des Transportes	2		Pelayaran Nasional Indonesia 1
			Sado Kisen Kaisha 1



DSO's two BHC AP.1-88/100s are operated on behalf of Scandinavian Airlines System

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
British Hovercraft Corporation/Hovertravel AP.1-88/80 Number built: 3, Number in service: 3			
Hovertravel	2		
Hoverwork	1		
British Hovertravel Corporation AP.1-88/100 Number built: 3, Number in service: 2(1)			
Dampskibsselskabet Oresund	2	Canadian Coast Guard (1)	
British Hovercraft Corporation SR.N4 Mark 2 Number built: 4, Number in service: 3			
Hoverspeed	3		
British Hovercraft Corporation SR.N4 Mark 3 Number built: 2, Number in service: 2			
Hoverspeed	2		
British Hovercraft Corporation SR.N6 Mark 1S Number built: 3, Number in service: 1			
Eurosense	1		
Brodrene 25m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
Fylkesbaatane i Sogn og Fjordane	1		
Brodrene 27m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
Torghatten Trafikkselskap	1		
Cirrus/Brodrene 27P CAT catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
Saltens Dampskibsselskap	1		
Cirrus/Brodrene CIRR 105P surface effect ship Number built: 1(1), Number in service: 0(1)			
		Gabon Ferry Services	(1)
Cirrus/Brodrene CIRR M25 P/LC monohull Number built: 0(2), Number in service: 0(2)			
Finnmark Fylkesrederi og Ruteselskap	(2)		
Curran/Riverfront Boatbuilders 34m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
			Ansett Transport 1
Curran/SBF Engineering 27.7m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
			Scenic Gordon & Hells Gate 1
Curran/SBF Engineering 31.3m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
			Satmarindo Group 1

CENSUS

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
International Catamarans 18m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			Scenic Gordon & Hells Gate 1
International Catamarans 20m catamaran Number built: 6, Number in service: 6			Fiesta Cruises 2 Fitzroy Island Resort 1 Great Barrier Reef Cruises 1 Low Isles Cruises 1 Tangalooma Island Resort 1
International Catamarans 28m wave piercing catamaran Number built: 1, Number in service: 1			MBM Management 1
International Catamarans 29m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			McLeans Roylen Cruises 1
International Catamarans 30m catamaran Number built: 1(1), Number in service: 1(1)			
Sealink British Ferries 1(1)			
Incat/A.Fai Engineers 21m catamaran Number built: 7, Number in service: 7			Guangdong Province 4 Sanfu Shipping 1 Shen Zhen Shipping 2
Incat/Bulls Marine Industries 20m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			Peels Cruises 1
Incat/Nichols Brothers 22m catamaran Number built: 2, Number in service: 2			
	Seattle Harbor Tours 1		
	Yukon River Cruises 1		
Incat/Nichols Brothers 26m catamaran Number built: 3, Number in service: 3			
	Blue & Gold Fleet 1		
	Glacier Bay Yacht Tours 1		
	Red & White Fleet 1		

The Incat/Nichols 22m boat operated by Yukon River Cruises





One of four JC 3000 catamarans in service with Hongkong Macao Hydrofoil

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Incat/North Queensland Engineers & Agents 22m catamaran Number built: 5, Number in service: 5			
			Hayles Holdings 2 Kalford 1 Reef Link 1 Telford South Molle Island 1
Incat/North Queensland Engineers & Agents 24m catamaran Number built: 2, Number in service: 2			
			Hamilton Enterprises 2
Incat/North Queensland Engineers & Agents 29m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
			Telford South Molle Island 1
Incat/North Queensland Engineers & Agents 30m catamaran Number built: 0(2), Number in service: 0(2)			
			Hayles Holdings (1) Low Isles Cruises (1)
Incat/North Queensland Engineers & Agents 36m catamaran Number built: 0(1), Number in service: 0(1)			
			Hamilton Enterprises (1)
Incat/Sing Koon Seng 30m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
		Zadco Production 1	
Incat/Wanganui Boats 18m catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
			Fiordland Travel 1
Marinteknik JC 3000 catamaran Number built: 5, Number in service: 5			
Alilauro Aliscafi 1			Hongkong Macao Hydrofoil 4
Marinteknik Marinjet 33 CPV catamaran Number built: 3(1), Number in service: 3(1)			
Alivit 1 Dampskibsselskabet Oresund 2(1)			
Marinteknik Marinjet 34 CCB catamaran Number built: 2, Number in service: 2			
		Ocean Tug Services 1 SURF 1	
Mitsubishi 45m monohull Number built: 3, Number in service: 3			
			Koshikijama Shosen 1 Kyushu Yusen 1 Tokai Kisen 1

CENSUS



The sole CP30 catamaran built by Mitsui

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Mitsui CP20 catamaran Number built: 3, Number in service: 3			
			Dong-hae Kosok Chung 1 Setonaikai Kisen 1 Showa Kaiun 1
Mitsui CP20HF catamaran Number built: 2, Number in service: 2			
			Tokushima Kosokusen 2
Mitsui CP30 catamaran Number built: 1, Number in service: 1			
			Nankai Ferry Company 1
Mitsui MV-PP5 hovercraft Number built: 14, Number in service: 7			
			Hanchang Shipping 4 Oita Hoverferry Company 3
Mitsui MV-PP5 Mark II hovercraft Number built: 5, Number in service: 5			
			Japan National Railways 1 Oita Hoverferry Company 4
Mitsui 36m SWATH Number built: 1, Number in service: 1			
			Tokai Kisen 1
Nichols Brothers 29.4m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
	City of Seattle 1		
Ordzhonikidzie Kolkhida hydrofoil Number built: 5+, Number in service: 5+			
Ceres Hydrofoil Group 2			
USSR 3+			
Rodriquez PT.20 hydrofoil Number built: 48, Number in service: 26			
Aliscafi SNAV 10	Aerobarcos do Brasil 8		Han Ryeo Development 1
Alivit Due 1			
Compagnia Navigazione Lago di Como 2			
Compagnia Navigazione Lago di Garda 2			
Compagnia Navigazione Lago Maggiore 2			
Rodriquez PT.50 hydrofoil Number built: 29, Number in service: 24			
Adriatica di Navigazione 1	Alimar 3	Transtour 1	Hongkong Macao Hydrofoil 3
Alilauro Aliscafi 1			Urban Transit Authority of New South Wales 2
Aliscafi SNAV 10			
Hardanger Sunnhordlandske 1			
Sicilia Regionale Marittima 1			
Torbay Seaways 1			

CENSUS

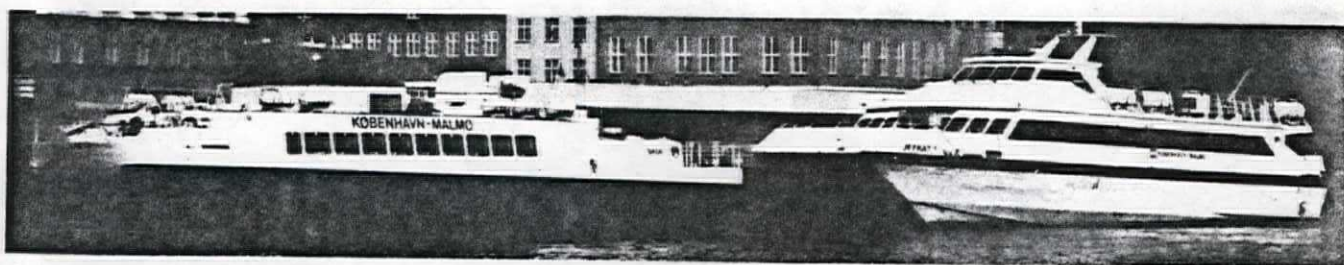
Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Rodriquez RHS 70 hydrofoil Number built: 10, Number in service: 10			
Compagnia Navigazione Lago di Como	2		
Compagnia Navigazione Lago di Garda	2		
Compagnia Navigazione Lago Maggiore	2		
Red Funnel Group	4		
Rodriquez RHS 110 hydrofoil Number built: 5, Number in service: 3			
	Aerobarcos do Brasil	1	Han Bo Tours Nam Hai Express
			1 1
Rodriquez RHS 140 hydrofoil Number built: 13, Number in service: 13			
Campania Regionale Marittima	1	Belt	3
Condor	1		
Dampskibsselskab Oresund	1		
Toscana Regionale Marittima	1		
			Hongkong Macao Hydrofoil Urban Transit Authority of New South Wales
			5 1
Rodriquez RHS 150SI/RHS 150SL hydrofoil Number built: 7, Number in service: 6			
Compagnia Navigazione Lago di Como	2		
Compagnia Navigazione Lago di Garda	2		
Compagnia Navigazione Lago Maggiore	2		
Rodriquez RHS 150F hydrofoil Number built: 1, Number in service: 1			
Aliscafi SNAV	1		
Rodriquez RHS 160 hydrofoil Number built: 9, Number in service: 8			
Adriatica di Navigazione	1		
Aliscafi SNAV	2		
Campania Regionale Marittima	2		
Condor	1		
Sicilia Regionale Marittima	2		
Rodriquez RHS 160F hydrofoil Number built: 3(1), Number in service: 3(1)			
Condor	1		Urban Transit Authority of New South Wales
			2(1)
Rodriquez RHS 200 hydrofoil Number built: 2, Number in service: 2			
Aliscafi SNAV	2		
Societe Bretonne de Construction Navale 25.6m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
Vedettes de L'Odet	1		
Sormovo Kometa hydrofoil Number built: 130+, Number in service: 110+			
Alilauro Aliscafi	5	Transtour	3
Alivit Due	2		
Alkyonis Speed Boat	2		
Atlas Turistica	8		
Ceres Hydrofoil Group	15		
Jugoslavenska Turistica	2		
Navigation Maritime Bulgare	10		
Psiloritis Maritime	2		
Societe Vedettes Armoricaines	1		
USSR	50+		
Zegluga Gdanska	6		
Zegluga Szczecinska	6		
Sormovo Meteor hydrofoil Number built: ???, Number in service???			
Ceskoslovenska Plavba Dunajska	1		
Mahart Magyar Hajoza	1		
USSR	???		
Zegluga Szczecinska	4		



The Rodriquez RHS 160F is the latest hydrofoil to be exported by the Italian yard

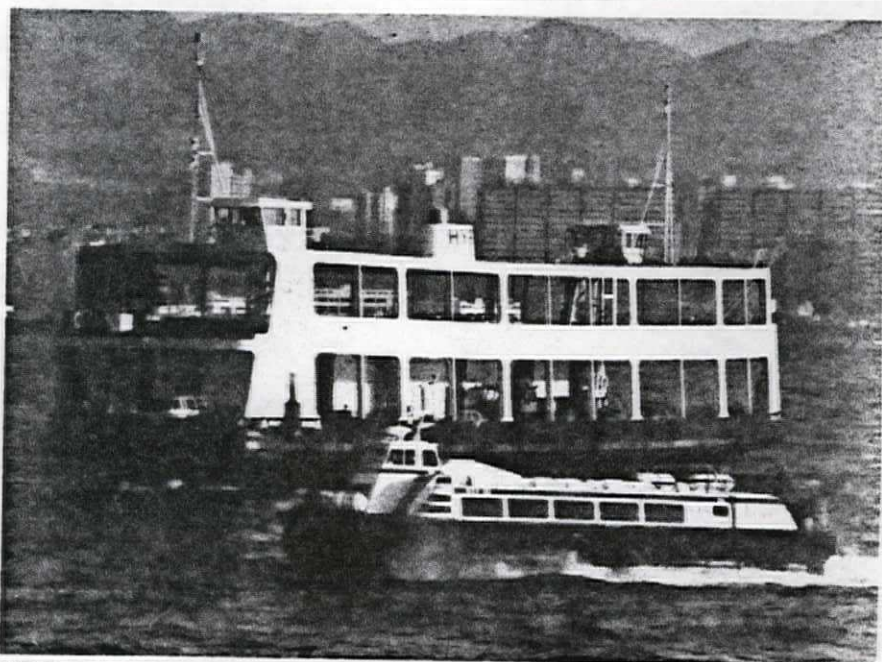
Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Sormovo Raketa hydrofoil Number built: 300+, Number in service: ???			
Ceskoslovenska Plavba			
Dunajska	1		
KD German Rhine Line	1		
Mahart Magyar Hajoza	1		
USSR	???		
Sormovo Voskhod hydrofoil Number built: ??, Number in service: ??			
Ceskoslovenska Plavba			
Dunajska	1		
Mahart Magyar Hajoza	1		
USSR	??		
Swiftships 33m monohull Number built: 2, Number in service: 2			
	Inversiones Turisticas Margritena	2	
Tecimar 37m monohull Number built: 1, Number in service: 1			
Societe Vedettes Armoricaines	1		
Vosper Hovermarine 216 surface effect ship Number built: 38, Number in service: 4			
	Aerobarcos do Brasil	3	Hongkong & Yaumati Ferry 1
Vosper Hovermarine 218 surface effect ship Number built: 61, Number in service: 41			
Port of Rotterdam	4	Maraven <i>crew boat</i>	3
		Touristic Enterprises	3
			Auto Shipping 1
			Hongkong & Yaumati Ferry 24
			Pomas 1
			Shell Eastern Petroleum 5 <i>crew boats</i>
Vosper Hovermarine 221 surface effect ship Number built: 4, Number in service: 4			
Donau-Dampfschiffahrts-Gesellschaft	1	City of Tacoma Fire Dept	2
		Gray Mackenzie	1
Vosper Hovermarine 527 surface effect ship Number built: 4, Number in service: 4			
			Sealink Ferries 4

CENSUS



One of DSO's three Westamaran 95s and its leased Marineteknik PV 2400 catamaran berthed in Copenhagen

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Vosper Thornycroft 62.5m monohull	Number built: 2, Number in service: 2		Hi-Speed Ferries 2
Westamarin S80 monohull	Number built: 1, Number in service: 1		
Hardanger Sunnhordlandske 1			
Westamarin Westamaran 86 catamaran	Number built: 23, Number in service: 23		
Det Stavangerske Dampskibsselskab 4			
Finnmark Fylkesrederi og Ruteselskap 2			
Fosen Trafikklag 3			
Fylkesbaatane i Sogn og Fjordane 2			
Hardanger Sunnhordlandske 2			
Oygarden og Sotra Rutelag 1			
Rederij Doeksen 1			
Saltens Dampskibsselskap 1			
Troms Fylkes 3			
Union Dalmacija oour Flota 2			
Vedettes Blanches & Vertes 2			
Westamarin Westamaran 88 catamaran	Number built: 3(1), Number in service: 3(1)		
Det Stavangerske Dampskibsselskab 1(1)			
Hardanger Sunnhordlandske 1			
Ofotens Dampskibsselskap 1			
Westamarin Westamaran 95 catamaran	Number built: 14, Number in service: 14		
Alilauro Aliscafi 1			
Aliscafi SNAV 1			
Alisur 2			
Dampskibsselskab Oresund 3			
Det Stavangerske Dampskibsselskab 3			
Hardanger Sunnhordlandske 1			
Service Maritime Carteret-Jersey 1			
Troms Fylkes 1			
Vedettes Blanches & Vertes 1			
Westamarin Westamaran 100 catamaran	Number built: 4, Number in service: 3		
Direccao Regional dos Postos da Madeira 1			
Gib Line 1			
Rethimniaki Naftiliaki Touristki 1			
Westamarin Westamaran 120 catamaran	Number built: 0(2), Number in service: 0(2)		Pudu Shipping (2)



HYF's fleet of more than 80 ferries includes 24 HM218s



The single Westamaran 96 operated by HSD



A third of DSD's Westamarian fleet, two W86s and a W95, tied up in Stavanger

Europe	North and South America	Middle East Africa	Asia and Australasia
Westermoen PT.50 hydrofoil Number built: 3, Number in service: 2			
Aliscafi SNAV	1		
Alivit	1		
Westermoen S75 monohull Number built: 3, Number in service: 2			
Fylkesbaatane i Sogn og Fjordane	1		
Namsos Trafikkselskap	1		
Westport Shipyard 27.5m monohull Number built: 2, Number in service: 2			
	Catalina Channel Express Lines	2	

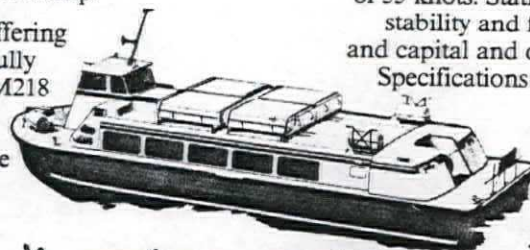
FOR SALE

Two of the fastest, most cost-effective hoverferries in the world £515,000 each

Vosper Hovermarine, one of the world's leading designers and manufacturers of side-walled hovercraft, is currently in receivership.

As a result, the company is offering for sale two brand-new and fully completed 18 metre series HM218 passenger ferry hovercraft.

The HM218 is quite simply the most cost-effective, high speed craft of its size in the world. No fewer than 120 are presently in service, operating in various capacities in all five continents.



'brand-new and being offered at a discount'

The passenger ferry version seats 84-92 with a crew of 2, and boasts a normal cruising speed of 35 knots. Station-keeping, manoeuvrability, stability and fuel economy are exceptional, and capital and operating costs extremely low.

Specifications meet worldwide construction and safety standards, and reliability is proven by more than 800 million passenger miles of operation.

This is an unusual and valuable opportunity to purchase, at a substantial discount. The craft are berthed at Southampton and are ready for immediate delivery.

Interested parties should therefore contact the joint receiver, Tony Houghton of Touche Ross without delay.

Enquiries should be addressed to: A.R. Houghton, Joint Receiver, Touche Ross & Co., c/o Vosper Hovermarine Limited, Hazel Road, Woolston, Southampton, Hampshire SO2 7GB, UK. Tel: 0703 443122 Telex: 47141 VHL G.



GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S 1

Naam/Type: *NOECAT CIRR 105P*
Owner: *Fylikes Boatone*
Builder: *Brødrene Au Dabbtq999r; A/S*
Classification: *DNV*
Service/route: *Bergen/ Island of M&Lby*

Main Dimensions

Length o.a (m): 32,20 DEPTH max 3,23 m
Beam max. (m): 11,00
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): 2,60 (propeller tip)
 On-Cushion (m): 1,70 (propeller tip)
Gross Tonnage (ton): 290 tonnes

Propulsion

Speed max. (kn): 42
 cruise (kn): 36 (service) at 1330 bhp

Main engines : 2x GM DDA 16V 149 TI 1600 bhp Max. 1330 bhp Cont.
Liftfan engines : 2x GM DDA 8V 92 TA 400 bhp EACH.
Auxiliary engines: 24 kVA gen driven by liftfan engines.
Range (NM) :
Prp's/waterjet's: PROPS (SEMICAW) / WATERJET KAMEVA 63/562/6
Fuel consumption: 560 ltr/hr 16,5 Ltr/NM

Number of passengers: 264 (max 300 *moje44*)
Number of crew : *PITCH 0,90* / *PITCH 903*

Weight (tons)

Displacement max. :
 Normal :
 Lightship: 100 tons (dwt)
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity : 6000 Ltr.
Fresh water capacity : 500 Ltr

Construction material: FRP (fibre glass reinforced plastic)

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S 2

Naam/Type: BH 710

Owner: US COAST GUARD
Builder: BELL HALTER 1970
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 33,52
Beam max. (m): 11,00
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m): 25,3
Cushion beam (m): 9,63
Cushion Depth (m): 2,20 BOV 1,52 STERN
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m): 2,20
 Stern (m): 1,52
Draught Off-Cushion (m): 2,51
 On-Cushion (m): 1,67
Gross Tonnage (ton):

} AREA 241,3 m²

Propulsion

Speed max. (kn): 35 kn (SS 1) 30 kn (SS 3) ON CUSHION
 cruise (kn): 19 kn (SS 1) 15 kn (SS 3) OFF-CUSHION

Main engines : 2x DETROIT ALLISON 16V 140 TI 1600 hp x 1500 rpm EACH
Liftfan engines : DETROIT ALLISON Diesel (2x) 445 hp (8V 92 TI)
Auxiliary engines: DETROIT ALLISON gen. set 86 hp 1800 rpm
Range (NM) : 1000 (SS 3)
Prp's/waterjet's: PROPS
Fuel consumption:

Number of passengers: 275 IN FERRY UITVOERING
Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 152,4 tons
 Normal :
 Lightship: 100,7 tons
Payload/cargocapacity : 20,82 tons
Fuel capacity : 26244 liter
Fresh water capacity :

Construction material: Aluminium alloy 5086

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S3

Naam/Type: SES 200

Owner:
Builder: 1982
Classification:
Service/route: TEST SES

Main Dimensions

Length o.a (m): 40,49 DEPTH moulded: 4,63 m
Beam max. (m): 11,00
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m): 40,63 | Effective AREA 306,7 m²
Cushion beam (m): 9,63
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk) 44,9 = 44,9 kg/m²
Skirt depth Bow (m): 2,29 } WET DECK HEIGHT
 Stern (m): 1,52 }
Draught Off-Cushion (m): 1,60 (including rudder)
 On-Cushion (m): 2,84
Gross Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn): 32 kn (SSO) 27 kn (SSB) ON CUSHION
 cruise (kn): 16 kn (SSO) 14 kn (SSB) OFF CUSHION

Main engines : 2x DETROIT ALLISON 16V 149 Ti 1600 Hp x 1900 rpm EACH.
Liftfan engines : 4x DETROIT ALLISON 8V 92 Ti 445 Hp EACH.
Auxiliary engines: DDA 4-71 85 kW
Range (NM) : SS 3 2400 NM (25 kn) 2900 NM (20 kn) SSO: 2950 NM (30 kn)
 3050 NM (20 kn)
Prp's/waterjet's: props
Fuel consumption:

Number of passengers:

Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 208,3 ton (full load 100% fuel + supplies)
 Normal :
 Lightship: 130,1 ton
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity : 80120 Liter
Fresh water capacity :

Construction material: Aluminium 5086

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S4

Naam/Type: SERIES 80 SES

Owner:
Builder:
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 25,6
Beam max. (m): 10,7
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m): 21,0
Cushion beam (m): 7,0
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): 1,7
 On-Cushion (m): 0,6
Gross Tonnage (ton):

WET DECK above baseline 1,0 m

NOMINAL NAVIGATION DRAUGHT 1,0.

Propulsion

Speed max. (kn):
 cruise (kn): 40

Main engines :
Liftfan engines :
Auxiliary engines:
Range (NM) : 400
Prp's/waterjet's:
Fuel consumption:

Number of passengers:
Number of crew :

structure	34,2
propulsion	24,9
Electrics	1,9
Comm. & Surv.	0,5
Auxiliaries	6,5
Outbl. Pumps	6,9
Total lightship	74,0
Crew & pass	22,5
Water	0,6
Provisions	0,2
Fuel	5,6

Weight (tons)

Displacement max. : 103,0 Full load =>
 Normal :
 Lightship: 74,0 - - - - -
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity : 5,6 TON
Fresh water capacity : 0,6 TON

Construction material:

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: 55

Naam/Type: Vosper Hover marine 60 m ferry klasse

Owner:

Builder:

Classification: LR ✱ A1 Aircushion vehicle, Group 1 ✱ LMC

Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 60,0
Beam max. (m): 25,0
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m): 6,5
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): 4,50
 On-Cushion (m): 2,75
Gross Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn): 54 (calm water)
 cruise (kn): 40 (ss 5-6)

Main engines : 2x 6100 kw MTU diesel + 2x 3000 kw MTU diesel.
Liftfan engines : 2x 3000 kw MTU diesel
Auxiliary engines:
Range (NM) : 750 (at 50 kn)
Prp's/waterjet's:
Fuel consumption:

Number of passengers: 500 and 76 cars
Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 600 t
 Normal :
 Lightship:
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity :
Fresh water capacity :

Construction material:

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: 56

Naam/Type: SES 100 A

Owner:
Builder:
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 24,28
Beam max. (m): 12,75
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m): } AREA = 185,6 m²
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m): 4,02
Cushion pressure (cm wk) 44,54 cm wk flow: 255 m³/SEC
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m):
 On-Cushion (m):
Gross Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn): 80
cruise (kn):

Main engines : 4 - TF 35 GT } TOTAAL 15000 (9M TURBINE)
Liftfan engines : 3000 HP
Auxiliary engines:
Range (NM) :
Prp's/waterjet's: WATERJET + FRESH INLETS
Fuel consumption:

Number of passengers:
Number of crew : 4

Weight (tons)

Displacement max. : 181,30
 Normal :
 Lightship:
Payload/cargocapacity : 10 T
Fuel capacity :
Fresh water capacity :

Construction material:

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S7

Naam/Type: SES 100 B

Owner:
Builder:
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 23,77
Beam max. (m): 10,66
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m): 1,07
Cushion pressure (cm wk) 51,7 cm wk FLOW 149,5 m³/sec
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m):
 On-Cushion (m):
Gross Tonnage (ton):

} AREA 177,2 m²

Propulsion

Speed max. (kn): 91
cruise (kn):

Main engines : 3 PW FT 12A-6 MAKINE GTurbine 13500 HP TOTAL.
Liftfan engines : 3 - UACL ST 6J MAKINE GTurbine TOTAL HP 1060
Auxiliary engines:
Range (NM) :
Prp's/waterjet's: 2 SETI SWS SUPER CAV. PROPS
Fuel consumption:

Number of passengers:
Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 93,44
 Normal :
 Lightship:
Payload/cargocapacity : 10 T
Fuel capacity :
Fresh water capacity :

Construction material:

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: 58

Naam/Type: LE COMTE 26 m SES

Owner:
Builder:
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 26
Beam max. (m): 7,5
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): 2,05 m (prop)
 On-Cushion (m): 1,45 m (prop) 0,7 m (KEEL)
Gross Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn):	SS 0	SS 3	
cruise (kn):	40	36	ON cushion
	16	13	off cushion

Main engines : (2) MTU 12V 396 TB 03 1150 kW each.
Liftfan engines : (2x) Mercedes Benz OM 404 215 kW each
Auxiliary engines:
Range (NM) : 430 (SS0) 360 (SS3)
Prp's/waterjet's: prop (0,7 m)
Fuel consumption:

Number of passengers:

Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 61,5 TON
 Normal :
 Lightship: 416 TON
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity : 2000 L.
Fresh water capacity :

Construction material: GRP Structure & Hull , Aluminium Deck.

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: *Sg*

Naam/Type: *LECOMTE 34 m SES*

Owner:

Builder:

Classification:

Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): *34,9*
Beam max. (m): *9*
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): *2,15 (PROP)*
 On-Cushion (m): *1,55 (PROP) 0,7 (KEEL)*
Gross Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn):	<i>550</i>	<i>553</i>	
	<i>40</i>	<i>36</i>	<i>on cushion</i>
cruise (kn):	<i>16</i>	<i>13</i>	<i>of cushion</i>

Main engines :

Liftfan engines :

Auxiliary engines:

Range (NM) : *430 (550) 360 (553)*

Prp's/waterjet's:

Fuel consumption:

Number of passengers:

Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : *103,5 ton*

Normal :

Lightship: *77,5 ton*

Payload/cargocapacity :

Fuel capacity : *4000 L.*

Fresh water capacity : *500 L.*

Construction material: *GFRP /aluminium.*

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN SURFACE EFFECT SHIPS

NUMMER: S10

Naam/Type: LE CONTE 40 m SES

Owner:
Builder:
Classification:
Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 40
Beam max. (m): 15
 moulded (m):
Length CWL (m):
Cushion length (m):
Cushion beam (m):
Cushion Depth (m):
Cushion pressure (cm wk)
Skirt depth Bow (m):
 Stern (m):
Draught Off-Cushion (m): 3,55 m (KEEL)
 On-Cushion (m): 2,10 m (KEEL)
Gross Tonnage (ton): 145 (REGISTERED)

Propulsion

Speed max. (kn):	SS 0	SS 3	
	35	31	on cushion
cruise (kn):	15	13	off cushion

Main engines : (2x) MTU 12V 588 TB 92 2555 hp each at 1790 rpm
Liftfan engines : MAN D 2542 MLE (2x) + MAN D 2530 ME
Auxiliary engines:
Range (NM) : 700 (SS0) 700 (SS3)
Prp's/waterjet's:
Fuel consumption:

Number of passengers: 250 - 500

Number of crew :

Weight (tons)

Displacement max. : 105 TON
 Normal : 155 TON
 Lightship: 136 TON
Payload/cargocapacity : 34 TON
Fuel capacity : 20 TON
Fresh water capacity :

Construction material: Grp /aluminium

BIJZONDERHEDEN:

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C1

Naam/Type: FJELL STRAND ALUMAKAN 165 "TREANA"

Owner: HEIJE LAUD TRAFIKBESKAP

Builder:

Classification: DNV : + 1 A2 K PARTLY SHELTERED LIGHT CRAFT CATAMARAN

Service/route: TREAN FJORD

Main Dimensions

Length o.a (m): 26,67

Beam max. (m): 9,20

 moulded (m):

Draught (m): 1,20

Depth (m):

Tonnage (ton): 197

Propulsion

Speed max. (kn): 26 kn (TRIAL)

 cruise (kn): 24-26 (SERVICE)

12-15 kn GALEFORCE SEAS RAFT AHEAD

Main engines : 2x MTU 12 V 93 Ty 70 1.100 hp at 1400 rpm

Auxiliary engines: 2x DEUTZ F3 L 9 18 26 kVA EACH.

Range (NM) :

Prop's/waterjet's: PROPS

 slc : 125-160 gr/hr/n all motor belasting

Number of Passengers: 194

Number of Crew :

Weight (tons)

Displacement max. :

 normal :

 lightship:

Payload/cargocapacity : 4 tonnes

Fuel capacity : 6000 LITER

Fresh water capacity :

Construction material: ALUMINIUM

BIJZONDERHEDEN; *ASYMMETRIC HULLS

* KOSTEN FERRY VERBAUT 1980 10 milj. WOODS LEI.

ANNUAL MAINTENANCE COST 250.000 N.KR VOOR 2000 OPERATIONAL HRS

270.000 " " 3000 " "

290.000 " " 4000 " "

* TOTAL ANNUAL MAINT. TIME 15-20 DAYS

* WAVENRIJKS 4.0 m (8-9 BL) reduced speed operation possible.

* VERGROOT TOT 31.5 m LKASSE

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C2

Naam/Type: LYGRA FJELLSTRAUB SEMI. PLANNING TYPE.

Owner:

Builder: ~1980

Classification:

Service/route: 10 NM ROUTE ± 1 hr Roundtrip time

Main Dimensions

Length o.a (m): 31,50
Beam max. (m): 9,40
 moulded (m):
Draught (m): 2,05
Depth (m):
Tonnage (ton): 314 TONNES

Propulsion

Speed max. (kn): 26
 cruise (kn): 24 (Full load SERVICE SPEED)

Main engines : 2x MTU 12V 396 TRB 63 1.330 hp at 1650 rpm

Auxiliary engines: 2x Mercedes Benz/Stamford 30 kW EACH

Range (NM) : 560

Prop's/waterjet's: props I.P.
 average fc: 260 Ltr/hr.

Number of Passengers: 292

Number of Crew :

Weight (tons)

Displacement max. :
 normal :
 lightship:
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity : 9000 Ltr.
Fresh water capacity :

Construction material: Aluminium.

BIJZONDERHEDEN;

* GESPECIFIEERDE LYST VAN OUDERHOUDKOSTEN GEGEREN IN PASTICATE.

* Trial: 3-4 m Waves } 26 kn speed possible.
 6 m Swell }

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C3

Naam/Type: Tian Lu Hu

Owner: Chu Kouy Shipping Co Ltd, Guangdong PRC

Builder: Fjellstrand A/S, Omastrand Norway

Classification: DNV + 1A1 R45

Service/route:

Main Dimensions

Length o.a (m): 30,0
Beam max. (m): 9,4
 moulded (m):
Draught (m): 1,43 (max)
Depth (m):
Tonnage (ton): 394 grt

Propulsion

Speed max. (kn): 35 (full payload)
 cruise (kn):

Main engines : 2x MTU 16V 396 TB 03 2x 1940 bhp at 1940 rpm

Auxiliary engines: 2x MERCEDES BEHZ 45 kW 95V SETS

Range (NM) :

Prop's/waterjet's: 4ips L.p props.

Number of Passengers: 326 (max 400 with deck CAT)

Number of Crew :

Weight (tons)

Displacement max. :
 normal :
 lightship:
Payload/cargocapacity : 5-27 Tons
Fuel capacity :
Fresh water capacity :

Construction material: Aluminium

symmetrical round bilge hulls, arc bottom and chine in the aft body.

BIJZONDERHEDEN;

5 tons payload: Consumption/nm 21,0 l.

27 tons payload: " " 23,5 l.

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C4

Naam/Type: INCAT 30 m "OUR LADY PATRICIA"
Owner: SEALINK BRITAIN FERRY'S
Builder: INTERNATIONAL CATAMARANS Pty Ltd Hobart TASMANIA
Classification: DUV 1A1 Lightcraft (CAT) R45 Pass. ship. ED
Service/route: PORTSMOUTH - Ryde (10k of water) ± 15 minutes journey time

Main Dimensions

Length o.a (m): 20,60 LCUL: 25,50 m
Beam max. (m): 11,00
moulded (m): BEAM HULL 3,20 m
Draught (m): 2,20 (loaded)
Depth (m):
Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn): 33
cruise (kn): 30 (full load trials)

Main engines : 2x MTU 16V 3036 TC 83 1430 kW at 1045 rpm
Auxiliary engines: 2x 98M 26 kVA gen sets.
Range (NM) :
Prop's/waterjet's: 4p. props

Number of Passengers: 470 (2 decks)
Number of Crew : 5

Weight (tons)

Displacement max. :
normal :
lightship:
Payload/cargocapacity: 50 tonnes
Fuel capacity : 2x 2,400 ltr.
Fresh water capacity : 500 ltr

DEADWEIGHT : Pass. and baggage 37,5 TONNES
Fresh WATER 0,5 TONNES
CREW and effects 0,6 TONNES
FUEL 4,0 TONNES
BAGGAGE in Cont. 2,0 TONNES

Construction material: Aluminium 5083-H321 alloy plating | 17kg welded.
6061-T6 alloy sections

Minimum shell plating thickness 4.5 mm. deck plating 4. mm.

BIJZONDERHEDEN;

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C5

Naam/Type: WESTAMAKAN 95 "Tranen" & "TUNEN"
Owner: Dampskibsselskabet Øresund
Builder: 1977
Classification:
Service/route: 17,5 nm route Øresund (the sound)

Main Dimensions

Length o.a (m): 30,0
Beam max. (m): 9,0
 moulded (m):
Draught (m): 1,5
Depth (m):
Tonnage (ton): 251 grt

Propulsion

Speed max. (kn): 30
 cruise (kn):

Main engines : 2x SACM 195 V12 CSHK 1800 RPM EACH.
Auxiliary engines:
Range (NM) :
Prop's/waterjet's:

Number of Passengers: 180
Number of Crew :

Weight (tons)

Displacement max. :
 normal :
 lightship:
Payload/cargocapacity :
Fuel capacity :
Fresh water capacity :

Construction material:

BIJZONDERHEDEN;

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C6

Naam/Type: Marinet 34 CCB "Emeraude Express" Creuboot.

Owner: Chambon Marine and diving Corporation

Builder: DEC 485 MAKINTEKNIK

Classification: DNV 41A1 R50 ED

Service/route: Cameroon Elf's Emeraude oil field

Main Dimensions

Length o.a (m): 34,10 Lcuc: 27,0
Beam max. (m): 9,44
 moulded (m): 9,40
Draught (m): 1,20
Depth (m): 3,44 (moulded maindeck) 5,77 (moulded upperdeck)
Tonnage (ton):

Propulsion

Speed max. (kn): 44
 cruise (kn): 40 (full load)

Main engines : 2x MTU 16V 396 TB 93 1700 kW at 2060 rpm

Auxiliary engines: 2x 30 kVA diesel gen SETs

Range (NM) :

Prop's/waterjet's: Waterjets 2x KAMEWA 63/S62/6

PC: 200 g gr/kwh (at cruising speed)

Number of Passengers: 243 (85 cm pitch)

Number of Crew : 5

Weight (tons)

Displacement max. : 99,0 Tonnes (gross operating weight) →

 normal :

 lightship: 73,5 tonnes

99,0 DWT ⇒ payload 26,3

Payload/cargocapacity : 26,3 tonnes

= 243 PASSE

Fuel capacity : 7000 Ltr

4000 L. fuel.

Fresh water capacity : 500 Ltr

Baggage & fresh w.

Construction material: aluminium

Hull: NARROW/non planning symmetrical

deep VEE forward

flat VEE/hard chine aft.

BIJZONDERHEDEN;

GEGEVENS VAN CATAMARANS

NUMMER: C7

Naam/Type: Marinjet PV2400

Owner: Marmteknik

Builder:

Classification: DNV + A2 R15 EO PASSENGERSHIP Light Craft.

Service/route: KATTEGAT Århus - Copenhagen

Main Dimensions

Length o.a (m): 33,0
Beam max. (m): 9,4
 moulded (m):
Draught (m): 1,2
Depth (m):
Tonnage (ton): 90 qrt

Propulsion

Speed max. (kn): 35
 cruise (kn): 32 (full load)

Main engines : 2x MTU 12V 396 TB 03 1100 kw at 1950 rpm

Auxiliary engines:

Range (NM) : 350

Prop's/waterjet's: Waterjet 2x KAMEVA 60/562/6

PC: 567 ltr/hr (cruising speed)

Number of Passengers: 252 (0,05 m pitch)

Number of Crew : 8

Weight (tons)

Displacement max. :
 normal :
 lightship:

Payload/cargocapacity : 24 tonnes

Fuel capacity : 7000 ltr 2x 100 ltr Hydraulic oil

Fresh water capacity : 500 ltr 2x 150 ltr Lubrication oil

Construction material: Aluminium

Hull: VAKROU, now planning symmetrical DEEP VEE forward
Flat VEE hard chine aft.

BIJZONDERHEDEN; 32 kn : 252 pass. 2650 kg Fuel

24140 kg disposable load = 252 pass + baggage
 crew of eight
 2000 kg Fuel
 400 ltr Lub. oil.
 500 ltr Fresh water
 500 kg provisions

De heer M.N. Oele
Gerardskruid 11
3068 DW ROTTERDAM

Uw kenmerk	Ons kenmerk	Doorkiesnummer	Datum
-	JP/MM/290/2.4	-786563	1 september 1986
Onderwerp afstudeerproject		Onderdeel vakgroep OEMO	

Geachte heer Oele,

Hierbij doen wij u de opgave toekomen in het kader van uw afstudeerproject.
Het project betreft:

Onderzoek naar de ontwerp-technische en economische aspecten van Surface Effect Ships (SES) luchtkussenvaartuigen voor passagiersvervoer versus catamarans van gelijke transport capaciteit.

Probleemstelling

Voor specifieke taken op zee zijn verschillende typen geavanceerde vaartuigen ontwikkeld, waarbij het grootste volume van de scheepscmp zich geheel boven of diep onder het wateroppervlak bevindt. Daarmee kunnen aanzienlijk hogere snelheden en/of een aanmerkelijk beter zeegangsgedrag worden behaald dan bij konventionele displacementsschepen.

De door u uit te voeren studie zal betrekking hebben op Surface Effect Ships (SES) van twee lengte klassen, te weten 30 m en 60 m, voor het vervoer van passagiers.

Het scheepssnelheid gebied ligt tussen de 20 en 70 knopen en wordt mede bepaald door de lengteklasse van het vaartuig. De voortstuwing vindt plaats d.m.v. een waterjet installatie.

Om de technisch-economische merites van SES vaartuigen te kunnen beoordelen, zal voor de lengteklasse 60 m een catamaran met gelijke transportcapaciteit moeten worden ontworpen.

Mede in verband met de beschikbare tijd voor deze opdracht mag voor de lengteklasse 30 m het alternatieve catamaran vaartuig worden bepaald m.b.v. de literatuur.

M.N. Oele

JP/MM/290

1 september 1986

2

Schematisch is een en ander als volgt weer te geven:

lengte- klasse	type	SES	(alternatieve) catamaran	snelheden kn ($F_w = 0,60/1,05/1,50$)
30 m		(voor)ontwerp	uit literatuur	20; 35; 50
60 m		(voor)ontwerp	(voor)ontwerp	30; 50; 70

Ten behoeve van een verantwoord technisch-ekonomisch vergelijk tussen de verschillende alternatieven zijn nadere onderzoekingen, berekeningen en tekeningen noodzakelijk.

De daarbij naar voren komende aspecten, zoals hierna genoemd bij de onderscheidene fasen van het projekt, dienen te worden onderzocht en uitgewerkt in nauwe samenwerking met de Koninklijke Maatschappij De Schelde BV te Vlissingen en met de vakgroep OEMO.

1. Vierde jaars skriptie (1e fase)

De activiteiten in het kader van de vierde jaars skriptie zullen in hoofdzaak betrekking dienen te hebben op een nadere oriëntatie van de probleemstelling en moeten leiden tot een gefundeerde afbakening ten behoeve van de verdere uitwerking van het projekt.

De volgende activiteiten zijn daarbij te onderscheiden:

- 1.1 Het verzamelen en bestuderen van de literatuur en overige (werf) gegevens betreffende
 - geavanceerde sloopstypen voor relatief hoge snelheden, waaronder in het bijzonder 'SES'vaartuigen en catamarans
 - de weerstands- en voortstuwingsproblematiek
 - de stabiliteit en het zeegangsgedrag
 - produktie-technische aspecten
 - de mogelijke inzetbaarheid, in het bijzonder voor het vervoer van passagiers.
- 1.2 Het systematisch rangschikken en verwerken van de verzamelde gegevens ten behoeve van een orientatie op- en een analyse van de specifieke problematiek bij het ontwerpen van SES-vaartuigen en catamarans.
- 1.3 Een eerste formulering van de ontwerp-technische en (zo mogelijk) ekonomische randvoorwaarden voor het ontwerp en de bouw van SES vaartuigen en catamarans.

1.4 Gekozen dienst

2. Het cursuswerk (2e fase)

Het onderzoek in het kader van het cursuswerk zal in hoofdzaak betrekking hebben op een eerste voorontwerp en een technisch-economische analyse van de ontworpen vaartuigen.

De voorontwerpen hebben betrekking op SES vaartuigen van 30 m en 60 m en een (alternatieve) catamaran voor de lengteklasse van 60 m.

Een en ander zoals reeds eerder schematisch aangegeven. Daarbij zal nader moeten worden ingegaan op de rompvorm, weerstand, voortstuwing, aanvangsstabiliteit, gewicht en indeling.

Vervolgens zal een technisch-economische analyse van de vaartuigen voor twee representatieve veerdiensten worden verricht.

3. Ingenieurswerk (3e fase)

Hoewel de inhoud van het ingenieurswerk mede zal worden bepaald door de resultaten en conclusies van de voorgaande fasen, zal de 3e fase in hoofdzaak betrekking hebben op de nadere uitwerking van de (voor)ontwerpen van de 60 meter klasse van vaartuigen.

4. Algemeen

4.1 Begeleiding en werkverband.

Als kontaktpersoon bij de Koninklijke Maatschappij De Schelde BV te Vlissingen, zal optreden de heer Ir. R. de Gaay. Uw mentor vanuit de vakgroep OEMO is de heer Ing. J. Punt.

Regelmatig intensief overleg met uw begeleider en de mentor moet van essentieel belang worden geacht voor een goede voortgang en uitvoering van het projekt.

4.2 Tijdschema

Het globale tijdschema voor de uitvoering van het afstudeerprojekt is als volgt:

- 4e jaars skriptie

Aanvang 1 september 1986

Einde 27 oktober 1986

. Gelegenheid voor praktisch werken tot 30 november 1986.

- Cursuswerk

Aanvang 1 december 1986

Einde 31 maart 1987

- Ingenieurswerk

Aanvang 1 april 1987

Einde 30 juni 1987

Daar het afstudeerproject als één geheel wordt beschouwd, moet de datum van overgang van 4e jaars skriptie naar cursuswerk worden gezien als een indicatie, terwijl de exakte begin- en einddatum van het ingenieurswerk eerst zal worden bepaald zodra het cursuswerk is voltooid. Mede gelet op de samenwerking met derden wordt continuïteit bij de uitvoering van het project en het aanhouden van het globale tijdschema van groot belang geacht.

4.3 Geheimhouding

Alle vertrouwelijke dan wel redelijkerwijs als vertrouwelijk te veronderstellen bedrijfsinformatie en -gegevens zijn geheim. In twijfelgevallen dienen uw kontaktpersoon en de mentor te worden geraadpleegd.

4.4 Uitvoeringsvorm, rapportering

Bij de uitvoering van het project dienen de richtlijnen voor het cursuswerk en ingenieurswerk in acht te worden genomen (zie bijlage). De verslaglegging dient beknopt en duidelijk te zijn en te beginnen met een korte samenvatting, waarin de belangrijkste resultaten en conclusies worden vermeld. Voor dit afstudeerproject geldt de volgende interim-rapportage:

- 4e jaars skriptie: 1 interimrapport
- cursuswerk : 2 interimrapporten
- ingenieurswerk : 1 verslag over de voortgang van het werk.

Bij de inlevering van het totale eindrapport (ingenieurswerk) moet een door u getekende verklaring worden overlegd, dat het gehele werk, inclusief het tekenwerk, door uzelf is verricht.

4.5 Bekendmaking resultaten

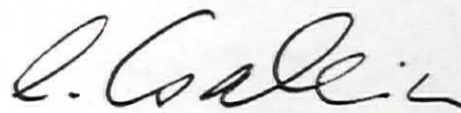
Eventuele bekendmaking van de resultaten door middel van een voordracht en/of publikatie zal dienen te geschieden in overleg met en onder de voorwaarden van de Koninklijke Maatschappij De Schelde BV en de vakgroep OEMO.

Met vriendelijke groet en u veel succes toewensend,

de mentor

de hoogleraar


Ing. J. Punt


Prof. Dr. Ing. C. Gallin

cc. De Koninklijke Mij De Schelde, Ir. H.A. van der Hoeven en Ir. R. de Gaay
Bestuur vakgroep OEMO
Studentenadministratie

VERSLAG VAN EEN GESPREK TUSSEN DHR. DE GAAY EN MARC OELE

Datum: Vrijdag 19 september 1986

Plaats: De Schelde, Vlissingen

Betreffende: Afstudeerproject SES/CAT.

Punten die aan de orde zijn geweest en die belangrijk zijn voor de interpretatie van de opgave worden hier kort besproken.

1 Te ontwerpen vaartuigen:

De heer de Gaay verwacht dat met één romp ontwerp een bepaald snelheidsgebied kan worden bestreken. Het zou hierdoor niet nodig zijn voor elke opgegeven snelheid een ontwerp te maken. Dit kan echter pas tijdens het ontwerpproces nader bezien worden.

2 Tijdstip van keuze van veerdiensten:

Na overleg werd besloten de veerdiensten te kiezen voordat het voorontwerp gestart wordt. Het voordeel hiervan is dat eisen t.a.v. brandstof voorraden, dekhoogten in verband met golven etc. bekend zijn. Hiermee kan dan rekening gehouden worden tijdens het ontwerp, waardoor de techn./econ. analyse eerlijker verloopt.

Besloten is een keuze te maken voor:

- Een korte route met een ruwe zeekarakteristiek. (bv Kanaal)
- Een lange route met een rustige zee karakteristiek.

3 Probleem van de vergelijking tussen Ses en Cat:

In de opgave staat vermeld (onder probleemstelling) dat de vaartuigen ten behoeve van de vergelijking ontworpen dienen te worden met gelijke transport capaciteit. Een ontwerp waaraan naast een vaste lengte ook eisen gesteld worden aan snelheid en transport capaciteit zal waarschijnlijk niet optimaal zijn. Een betere methode is dan ook voor de verschillende lengte klassen en snelheden optimaal te ontwerpen met zoveel mogelijk passagiers. In de technisch economische analyse kan dan een studie gemaakt worden op basis van deze ontwerpen met verschillende transportcapaciteit. Omdat een vergelijking wordt gemaakt op basis van required freight rate (zie punt 4) is dit niet bezwaarlijk. Bovendien is met deze methode een vergelijking mogelijk tussen meerdere ontwerpen onderling. Het laatste alternatief kreeg ook in het gesprek tussen Dhr. Punt en Marc Oele (29 sept. Delft) de voorkeur.

4 Technisch-economische analyse:

De economische analyse kan het best gemaakt worden op basis van required freight rate (RFR). (Kosten per passagier per mijl).

In de technische analyse dienen zaken aan de orde te komen als

- betrouwbaarheid
- benodigde aantallen voor een veerdienst
- flexibiliteit
- inzetbaarheid
- etc.

VERSLAG VAN EEN INFORMEREND GESPREK TUSSEN DHR. DE GAAY
EN MARC OELE

Datum: maandag 20 oktober 1986

Plaats: "de Schelde" Vlissingen

Betreffende: Afstudeerproject en stage

Zoals vooraf aangekondigd werden een aantal punten besproken welke van belang zijn voor de voortgang van het schrijven van de scriptie.

- Ontwerpprocessen:

Ten behoeve van het cursuswerk heb ik twee ontwerpprocessen geanalyseerd en hiervan schema's opgezet. Eén voor de SES en één voor de catamaran. Tijdens het gesprek bleken hieraan nog enkele kleine modificaties nodig te zijn. Deze werden meteen besproken en uitgevoerd.

De ontworpen schema's vormen nu een handleiding voor het ontwerp van de verschillende vaartuigen. De schema's zijn opgenomen in de scriptie

- Lange veerroute

Ten behoeve van de vergelijking was het noodzakelijk nog een lange veerroute te vinden. Dhr. de Gaay zegt toe één of meerdere alternatieven te zullen aandragen na eventueel overleg met Wijsmuller.

Na nog wat losse punten ten behoeve van de scriptie te hebben besproken werd nog even de te verrichten stage doorgenomen.