



SELINUS UNIVERSITY
OF SCIENCES AND LITERATURE

**PROGETTO DI MASSIMA DI TRE CARENE PER
IMBARCAZIONI DA DIPORTO DI TIPOLOGIA
DISLOCANTE, SEMIDISLOCANTE E PLANANTE
E LORO MODELLAZIONE AL SOFTWARE CAE
“DELFTSHIP”**

By
GAETANO ANANIA – UNISE1065IT

Supervised by
Prof. Salvatore Fava Ph.D.

A DISSERTATION

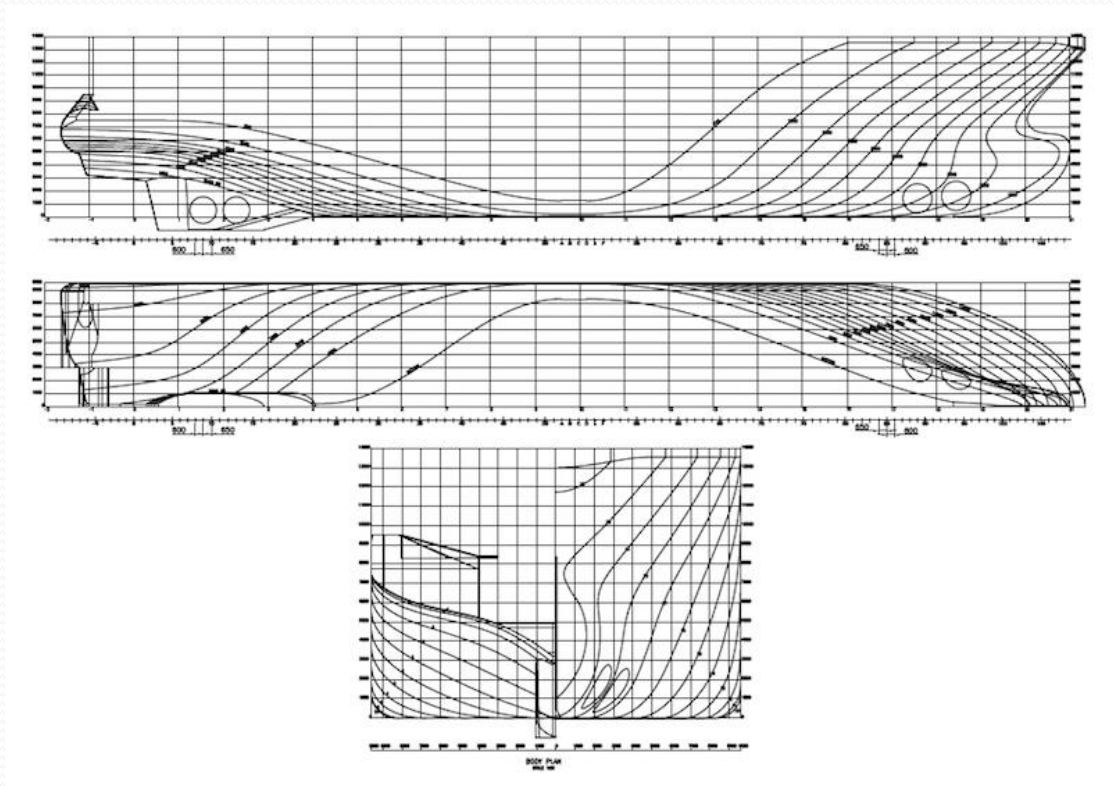
Presented to the Department of **NAVAL ENGINEERING**
program at Selinus University

Faculty of **Engineering and Technology**
in fulfillment of the requirements
for the degree of
Bachelor of Science

2020

Gaetano Anania

PROGETTO DI MASSIMA DI TRE CARENE PER IMBARCAZIONI DA
DIPORTO DI TIPOLOGIA DISLOCANTE, SEMIDISLOCANTE E PLANANTE
E LORO MODELLAZIONE AL SOFTWARE CAE “DELFTSHIP”



Quality Assurance Higher
Education (accredited)



World Council for Regular and
Distance Education
(accredited)



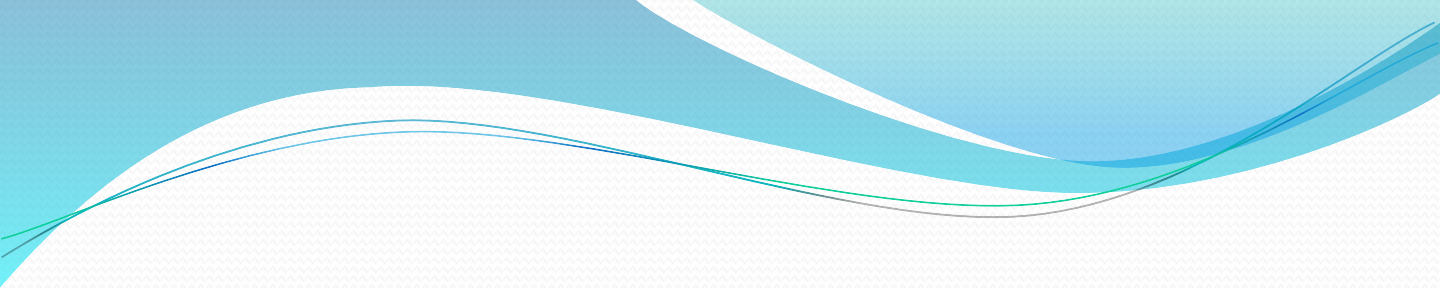
American Association for
Higher Education and
Accreditation (accredited)



Council for Education for
Higher Education and
Accreditation (membership)



United States Distance
Learning Association
(membership)



**Alla mia famiglia,
che mi ha sempre supportato durante
questo impegnativo percorso universitario.**

**Una ringraziamento particolare
al caro amico Maurizio Eliseo.**

INDICE

PREMESSA.....p. 5

PRIMA PARTE.....p. 7

1.1 Alle origini del diportismo.....	p. 7
1.2 Definizione di unità da diporto.....	p. 8
1.3 La velocità delle unità da diporto.....	p. 9
1.4 La compartimentazione delle unità da diporto.....	p. 10
1.5 La stabilità delle unità da diporto.....	p. 11
1.6 La governabilità delle unità da diporto.....	p. 12
1.7 La tenuta al mare delle unità da diporto.....	p. 13
1.8 La genesi del progetto.....	p. 14
1.9 Unità prodotte in serie.....	p. 17
1.10 Unità prodotte in esemplare unico.....	p. 22
1.11 L'impostazione del progetto.....	p. 30
1.12 L'analisi dei desiderata.....	p. 36
1.13 Il design.....	p. 37
1.14 Definizione del dislocamento e delle unità principali.....	p. 52
1.15 Forme di carena.....	p. 56
1.16 La scelta della propulsione.....	p. 75
1.17 Definizione dei piani generali.....	p. 105
1.18 Definizione e controllo dei costi.....	p. 128
1.19 Metodologie progettuali innovative.....	p. 142
1.20 Classificazione delle unità da diporto.....	p. 152
1.21 Riferimenti normativi.....	p. 154
1.22 Tipologie di cantieri nautici.....	p. 157

SECONDA PARTE.....p. 159

2.1 Basic of boat design.....	p. 159
2.2 Boat hull types.....	p.163
2.3 Parametric design.....	p. 172
2.4 Weight, mass and center of gravity.....	p. 180
2.5 Stability.....	p. 183
2.6 Sailing boat performance.....	p. 191
2.7 Lines drawings.....	p. 195
2.8 Proposal concept design.....	p. 201
2.9 Creating hulls using Delftship Maritime Software.....	p. 205

APPENDICI

<i>Appendice 1:</i> Reports di calcoli idrostatici e di resistenza al moto generati da Delftship Maritime Software sulle tre carene realizzate.....	p. 209
<i>Appendice 2:</i> Normative sulle imbarcazioni da diporto.....	p. 224
<i>Appendice 3:</i> RINA RULES 2018 for pleasure yachts.....	p. 258

BIBLIOGRAFIA.....p.305

PREMESSA

L'argomento di questa tesi è il progetto di massima di tre carene di tipologia dislocante, semidislocante, planante per imbarcazioni da diporto e la loro modellazione al software cae DELFTSHIP.

La tesi è divisa in due parti:

La **prima parte** (in lingua italiana) è sostanzialmente introduttiva e discute generalmente del mondo del diportismo affrontando nello specifico i seguenti argomenti:

- Le origini del diportismo;
- Definizione, velocità, compartimentazione, stabilità, governabilità, tenuta al mare dell' unità da diporto;
- La genesi del progetto: unità prodotte in esemplare unico e in serie;
- L'impostazione del progetto;
- L'analisi dei desiderata;
- Il design;
- Definizione di dislocamento e delle dimensioni principali;
- Le forme di carena;
- La scelta della propulsione;
- La definizione dei piani generali;
- La definizione e il controllo dei costi;
- Le metodologie progettuali innovative;
- I riferimenti normativi;
- La tipologia dei cantieri nautici;

La **seconda parte** (in lingua inglese) è di tipo tecnico/realizzativa e affronta la procedura generale matematica per la realizzazione di carene navali di tipologia dislocante, semidislocante e planante, discutendo i seguenti argomenti:

- Le tipologie di imbarcazioni in base al numero di Froude;
- La progettazione parametrica con le relative dimensioni e coefficienti;
- I concetti generali di peso, massa e centro di gravità;
- Il concetto di stabilità;
- La performance relativa all'imbarcazione a vela;
- Il piano di costruzione e la procedura di generazione della superficie di carena a partire dallo stesso utilizzando un programma CAE;
- Il "Proposal Concept Design";
- In fine la generazione concreta delle carene di tre scafi navali utilizzando *Delftship Maritime Software*:
 1. Scafo dislocante (barca a vela di tipologia longkeeler);
 2. Scafo semidislocante (catamarano);
 3. Scafo planante (motoscafo);

Ci sono poi tre appendici allegate:

1. I reports generati dal software Delftship relativi ai calcoli idrostatici e di resistenza al moto delle tre carene realizzate;
2. Le normative europee ISO per le imbarcazioni da diporto;
3. Gli estratti delle normative generali del RINA 2018 "for pleasure yachts" riguardo la stabilità, gli impianti di propulsione, gli impianti elettrici, di automazione e antincendio, i tests di verifica per i materiali e la saldature;

PRIMA PARTE

1.1 Alle origini del diportismo

Il diporto nasce dall'esigenza di vivere la navigazione a scopo ricreativo e per trarre divertimento da questa esperienza. Storicamente questa necessità è strettamente legata ai concetti di yachting e di yacht. In particolare quest'ultimo termine trae le sue origini dal termine olandese *jaght* (o *jagt*) che può essere tradotto come cacciare o ancora meglio perlustrare. Originariamente, infatti, con questo termine nel XVII secolo venivano indicate delle imbarcazioni (ovviamente) a vela, leggere e veloci utilizzate dalla Marina Militare olandese per cacciare e inseguire altre navi impegnate in atti di pirateria o di contrabbando di lana e spezie in prossimità della costa.



1.2 Definizione di unità da diporto

Il termine ***diporto*** nella sua etimologia originale intende allo stesso tempo sport e divertimento, è una locuzione che è rimasta legata al concetto di navigazione svolta solo ed esclusivamente per il gusto e il divertimento di farla, magari in competizione con altre unità di pari dimensione.

La legislazione italiana che con il **Decreto Legislativo 18 luglio 2005, n. 171**, recepisce e attua la **Direttiva Comunitaria 2003/44/CE**, distingue le unità da diporto essenzialmente in base alle dimensioni in:

- ***Natante da diporto;***
- ***Imbarcazione da diporto;***
- ***Nave da diporto;***



1.3 La velocità delle unità da diporto

Le unità da diporto rientrano decisamente nella categoria delle **unità veloci**: infatti, facendo riferimento al numero di Froude questo, almeno per quanto concerne la velocità massima ha sempre valori prossimi a 0.4.

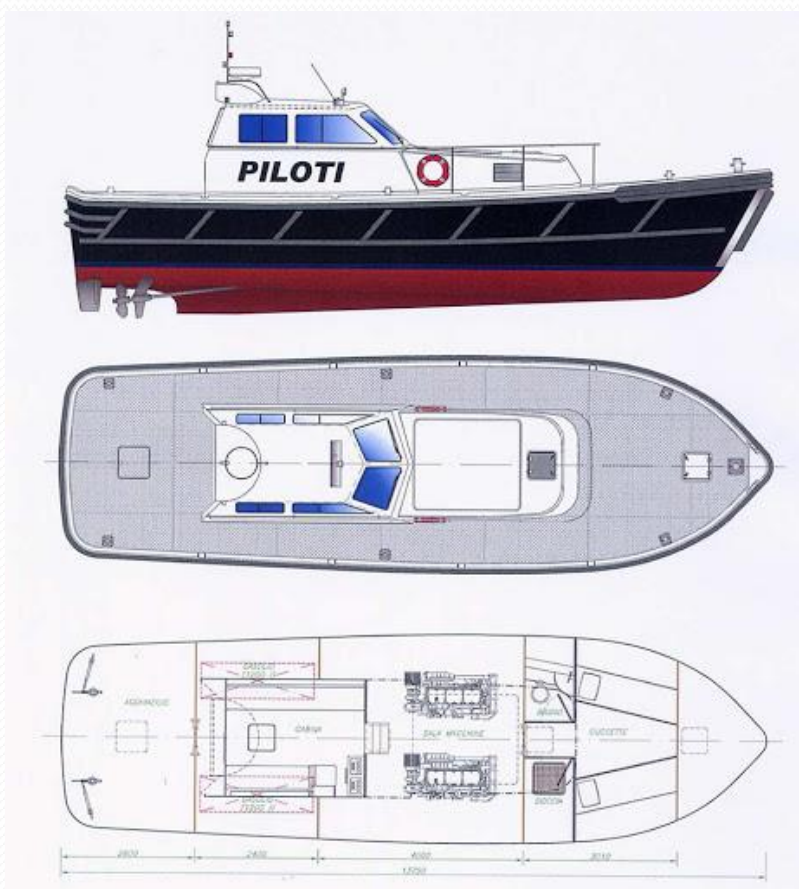
Difficilmente la velocità massima viene raggiunta per più del **20%** della vita della stessa, di conseguenza **l'apparato motore** verrà dimensionato per permettere il raggiungimento della velocità massima, cercando di compattarne il più possibile dimensioni e pesi, mentre **il propulsore** sarà piuttosto dimensionato per ottimizzare l'andatura di crociera (ben più frequente).



1.4 La compartimentazione delle unità da diporto

Per unità di **lunghezza inferiore a 24 m** il riferimento normativo sarà dato dalle norme specifiche citate nella **Direttiva Comunitaria 2003/44/CE**, mentre per le **navi da diporto** il numero e la posizione delle paratie stagne di compartimentazione sarà stabilito dai diversi **Regolamenti di Classe** e dai **Regolamenti Statutari** del caso.

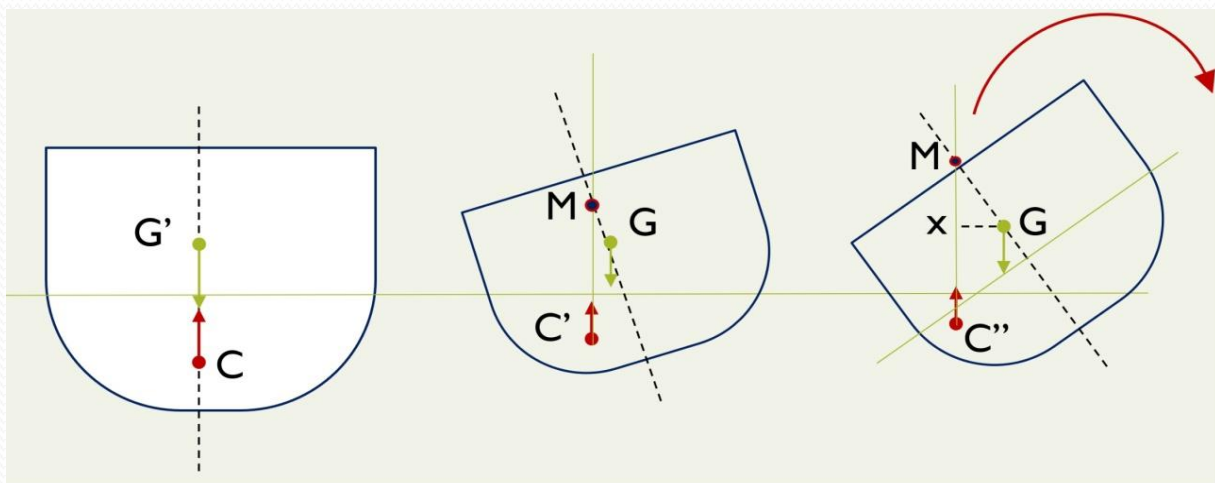
Molte unità da diporto vengono classificate come inaffondabili



1.5 La stabilità delle unità da diporto

La stabilità nelle unità da diporto è un argomento di primaria importanza, in realtà anche perchè strettamente legato al concetto di stabilità dell'unità c'è quello di **confort** a bordo.

I **criteri di stabilità** sia allo stato integro che in falla dipenderanno dalle dimensioni dell'unità, dal tipo di navigazione che effettuerà e dai Regolamenti Statutari che si deciderà di adottare.



1.6 La governabilità delle unità da diporto

La governabilità di un mezzo navale può essere determinata attraverso la valutazione di tre parametri caratteristici:

- La **stabilità di rotta**, ovvero la capacità del mezzo di mantenere una rotta rettilinea indipendentemente dalle azioni di disturbo esterne (stato del mare e del vento);
- La **manovrabilità**, intesa come la capacità di risposta del mezzo alle azioni dei suoi organi di governo sia in navigazione che in manovra.
- L'**abilità evolutiva**, ossia la capacità di un mezzo di invertire la direzione di moto attraverso l'azione dei suoi organi di controllo.



1.7 La tenuta al mare delle unità da diporto

Ciò che oggi fa il successo di un'unità da diporto più che il suo design soggetto alle mode passeggere del momento sono le sue **qualità nautiche** che sono strettamente legate alla tenuta al mare del mezzo.



1.8 La genesi del progetto

Prima di affrontare lo sviluppo di un nuovo progetto di un'unità da diporto è necessario affrontare una serie di scelte e assunzioni che ne vincoleranno tutto lo sviluppo, a partire addirittura dalla scelta della metodologia progettuale. La scelta che dovrà essere compiuta è certamente il **tipo di barca** che meglio soddisferà le richieste del cliente.

La *prima checklist* del progetto:

1. Quanto tempo ho a disposizione per la pratica del diporto?
2. Cosa mi diverte nel diporto?
3. Che stile voglio che abbia la mia barca?
4. Quante persone voglio portare con me?
5. Voglio guidare da solo la mia barca?
6. Che tipo di sistemazione voglio per la mia barca?
7. Quanto voglio spendere per comprare la mia barca?
8. Quanto posso spendere in consumi e manutenzione?
9. Dove posso ormeggiare/ricoverare la mia barca?
10. Quanto tempo posso aspettare?

Un **racer**, una barca destinata alle competizioni sia a vela che a motore, sarà soggetta ai cosiddetti regolamenti di stazza (o di classe) che ne stabiliranno in maniera univoca dimensioni, equipaggio, armamento o potenza massima imbarcata.





Un **cruiser** è un'imbarcazione da crociera ovvero destinata al puro divertimento ed il più delle volte può essere paragonata ad un vestito su misura se il cliente è un armatore privato o ad un abito di alta sartoria se si sviluppa il progetto per conto di un cantiere.



1.9 Unità prodotte in serie

Principali materiali di costruzione

1. Legno
2. Compensato marino
3. Compositi





Il modello gestionale a cui tutti i principali costruttori hanno dovuto ricorrere è stato ed è l'**ERP - Enterprise resource planning** (letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa"). Questo sistema di gestione informativa, oggi quasi totalmente informatizzato, integra tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, magazzino, contabilità etc.).

I componenti di un sistema *ERP* devono quindi essere capaci di realizzare e interconnettere tutte le seguenti attività:

Contabilità	Gestione della produzione
Controllo di gestione	Gestione progetti
Gestione del personale	Gestione vendite
Gestione acquisti	Gestione della distribuzione
Gestione dei magazzini	Gestione della manutenzione
Pianificazione del fabbisogno	Gestione degli asset finanziari

I pacchetti di cui si compone un software ERP sono:

1. **MRP – Material Requirements Planning:** sistema automatizzato di calcolo del fabbisogno di materiali;
2. **MRP II – Manufacturing Resource Planning:** sistema per la pianificazione delle risorse di produzione: materiali, macchinari e manodopera;
3. **SCM – Supply Chain Management:** sistema di gestione dell'intera fase di approvvigionamento;
4. **MES – Manufacturing Execution System:** sistema di gestione e controllo dell'avanzamento della produzione;
5. **Controllo magazzino;**
6. **CRM – Customer Relationship Management:** sistema di supporto per le attività commerciali.



I livelli decisionali solitamente supportati sono:

1. **Decisionale**: abilitazione alla pianificazione e alla programmazione di tutti i livelli dell'attività aziendale;
2. **Esecutivo**: abilitazione alla gestione dei flussi informativi e fisici;
3. **Documentale**: abilitazione alla configurazione ed alla documentazione dei singoli processi.



1.10 Unità prodotte in esemplare unico

La nautica da diporto come tutte le attività umane segue l'evoluzione e il mutamento di abitudini, necessità e mode della società. Questo è il principale motivo per cui a fianco degli intramontabili classici si vedono nascere ogni tanto nuove tipologie di barche che se riscuotono successo diventano innovazioni o in caso contrario restano meteore di un fenomeno trasversale che attraversa il tempo e le mode. Le principali tendenze dell'ultimo secolo sono indubbiamente due: il **gigantismo** e l'**ibridizzazione**.

Queste (mode, necessità...) creano nel mercato della cantieristica da diporto un filone parallelo a quello della produzione delle grandi serie, la cantieristica nautica che opera a **commessa**, cioè che costruisce esemplari unici (o quasi) con un elevatissimo (se non assoluto) grado di personalizzazione, in pratica come l'industria cantieristica navale.



Il termine **commessa** in questa accezione può essere quasi confuso con *progetto* in particolare se se ne considera la classica definizione fornita dall'Archibald "**Uno sforzo complesso, di regola, di durata inferiore ai tre anni, comportante compiti interrelati eseguiti da varie organizzazioni, con obiettivi, schedulazioni e budget ben definiti**" o ancora più sinteticamente quella ideata dal Kerzner "**È un insieme di sforzi coordinati nel tempo**".

I presupposti su cui si basa il sistema di organizzazione **group technology-based construction** sono essenzialmente due:

1. Nonostante il cantiere sia teoricamente in grado di produrre unità molto diverse per forme e impiego, i pezzi che le costituiscono ed i semilavorati sono analoghi nel senso che necessitano delle stesse tecnologie di lavorazione;
2. Il volume dei semilavorati (sottoassiemi, blocchi e anelli) e quello necessario ad eseguire tutte le lavorazioni è decisamente impegnativo a fronte di quello del prodotto finito.



Una siffatta organizzazione consente di ridurre notevolmente i tempi e i costi della produzione in particolare:

1. Razionalizza i flussi dei materiali e delle lavorazioni;
2. Ottimizza lo sfruttamento dello spazio disponibile;
3. Permette una maggiore specializzazione delle lavorazioni;
4. Introduce la possibilità di automatizzare i processi produttivi riducendo il ricorso alla manodopera;
5. Diminuisce i tempi di improduttività di macchinari e maestranze;
6. Riduce il numero dei mezzi di movimentazione;



L'**attività commerciale** deve individuare il mercato e quindi gli armatori a cui il cantiere deve proporre i propri prodotti.

1. Il **prezzo**: è intuitivo che in una gara vince chi offre la nave più ricca al minor prezzo;
2. Il **rispetto dei tempi di consegna**: oltre che un danno economico, nel mercato dello yachting un ritardo nella consegna può avere un effetto secondario sull'umore dell'armatore che può spesso portare anche al rifiuto dell'unità;
3. La **qualità del prodotto**: nel mercato dello yachting la qualità del prodotto in termini di estetica, cura dei dettagli, allestimenti e confort è l'aspetto più qualificante in una trattativa.



L'**attività tecnica** sintetizza le fasi essenziali della progettazione e della costruzione, che sono lo scopo principale di un'azienda che opera nel settore della cantieristica.

1. **Tempestiva**: deve essere eseguita nei tempi previsti per non condizionare la produzione;
2. **Completa**: non deve mai essere lasciata agli esecutori della costruzione alcuna libertà di scelta;
3. **Accurata**: nel momento in cui un documento viene inviato in produzione deve possedere tutte le informazioni necessarie;
4. **Coerente**: deve essere pienamente soddisfacente le richieste contrattuali;
5. **Corretta**: tutti i documenti, soggetti ad approvazione o meno, devono rispettare tutti i regolamenti e le leggi vigenti;
6. **Innovativa**: devono essere implementate sempre nuove soluzioni al passo con le tecnologie d'avanguardia e nell'ottica della riduzione dei costi (design to cost).

L'**attività amministrativa** si occupa della gestione finanziaria del cantiere nella sua interezza e di ogni commessa acquisita. La gestione finanziaria del cantiere si occupa del reperimento delle risorse finanziarie necessarie all'esercizio dell'attività di costruzione.

Nelle strutture produttive più complesse ed avanzate la tecnica gestionale di riferimento è il **Project Management**.



Nel dettaglio le attività di cui il **PM** si occupa assieme al suo **team** sono:

1. *Coordinamento di tutte le attività produttive della commessa;*
2. *Stesura del programma della commessa;*
3. *Gestione dei rischi;*
4. *Cura dei rapporti con l'armatore;*
5. *Organizzazione e gestione delle riunioni di Phase Review;*
6. *Controllo della spesa;*
7. *Stesura e controllo del Report di Commessa;*



Partecipanti alle **Phase Review**:

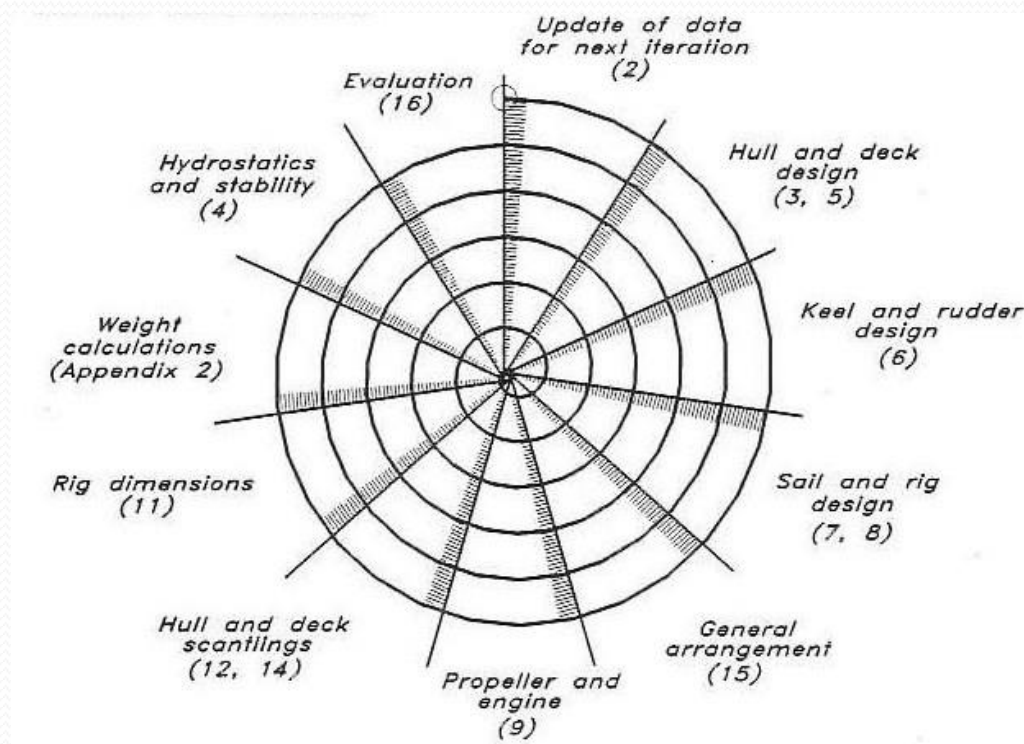
1. *PM (e team)*
2. *Chairman*
3. *Suppliers*
4. *Assessor,*

Il processo di Phase Review si articola in **riunioni di avvio**, nel corso delle quali il PM discute con gli interessati la lista dei **deliverables**, già divulgata in precedenza, e definisce i ruoli dei partecipanti; e in **riunioni di Phase Review**, in cui vengono esaminati tutti gli **assessment** sulla base dei quali il Chairman decide l'esito della Phase Review.



1.11 L'impostazione del progetto

La metodologia progettuale delle unità da diporto tradizionalmente utilizzata non si discosta dalla consueta procedura della pratica navale basata sul "trial and error" (tentativi ed errori) il cui risultato non è nient'altro che il miglior compromesso nella soddisfazione simultanea delle diverse richieste armatoriali spesso tra di loro contraddittorie.



Attingendo dalla propria esperienza e dalla realizzazione di un database di barche analoghe è possibile assumere le dimensioni principali dell'unità che costituiranno l'ossatura del progetto. Si ricorre spesso a parametri caratterizzanti quali:

- Rapporto tra lunghezza e dislocamento;
- Rapporto tra lunghezza e larghezza;
- Rapporto tra lunghezza e immersione;
- Rapporto tra superficie velica e superficie bagnata di carena;
- Rapporto tra posizione del centro velico e altezza metacentrica;

Successivamente, va affrontata una previsione di potenza e velocità attraverso metodi statistici approssimati. Al termine di queste attività il primo giro della spirale corrispondente al cosiddetto **concept design** può essere concluso.

Tutte le azioni che portano alla definizione del **concept** possono essere riassunte nella **seconda checklist** del progettista:

1. Definire lo scopo di utilizzo dell'unità e i suoi limiti operativi;
2. Creare o consultare un database di unità;
parametrizzandone le caratteristiche principali;
3. Dedurre le dimensioni principali di massima;
4. Abbozzare un design degli esterni e un piano generale di massima;
5. Determinare un dislocamento di prima approssimazione;
6. Eseguire una previsione di potenza e velocità preliminare;



Al termine del secondo giro della spirale corrispondente al **basic design** sarà quindi disponibile la **documentazione di 0-point** costituita da:

1. Specifica tecnica
2. Piano di costruzione
3. Carene dritte
4. Piano delle dimensioni principali
5. Piano generale
6. Piano velico
7. Piano delle appendici
8. Sistemazione di macchina
9. Sistemazione della linea d'assi
10. Sezione maestra
11. Esponente di carico
12. Fascicolo di stabilità
13. Fascicolo delle verifiche di robustezza longitudinale
14. Previsione di potenza e velocità

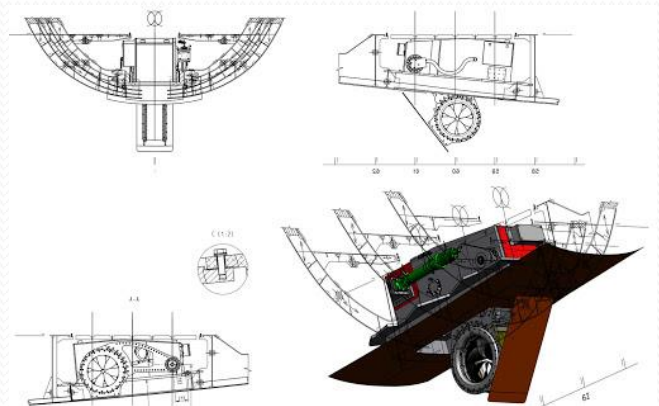
I successivi giri della spirale porteranno allo sviluppo della **progettazione funzionale** che si concluderà con l'approvazione da parte di Registro e Autorità di Bandiera.

1. Piano generale funzionale
2. Sezione maestra e Piano dei ferri
3. Schemi unifilari impianti di tubolature
4. Schemi unifilari impianto di condizionamento
5. Schemi unifilari impianto elettrico
6. Allestimento della coperta
7. Sistemazione strutture particolari (alberi, lande, portelloni, helideck...)
8. Sistemazioni di apparati di Safety and Security
9. Calcoli strutturali diretti (FEM)
10. Previsione di rumore e vibrazioni e Piano isolazioni acustiche
11. Arredamento
12. Esponente di carico
13. Verifiche di stabilità



Ricevute tutte le approvazioni da parte degli organismi preposti e corrette le eventuali modifiche richieste inizia la **progettazione costruttiva** che corrisponderà allo sviluppo di tutti quegli elaborati che permetteranno fisicamente al cantiere di costruire l'unità. In questi ultimi giri di spirale la progettazione sarà svolta al massimo dettaglio possibile e terminerà con la produzione dei piani di montaggio di scafo e impianti.

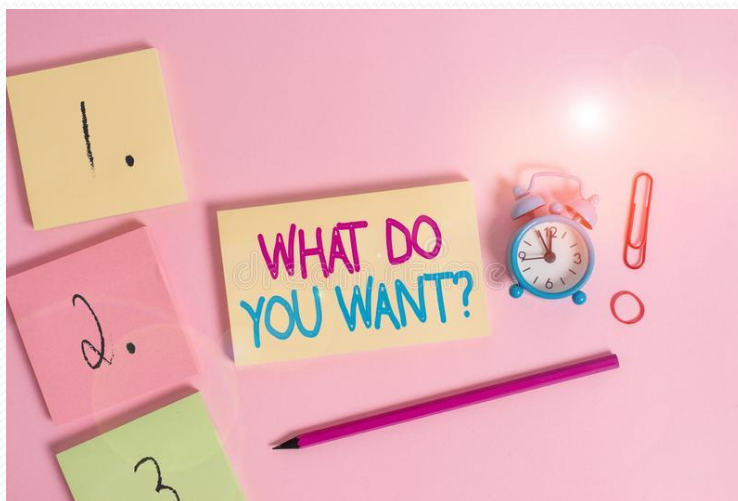
Il criterio più comunemente usato per monitorare l'avanzamento e la qualità della progettazione è quello dato dal peso attraverso il sistema del **Weight Breakdown System (WBS)**. Come si è detto al termine del **concept design** viene stabilito il dislocamento che si presume debba avere l'unità una volta costruita a meno di un certo errore che viene indicato come **marginie del progettista** e che al massimo può essere del 10%.



1.12 L'analisi dei desiderata

Lo sviluppo del progetto di un'unità da diporto, indipendentemente dalla tipologia del cliente finale sia esso un armatore privato o un cantiere, deve partire dall'individuazione di tutte le caratteristiche che l'unità dovrà possedere affinché il cliente sia pienamente soddisfatto. Queste caratteristiche solitamente vengono indicate con il termine di origine latina **desiderata**.

Tipologia e dimensioni della barca, scelte stilistiche, sistemazioni interne ed esterne, forma dello scafo e delle sovrastrutture, soluzioni propulsive nonché i famigerati **toys** sono solo alcuni dei più comuni **desiderata** che dovranno essere confrontati con l'economia della commessa e il profilo operativo tipico che dovrà essere assicurato, che sono invece i **vincoli operativi**.

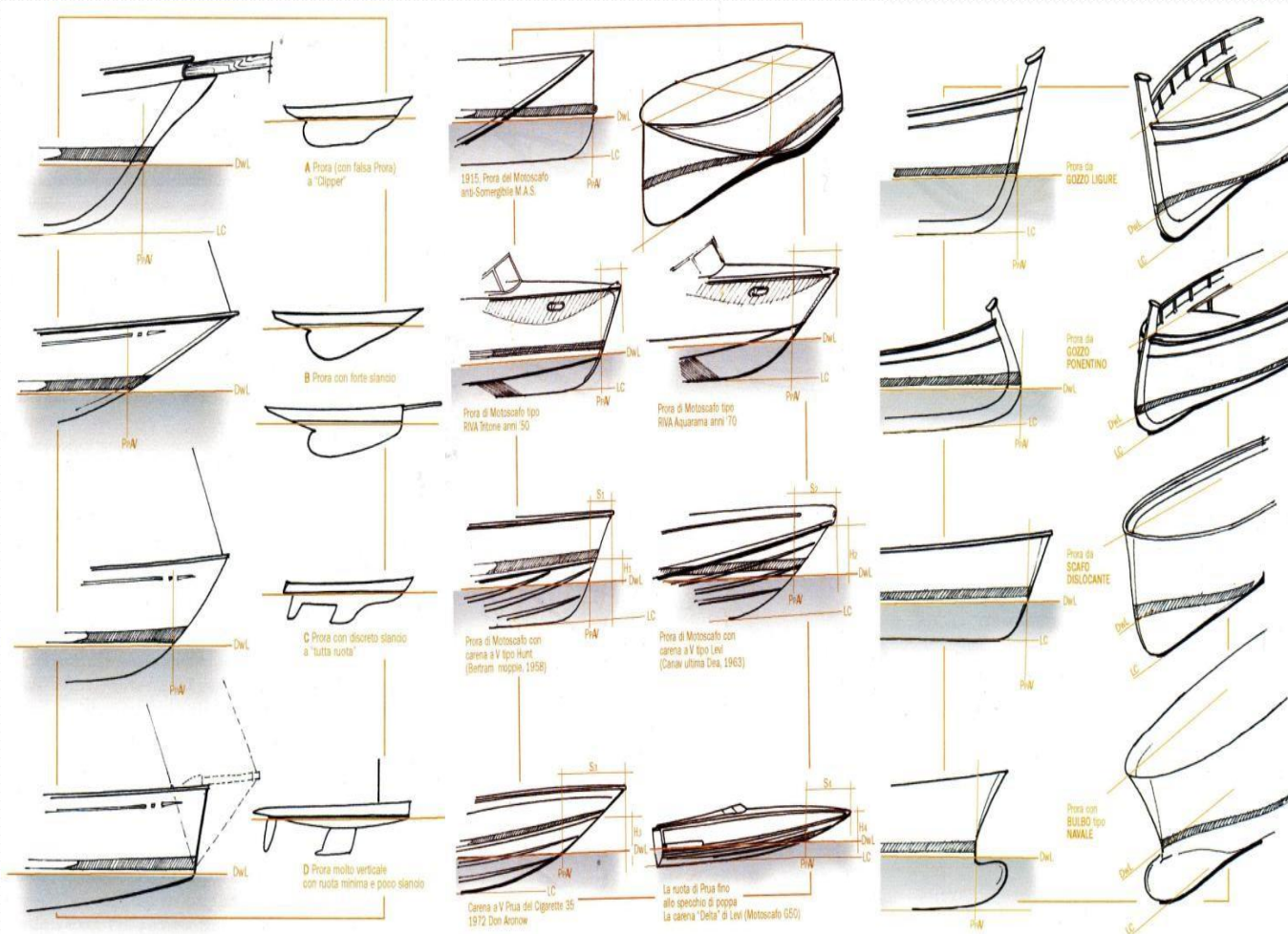


1.13 Il design

La **forma esterna** ha una importanza fondamentale nella riuscita della barca perché ne definisce immediatamente il carattere e la sua riuscita nel tempo. Quando si disegna una barca di medie dimensioni l'approccio è più **automobilistico** perché si riesce facilmente ad avere una percezione completa di tutta la barca; al crescere delle dimensioni bisogna assolutamente tenerne sotto controllo le **proporzioni**, proprio come si farebbe ideando un grosso edificio o una grande nave.

The word "DESIGN" is rendered in a highly stylized, colorful font. Each letter is composed of various geometric shapes like rectangles, triangles, and circles in shades of blue, orange, red, yellow, and teal. The letters are arranged in a slightly irregular, modern layout.

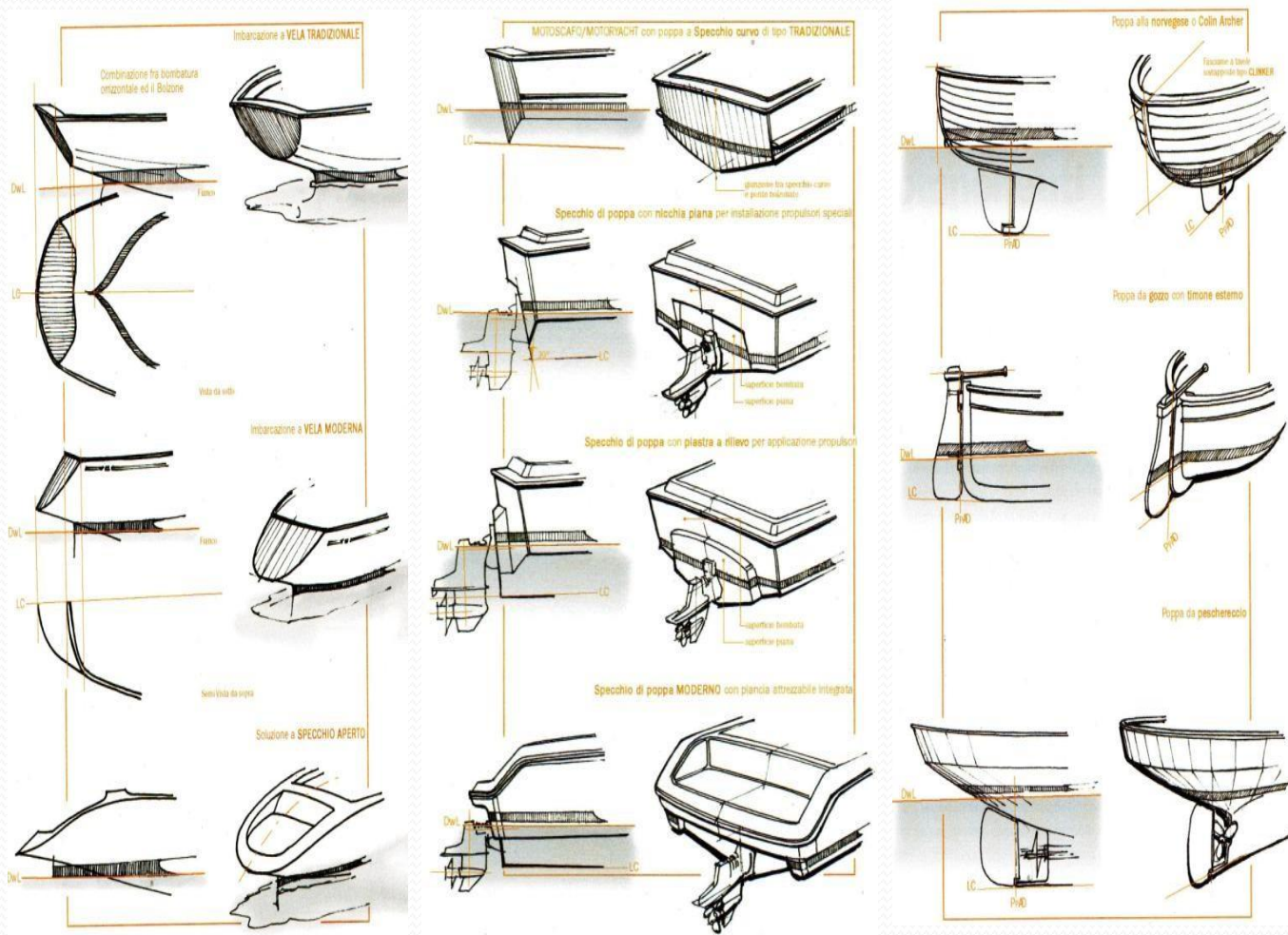
È necessario avere in ogni momento la consapevolezza della **tridimensionalità** dell'oggetto e non bisogna lasciarsi tentare mai da una delle viste in particolare.



La **vista di poppa** è la più difficile da rendere bella perché gli yacht di grandi dimensioni sono molto alti e sebbene siano in realtà molto larghi, possono dare l'impressione di essere delle cattedrali gotiche.



Una brutta poppa o semplicemente una poppa poco equilibrata è uno dei difetti più fastidiosi, toglie aggressività e genera una sensazione di insicurezza.



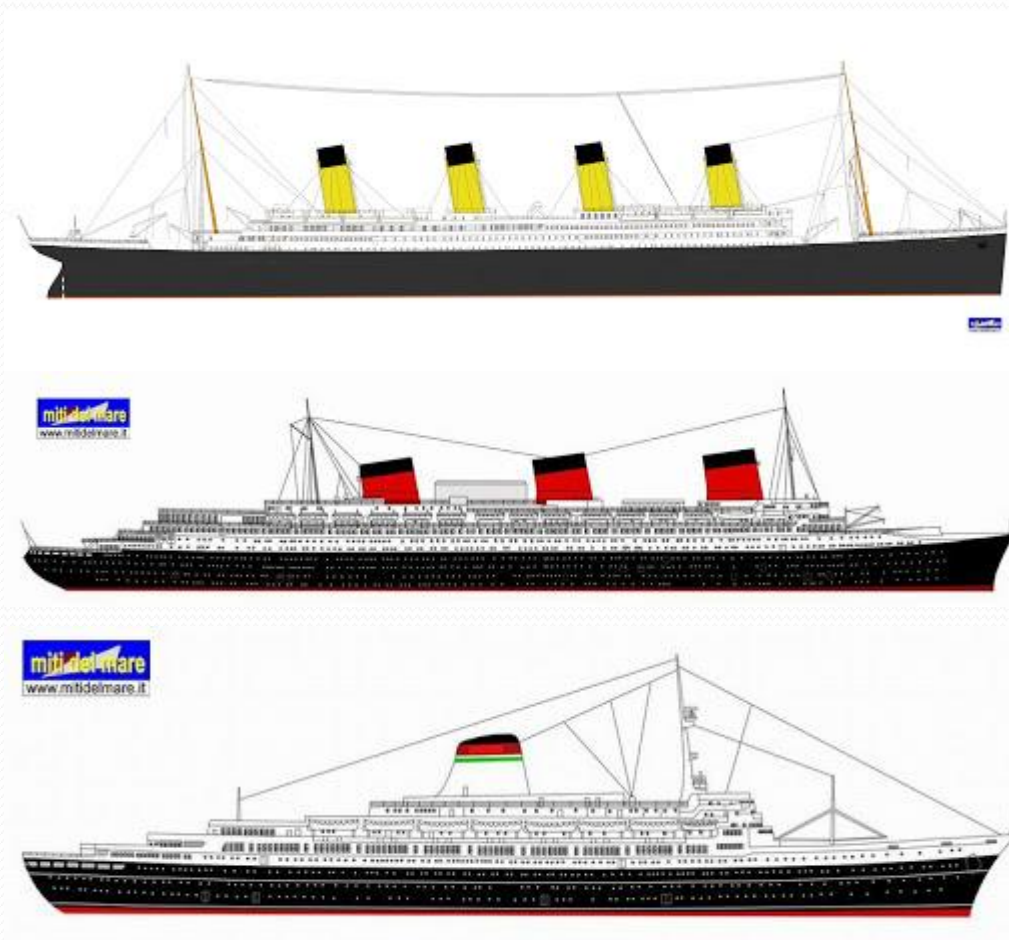
Altri particolari, invece, rivelano talvolta l'incapacità di tenere sotto controllo il profilo longitudinale dello yacht, che è in realtà la vista più facile da ideare. Uno di questi è l'uso di vaste fasce colorate di scuro o di finte finestre ottenute con zone colorate. Questo artificio bolla immediatamente uno yacht di **povera architettura di esterni**.



Consideriamo, dal puro lato formale, l'oggetto nave nel suo contorno, sviluppo, e nella sua plastica stereotomia nelle rientranze e sporgenze delle strutture e sovrastrutture. Rivolgeremo con ciò la nostra attenzione a quanto contribuisce a determinare la **massa visuale**.



Quindi il **profilo della nave** e la **massa visuale** vengono recepiti simultaneamente e, l'insieme delle percezioni generano nell'osservatore la sua percezione della nave, poichè nella stessa ci sono parti e ordini strutturali che colpiscono per la loro preponderanza, altri per caratteristiche particolari, per cui ognuno, in dipendenza di una qualche preferenza sensoria, recepisce con più spontaneità quanto gli è più congeniale.



Dopo quanto scritto, ed in difetto di formule precise, possiamo stabilire solamente dei principi delle tendenze, quali:

1. L'insieme scafo + soprastrutture, non è una somma di due entità, bensì una continuità strutturale più possibilmente coerente ed omogenea;
2. Mantenere una direzione di sviluppo dal basso all'alto da prua a poppa o viceversa, per quanto neanche questa indicazione possa essere istituzionalizzata;
3. Le strutture devono caratterizzarsi secondo l'uso, la destinazione e il materiale;
4. Le strumentazioni, le vetrate, finestrate, oblò devono aderire al massimo ai punti sopra elencati.



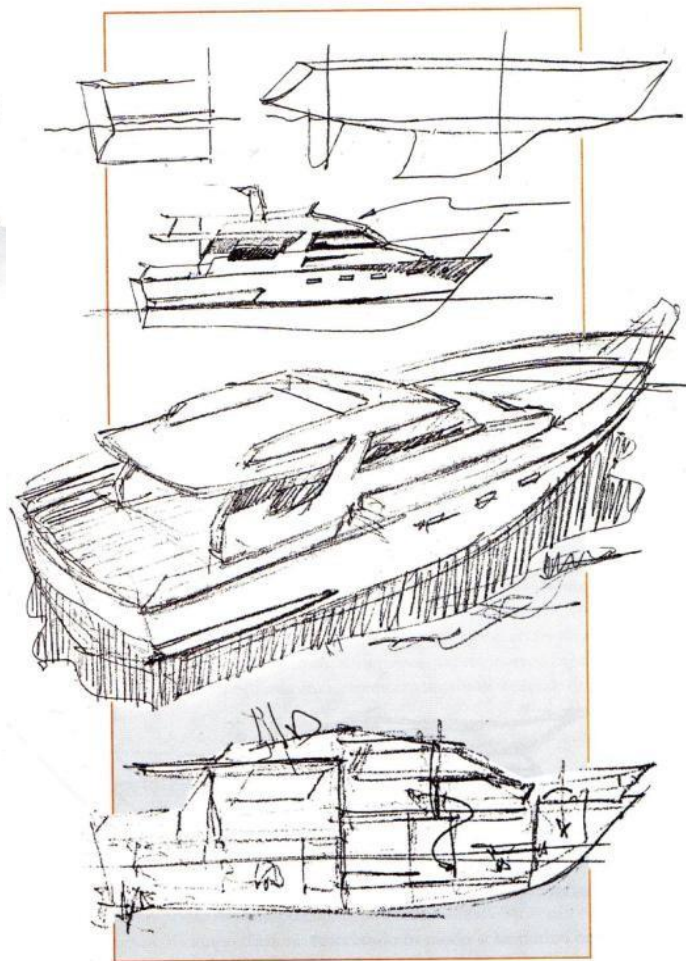
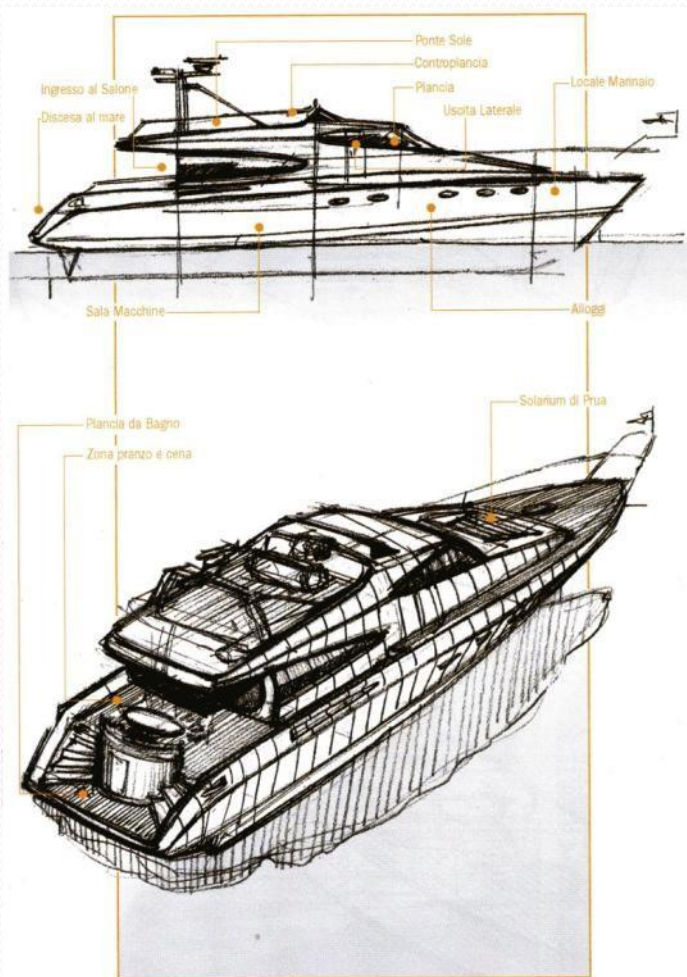
Operativamente quando si inizia il processo di ideazione di una barca inedita, per prima cosa va rappresentato uno **schizzo del disegno del profilo**. Questo primo embrione non deve mai essere troppo dettagliato ed al tempo stesso dovrà sintetizzare in pochi tratti il carattere distintivo della barca.

Da questa prima bozza deve essere possibile valutare tutti gli **aspetti formali dell'imbarcazione**, anche quelli che vengono sviluppati trasversalmente e quindi non solo l'insellatura, ma anche il bolzone e le rotondità di tughe e parabrezza.

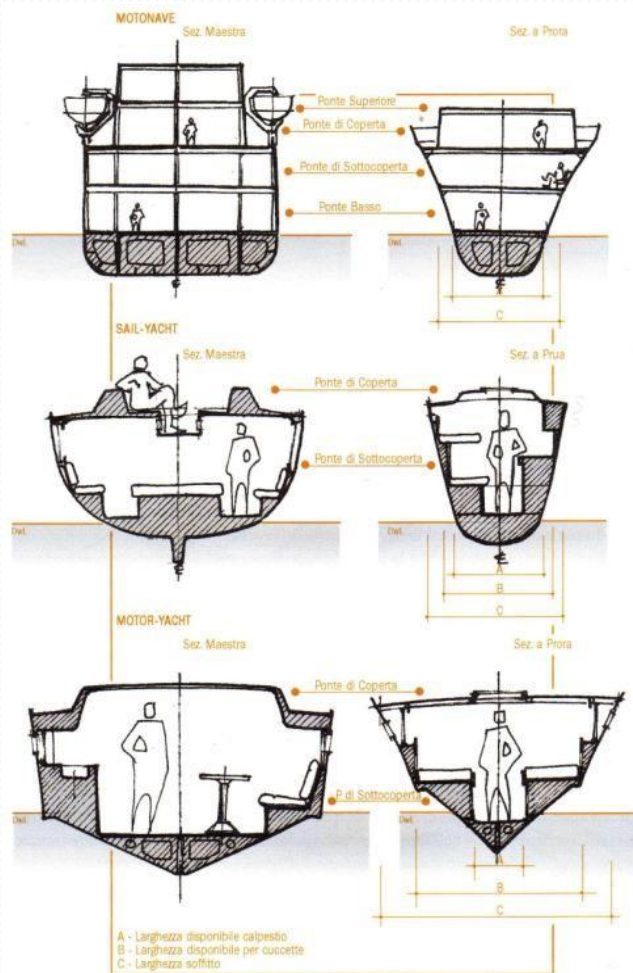
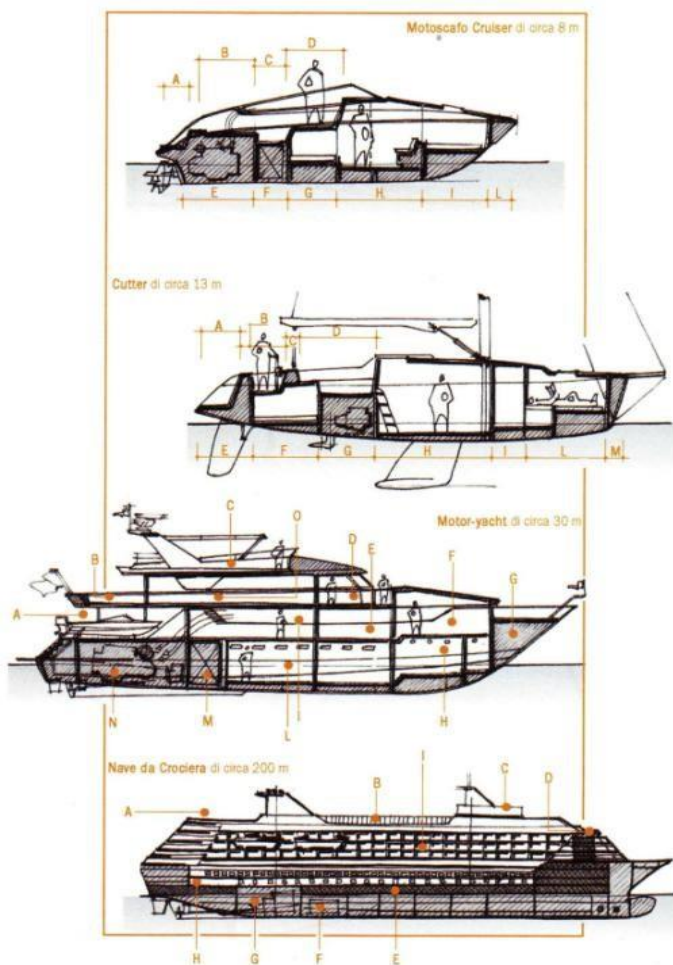
Terminata con soddisfazione questa fase il passo successivo prevede l'elaborazione di vere e proprie **viste prospettiche** che permettono di valutare l'effettivo andamento di tutti i volumi esteriori.



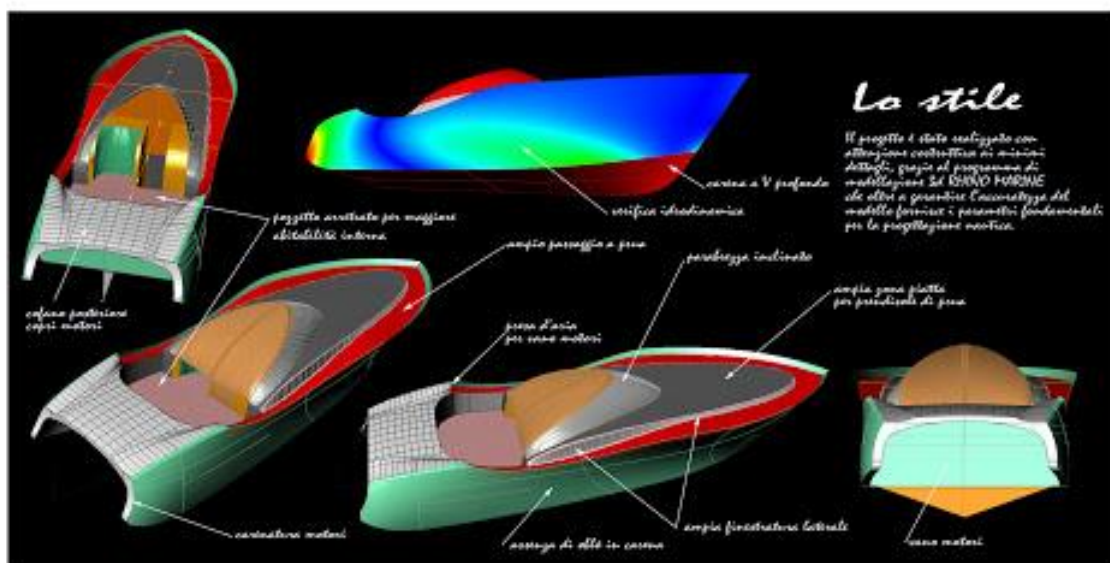
Prima di proseguire, è opportuno incontrare **armatore e costruttore**: con il primo si valuterà il gradimento delle proposte (mai più di 3), con il secondo le esigenze produttive.



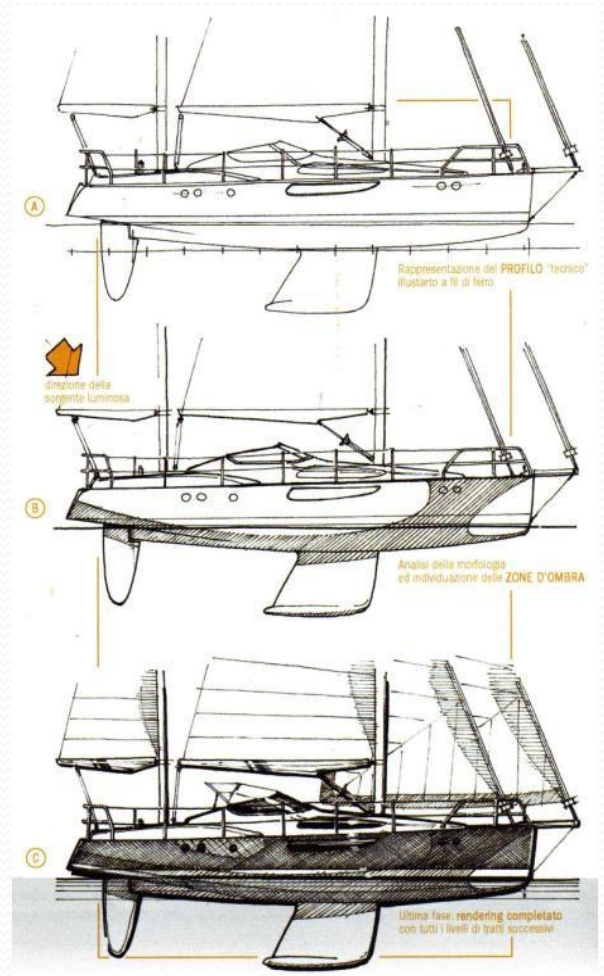
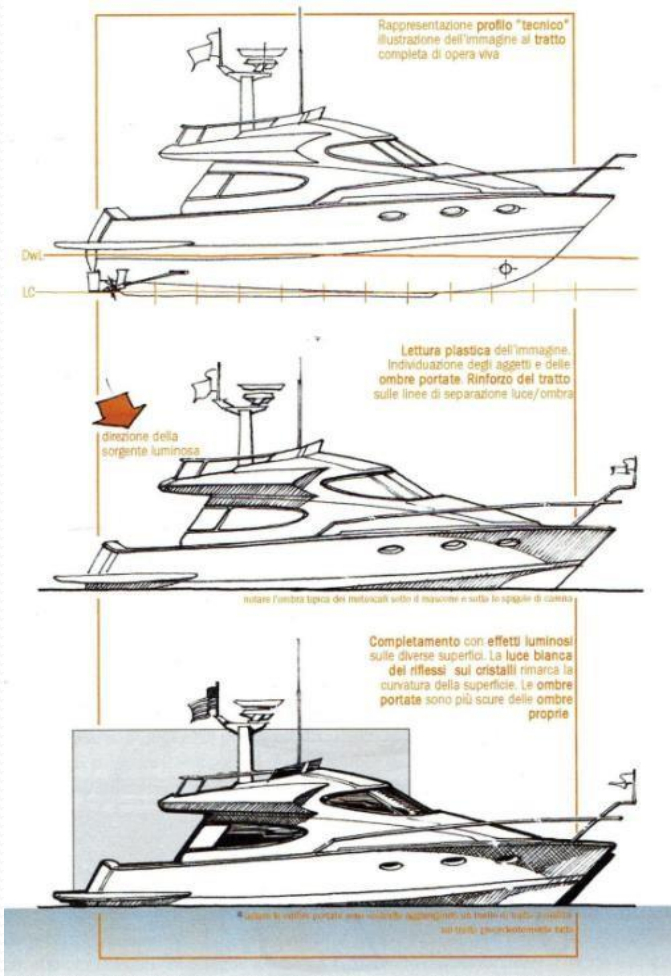
La fase successiva del design di un'imbarcazione prevede la **verifica dei volumi interni**. Per ogni locale si dovrà verificare la possibilità di installazione dei componenti ivi contenuti.



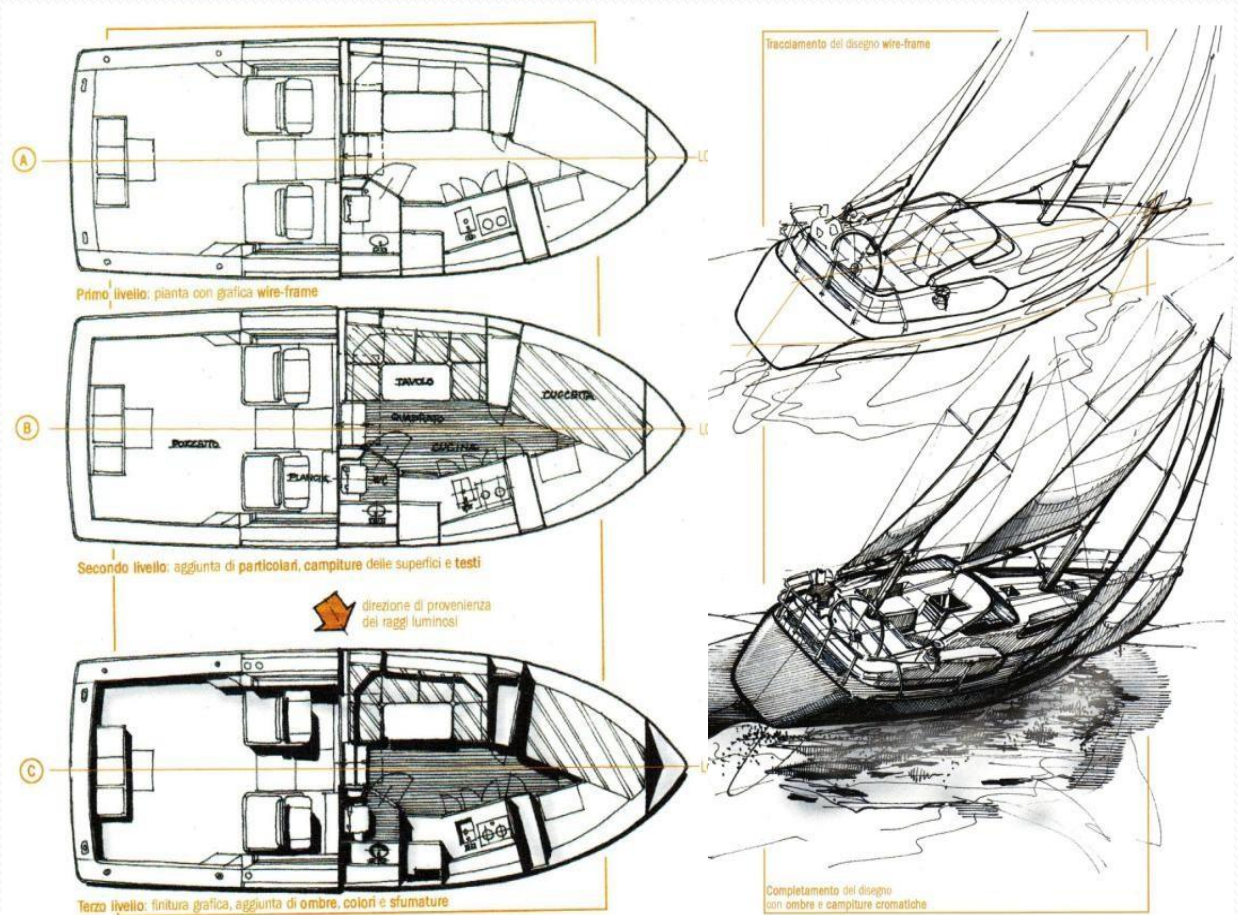
L'attività di design, se incontra il favore di costruttore ed armatore, può dirsi conclusa nella sua fase concettuale. Prima di procedere con la fase conclusiva di questa attività, è buona prassi eseguire tutte le verifiche tecniche previste dai Regolamenti che dovrà rispettare l'unità che abbiano un qualche impatto sulle sue forme esterne e interne. Particolare riferimento è fatto alla **visibilità dalla plancia**, all'altezza ed alla composizione dei **parapetti**, alla forma, posizione e dimensione delle **aperture a scafo** (oblò e portelloni), alla presenza di **ponti di volo e piscine**, alla posizione ed al tipo di **ancora**, ai mezzi previsti per la movimentazione dei toys, alle **vie di sfuggita** (portelli, percorsi, porte e corridoi) ed infine alle sistemazioni delle **dotazioni di sicurezza** (luci, radar, zattere, salvagenti).



Sistemate tutte le eventuali problematiche possono partire la fase di **renderizzazione globale e di dettaglio**, entrambe connesse a quella di definizione dei piani generali.



Nella fase di renderizzazione globale dell'unità vengono prodotti **bozzetti** delle viste principali e delle prospettive di poppa e di prora.



1.14 Definizione del dislocamento e delle dimensioni principali

Prima di affrontare questa sezione vale la pena di osservare alcuni aspetti:

1. Più grande è un'unità da diporto più facile è per il progettista realizzare un buon design interno ed esterno e garantire il raggiungimento delle prestazioni desiderate;
2. Più grande è l'imbarcazione più difficile è condurla e più costa;
3. Le dimensioni sono poi anche strettamente connesse con il tipo di navigazione che dovrà affrontare;
4. I vincoli conseguenti alla scelta del profilo operativo non si limitano solo alle dimensioni, ma influiscono anche sulla portata;



Parlando di dimensioni, non bisogna commettere l'errore di prendere in considerazione solo la **lunghezza**, anzi barche con la stessa lunghezza possono essere completamente diverse.

La grandezza forse più corretta da utilizzare come riferimento è il **dislocamento**, infatti a parità di dislocamento un'unità più lunga quasi certamente avrà migliori prestazioni, ma una portata in proporzione più piccola.

Assunto, infatti, il dislocamento si possono facilmente ricavare la lunghezza, la larghezza e l'immersione di progetto.

In ogni caso la **scelta delle dimensioni principali** è la base del progetto perchè da essa dipende in maniera diretta praticamente ogni suo aspetto: la forma della carena, la sistemazione interna e di coperta, la potenza dei motori, le dimensioni di alberi e vele, etc.



Studi eseguiti da **H. M. Barkla** hanno prodotto una serie di relazioni applicabili a **qualsunque tipologia di yacht** (vela e motore) con lunghezza fuori tutto compresa tra 7 m e 19 m, che collegano il dislocamento alla lunghezza e successivamente alle altre dimensioni principali. Va sottolineato che vanno utilizzate come **correlazioni di scala** a partire da una imbarcazione di riferimento secondo la seguente procedura (*terza checklist*):

1. Individuazione del dislocamento di progetto da analisi statistiche;
2. Individuazione di un'unità di riferimento e delle sue dimensioni principali;
3. Definizione di primo tentativo della nuova lunghezza fuori tutto;
4. Calcolo delle dimensioni principali indipendenti dalle caratteristiche dell'unità di riferimento attraverso i fattori di scala indicati in tabella;
5. Calcolo delle grandezze derivate dalle dimensioni principali di cui al punto precedente da verificare con le analoghe dell'unità di riferimento (se disponibili) attraverso i fattori di scala indicati in tabella.

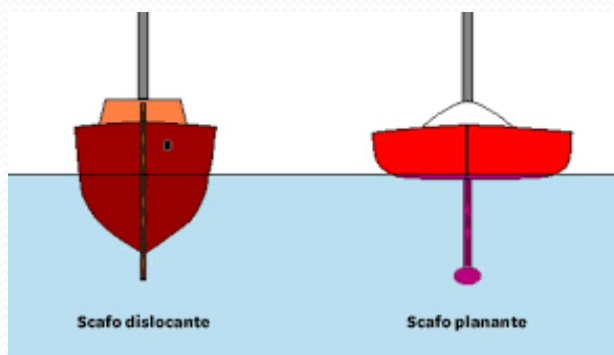
Per unità di dimensioni superiori solo il ricorso ad un'analisi statistica su database di barche esistenti permette di ricavare valori adeguati e ragionevoli.

RELAZIONI PRINCIPALI - STEP 4	FATTORE DI SCALA
Lunghezza fuori tutto assunta - Step 3	L
Larghezza, altezza di costruzione e bordo libero	$L^{0.70}$
Corda massima di deriva e timone	$L^{0.70}$
Superficie velica SA (se a vela)	$L^{1.85}$
GRANDEZZE DIRETTAMENTE DIPENDENTI	
Area della sezione maestra	$L^{1.40}$
Superficie bagnata di carena	$L^{1.70}$
Superficie del timone e della deriva	$L^{1.40}$
Superficie del profilo longitudinale di carena	$L^{1.70}$
Area proiettata di timone e deriva	$L^{1.40}$
Volume di carena	$L^{2.40}$
Volume della deriva	$L^{2.10}$
Rapporto $L_{wl} \nabla^{1.3}$	$L^{0.20}$
Rapporto $SA \nabla^{2.3}$	$L^{0.25}$
Momento di inerzia trasversale della figura di galleggiamento	$L^{3.10}$
Momento di inerzia longitudinale della figura di galleggiamento	$L^{3.70}$
RELAZIONI SECONDARIE - STEP 5	
Volume di carena totale con appendici	$L^{2.38}$
Superficie bagnata di carena totale con appendici	$L^{1.63}$
Rapporto superficie velica / superficie bagnata di carena totale	$L^{0.22}$
Rapporto $SA_{totale} \nabla^{2.3}$	$L^{0.26}$
Posizione verticale del centro di carena dal galleggiamento	$L^{0.64}$
BM	$L^{0.72}$
GM	$L^{0.45}$
Braccio di stabilità iniziale	$L^{2.83}$
Distanza tra i centri di spinta (vela)	$L^{0.86}$

1.15 Forme di carena

La base dell'ingegnerizzazione del progetto di un'imbarcazione da diporto che ne è caratteristica unica e distintiva è la carena, che può essere **dislocante**, **semidislocante**, **semiplanante** e **planante** in funzione delle finalità d'impiego.

Nella scelta della carena per una qualsiasi unità navale i fattori discriminanti sono essenzialmente due parametri fondamentali: le **dimensioni dell'unità** e la **velocità** alla quale si desidera navigare. Questi, indubbiamente, sono input che il progettista riceve direttamente dall'armatore e sono le fondamenta sulle quali (in un razionale processo progettuale) **sviluppare dapprima l'opera viva e poi, successivamente, i layout interni ed esterni della barca.**



L'analisi che porta alla scelta di una determinata forma di carena, come noto, deve essere condotta valutando in un range plausibile di velocità la resistenza al moto che l'imbarcazione incontra in acqua.

La resistenza al moto incontrata da un galleggiante, qualsiasi ne sia la velocità, la grandezza e il tipo, dipende soprattutto da due principali fenomeni:

- l'attrito dell'acqua contro la superficie della carena (resistenza d'attrito);
- la generazione, al passaggio dell'unità sull'acqua, di onde di superficie (resistenza d'onda).

A questi due principali fattori se ne devono aggiungere altri, meno condizionanti, ma comunque importanti:

- resistenza di forma;
- resistenza dell'aria;
- resistenza delle appendici;
- resistenza della carena sporca;
- resistenza per mare mosso.

La resistenza d'onda e la resistenza di forma sono comunemente chiamate globalmente resistenza residua o d'onda.

La resistenza della carena sporca ha molta influenza sulla resistenza della nave specie con l'andar del tempo. Al fine di prevenire la formazione di sporcizia dovuta a vegetazione marina e a microrganismi che si formano dopo lunghi periodi di mare soprattutto in acque calde, la superficie dell'opera viva è trattata con pitture antivegetative speciali, che periodicamente devono essere rinnovate.

La resistenza di attrito è sintetizzata da questa formula:

$$R_F = \frac{1}{2} C_F \rho S V^2$$

dove, come noto:

C_F è funzione del numero Reynold $R_n = \frac{VL}{\nu}$;

ρ è la densità dell'acqua;

S è la superficie bagnata;

V è la velocità;

L è la lunghezza al galleggiamento;

ν è la viscosità cinematica.

La resistenza residua è invece funzione del numero di Froude:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g L}}$$

dove:

V è la velocità

g è l'accelerazione di gravità

L è la lunghezza al galleggiamento.

La resistenza di attrito di una carena aumenta rapidamente con l'aumentare della velocità, mentre la resistenza d'onda o residua diminuisce, a parità di velocità, con l'aumentare della lunghezza al galleggiamento. In parole povere, più si accresce la velocità più aumentano le resistenze al suo avanzamento, più è lunga la barca maggiore è la sua velocità di navigazione.

Chi che deve progettare una nuova nave si trova quindi anzitutto di fronte al problema delle conseguenze che avranno sulla potenza da installare le possibili scelte della forma della carena e delle sue proporzioni. Generalmente il problema è così formulato: ricercare, per il dislocamento voluto (cioè per quanto si vuol trasportare) e per la velocità o le velocità desiderate, le forme e le proporzioni di carena che porteranno, fatte salve le indispensabili condizioni di stabilità, al minor consumo di combustibile e quindi ad una potenza più piccola.

Il progetto, a seconda delle richieste operative, potrà essere sviluppato seguendo tre direttive basilari:

1. Il criterio ponderale
2. Il criterio volumetrico
3. Il criterio per imposte limitazioni dimensionali (che potranno essere di volta in volta, a seconda delle esigenze di particolari necessità, la larghezza, la lunghezza o l'immersione).

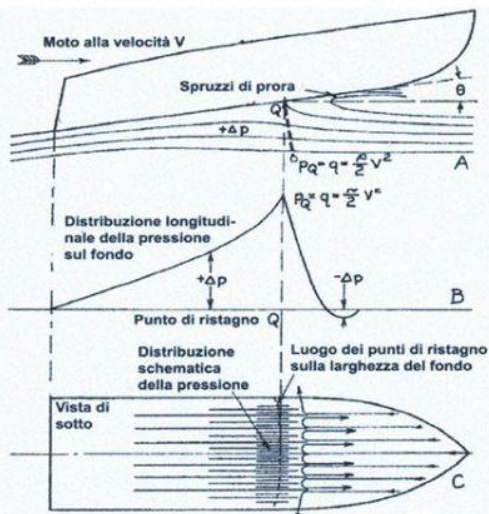


Figura 3: Distribuzione longitudinale della pressione sul fondo piatto di una carena planante (Saunders)

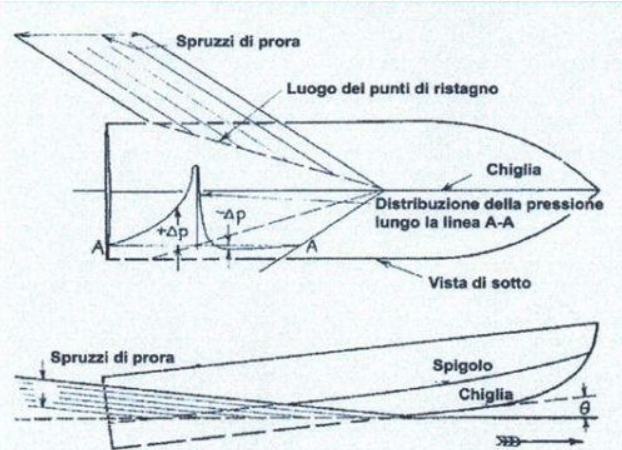


Figura 8: Flusso dell'acqua e degli spruzzi sotto il fondo di una carena planante a V (Saunders)

Il **criterio ponderale** viene seguito quando il dislocamento dell'unità viene imposto dai carichi di elevato peso specifico, più il peso dello scafo e dell'apparato motore. In questo caso (che solo eccezionalmente può interessare la nautica), la carena dovrà avere tanto volume da contenere il peso complessivo sopra elencato. Ne scaturirà una nave con una **immersione pronunciata e quindi con un elevato volume di carena**.

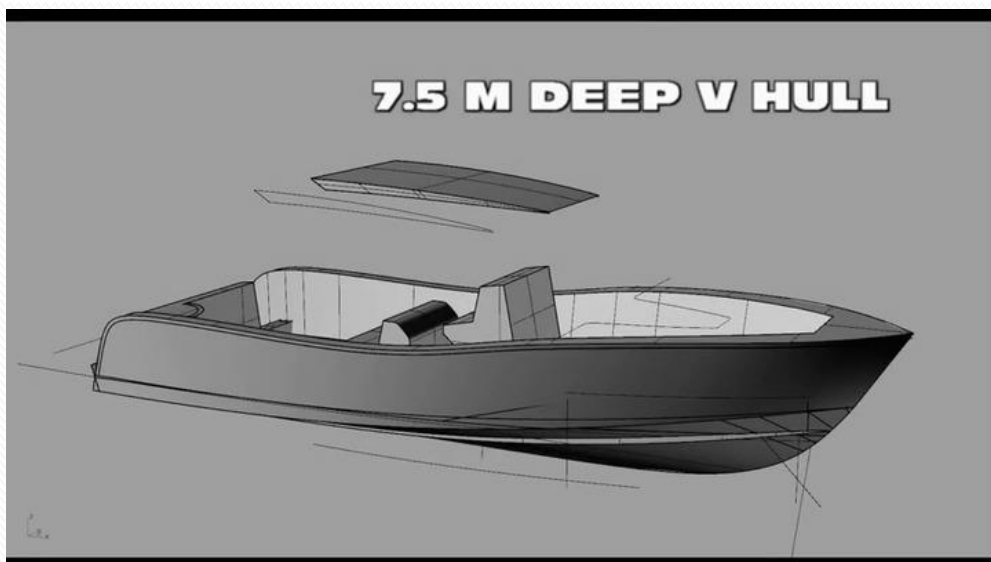
Il **criterio volumetrico** viene seguito quando la nave deve trasportare carichi ingombranti, ma di peso specifico non elevato. In questo caso, assicurata la necessaria stabilità metacentrica, sarà possibile trasportare buona parte di questo carico voluminoso in spazi al disopra della linea di galleggiamento; quindi, **gran parte del volume utile della nave sarà sopra al galleggiamento e alla carena sarà assegnato quel volume sufficiente a sopportare il peso totale**.

Il **terzo caso**, interessa l'armatore che deve far viaggiare la nave in bassi fondali o passaggi in zone che vincolano la larghezza, o vincoli particolari che condizionano la lunghezza. Quest'ultimo caso, delle volte, diventa il caso peggiore per l'architetto navale, poiché il compromesso nella scelta dei **coefficienti idrodinamici non sarà ottimale**.

Il caso più frequente nella nautica è quello della **priorità della velocità** rispetto al resto.

Le forme che una carena può assumere sono essenzialmente due: **tonda o a spigolo**. La **carena tonda**, con l'aumentare della velocità, ha una resistenza d'onda superiore a quella d'attrito, perciò si adatta meglio alle basse e medie velocità. Viceversa, la **carena a spigolo**, raggiunte determinate velocità, ha una resistenza d'attrito che supera in modo sensibile quella d'onda. Quest'ultimo tipo di carena risulta quindi adatto alle alte velocità.

Per i mezzi che per peso, lunghezza e velocità hanno caratteristiche intermedie tra una carena tonda ed una a spigolo, si adotta la **carena semi-planante o semi-dislocante**. Quest'ultimo compromesso, usato nei mezzi di piccolo tonnellaggio, comincia ad essere preso in considerazione anche per le navi di grande tonnellaggio e la **carena è definita DEEP-V**.



Se i dati del problema progetto (volume, peso, velocità) sono tali da indicare, da un punto di vista idrodinamico, la scelta di una **carena dislocante**, il progettista di una nave deve avere i seguenti fondamentali obiettivi:

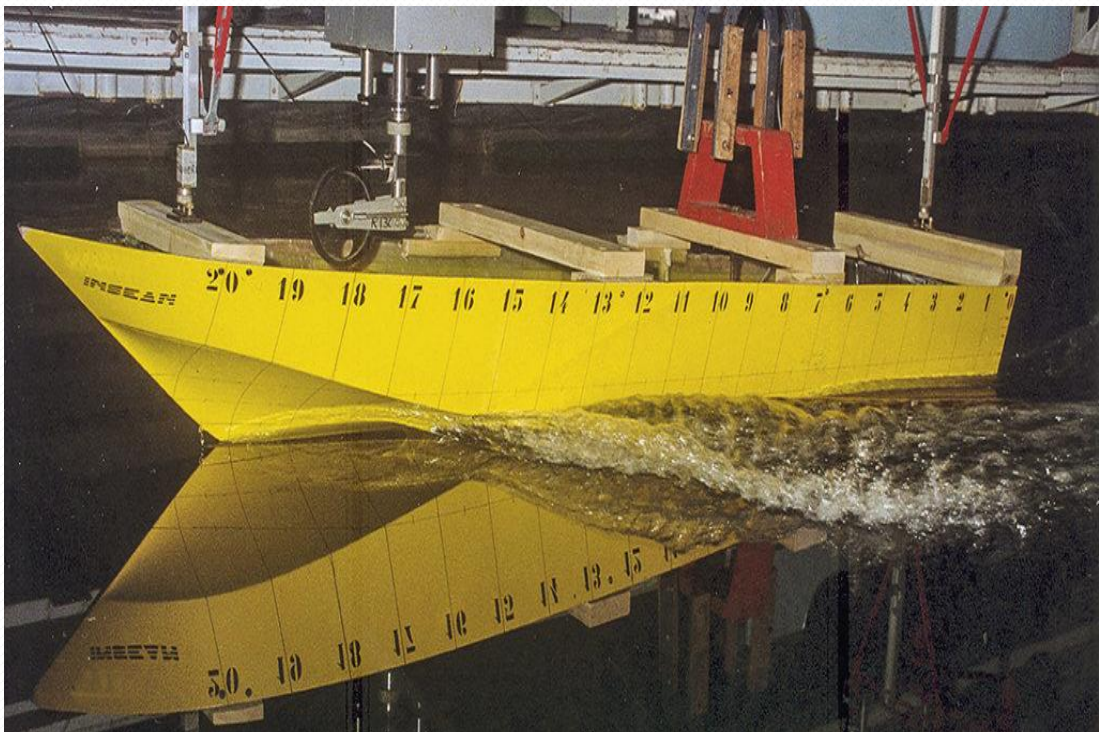
1. far raggiungere una certa velocità, posta tra i dati di partenza del progetto, con la minima "spesa" di potenza possibile;
2. assicurare buone qualità di tenuta di mare (seakeeping);
3. assicurare una buona stabilità statica e di rotta oltre ad una buona manovrabilità.

Lo scopo che si deve perseguire nel determinare le caratteristiche geometriche della carena di una nave è quella di soddisfare le richieste del tema del progetto con il **minore dislocamento possibile**.



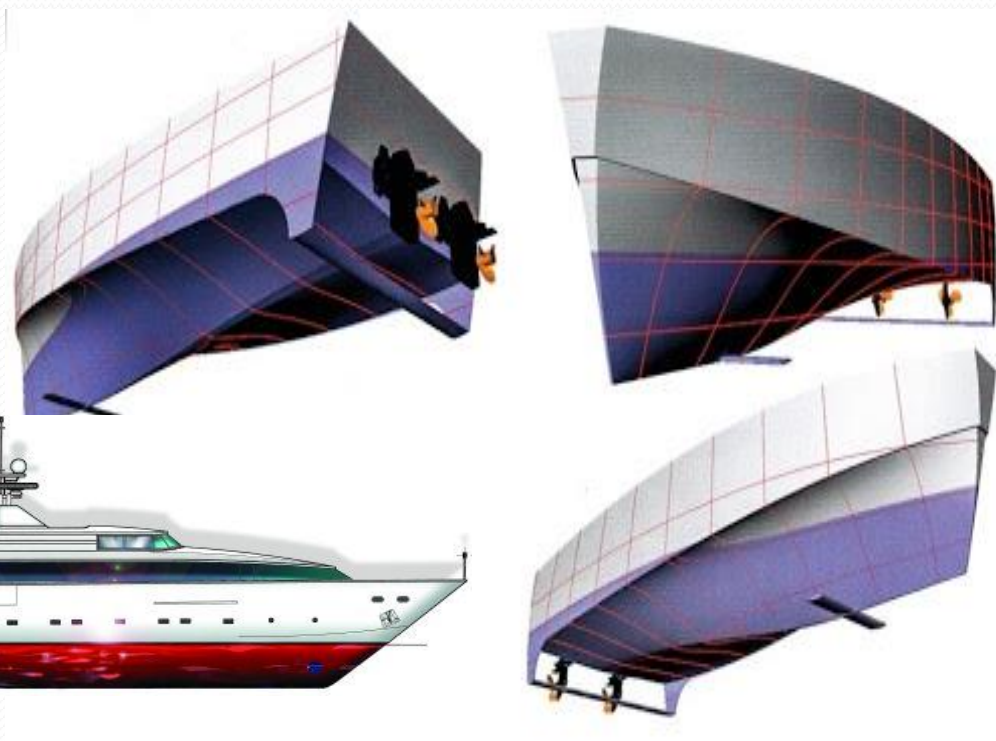
La scelta della carena per la nave in progetto può essere eseguita con **diversi metodi**:

1. Facendo ricorso a carene delle Serie Sistematiche sperimentate da alcune Vasche Navali
2. Con disegno diretto della stessa, facendo ricorso a sistemi matematici, come l'analisi di regressione
3. Facendo ricorso a carene di navi già esistenti e riportandole al dislocamento e alla lunghezza desiderati



Le **carene dislocanti**, come già indicato, hanno notevoli difficoltà a superare certe velocità, perciò per avere delle velocità relative elevate, è necessario adottare le **carene plananti**.

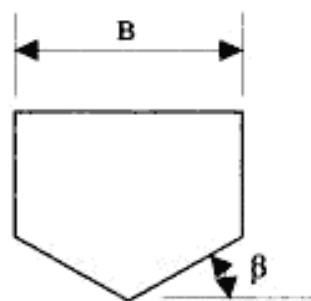
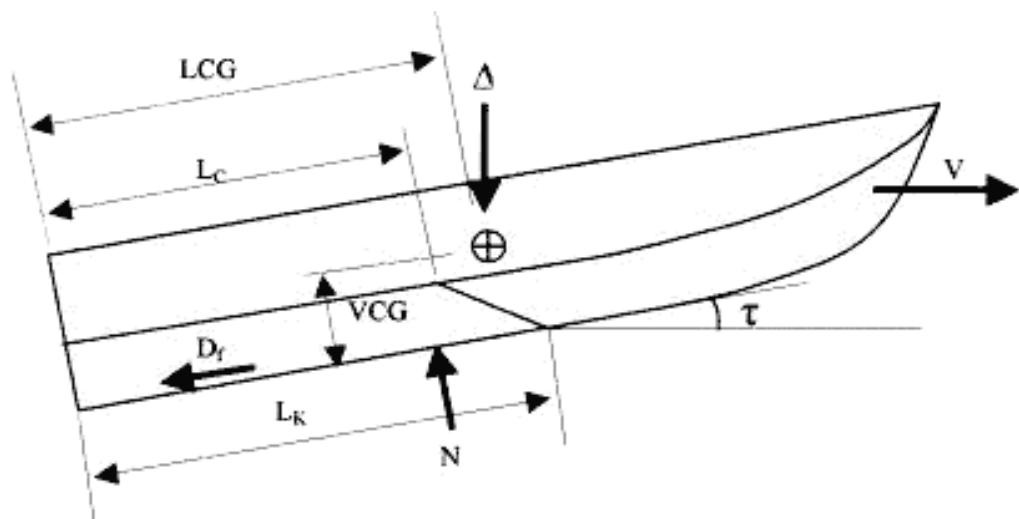
Uno **scafo planante** è uno scafo che, in moto, trova il suo principale sostegno nella reazione dinamica dell'acqua. Essenzialmente, esso scivola o sfiora la superficie del mare e ciò lo distingue da un normale scafo, che, viceversa, galleggia solamente e si apre la rotta nell'acqua.



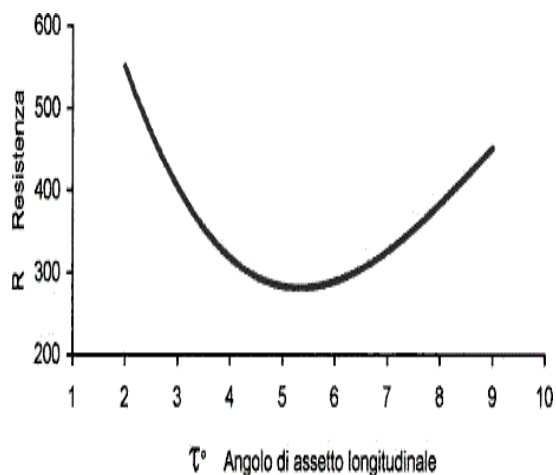
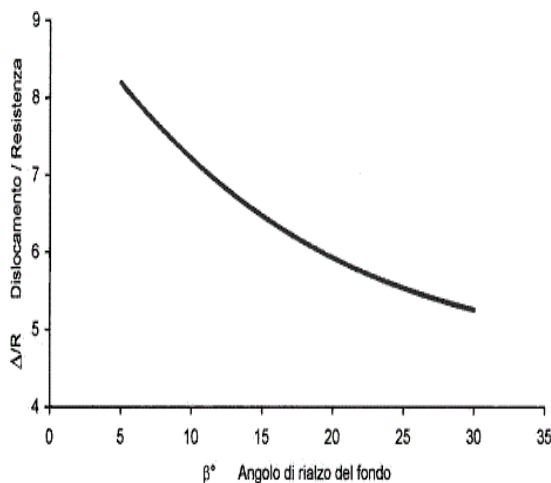
Uno **scafo planante** è uno scafo che, in moto, trova il suo principale sostegno nella reazione dinamica dell'acqua. Essenzialmente, esso scivola o sfiora la superficie del mare e ciò lo distingue da un normale scafo, che, viceversa, galleggia solamente e si apre la rotta nell'acqua.

Da quanto premesso è possibile sommariamente dire che i fattori in gioco sono: **peso, velocità, spinta dinamica e statica, angolo di assetto longitudinale, superficie bagnata e resistenza al moto.** Tutti questi fattori sono estremamente interdipendenti tra loro, e l'angolo d'assetto a sua volta dipende dalla posizione relativa, in senso longitudinale, del centro di gravità e del centro di pressione dinamica.

Da quanto detto, si desume che il progetto di una unità planante richiede uno studio più accurato e difficoltoso di quello necessario per il progetto di una nave a dislocamento. Il **cambiamento d'assetto in corsa assume la veste di uno dei parametri più importanti del progetto, e la necessità di prevedere esattamente il peso dell'imbarcazione e la posizione del suo baricentro costituiscono una delle maggiori difficoltà.**



- LCG = Ascissa del centro di gravità
- VCG = Ordinata del centro di gravità
- Δ = Dislocamento
- N = Spinta normale allo scafo
- τ = Angolo di assetto longitudinale
- V = Velocità di avanzamento
- L_c = Distanza della superficie bagnata allo spigolo
- L_K = Distanza della superficie bagnata in chiglia
- D_f = Resistenza dello scafo
- β = Angolo di rialzo del fondo
- B = Larghezza dello scafo

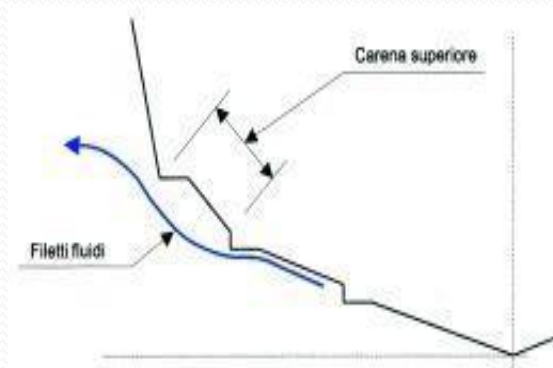
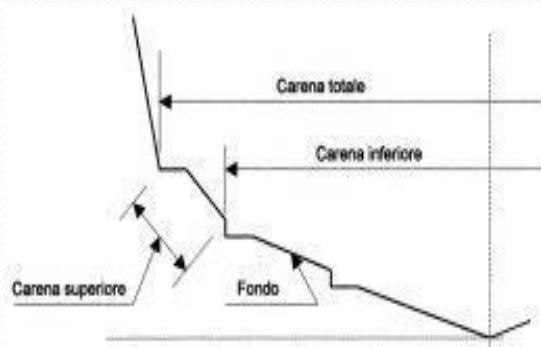


Alcune delle differenze sostanziali tra gli elementi di progetto di uno scafo planante e quelli di una nave dislocante sono:

1. La **spinta statica della carena**, in una barca a dislocamento, sostiene tutto il peso, mentre in uno scafo planante detta spinta sostiene solo da $1/3$ a $1/13$ del peso della barca. Il resto è sostenuto dalla **spinta dinamica**.
2. La **forma di carena di una nave a dislocamento interessa la resistenza al moto della nave stessa e le sue qualità manovriere e di tenuta al mare**. Nel caso degli scafi plananti si ha una esaltazione di questa influenza. La forma del fondo influisce sulla possibilità di planata, sul comportamento dell'unità durante la planata, sul beccheggio, sul "galoppare", sulla tenuta al mare, sulla stabilità di rotta e sull'angolo di sbandamento in virata. la resistenza dell'aria per una unità a dislocamento rappresenta una piccola parte della resistenza totale. Per un'unità planante, molto veloce, detta resistenza costituisce invece un fattore molto importante e talvolta è accompagnata da notevoli forze verticali.

Il **comportamento di uno scafo che plana** sul mare dipende dai seguenti fattori: superficie ed inclinazione del fondo sul mare, distribuzione della pressione sulla superficie bagnata, posizione longitudinale del centro di pressione e del centro di gravità, momento d'inerzia longitudinale della figura di carena bagnata e da un certo numero di altri elementi collegati ai fattori suddetti.

Tra le carene plananti merita una particolare menzione la **Carena a Geometria Variabile**, o più brevemente, "Carena GV", che dalla sua messa a punto ha decisamente rivoluzionato le forme delle unità da diporto plananti. Va precisato che, con il nome di "Carena a Geometria Variabile", non si definisce una carena con angolo variabile da prua a poppa del fondo della carena, ma una carena che, ad una certa velocità V , cambia la larghezza del fondo bagnato: prima di raggiungere la velocità V , la larghezza dello spigolo della carena bagnata è x_1 , una volta superata, la larghezza dello spigolo diventa x_2 , più stretta di x_1 .



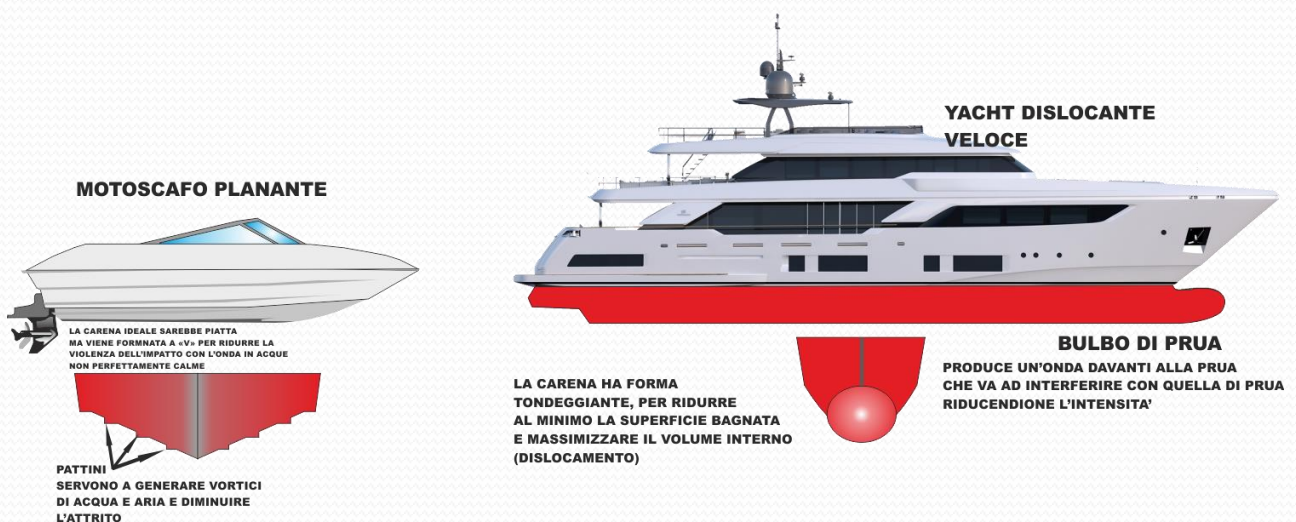
L'idea di realizzare una carena di questo tipo nacque da una richiesta avanzata dal Sig. Sergio Sonnino Sorisio, titolare dei **Cantieri Navali Italcraft**, (una carena con lunghezza fuori tutto pari a 20,10 m ed una larghezza massima di 5,25 m).

Tutto quanto detto fu confermato dalle prove in mare dove, nelle stesse condizioni di carico, si raggiunse una velocità di 54,7 nodi.

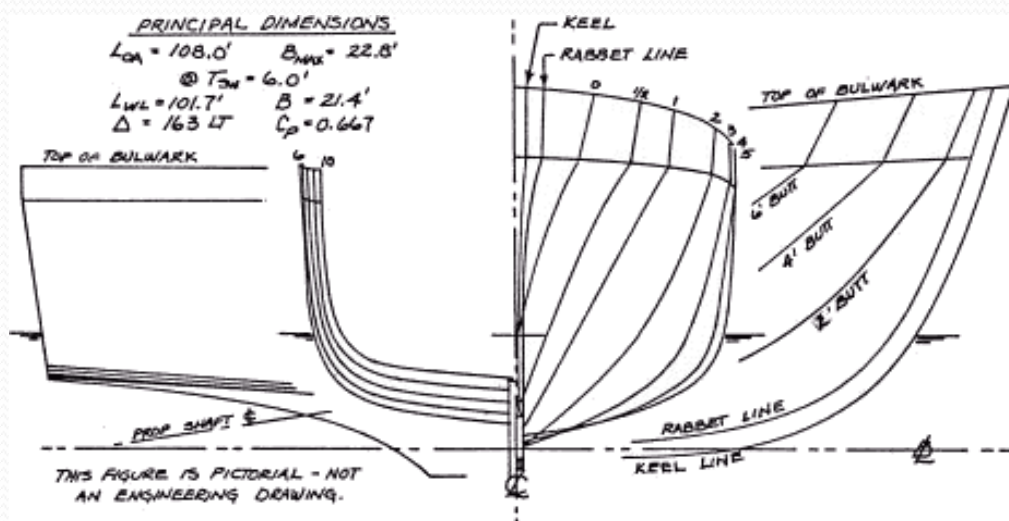


La **carena dislocante** e quella **planante** soddisfano due modi diversi di andare per mare, uno adatto alle velocità moderate e l'altro adatto alle velocità elevate. Molte volte, per necessità operative, viene richiesta una velocità che, relativamente alla lunghezza e al dislocamento del mezzo, condiziona la scelta della carena che non può essere soddisfatta né da una carena tonda dislocante, né da una carena planante a spigolo.

A questo punto saranno **l'ingombro dell'allestimento**, il **dislocamento** e la **velocità** a determinare la scelta di una **carena ibrida o forzata** che deriverà da una tonda o da una a spigolo. Questa carena sarà una carena semidislocante o semiplanante.



La **carena semidislocante**, che deriva da una carena tonda, avendo una velocità relativa elevata, avrà una formazione ondosa tale da avere un forte appoppamento. Quindi si deve modificare il gioco di pressioni e depressioni che si crea sotto la carena a scapito della resistenza.

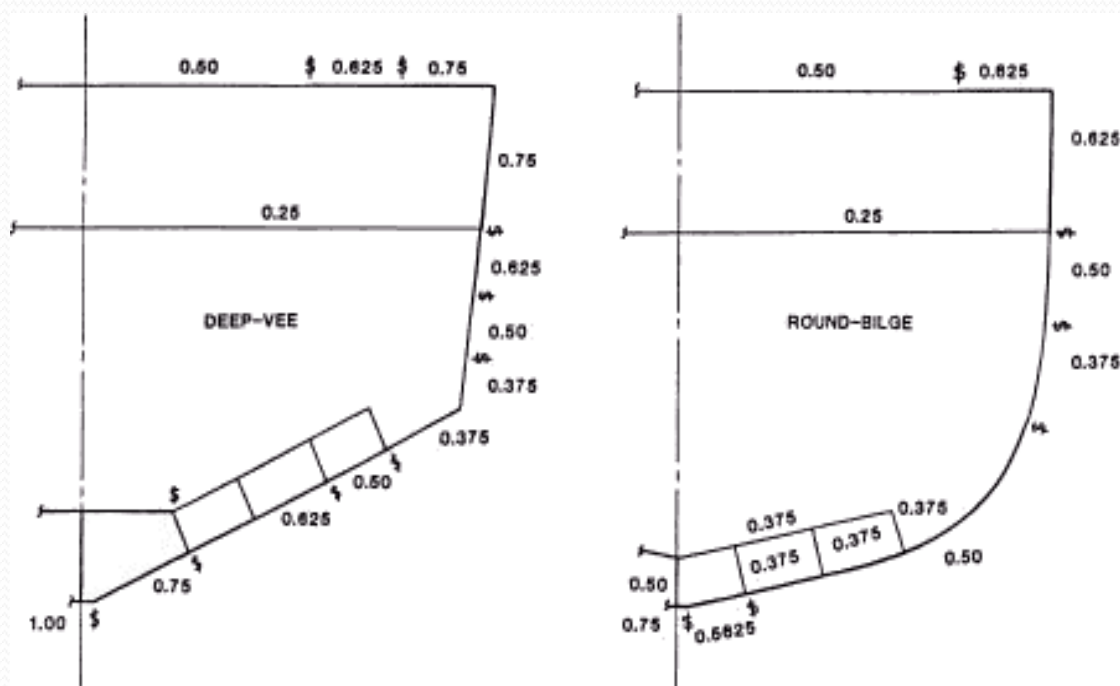


Lo **scafo semiplanante** deriva da una carena a spigolo. La velocità di queste carene, relativamente alla lunghezza, larghezza, angolo di rialzo del fondo e dislocamento, è tale da non permettere all'acqua di allontanarsi dal fianco. Cioè, questa carena naviga in un canale d'acqua che fascerà i fianchi come in un abbraccio, più o meno forte, tale da aumentare la resistenza.

Anche questa carena come la semidislocante, poiché si trova in una **condizione idrodinamica non perfetta**, cioè si trova come quando una carena planante è in fase d'inizio planata, quindi appoppata, ha la necessità di avere le forme di poppa più portanti, per avere un assetto il più possibile orizzontale per la navigazione. **Per quest'ultima carena i flaps sono necessari, poiché è come se fosse una carena sotto potenziata.**

La carena semiplanante può sfruttare una maggiore portanza dinamica, per cui può raggiungere velocità più elevate della carena semidislocante. Inoltre, la carena semiplanante **a parità di dimensioni e in certe condizioni di mare**, avrà minori angoli di beccheggio, d'imbardata e con opportune forme di prora anche minori accelerazioni.

Queste caratteristiche delle carene semiplananti hanno destato l'interesse nella ricerca di **una carena per navi di grande tonnellaggio**, che devono raggiungere alte velocità come le navi per il trasporto veloce di mezzi e persone. Anche le marine militari si sono interessate a quest'ultima carena, ma la rapida evoluzione delle armi ha posto in secondo piano la velocità. Queste forme di carena utilizzate per il grande tonnellaggio sono state chiamate **"DEEP-VEE"**.



1.16 La scelta della propulsione

Innanzitutto occorre distinguere tra **propulsione principale a motore o a vela**. Il decreto **29 luglio 2008, n. 146** (Regolamento di attuazione dell'articolo 65 del decreto legislativo 18 luglio 2005, n. 171, recante il codice della nautica da diporto) definisce che un'unità che rispetti la seguente formula può essere considerata a motore anche se dotata di vele:

$$\frac{A_S}{P} < 1.36$$

in cui:

A_S è la superficie velica in m² di tutte le vele che possono essere bordate contemporaneamente in navigazione su idonee attrezzature fisse, compresi l'eventuale fiocco genoa e le vele di strallo, escluso lo spinnaker;

P è la potenza del motore in kW.

Nella norma **UNI EN ISO 12217-2:2009** è riportata invece la formula:

$$A_S > 0.07 (m_{LDC})^{\frac{2}{3}}$$

in cui:

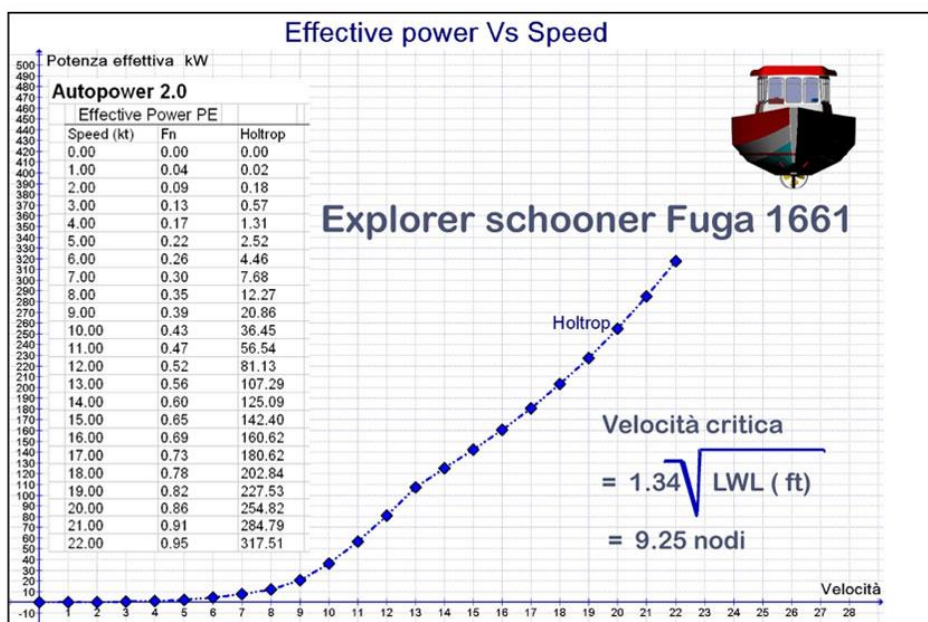
A_S è la superficie velica nominale espressa in m² e valutata in conformità alla norma UNI EN ISO 8666:2003;

m_{LDC} è la massa di dislocamento a pieno carico dell'imbarcazione, espressa in kg.

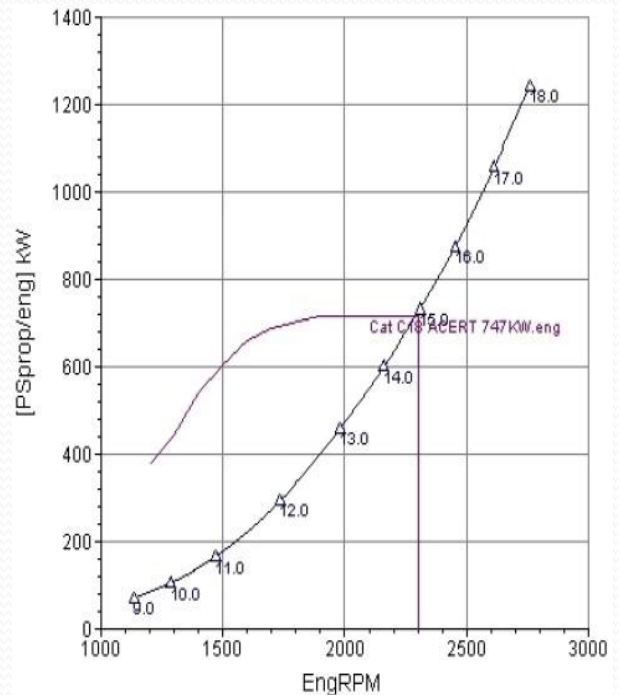
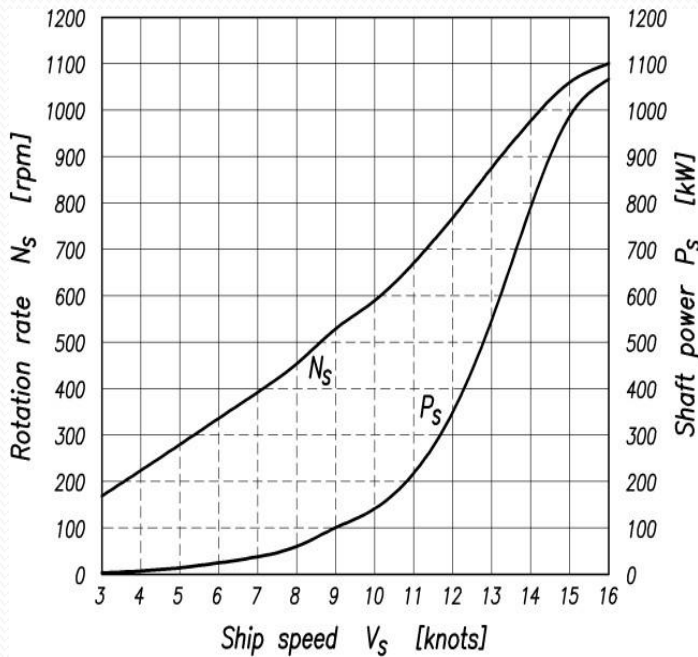
Spesso il risultato delle due verifiche precedenti può portare a risultati decisamente diversi: una barca progettata come unità a vela appare dinanzi al legislatore come unità a motore.

La scelta del sistema propulsivo parte dalla **previsione di potenza e velocità** che soprattutto nelle prime fasi del progetto deve essere condotta basandosi su metodi statistici. La previsione risulterà tanto più accurata quanto più il metodo individuato risulti adeguato alla tipologia di carena di cui l'unità è dotata, in particolare quelli usati più frequentemente sono:

1. **Carena planante:** Holtrop-Mennen;
2. **Carena planante in planata:** Savitsky;
3. **Carena di unità a vela:** Delft;
4. **Catamarani vela/motore:** Jin (resistenza), Holtrop-Mennen (autopropulsione).



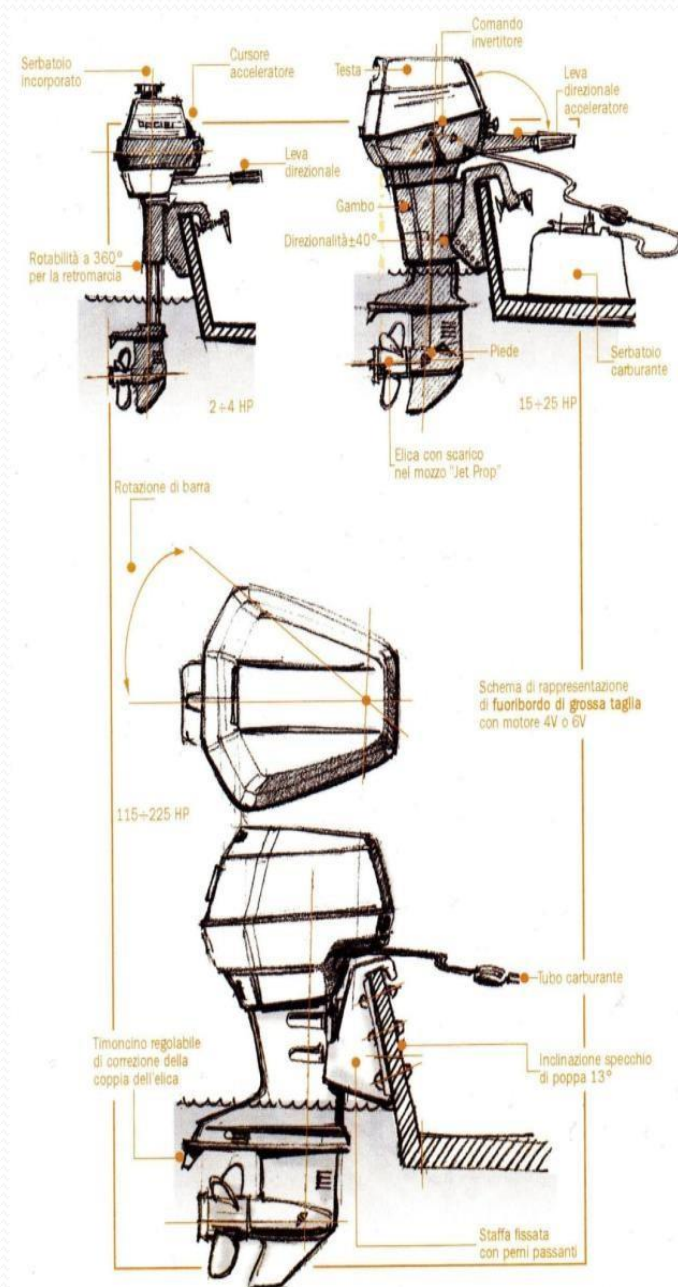
La **sostanziale differenza** (nel caso di unità a motore) rispetto alla consueta procedura di matching di motore, propulsore e resistenza è data dal fatto che (come già accennato) la **taglia del motore** viene scelta in funzione del raggiungimento della velocità massima, mentre la **geometria del propulsore** è definita per ottimizzare la velocità di crociera molto più frequente nel normale utilizzo della barca.



Gruppo propulsivo fuoribordo:

è caratteristico di unità di dimensioni più contenute solitamente plananti.

Sarà opportuno predisporre uno specchio di poppa piano, inclinato verso l'esterno di **circa 13°** rispetto alla verticale. Si dovrà prevedere anche uno spazio di rispetto all'interno dell'unità che consenta il ribaltamento effettuato dalla testa del motore durante la manovra di innalzamento del piede fuori dall'acqua.



Gruppo propulsivo fuoribordo:

I marchi di riferimento in ordine di affidabilità crescente e costo decrescente sono: Yamaha, Suzuki, Mercury, Johnson, Evinrude, Honda, Selva e Tohatsu.

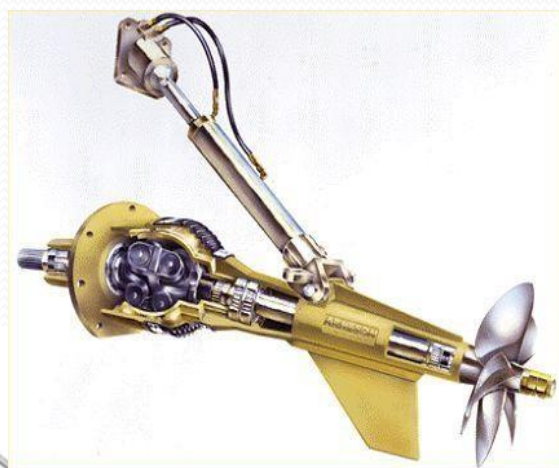
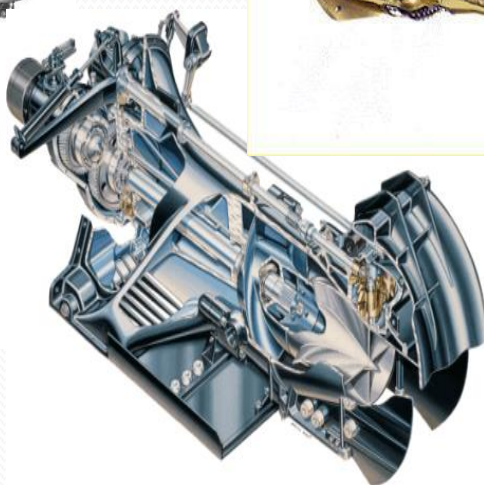
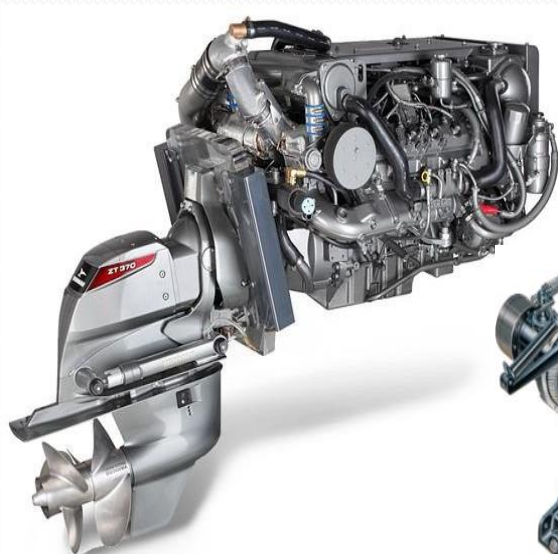


Gruppo propulsivo entrofuoribordo

Diversamente dalla configurazione fuoribordo i gruppi poppieri entrofuoribordo consentono di conservare l'imbarcazione con uno specchio di poppa alto e solido.

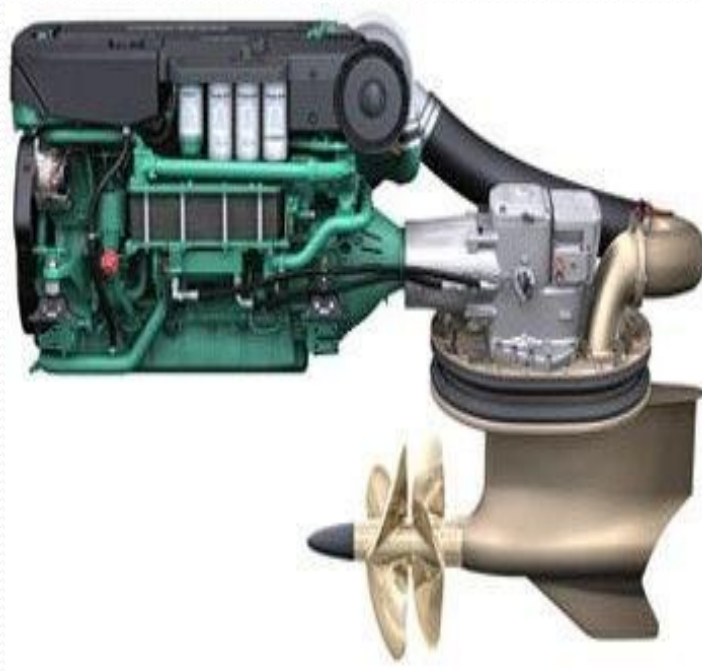
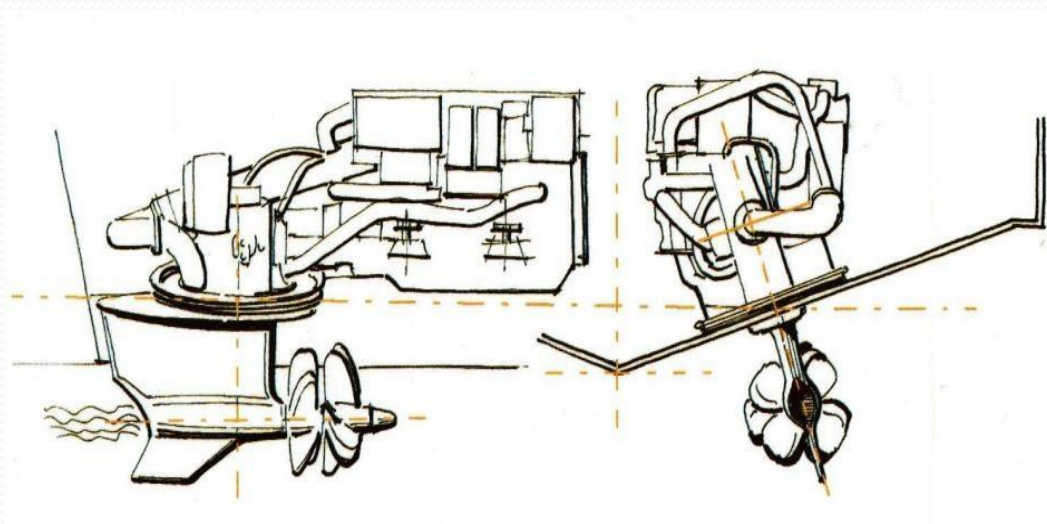
Per la loro installazione l'unico accorgimento è quello di prevedere una poppa piana (sempre inclinata di 13° verso l'esterno) con un foro al centro per il passaggio dell'asse propulsivo. Non deve essere dimenticato che le imbarcazioni dotate di questo sistema propulsivo continuano a conservare la stessa maneggevolezza di quelle con fuoribordo, tuttavia richiedono uno studio più approfondito della sistemazione del vano motore, che necessariamente dovrà trovarsi ad estrema poppa.

Le trasmissioni solitamente utilizzate sono di tipo meccanico *Z-drive*, trasmissioni snodate con eliche supercavitanti *Arneson* o idrogetti.



Gruppo propulsivo entrofuoribordo

In tempi molto recenti la Volvo ha messo a punto la trasmissione IPS che lega le prestazioni di due eliche coassiali traenti alle capacità di manovra di un POD.



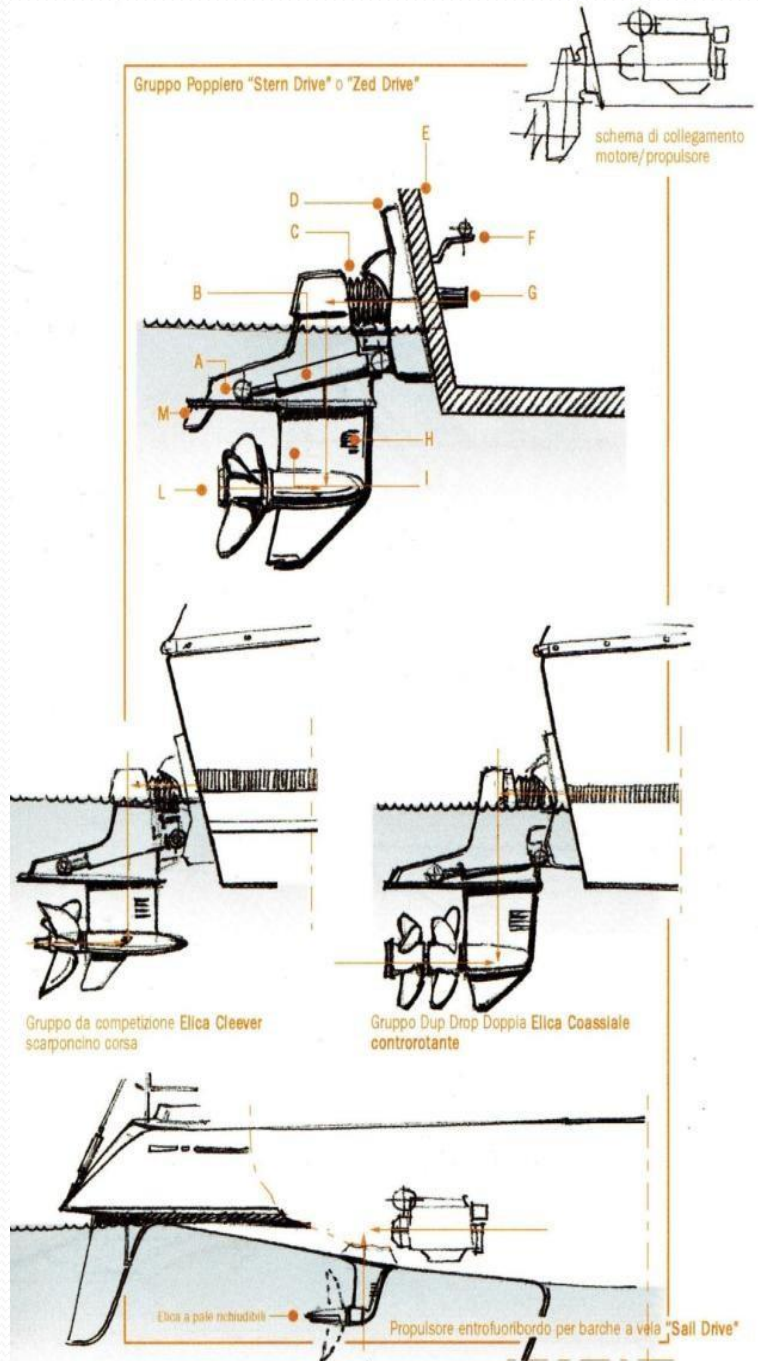
Gruppo propulsivo entrofuoribordo

Con la diffusione di questo tipo di trasmissione la ricerca di perfezionamento ed ottimizzazione delle forme e degli spazi ha portato all'adozione di **forme di poppa particolari**, che prevedano cioè la copertura dei gruppi propulsivi. Le motivazioni che hanno portato a questa scelta sono molteplici: coprire i propulsori li protegge da eventuali urti in banchina, la copertura riduce gli spruzzi durante la navigazione ed infine la copertura stessa può essere piacevolmente utilizzata per scopi balneari. A barca ferma, infatti questa zona definita **spiaggia poppiera** è perfettamente abitabile e può essere un elemento di grande attrattiva commerciale.



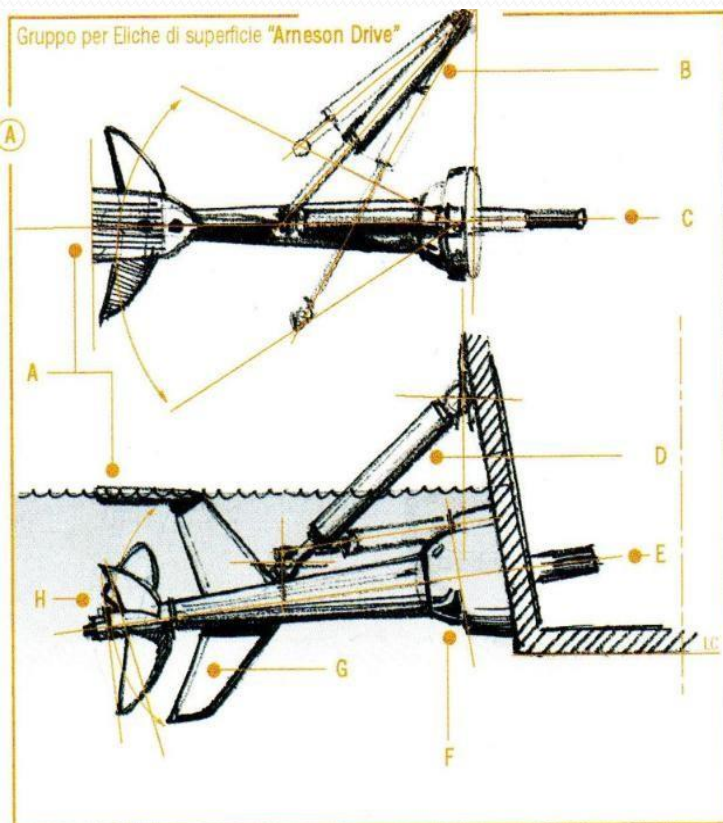
Gruppo propulsivo entrofuoribordo

- (A) piastra anticavitazione
- (B) pistoni idraulici per regolazione trim
- (C) Cuffia di protezione del giunto cardanico
- (D) piastra di attacco
- (E) specchio di poppa
- (F) attacco flessibile della timoneria
- (G) Presa di forza
- (H) presa d'acqua raffreddamento motore
- (I) Scarponcino
- (L) elica con scarico nel mozzo
- (M) timoncino correttivo



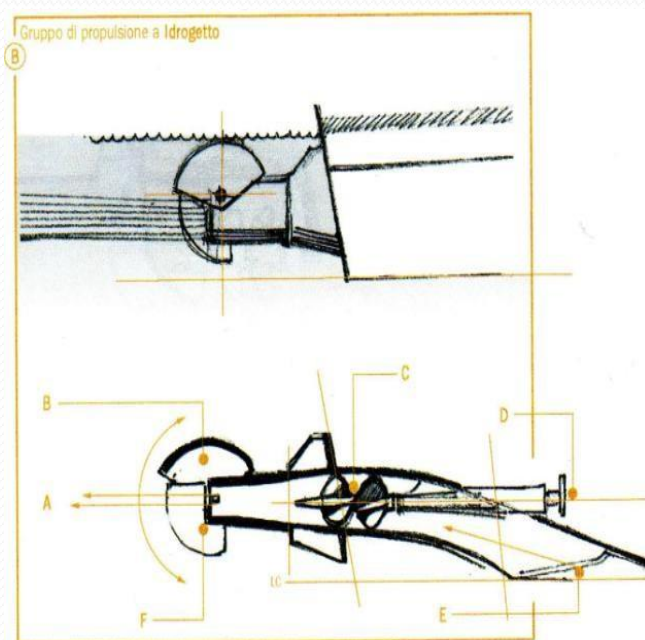
Gruppo propulsivo entrofuoribordo

- (A) piastra di contenimento scia
- (B) pistone di comando timoneria
- (C) presa di potenza
- (D) pistone di regolazione del trim
- (E) presa di potenza
- (F) giunto di trasmissione omocinetico
- (G) pinna di deriva
- (H) elica di superficie



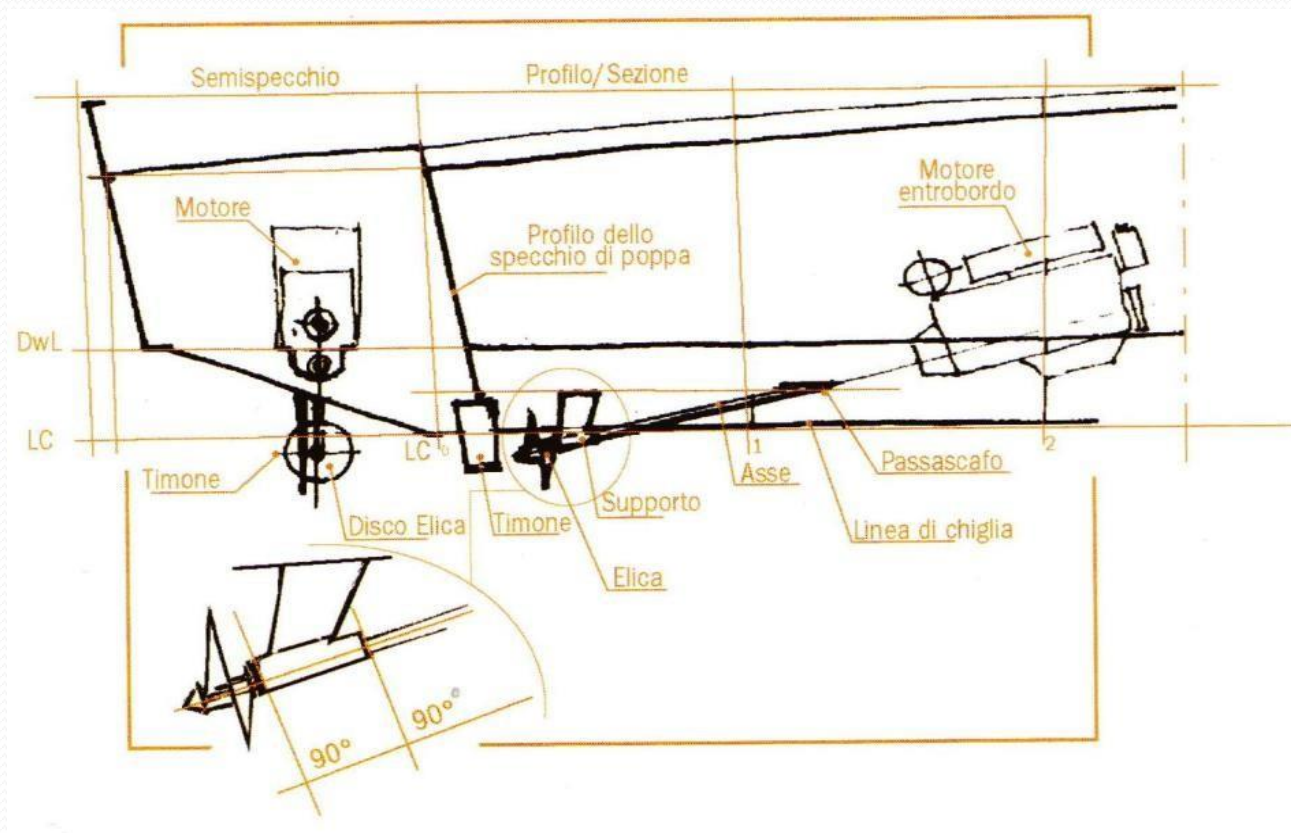
Gruppo propulsivo entrofuoribordo

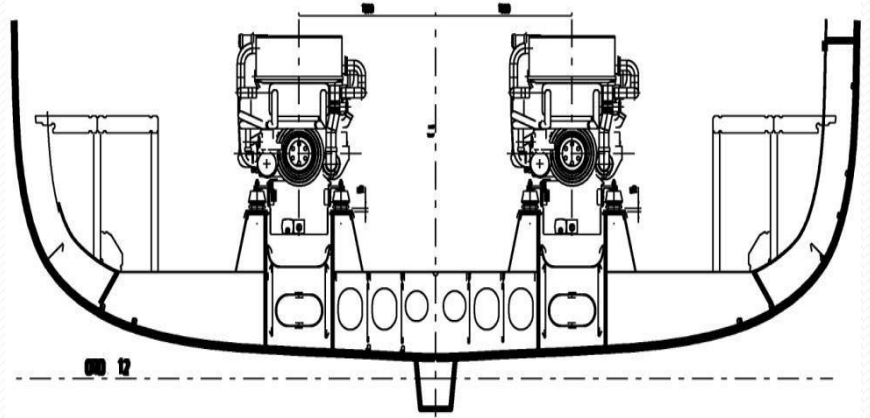
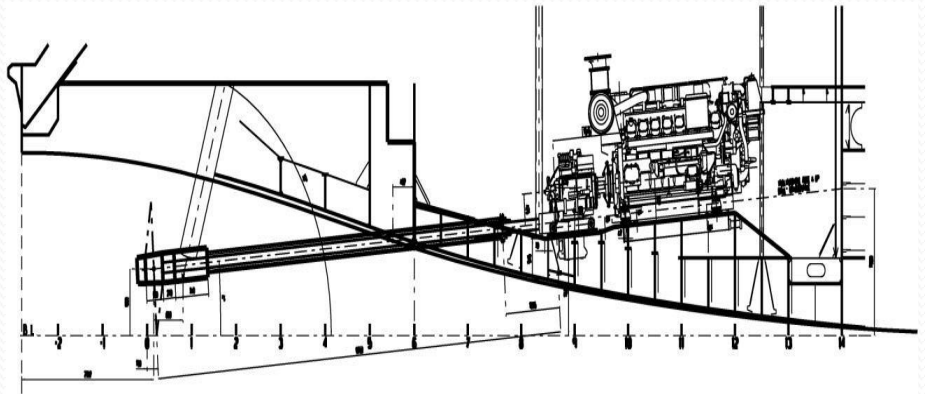
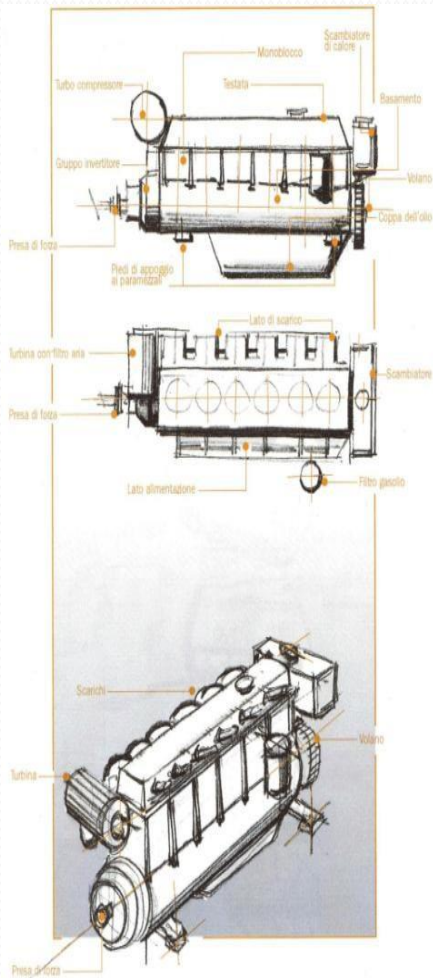
- (A) ugello di uscita
- (B) celata abbassabile per
retromarcia
- (C) girante di propulsione
- (D) presa di forza
- (E) presa d'acqua
- (F) timoncino direzionale



Gruppo propulsivo entro bordo

Gli elementi che compongono questi gruppi propulsivi sono piuttosto semplici, diffusi e per nulla diversi da quanto presente sul naviglio maggiore. In particolare, nella catena di ogni linea propulsiva saranno presenti un'elica a pale fisse o orientabili, l'asse di trasmissione che è collegato al riduttore passando lo scafo attraverso la fuoriuscita, il riduttore a sua volta può essere direttamente collegato al motore attraverso la campana SAE oppure attraverso un giunto (cardanico o omocinetico).





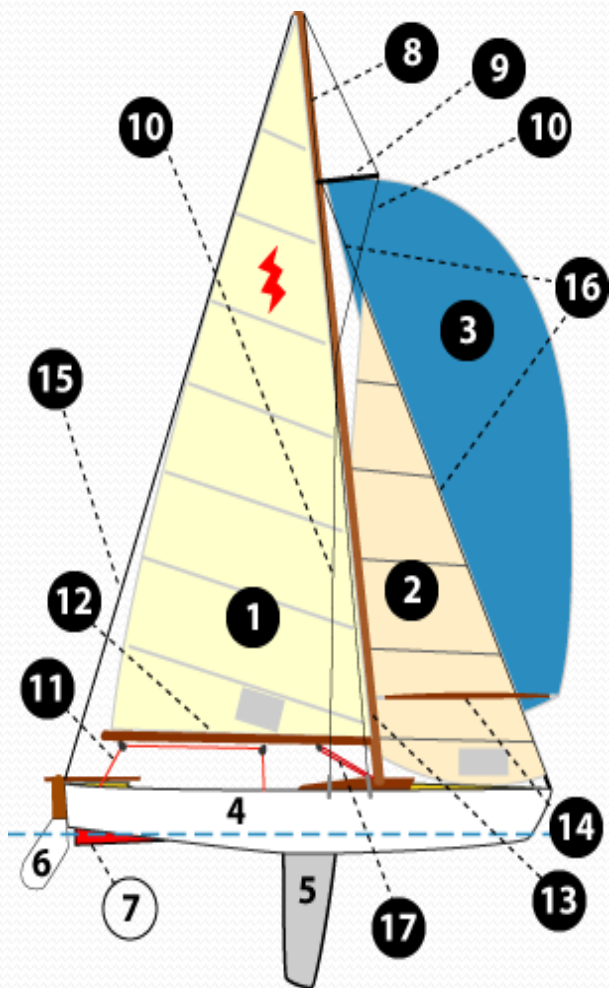
Propulsione a vela

Un'**unità a vela** è un tipo di imbarcazione la cui propulsione è principalmente affidata allo sfruttamento del vento e in cui il motore, se presente, riveste solo un'azione di supporto specialmente in fase di manovra in spazi ristretti, quali il porto.

Le barche a vela possono essere distinte in **derive**, piccole barche non abitabili, senza motore destinate ad uso sportivo, e **barche a chiglia**, barche dotate di chiglia zavorrata utilizzate per navigazioni più lunghe. Le barche a vela possono essere distinte in base alla composizione dell'armo velico.

L'**armo velico** è costituito dall'insieme delle attrezzature necessarie alla navigazione; con questo termine si indica specificamente il tipo di attrezzatura, il numero degli alberi e la forma delle vele. È intuitivo osservare che l'armo di un'imbarcazione a vela determina le sue caratteristiche di navigazione e le sue prestazioni.





	Italiano	Inglese	Francese
1	Randa	Main sail	Grand-voile
2	Fiocco	Jib	Foc
3	Spinnaker	Spinnaker	Spinnaker
4	Scafo	Hull	Coque
5	Deriva	Keel/centre board	Dérive
6	Timone	Rudder	Safran
7	Chiglia	Skeg	Skeg
8	Albero	Mast	Mât
9	Crocetta	Spreader	Barre de fleche
10	Sartia	Shroud	Hauban
11	Scotta della randa	Main sheet	Écoute de grand-voile
12	Boma	Boom	Bôme
13	Albero	Mast	Mât
14	Tangone	Spinnaker pole	Tangon
15	Paterazzo	Backstay	Pataras
16	Strallo	Stay	Étai
17	Vang	Vang	Hale-bas

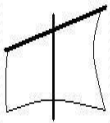
Propulsione a vela: componenti

Albero: è la struttura che sostiene le vele. A seconda del tipo di armo velico possono essere presenti più alberi. Quello più alto o quello dove è inferita la randa principale prende il nome di **albero maestro** o **main mast**. Tradizionalmente gli alberi erano costruiti in legno con la tecnica complicata e costosa della *parella*. Attualmente la maggior parte delle imbarcazioni utilizza alberi in lega leggera, mentre le unità racer possono avere alberi in materiale composito. Gli alberi solitamente sono divisi in sezioni (**ordini**), in corrispondenza delle quali è possibile trovare le **crocette**, che possono essere anche utilizzate per sostenere le luci e le apparecchiature di navigazione.

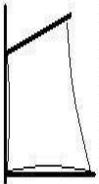
Sartie: sono dei cavi metallici molto robusti, tesi dalla testa dell'albero che passano attraverso gli ordini di crocette, se presenti, e servono a garantire la corretta rigidità all'albero comprimendolo sulla coperta affinché non si "muova" durante la navigazione.

Lande: sono i punti di attacco delle sartie sullo scafo. Generalmente sono dei golfari in acciaio speciale. In alternativa, per imbarcazioni di grosse dimensioni sono ottenute mediante monoblocchi di fusione (in gergo *ciocchi*) che vengono collegati allo scafo mediante saldatura ed alla sartia mediante perni passanti.

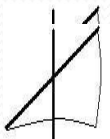
Vele: costituiscono il vero propulsore delle barche a vela. Sono realizzate in tessuto più o meno tecnologico, dal nylon al kevlar. In base alla loro forma sono distinte in:



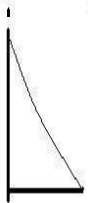
Vele quadre: adatte alle andature portanti, ma non idonee per risalire il vento, hanno una forma quadrata o a trapezio isoscele. Sono caratteristiche dei grandi velieri e prendono il nome dal pennone al quale sono inferite.



Vele auriche: hanno una forma trapezoidale e si stendono a poppa degli alberi, mantenute tese nella parte superiore da un pennone detto picco e nella parte inferiore da un'asta orizzontale, e quindi parallela al ponte detta boma.

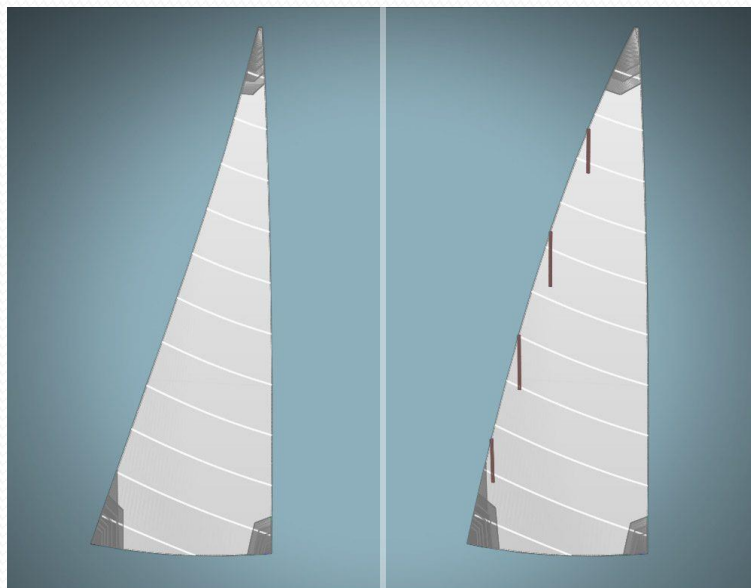


Vele latine: mantengono la forma triangolare dei velieri romani e sono mantenute tese da un'antenna che viene issata diagonalmente sull'albero.



Vele bermudiane: hanno forma triangolare, mantenute tese dallo spigolo superiore, sono inferite lungo un lato sull'albero ed alla base al boma.

Randa: è la vela più grande armata sull'albero. Nei vascelli a vele quadre la randa è la vela inferiore dell'albero di maestra, la vela quadrata più grande di tutto il vascello. Nelle imbarcazioni a vele auriche, la randa è di forma trapezoidale e mantenuta tesa dal boma alla base e alla sommità da un'asta issata sull'albero chiamata *picco*.

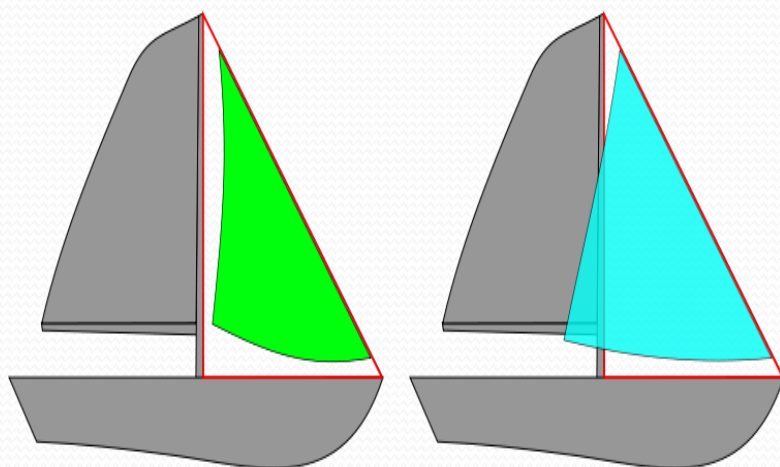


Fiocco: viene issato a prua sul bompresso, sugli stragli e sulle draglie di prua. L'angolo di scotta viene regolato tramite una cima, detta scotta del fiocco. Possono essere presenti in numero fino a quattro e sono sempre vele triangolari.

Vele di straglio: sono vele triangolari che vengono issate tra un albero e l'altro scorrendo sugli stragli. Sono caratteristiche dei vascelli.



Genoa: è una vela triangolare issata tra l'albero più a prua di un'imbarcazione e l'estremità della prua o del bompresso. È del tutto simile al fiocco, con cui condivide la maggior parte delle caratteristiche salienti. La differenza sostanziale è data dalle diverse dimensioni: mentre il fiocco non oltrepassa, con l'angolo di scotta, l'albero verso poppa, il genoa si estende in lunghezza verso poppa, determinando una parziale sovrapposizione tra genoa e randa.



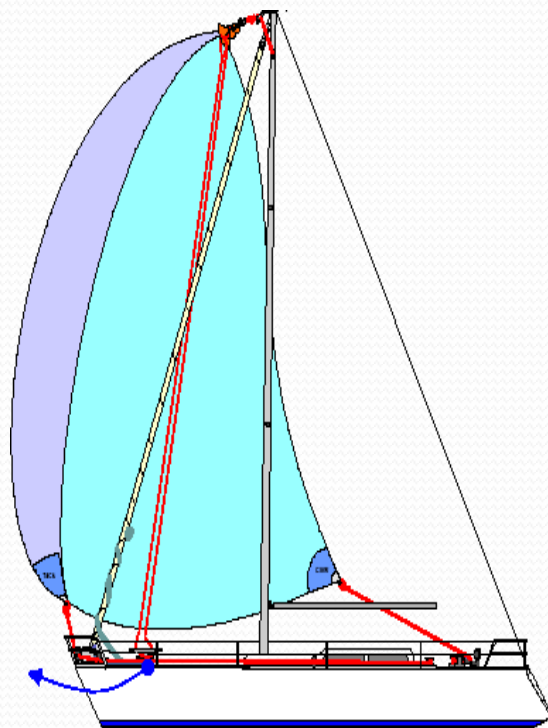
Spinnaker: o *Spi* è una vela solitamente molto colorata, che viene issata quando l'andatura della barca è "portante", quindi quando il vento colpisce la barca al giardinetto o di poppa e cioè nelle andature di lasco e poppa. Sulle barche che non possono montare il gennaker viene utilizzato anche al traverso ed al lasco. La particolarità di questa vela è di essere "**simmetrica**" caratteristica che le consente di "far scendere" poggiare molto la barca su cui è utilizzata; il gennaker al contrario è una vela asimmetrica che viene murata su un bompresso e risulta di più facile utilizzo in manovra proprio perché è fissata su un punto fisso nella sua estremità prodiera al bompresso.



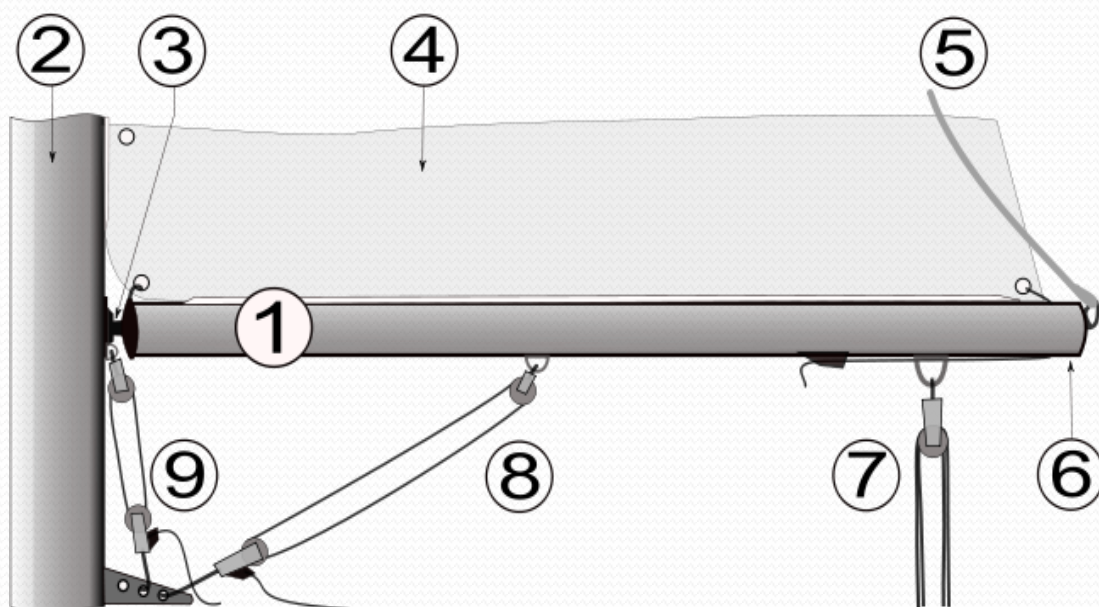
Gennaker: è una tipologia di vela nata dalla fusione di genoa e spinnaker, studiata per essere utilizzata nelle andature portanti, quindi trova il suo impiego nelle andature che vanno dal traverso al gran lasco. È molto simile allo spinnaker ma ha la particolarità di avere una superficie **asimmetrica e più piccola** e di non usare il tangone in quanto viene fissato (in gergo *murato*) a un bompresso situato a prua. Il gennaker viene impiegato nelle barche da regata poiché la sua forma gli permette di fungere da ponte fra le prestazioni del genoa e quelle dello spinnaker.



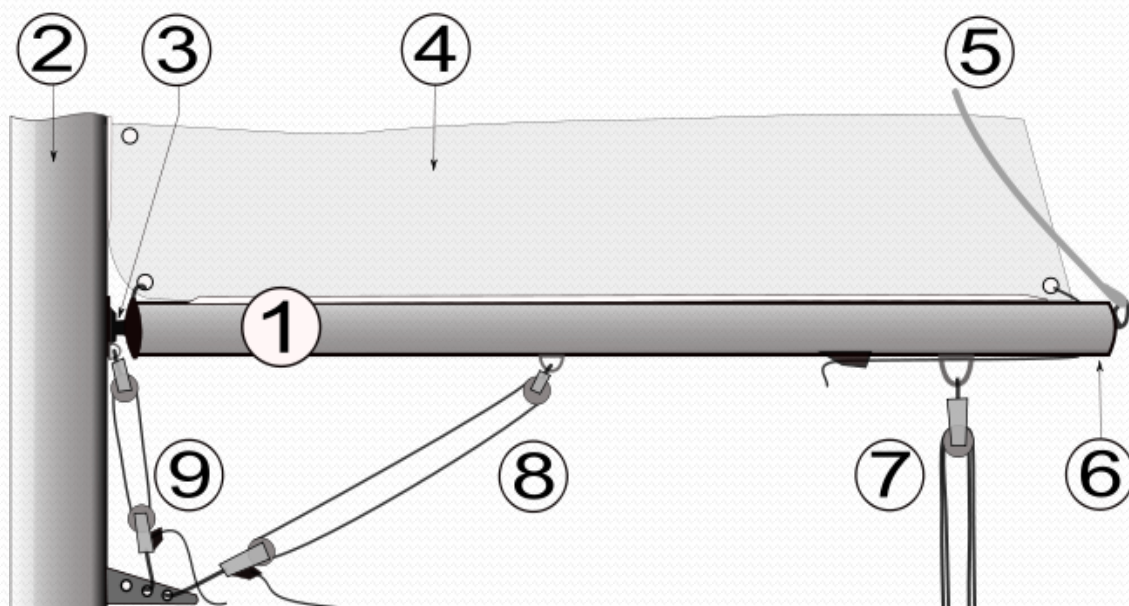
MPS: ovvero **Multi Purpose Sail** è una vela per le andature portanti, concepita per la crociera. È realizzata in tessuto da spinnaker, dal quale si differenzia per l'asimmetria del taglio. L'MPS è infatti murato a prua come un fiocco, o, eventualmente, con un *caricabasso*, talvolta rinvato in pozzetto e usato come manovra corrente.



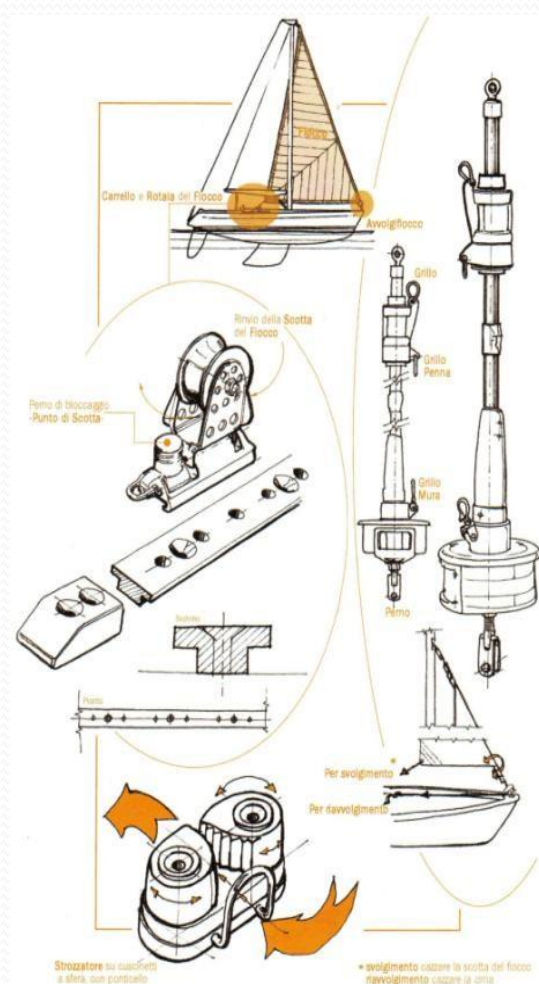
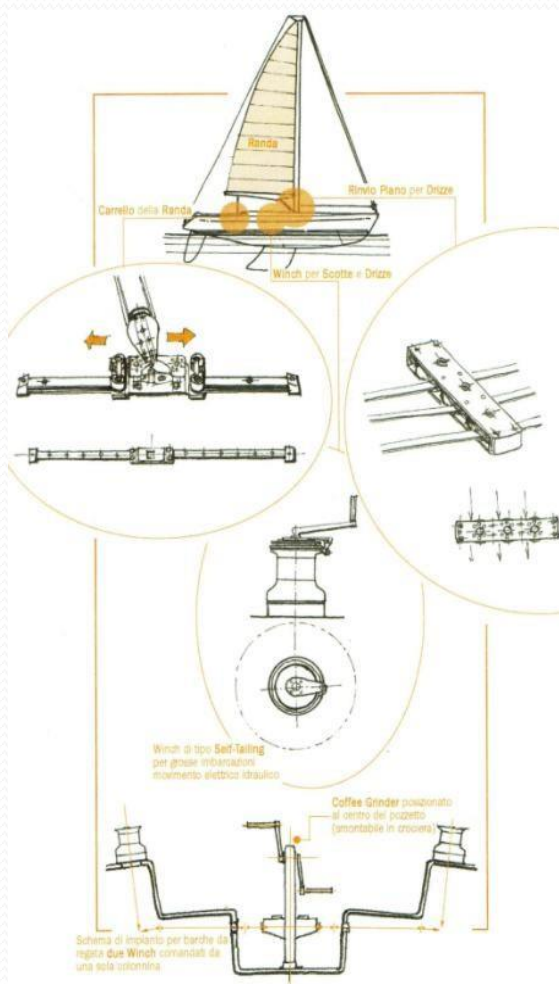
Boma: è l'asta, costruita in lega leggera, legno o fibra di carbonio che sostiene la base della randa. Il boma (1) è fissato all'albero (2) tramite uno snodo detto **trozza** (3) che consente al boma di modificare il suo orientamento rispetto all'albero. Al boma possono essere collegati diversi circuiti di regolazione delle vele: Il **tesabase** (6) che viene fissato all'angolo di scotta della vela e regola la tensione della base della randa.



La **scotta** (7), che di norma collega un punto del boma ad un ancoraggio solido della coperta, regola l'apertura del boma e della vela fissata su di esso rispetto all'asse longitudinale della barca. Il **vang** (8), un paranco regolabile che consente di regolare l'inclinazione verticale del boma, modificando la forma della vela. Le **borose**, una o più cime che consentono di ridurre la dimensione della vela, ovvero terzarolare.

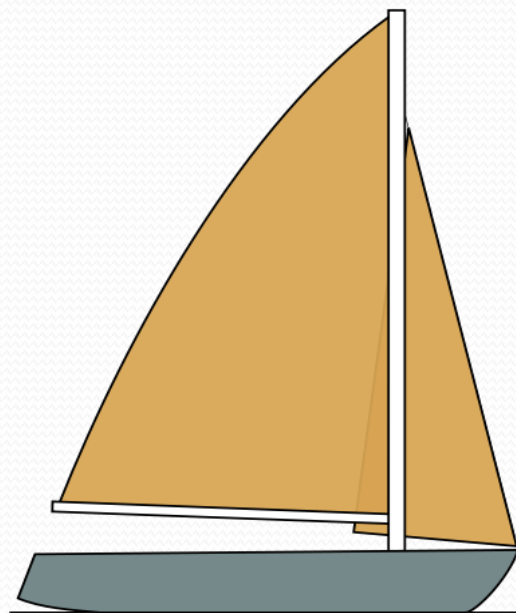


Manovre: è l'insieme di tutte le cime e i verricelli sistemati sulla barca che permettono la regolazione delle vele.

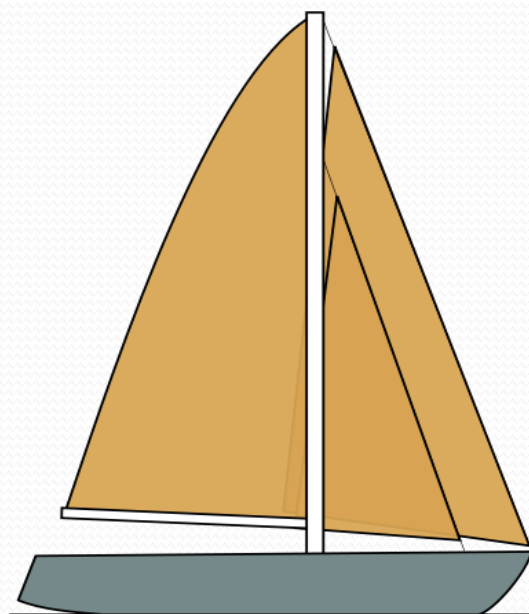


Propulsione a vela: armi

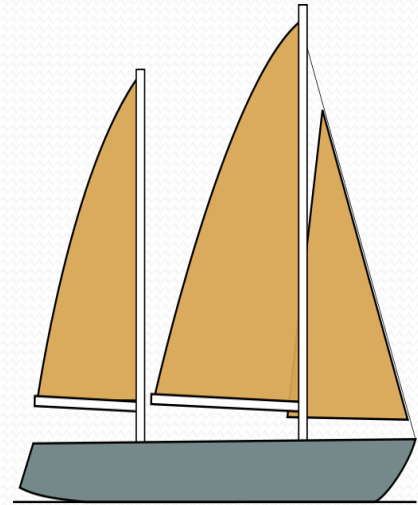
Sloop: imbarcazione ad un solo albero, normalmente dotato di randa e fiocco. Questo è oggi il tipo più diffuso di armo. Nella navigazione storica lo *sloop* era un piccolo veliero veloce che portava ordini da un vascello all'altro.



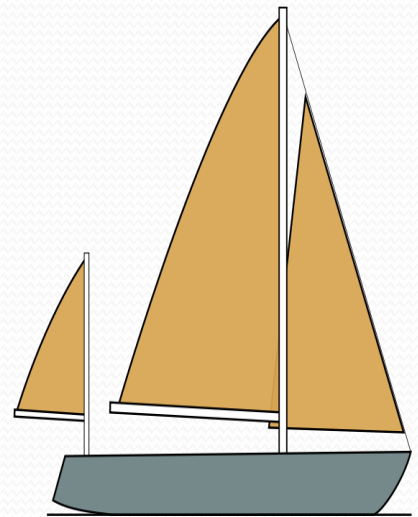
Cutter: imbarcazione ad un solo albero, normalmente dotato di randa e due fiocchi anche detti fiocco e trinchetta; il fiocco ha in genere il suo punto di mura all'estremità dell'asta di fiocco a prua.



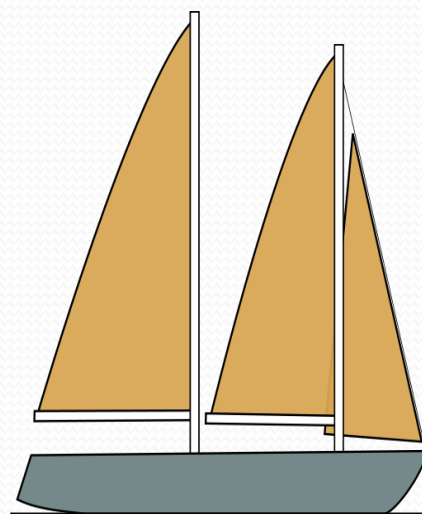
Ketch: veliero a due alberi, dotato di vele bermudiane o vele auriche. L'albero di maestra è di solito collocato a mezza nave e l'albero di mezzana è posizionato a poppa, a pruvia dell'asse del timone.



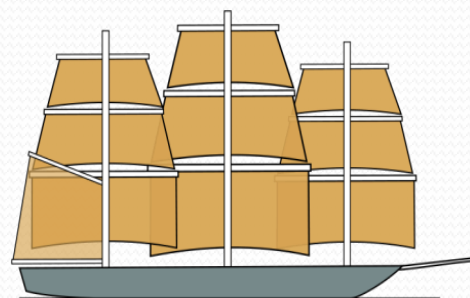
Yawl: veliero a due alberi, dotato di vele bermudiane o vele auriche. L'albero di maestra è collocato a mezza nave e l'albero di mezzana è molto piccolo e posizionato a poppavia dell'asse del timone. Spesso questo armo prevede l'utilizzo anche di vela aurica per la randa e conseguentemente di una controranda.



Goletta: detto anche Schooner, veliero a due alberi, dotato di vele di diverso tipo. L'albero di maestra è collocato a poppa ed è generalmente più grande dell'albero di trinchetto posizionato a prua; i due alberi di una goletta possono anche avere la stessa altezza, ma quello poppiero è sempre di maestra e quello prodiero è sempre di trinchetto. Il più classico armamento a goletta è a vele auriche.

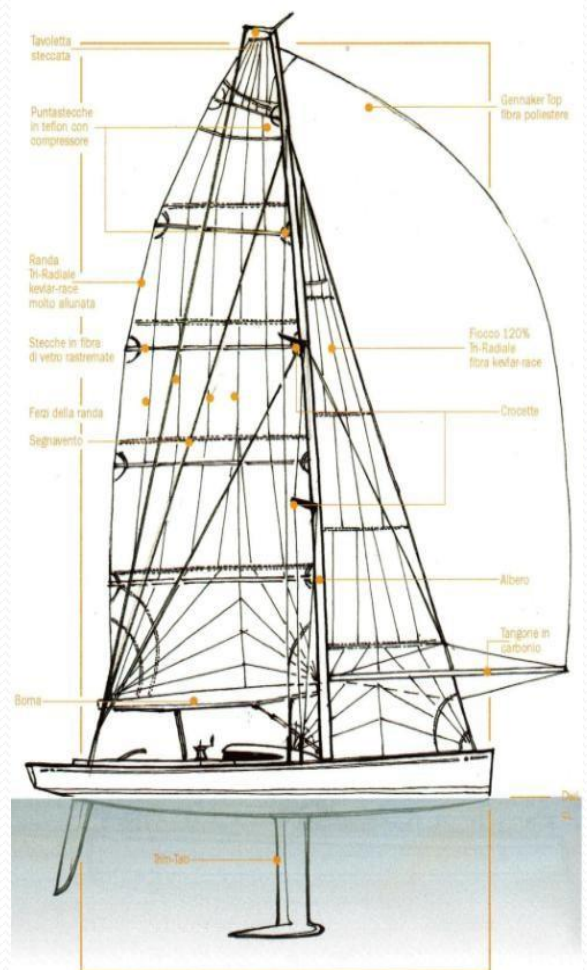
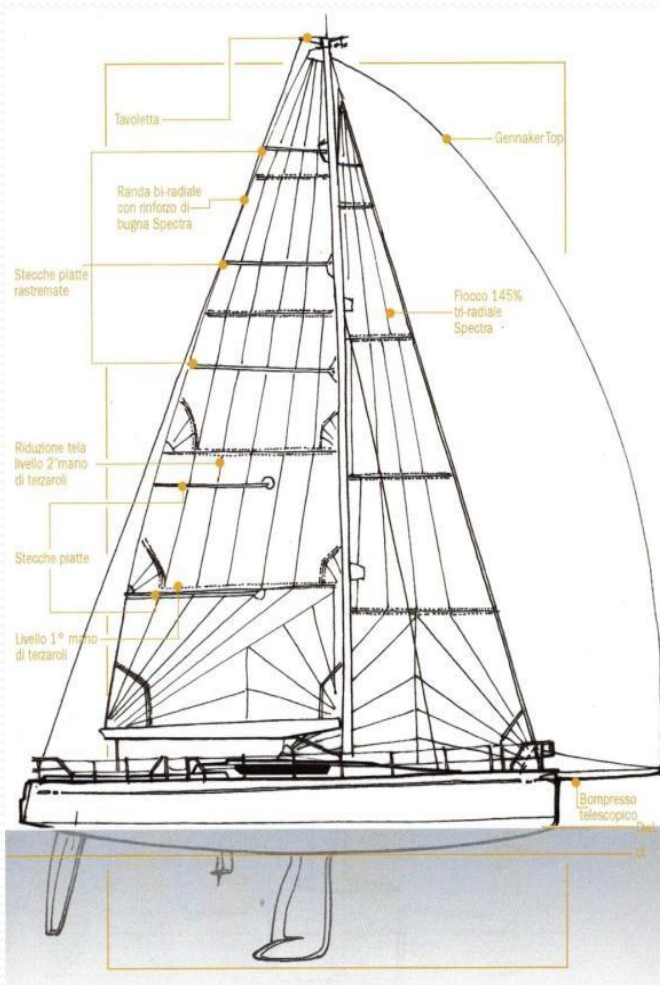


Vascello: veliero a tre alberi, di notevoli dimensioni, strutturalmente complesso con tre ordini di ponti. Usa vele quadre.



Propulsione a vela: piano velico

La forma delle vele, la loro metratura ed i carichi trasmessi alle strutture della nave, sono riportati sul **piano velico**. Tale documento fonda le sue basi ancora oggi più sull'arte e sull'esperienza che su una scienza esatta.



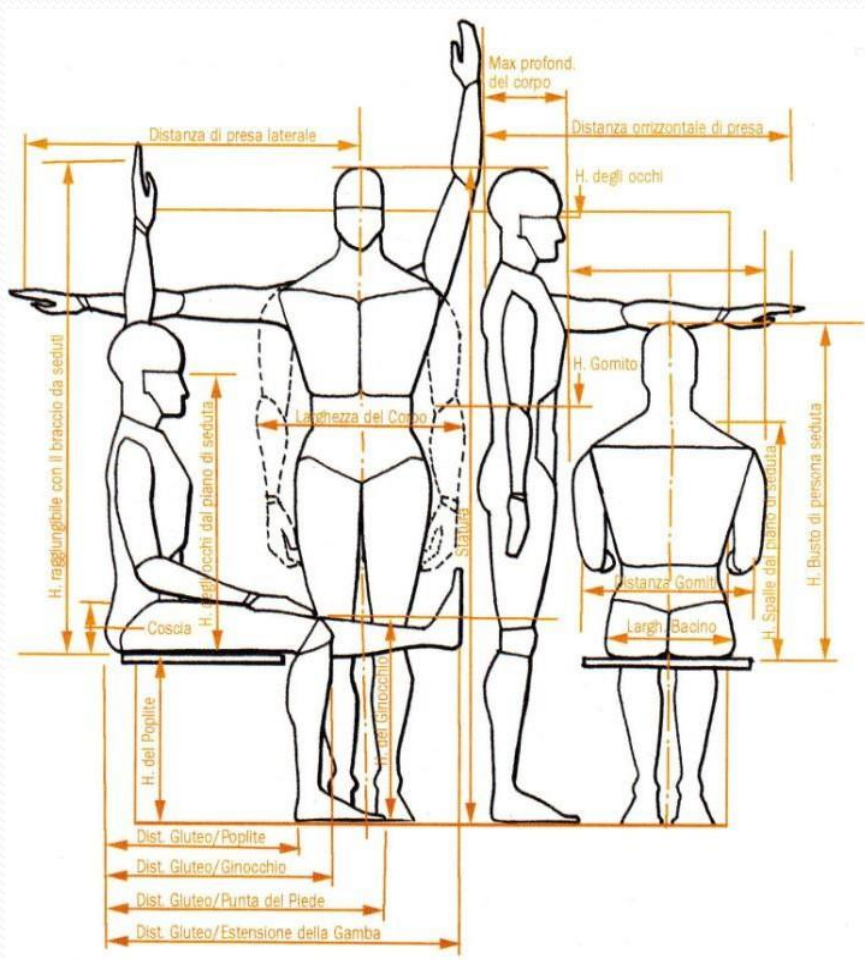
1.17 Definizione dei piani generali

La progettazione dell'interno di uno yacht è sicuramente uno dei momenti più appassionanti del progetto, fase durante la quale si decide la **divisione degli spazi e la loro destinazione alle varie necessità di bordo**: spazi destinati agli ospiti, all'equipaggio, alla propulsione ecc. Questa fase vede coinvolte le due figure chiave del progetto: **l'ingegnere navale** e **l'architetto**; l'ingegnere deve rendere disponibile il **maggior spazio possibile** dello yacht alle zone abitate, compatibilmente con le esigenze tecniche e funzionali della piattaforma navale e delle regolamentazioni internazionali che sovente "rubano" molte risorse; dall'altra parte, l'architetto deve **distribuire e arredare** gli spazi secondo i desideri dell'armatore, ideando uno stile interno che lo appaghi.

Alla base di qualunque progetto che sia pensato in funzione dell'uomo è fondamentale la conoscenza delle nozioni di anatomia antropometrica e di cinematica che vengono riassunte nella disciplina che prende il nome di **ergonomia**. Questa scienza studiata fin dall'antichità trova oggi la sua più completa formulazione nei tre volumi curati dalla NASA nel 1978 "**Anthropometric Source Book**" e nel più moderno "**The Measure of Man & Woman**" di Tilley e Dreyfuss del 1993.

“Se si vuole definire una selezione di dati utili ai fini dell'ingegneria umana le 10 dimensioni più importanti da rilevare sono in ordine: **altezza (statura)**, **peso**, **altezza in posizione seduta**, **distanza gluteo- ginocchio e gluteo-poplite**, **larghezza dei fianchi** e quella compresa fra i gomiti in posizione seduta, **l'altezza del ginocchio** e del poplite da terra e il diametro antero- posteriore della coscia”.

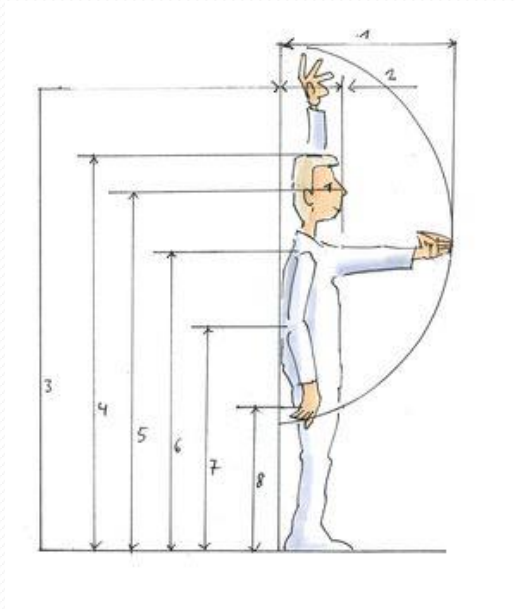
Albert Damon (Harvard University)



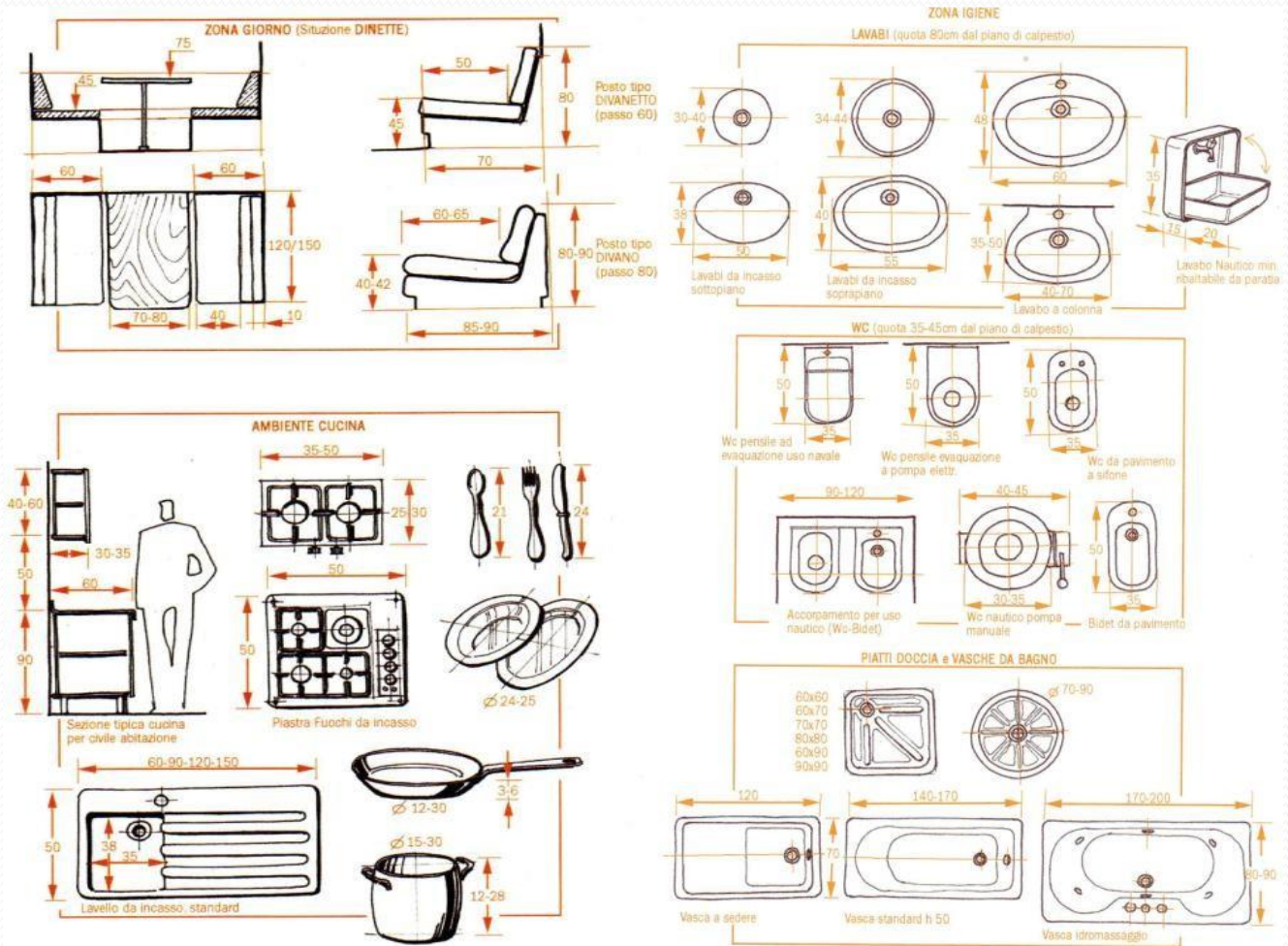
Il problema è però qual è l'**uomo medio**?

Gli studi antropometrici hanno introdotto il concetto di **percentile**, in base al quale è possibile confrontare diversi campioni di una stessa specie su una scala di 99 unità. Considerando che l'ideale uomo medio sia qualificato al 50° percentile, assegnando il 100% all'escursione esistente fra il più basso ed il più alto, un uomo del 60° percentile risulterà più alto del 10% rispetto alla media, del 60% rispetto al più basso e più basso del 40% rispetto al più alto.

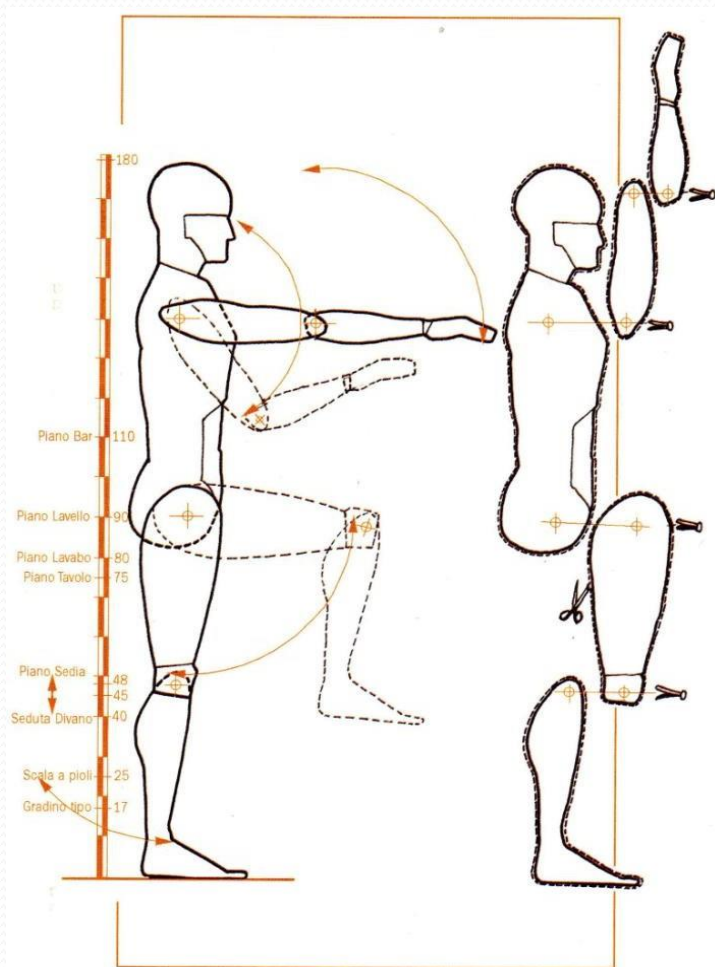
In realtà è **pressoché impossibile** che un individuo risponda omogeneamente a tutti i 10 valori di Damon con lo stesso percentile, quindi il riferirsi nella progettazione a un "uomo medio" risulta scorretto, infatti il dimensionamento spaziale di ambienti minimi come gli interni di una barca deve essere eseguito in funzione ad un set di diversi percentili.



Sarà bene verificare ogni ambiente con il manichino corrispondente al 95° percentile dell'uomo e quello corrispondente al 5° percentile della donna.



Sotto è riportata la figura che confronta il manichino dell'uomo con alcune altezze di frequente utilizzo.



Il piano generale costituisce uno dei primi elaborati che viene prodotto durante l'evoluzione del progetto e costituisce assieme alla specifica tecnica la **documentazione di riferimento** a cui progettista e cantiere devono attenersi nell'evoluzione della commessa per non incappare in penali o "regalare" all'armatore più del necessario. Il piano generale sarà presumibilmente il primo di una lunghissima serie di elaborati grafici che serviranno a descrivere la barca, un **mastrino disegni** di una commessa di medie dimensioni può arrivare a contarne anche qualche migliaio. Nasce quindi l'esigenza di **codificare la rappresentazione** e di fornire un significato univoco a tutti i simboli e le linee utilizzate.

Il normatore ha quindi previsto nel dettaglio le norme:

1. **UNI EN ISO 128-20:2002**: Technical drawings - General principles of presentation - Basic conventions for lines; (Allegato xx)
2. **UNI ISO 128-25:2011**: Technical drawings - General principles of presentation - Lines on shipbuilding drawings. (Allegato xx)

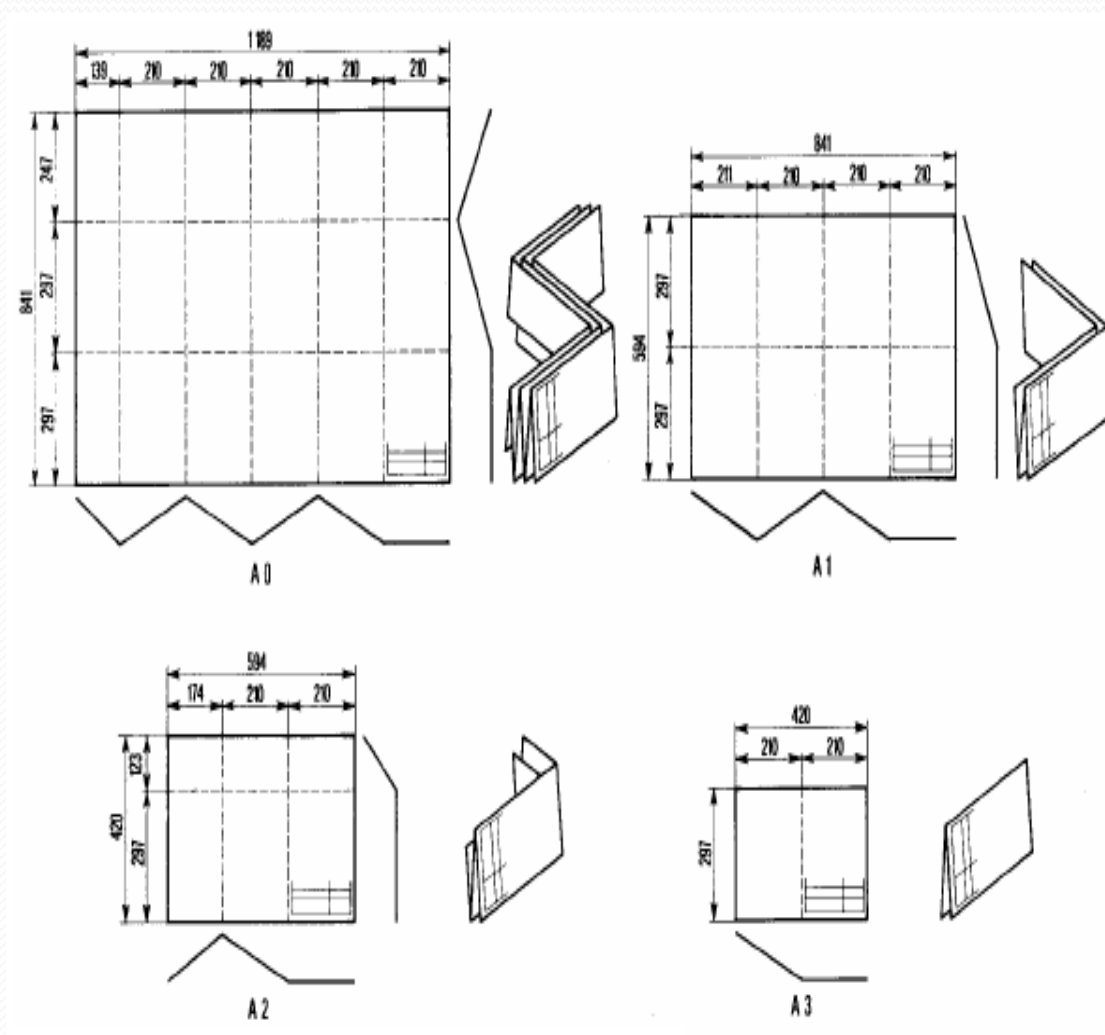
Piegatura e dimensione del foglio

è sempre bene operare nella **scala opportuna**, tuttavia si deve cercare di riservare l'uso del formato A0 solo quando estremamente necessario, ad esempio per il piano generale, il piano di costruzione o quello delle appendici. Per tutti gli altri elaborati grafici è molto più pratico l'utilizzo del formato A1 o A1 allungato. Fascicoli di dettaglio e report ovviamente devono essere stampati su formati A3 e A4. Tutti i documenti devono contenere un cartiglio in cui devono essere riportate tutte le informazioni necessarie alla tutela della qualità dell'elaborato e della sua leggibilità.

Tutti i documenti devono contenere un **cartiglio** in cui devono essere riportate tutte le informazioni necessarie alla tutela della qualità dell'elaborato e della sua leggibilità.

MODIFICHE ALTERATIONS						
	01	15/06/2010	VB		Aggiornato logo	
	REV. N.	DATA DATE	NOME NAME	FIRMA SIGN		
DISEGNATO DRAWN	19/01/2010	VB		 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE Dipartimento di Ingegneria e Architettura Sezione di Ingegneria Navale Via Alfonso Valerio, 10 - I-34127 Trieste Tel. +39 040 558 3428 Fax +39 040 558 3442		
CONTROLLATO CHECKED	19/01/2010	AM				
APPROVATO APPROVED	19/01/2010	MM				
SCALA 1:100	QUALITA' STANDARD			COSTRUZIONE HULL	-	
SCALE FORMATO A1	DISEGNI NAVALI			PROGETTO PROJECT	-	
SIZE				DISEGNO N. DRAWING N.	IST 13 02 Allegato	
				FOGLIO N. SHEET N.	1 / 1	
COPIA N. -	L'UNIVERSITA' DI TRIESTE SI RISERVA A TERMINI DI LEGGE LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O DI RENDERLO COMUNQUE NOTO A TERZI O A DITTE CONCORRENTI SENZA LA SUA AUTORIZZAZIONE. THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF UNIVERSITY OF TRIESTE AND IT SHALL NOT BE USED, REPRODUCED OR COMMUNICATED TO UNAUTHORIZED COMPANIES AND/OR PEOPLE.				SOSTITUISCE REPLACES	-
COPY N.					SOSTITUITO DA REPLACED BY	-




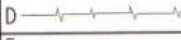






L'archiviazione di tutti i documenti deve essere eseguita in formato A4 (297 mm x 210 mm), quindi i formati di dimensioni superiori dovranno essere piegati mediante opportune procedure.



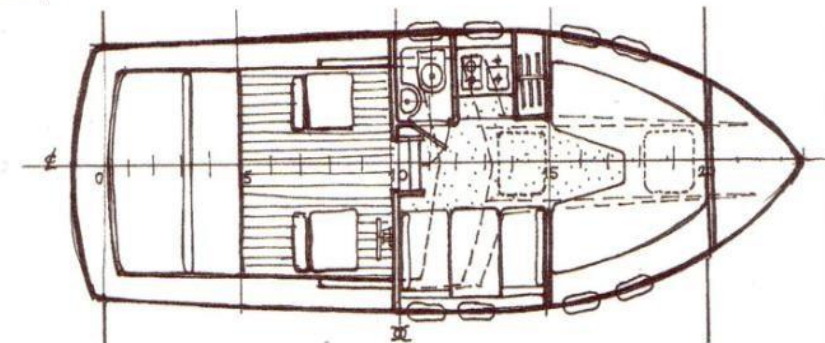
Tipi di linea

lo spessore del tratto deve essere calibrato in base alle esigenze espressive tenendo conto che normalmente nella descrizione tecnica viene privilegiata la vista della parte sezionata a cui verranno assegnati spessori di misura maggiore.

Le proiezioni non sezionate vengono illustrate scegliendo un tratto continuo di spessore inferiore rispetto alla sezione.


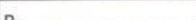
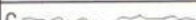





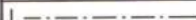

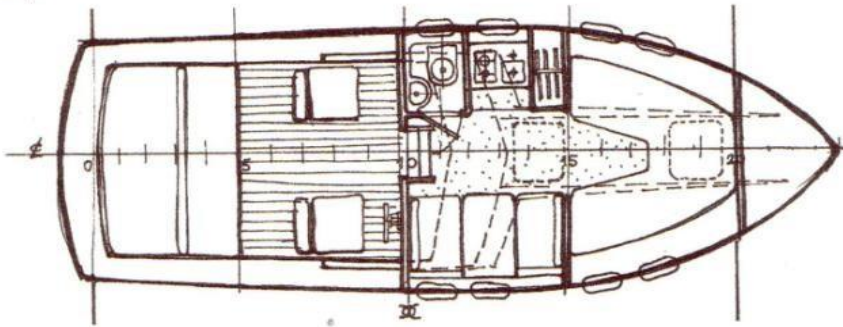
Tipo di Linea	Denominazione	Applicazioni generali
A 	continua grossa	A1 contorni in vista A2 spigoli in vista
B 	continua fine regolare	B1 spigoli fittizi in vista B2 linee di misura B3 linee di riferimento B4 linee di richiamo B5 tratteggi di sezioni B6 contorni delle sezioni ribaltate in luogo B7 assi di simmetria composti da un tratto
C  D 	continua fine irregolare continua fine regolare zig-zag	C1 e D1 interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con un asse di simmetria
E  F 	a tratti grossa a tratti fine	E1 o F1 contorni nascosti E2 o F2 spigoli nascosti
G 	mista fine	G1 assi di simmetria G2 tracce di piani di simmetria G3 traiettorie G4 linee e circonferenze primitive
H 	mista fine, grossa all'estremità ed alle variazioni della traccia dei piani di sezione	H1 traccia dei piani di sezione
J 	mista grossa	J1 indicazione di superficie o zone oggetto di prescrizioni particolari
K 	mista fine a due tratti brevi	K1 contorni di pezzi vicini K2 posizioni di parti mobili K3 assi o luoghi baricentrici K4 contorni iniziali K5 parti situate anteriormente ad un piano di sezione

Esempio











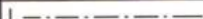

Spessori sottili vengono particolarmente utilizzati per le linee di costruzione geometrica, in particolare a trattino per assi di simmetria.

Le volumetrie virtuali (nascoste dalla vista principale) vengono trattate con segno discontinuo con tratto grosso se pareti e tratto sottile se elementi di secondaria importanza.

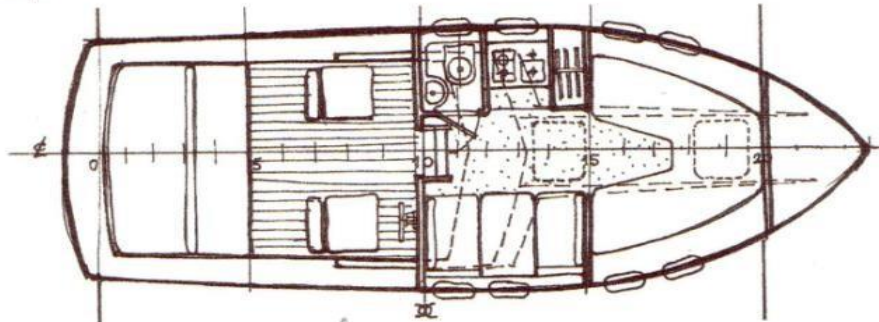
Tipo di Linea	Denominazione	Applicazioni generali
A 	continua grossa	A1 contorni in vista A2 spigoli in vista
B 	continua fine regolare	B1 spigoli fittizi in vista B2 linee di misura B3 linee di riferimento B4 linee di richiamo B5 tratteggi di sezioni B6 contorni delle sezioni ribaltate in luogo B7 assi di simmetria composti da un tratto
C  D 	continua fine irregolare continua fine regolare zig-zag	C1 e D1 interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con un asse di simmetria
E  F 	a tratti grossa a tratti fine	E1 o F1 contorni nascosti E2 o F2 spigoli nascosti
G 	mista fine	G1 assi di simmetria G2 tracce di piani di simmetria G3 traiettorie G4 linee e circonferenze primitive
H 	mista fine, grossa all'estremità ed alle variazioni della traccia dei piani di sezione	H1 traccia dei piani di sezione
J 	mista grossa	J1 indicazione di superficie o zone oggetto di prescrizioni particolari
K 	mista fine a due tratti brevi	K1 contorni di pezzi vicini K2 posizioni di parti mobili K3 assi o luoghi baricentrici K4 contorni iniziali K5 parti situate anteriormente ad un piano di sezione
Esempio		
		

Come principio basilare nella rappresentazione di un piano generale di una imbarcazione si indicano con linea continua più spessa i limiti dei ponti all'altezza del pavimento e con linea tratteggiata sottile il ponte immediatamente sovrastante per apprezzare meglio i fenomeni di svasso dello scafo.

Tutte le altre linee saranno sottili, continue o discontinue a seconda se l'oggetto rappresentato sia in vista o meno.

Tipo di Linea	Denominazione	Applicazioni generali
A 	continua grossa	A1 contorni in vista A2 spigoli in vista
B 	continua fine regolare	B1 spigoli fittizi in vista B2 linee di misura B3 linee di riferimento B4 linee di richiamo B5 tratteggi di sezioni B6 contorni delle sezioni ribaltate in luogo B7 assi di simmetria composti da un tratto
C  D 	continua fine irregolare continua fine regolare zig-zag	C1 e D1 interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con un asse di simmetria
E  F 	a tratti grossa a tratti fine	E1 o F1 contorni nascosti E2 o F2 spigoli nascosti
G 	mista fine	G1 assi di simmetria G2 tracce di piani di simmetria G3 traiettorie G4 linee e circonferenze primitive
H 	mista fine, grossa all'estremità ed alle variazioni della traccia dei piani di sezione	H1 traccia dei piani di sezione
J 	mista grossa	J1 indicazione di superficie o zone oggetto di prescrizioni particolari
K 	mista fine a due tratti brevi	K1 contorni di pezzi vicini K2 posizioni di parti mobili K3 assi o luoghi baricentrici K4 contorni iniziali K5 parti situate anteriormente ad un piano di sezione

Esempio



Simbologie grafiche convenzionali

Il piano generale è un elaborato grafico che va rappresentato con un forte riduzione di scala (tipicamente 1:200 o 1:100) e quindi per facilitarne la lettura è bene semplificare al massimo il numero dei graficismi di descrizione dei componenti.

In particolare, viene sempre riportato il verso di apertura delle porte con una lunetta (per lasciare libero lo spazio di passaggio), il verso di salita delle scale viene indicato con frecce accoppiate ai termini UP a DN.

Anche per l'arredo è bene indicarlo con semplici simboli: i letti con linea sottile diagonale tracciata all'interno del perimetro in linea più grossa; gli armadi con doppia diagonale continua; i serbatoi con doppia diagonale in tratto-trattino o tratto punto; le tubolature viste in pianta con diagonali in tratto analogo a quello dei serbatoi; gli osteriggi verranno sempre supportati da assi ortogonali di riferimento in linea sottile; gli oblò in pianta vengono disegnati a cavallo della linea dei fianchi con due triangoli isosceli contrapposti.

Quotatura

La quotatura deve seguire le norme previste dal disegno industriale ovvero attraverso linee sottili di richiamo e di quota ed una coppia di frecce di estremità. La quota numerica va posta orizzontalmente al di sopra della linea di quota e verticalmente a sinistra della stessa.

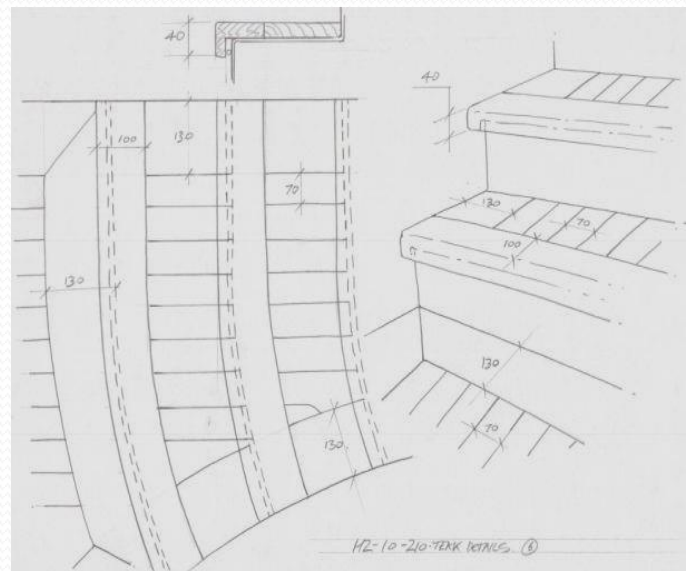
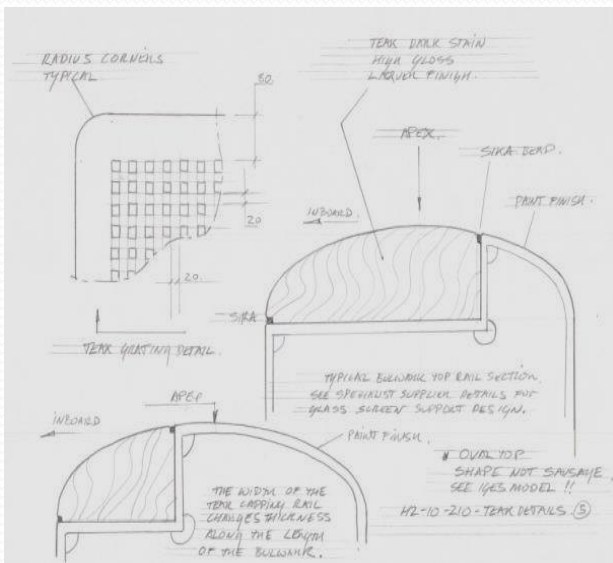
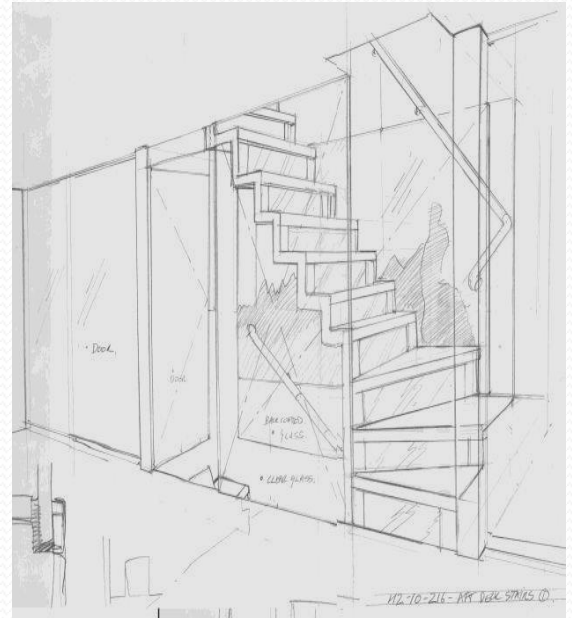
Rivestono particolare importanza i riferimenti ossia la **linea di costruzione o LC** con riportate le ossature con l'opportuno intervallo e le tre perpendicolari principali, quella addietro, quella al mezzo e quella di prua.

Un passaggio molto importante nello sviluppo del progetto di un'unità da diporto è dato dalla scelta **dell'arredo interno**, sia in termini **stilistici** che **funzionali**. Le situazioni che possono presentarsi sono estremamente diverse: nel diporto di dimensioni ridotte lo spazio a disposizione è poco e spesso di forma non regolare, perciò il risultato migliore sarà quello che riuscirà ad organizzare nella maniera più efficiente il tutto; nel caso di unità di dimensioni importanti lo spazio a disposizione è spesso troppo e quindi l'obiettivo sarà quello di dare un senso a tale abbondanza non facendo percepire l'ampiezza dei vuoti.

La progettazione dell'arredo può essere distinta in **quattro** fasi.

Stilistica/concettuale

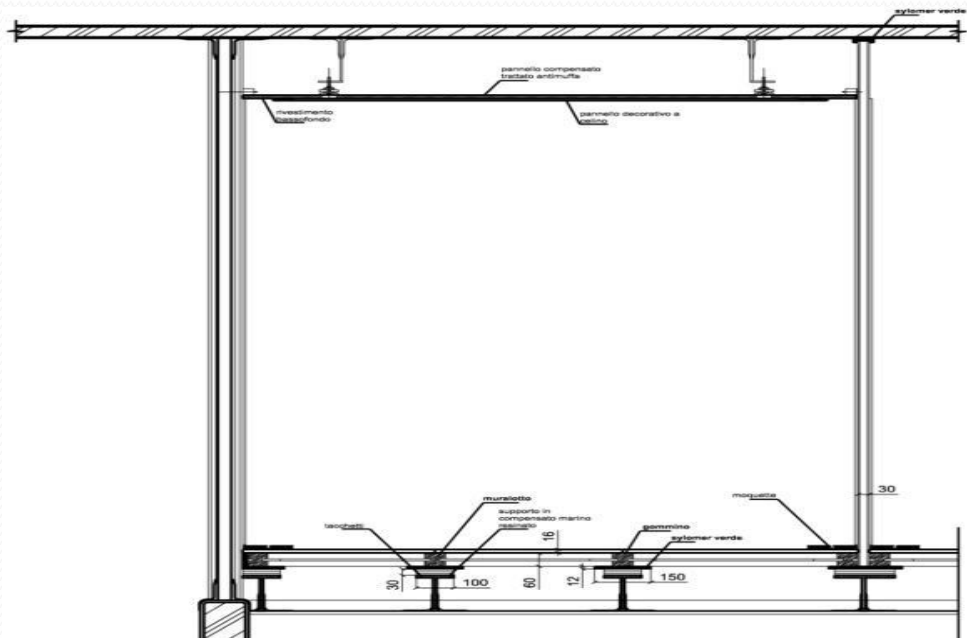
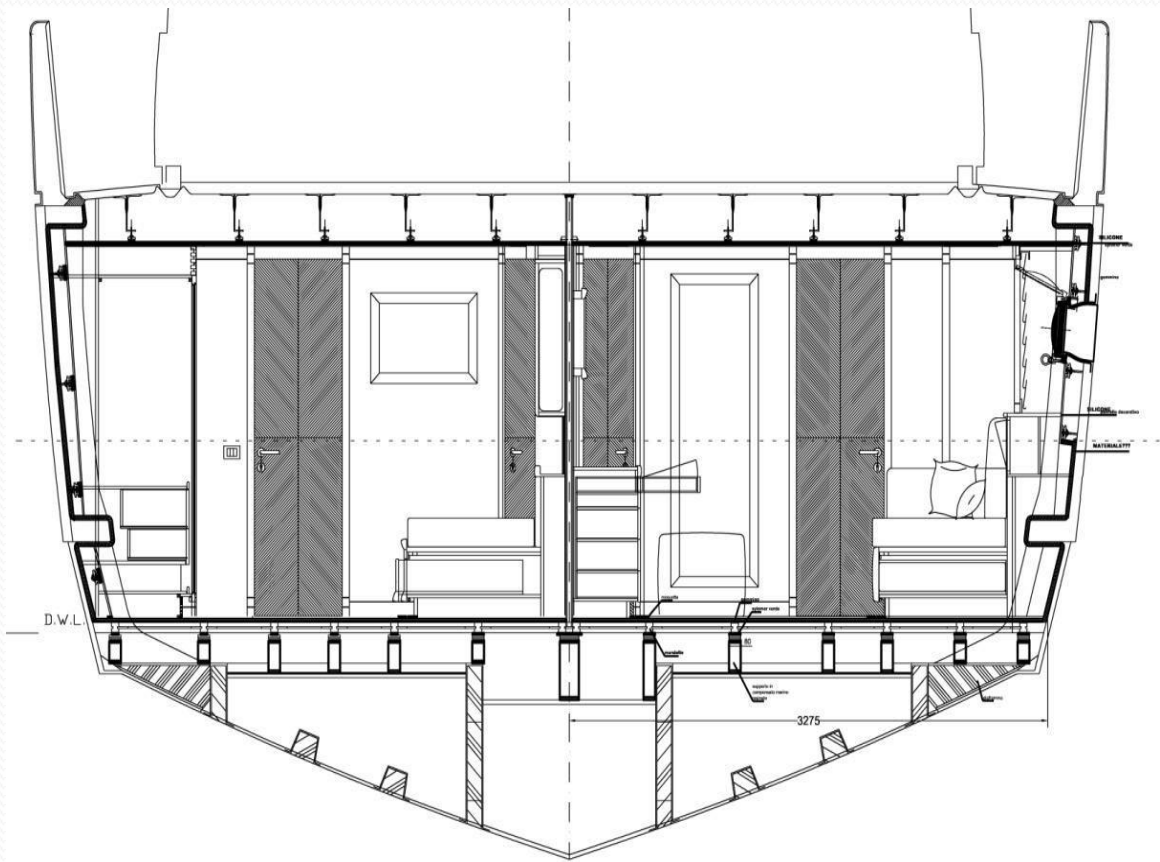
è la fase in cui il designer fornisce l'impronta caratteristica agli interni, individuando materiali, colori e forme. Viene sviluppata attraverso l'elaborazione di bozzetti e di un book che raccoglie i campioni dei principali materiali che si ha intenzione di utilizzare.



Funzionale

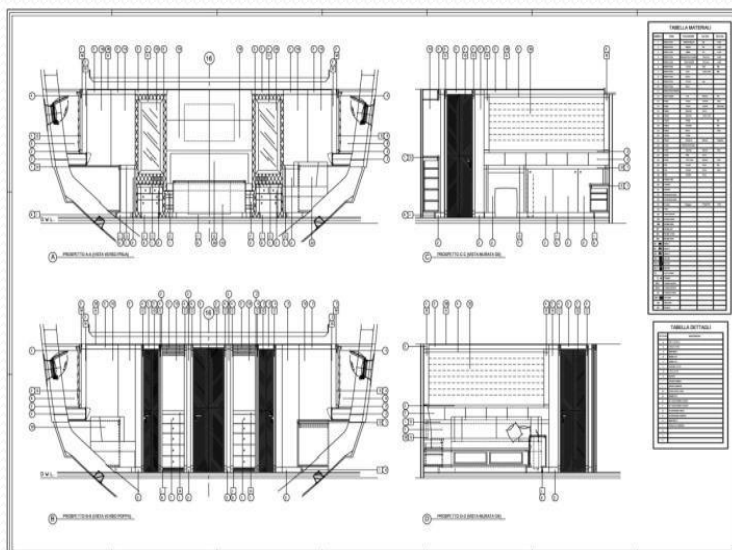
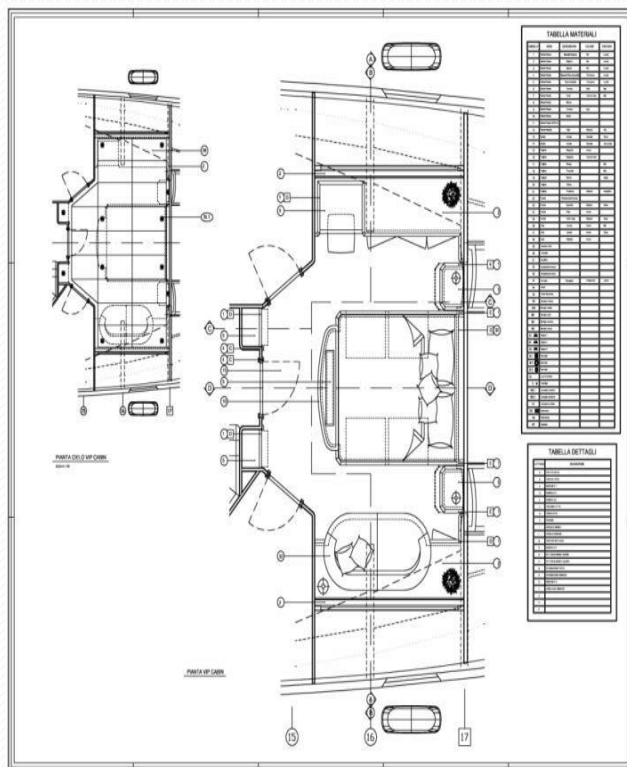
in questa fase viene valutato lo spazio disponibile all'interno della barca e sostanzialmente si sviluppa attraverso la definizione del piano generale contrattuale, le dimensioni e le tipologie di pavimenti, pareti e soffitti e quindi con la verifica delle altezze libere disponibili e dei criteri abitabilità. La conclusione di questo passo è data dalla produzione dei *net box drawing*, disegni che forniscono le dimensioni libere da arredare di tutti i locali presenti, ed eventualmente di un modello 3D descrittivo.





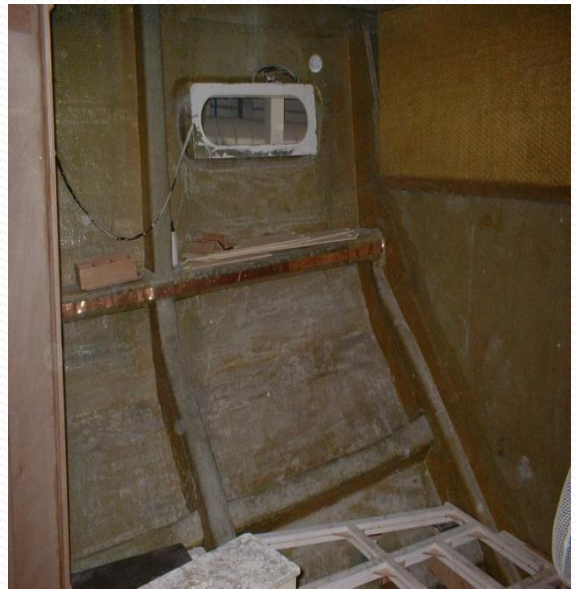
Architettonica

in questa fase i piani generali funzionali sono stati già definiti ed approvati da parte di tutte le parti coinvolte, perciò lo scopo del lavoro sarà definire in maniera univoca e tecnica le forme di tutti gli arredi (comprese le pareti divisorie). Gli elaborati sono principalmente grafici bidimensionali in scala 1:20 ed un modello tridimensionale piuttosto curato e dettagliato.



Esecutiva

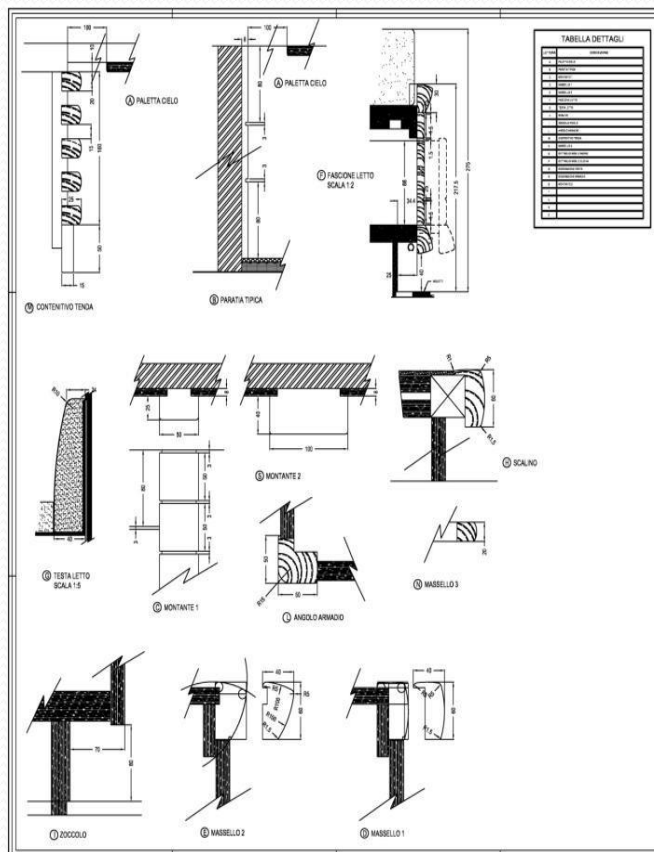
nel momento in cui lo scafo e le sovrastrutture sono completate si procede con il rilievo al vero delle dimensioni di tutti i locali.



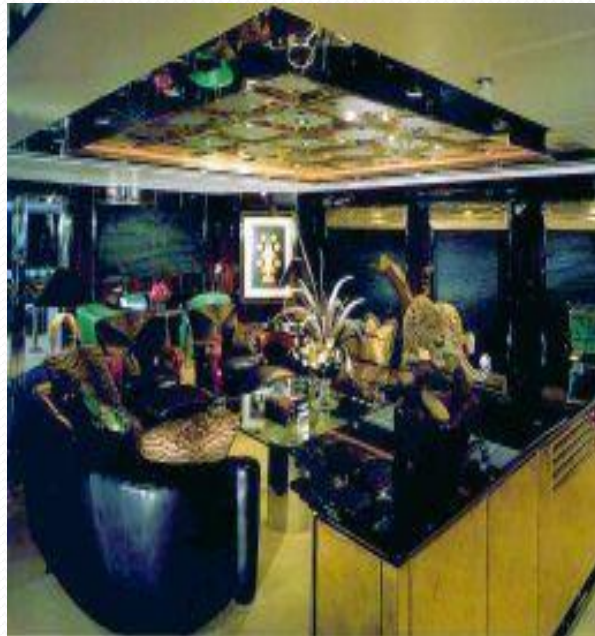
Esecutiva

La progettazione esecutiva si sviluppa in due momenti:

1. prevede l'aggiornamento con i rilievi dei disegni architettonici,
2. consiste nello sviluppo di disegni costruttivi di tutti i componenti dell'arredo in scala 1:2 o in scala 1:1;



Non è possibile definire tutti gli stili degli interni di un'unità da diporto infatti, mentre per quanto riguarda gli esterni i progettisti possono contrastare i desideri talvolta stravaganti dei committenti opponendo solide, serie e inattaccabili ragioni tecniche, a cui questi ultimi cedono per dubbio o timore, per quanto riguarda lo stile interno, gli armatori si prendono le loro rivincite richiedendo talvolta cose oltre l'immaginazione più fervida; uno dei risultati sono stati alcuni **yacht soprattutto americani degli anni '80-90.**



È possibile identificare se non propriamente degli stili almeno alcune tendenze interessanti nel disegno degli interni; una è sicuramente quella **minimalista/funzionale**, in cui si privilegia lo spazio vuoto anziché quello arredato, si ricerca il lusso e la sensazione di tranquillità con l'uso di materiali naturali quali le stuoie, i legni esotici ma non verniciati lucidi e oggetti dal design moderno; è lo stile preferito e spesso suggerito soprattutto per un uso mediterraneo o caraibico delle barche, peccato sia efficace davvero quando lo spazio è molto; è quindi difficile progettarlo su barche al di sotto dei 45-50 metri, inoltre, a discapito del suo aspetto semplice, è molto costoso da realizzare.



Un'altra tendenza è quella del cosiddetto *modern contemporary* il moderno contemporaneo, la timida richiesta soprattutto dei cantieri non molto convinti a ricercare qualche cosa di nuovo ma non troppo, per paura di spaventare la clientela. Ne esce uno stile senza dubbio opulento, con abbondante uso di marmi, di folte moquette, di pelli costose e soprattutto dell'onnipresente ciliegio lucido (hanno cominciato a farci anche gli interni delle auto). Uno stile piacevole, **low risk** ma francamente non rilassante: non fa sentire in barca e tantomeno in vacanza, mentre offre una ricchezza di tipo alberghiero. E' stato molto comune durante tutti gli anni '90 e sta invecchiando rapidamente.



Uno stile molto più personale e che ha profonde radici nella storia dello yachting è sicuramente il ***classic contemporary***, una sorta di neoclassico; si rifà certamente alle barche a vela di un tempo, con ampio uso di legno, colonne e masselli riprendendo particolari legati alla funzione quali gli antirollio.



1.18 Definizione e controllo dei costi

Un'opportuna preventivazione ed un continuo controllo dei costi permette di contenere il prezzo di vendita finale (spesso argomento decisivo in fase di trattativa con il cliente) ed al tempo stesso ridurre il rischio di impresa. Le soluzioni tecniche ed i riferimenti assoluti sono molto differenti se si considera una grande costruzione oppure una più piccola.

Dimensioni [m]	Vela [€/m]	Motore [€/m]
0-10	5000- 15000	5000- 25000
10-20	40000- 150000	50000- 200000
20-24	100000- 200000	150000- 250000
24-50	350000- 500000	500000- 750000
50-80	1000000	
80-100	1500000	
Over 100	2000000	

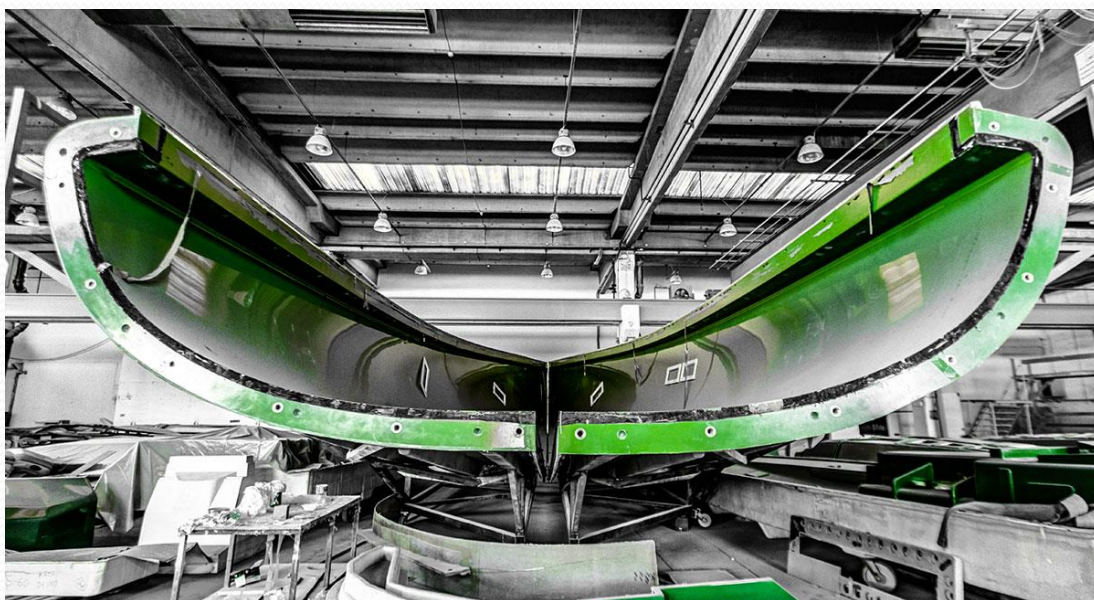
Il paradigma che ancora una volta si ripresenta è "ogni barca è progettata e costruita per il suo scopo". Riassumendo, la valutazione economica della commessa va affrontata in tre fasi distinte:

- 1. Preventiva:** nella fase preventiva, l'obiettivo del capo-commessa è quello di stimare nella maniera più esatta possibile il prezzo dell'unità che costituirà la base delle trattative con l'armatore
- 2. Gestionale:** una volta acquisita la commessa, durante la fase gestionale il capo-commessa dovrà monitorare costantemente le voci di spesa (acquisizioni e manodopera) e nel caso in cui superino quanto stimato in fase preventiva attuare opportune manovre correttive
- 3. Consuntiva:** terminate le diverse fasi della commessa, sarà necessario quantificare in maniera univoca l'effettivo guadagno ed organizzare i dati finali in un database che dovrà essere consultato per la preparazione di futuri preventivi

Qualunque componente della barca possiede un costo che può essere scomposto in 3 componenti fondamentali:

1. **Costo di progettazione**
2. **Costo di acquisizione/realizzazione**
3. **Costo di montaggio e collaudo**

Dalla somma di tutti questi costi, a cui andranno aggiunte le **spese finanziarie** ed un **marginale percentuale di sicurezza** nei confronti dell'imprevisto, scaturirà il costo dell'unità. Determinato il **marginale di guadagno** che il cantiere vorrà ottenere dalla realizzazione sarà quindi possibile calcolare il **prezzo finale** della barca. Anche quest'ultimo margine è estremamente variabile: dipende infatti dalle dimensioni dell'unità e dal tipo di costruzione (di serie o one-off) e può variare dal quasi 100% per le unità più piccole fino a meno del 10% per le grandi navi da diporto.



Il **capo-commessa** deve avvalersi di strumenti specifici per la valutazione, la preventivazione, il controllo e la consuntivazione delle voci di costo relative alla commessa. Nei sistemi di gestione *ERP* solitamente implementati dai grandi cantieri, ma anche nella buona pratica professionale di qualunque (bravo) capo-commessa ciascuna voce di spesa relativa ad una certa commessa, sia essa un'attività, un materiale o un documento, viene classificata e gestita per mezzo di una struttura detta **Work Breakdown Structure**.

La **Work Breakdown Structure** è una codifica di allocazione dei costi di acquisizione dei materiali e della manodopera mediante criteri omogenei, che viene sviluppata a partire da un criterio di assegnazione a ciascuna voce di spesa della commessa di un univoco codice alfanumerico. In particolare, tutto ciò che genera un costo per il cantiere e tutte le attività che richiedono una quantità di manodopera vanno allocate all'interno della *Work Breakdown Structure*.

Attraverso l'adozione di una **Work Breakdown Structure** il capo-commessa può quantificare economicamente **ogni attività che generi un costo** sia nel corso della formulazione del preventivo, sia durante la stesura dei programmi delle attività di progettazione e costruzione e soprattutto nella gestione quotidiana della commessa nella sua interezza.

Nella fase di preventivazione della progettazione il criterio di quantificazione del costo che si utilizza è ore/disegno.

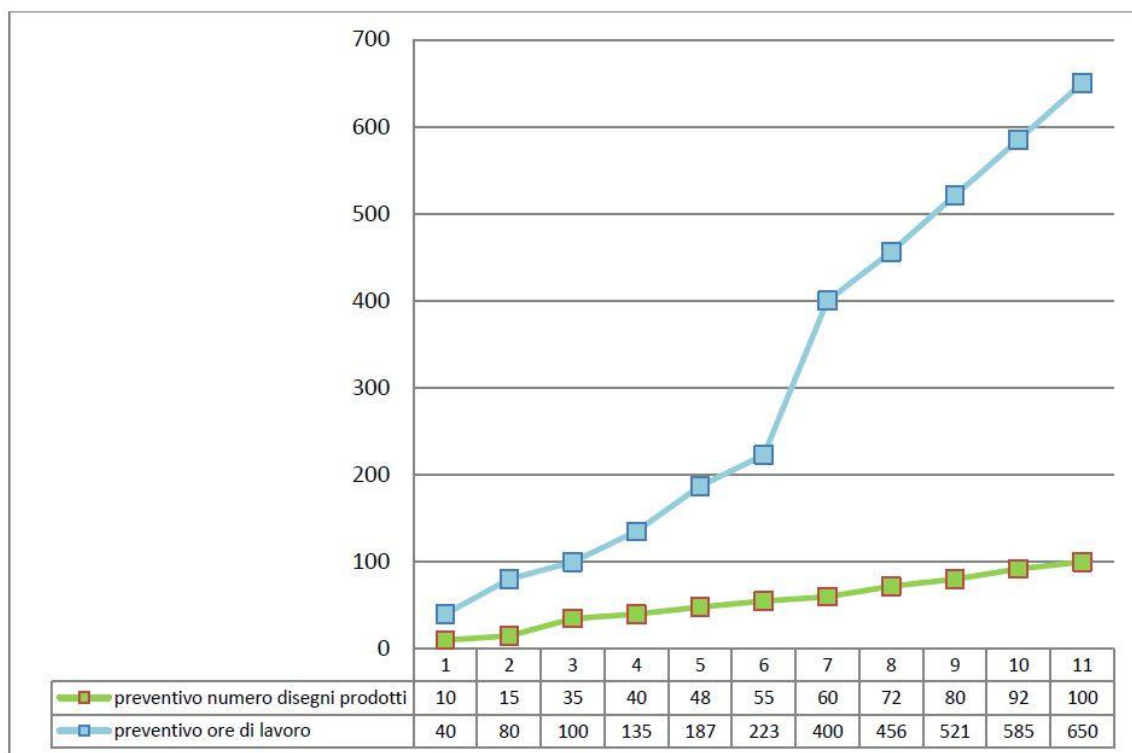
I materiali vengono calcolati in base alla documentazione progettuale disponibile.

La manodopera si adotta uno schema analogo a quello del preventivo della progettazione basato però su driver diversi, ad esempio:

- Ore/tonnellata per le attività di scafo
- Ore/m per i cavi elettrici
- Ore/tubo per i tubi
- Ore/pz per le attività di allestimento
- Ore/m² per i paglioli



Una rappresentazione grafica tipica del preventivo della progettazione è realizzata attraverso caratteristiche curve ad S che hanno in ascissa il numero di documenti da produrre in un fissato intervallo temporale e in ordinata le ore necessarie all'esecuzione del lavoro. Analogamente per la manodopera le curve ad S avranno in ascissa le attività da completare in un fissato periodo temporale e in ordinata le ore previste.



Parallelamente al controllo delle ore spese per lo sviluppo di ogni attività, un utile strumento per valutare l'avanzamento globale della commessa è il **Weight Breakdown System**. Facendo ricorso alla stessa codifica nel *Work Breakdown Structure* è possibile assegnare ad ogni attività un peso in tonnellate.

Nel corso della progettazione, il completamento di un dato disegno viene gestito dal sistema come **l'imbarco di un peso che virtualmente corrisponde a quello delle strutture oggetto del disegno stesso**; mentre, nel corso della fase di costruzione, l'avanzamento della produzione corrisponde ad un **effettivo imbarco di peso a bordo della nave**. Di fatto lo stesso sistema può essere utilizzato anche (ed effettivamente viene utilizzato) per la compilazione **dell'esponente di carico dell'unità**, rendendolo così tutta la documentazione ordinata e coerente.

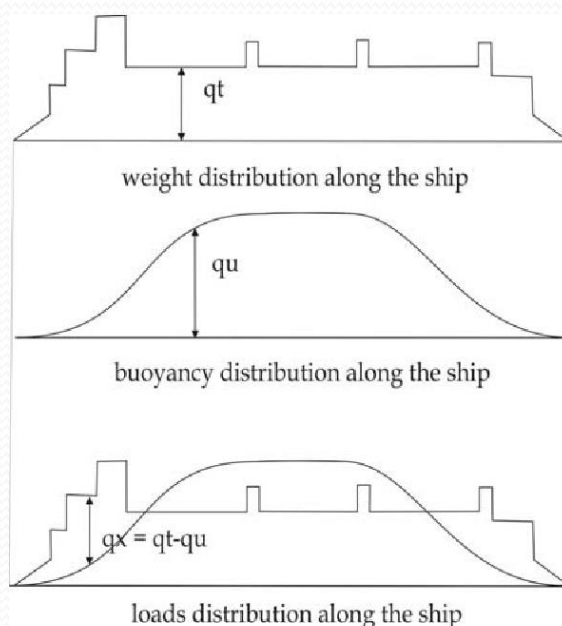
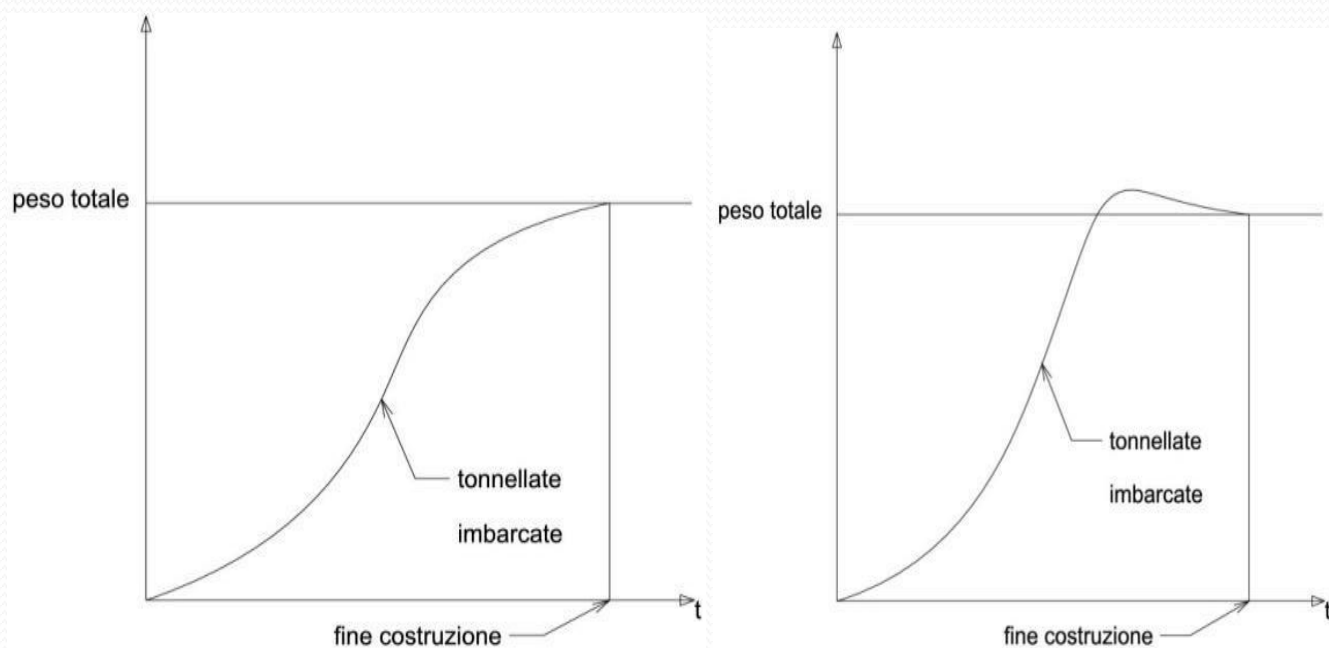
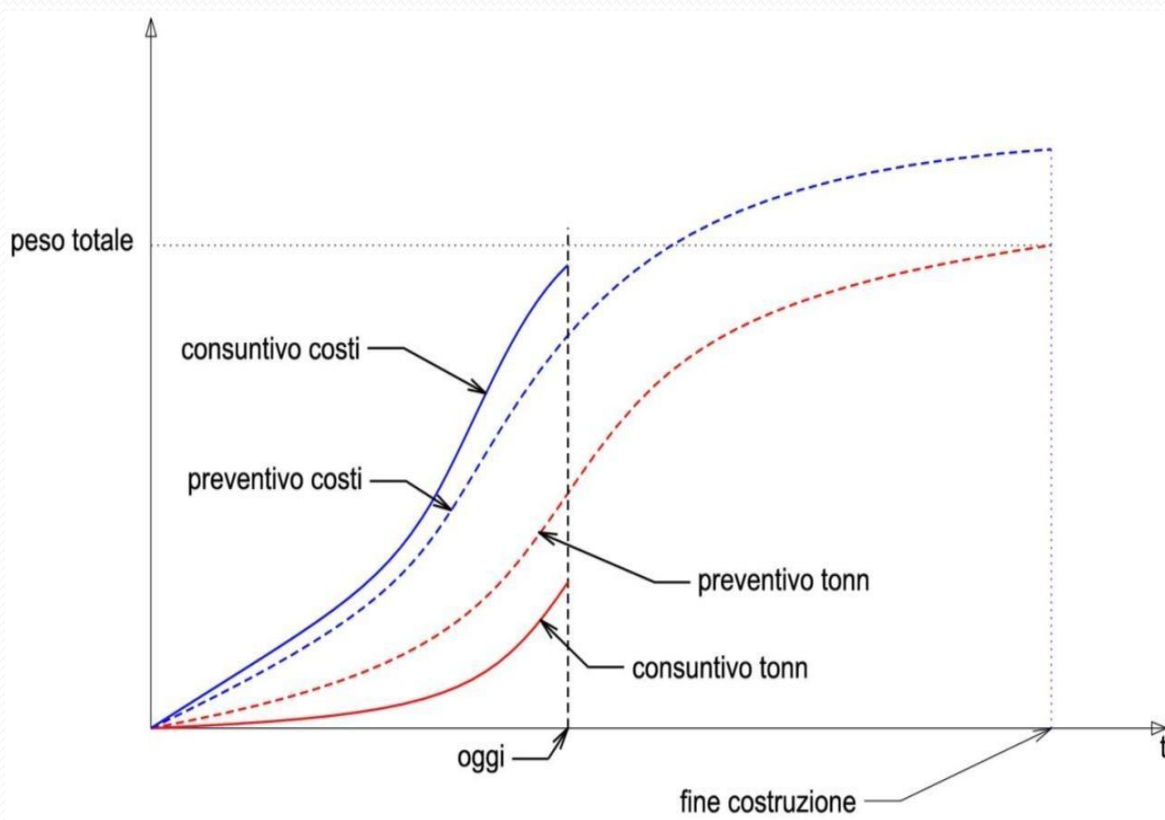


Fig. 3. Weight and buoyancy distribution graph

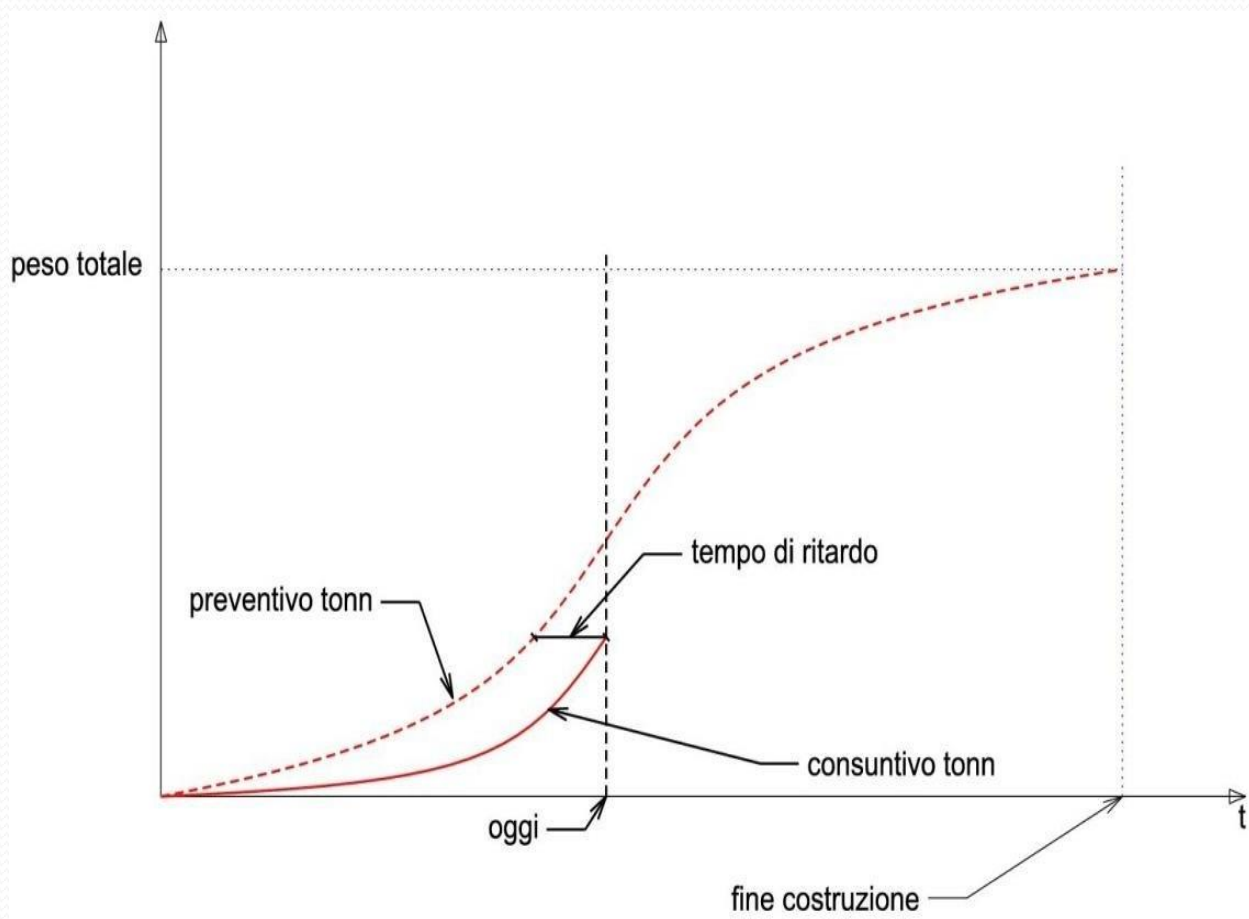
La gestione della commessa si baserà sul continuo e contemporaneo confronto delle curve di preventivo della *Work Breakdown Structure* e del *Weight Breakdown System* con quelle di consuntivo realizzate come sopra descritto secondo gli stessi due principi. Grazie ad un continuo monitoraggio delle distinte attività l'aggiornamento delle curve può essere facilmente automatizzato e reso praticamente istantaneo.



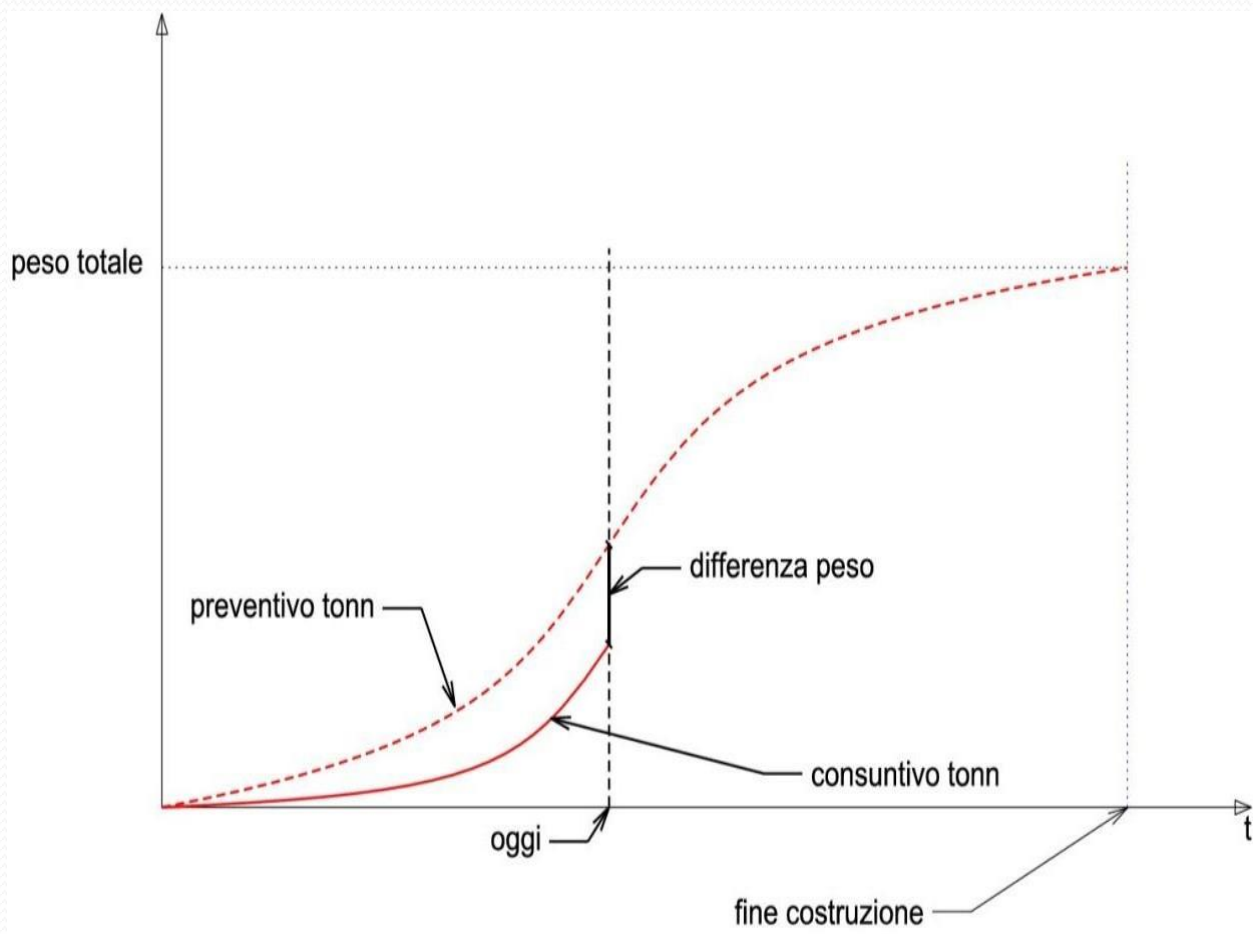
L'avanzamento della commessa fotografato ad un certo istante. Per prima cosa è possibile osservare che entrambe le curve di preventivo e di consuntivo si discostano, nello specifico la situazione analizzata è decisamente non delle migliori perchè viene riscontrato un notevole ritardo con un contemporaneo aumento dei costi di produzione (della documentazione progettuale o della costruzione).



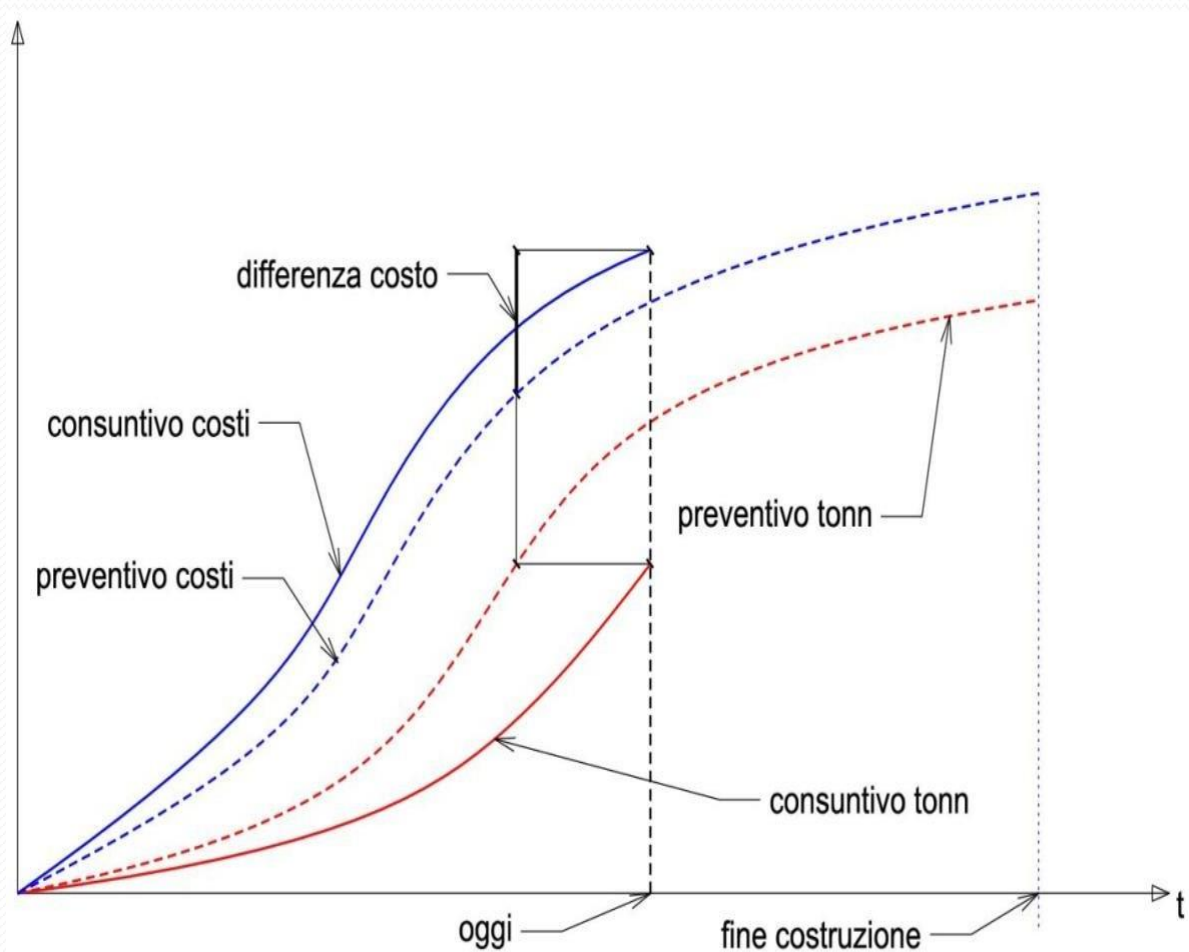
In particolare il ritardo accumulato (in giorni) può essere rilevato misurando la lunghezza del segmento ottenuto intersecando la curva di preventivo e quella di consuntivo del *Weight Breakdown System* con una retta orizzontale passante per il valore consuntivo attuale.



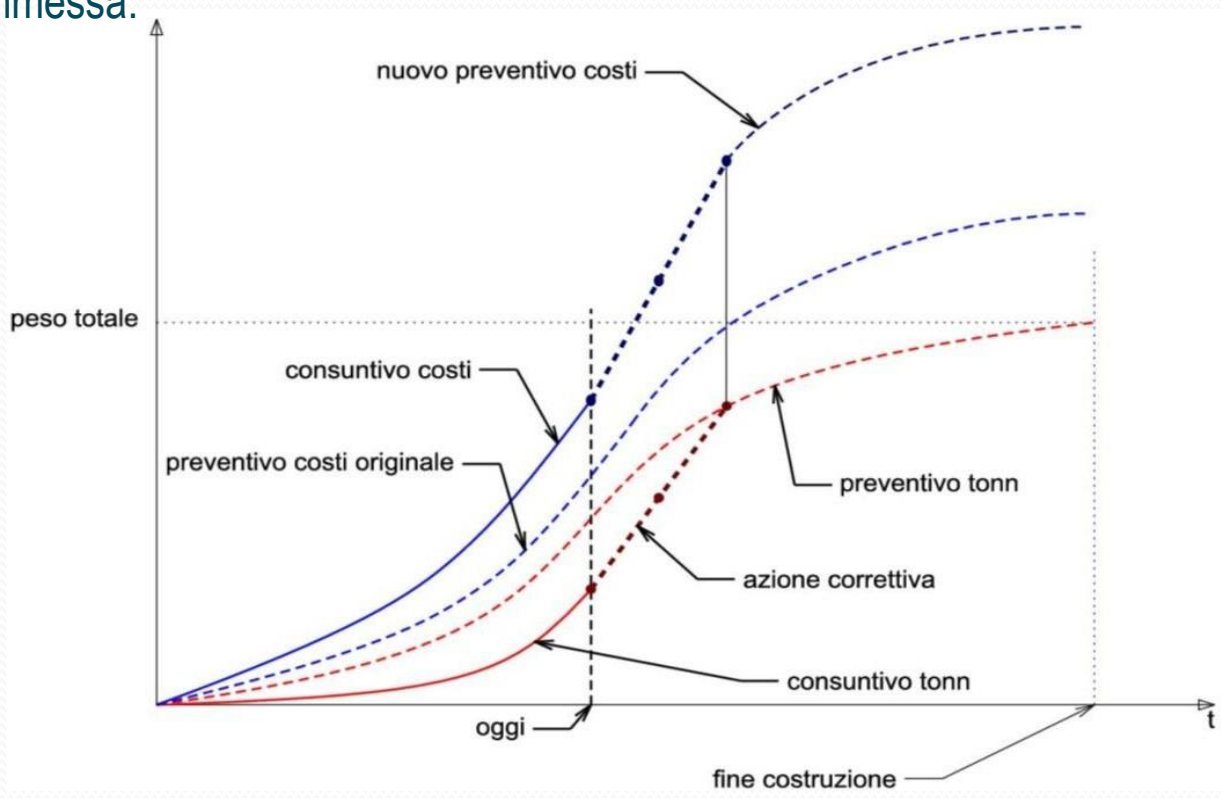
Analogamente, operando invece con una retta verticale è possibile quantificare la differenza di peso all'istante analizzato rispetto a quanto preventivato.



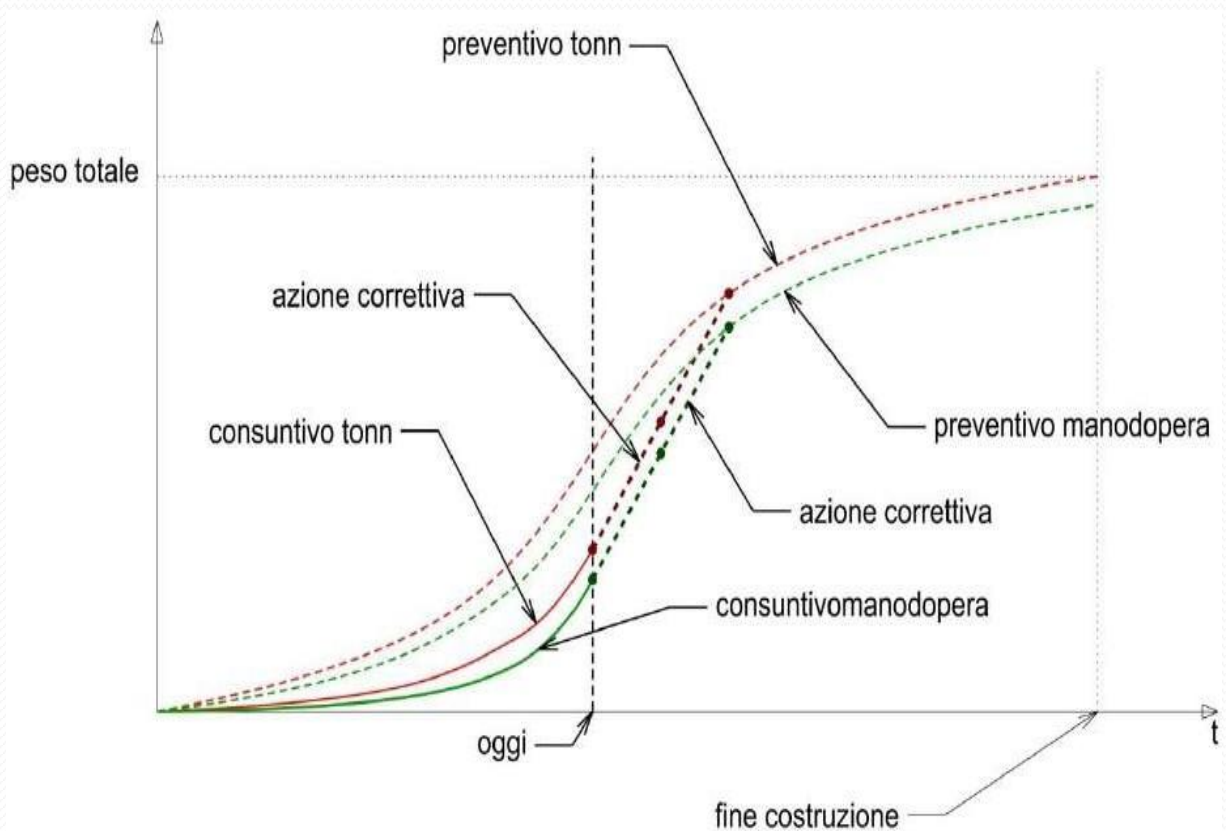
Per determinare la differenza tra il costo preventivato e quello effettivamente sostenuto dal cantiere fino alla data considerata è necessario confrontare il valore della curva di consuntivo di costo del *Work Breakdown Structure* alla data attuale con quello relativo in cui si era preventivato di raggiungere un peso analogo. È bene notare che questa differenza è molto più grande a quella tra le ascisse delle curve dei costi alla data considerata.



Come è facile intuire l'attività di gestione della commessa non si esaurisce in una semplice attività di monitoraggio. Sarà responsabilità del capo-commessa individuare le cause dei ritardi e degli extracosti e predisporre opportune strategie correttive il cui obiettivo sarà quello di non far ritardare la data di consegna dell'unità contenendo al tempo stesso il più possibile gli ovvi extra-costi. Qualunque azione si decida di intraprendere prevede una riprogrammazione della commessa. La tecnica più semplice è quella della linearizzazione, ovvero considerando la curva di consuntivo del *Weight Breakdown System* a partire dal punto attuale si traccia un segmento di retta che in un arco temporale ristretto intercetta di nuovo la curva di preventivo; più ripida è questa curva minore tempo è necessario per ritornare al programma iniziale, ma maggiore è l'extra-costi che si genera. L'effetto della linearizzazione sulla curva del *Work Breakdown Structure*, se non si possono tollerare ritardi nella consegna, è sempre un incremento finale del costo della commessa.



Una nota particolare merita l'analisi di una riprogrammazione che venga effettuata durante la fase di costruzione. In particolare se la riprogrammazione comporterà nel periodo seguente quello analizzato l'imbarco di una quantità maggiore di materiali sarà necessario impiegare molta più manodopera. È bene osservare, infine, che nella maggior parte dei casi la principale responsabilità degli extra-costi sia imputabile ad un'errata programmazione della commessa generata da una sottostima del preventivo; la gravità dell'iterazione di errori di questa natura può nel giro di pochissime commesse (2-3 al massimo) portare addirittura al fallimento del cantiere.



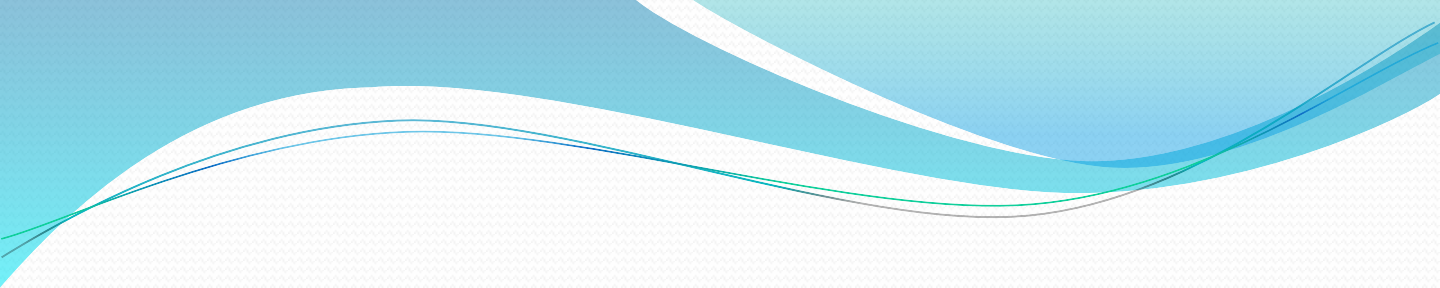
1.19 Metodologie progettuali innovative

Il processo progettuale può essere diviso in differenti passi separati da momenti in cui vengono emesse le revisioni dei differenti elaborati che costituiranno la base su cui fondare le successive implementazioni. Una maniera di organizzare i differenti passi del progetto può essere data dalla distinzione tra *Basic Design* e *Product Engineering*. Durante il Basic Design la nave è trattata nella sua interezza e progettata con un approccio sistema-per-sistema, mentre durante la Product Engineering tutti gli elaborati precedentemente sviluppati vengono dettagliati in modo tale da permettere la realizzazione fisica da parte delle diverse officine del cantiere. Un passo molto importante nel progetto navale è il Functional Design, durante il quale ogni sistema della nave viene completamente definito e tutti i componenti sono selezionati e dimensionati in base alle richieste dell'armatore e dei regolamenti del caso. Il Functional Design essendo ancora orientato verso un approccio sistema-per-sistema, costituisce giustamente il passo conclusivo del Basic Design, tuttavia alcuni autori lo considerano il primo passo della Product Engineering in quanto il dettaglio con cui viene condotto lo sviluppo di tutti gli elaborati è molto elevato e decisamente indirizzato alla costruzione.

I passi che compongono il basic design sono:

1. Concept Design: dove le richieste dell'armatore in termini di missione e prestazioni sono rifinite in stretta collaborazione con i progettisti. Questi ultimi svolgono analisi di fattibilità tecnica ed analisi economiche in modo da elaborare diverse sintesi da cui ricavare una prima soluzione coerente con il budget disponibile.

2. Preliminary Design: dove la nave concepita a grandi linee nel passo precedente assume caratteristiche specifiche. Vengono stabilite le dimensioni principali ed una prima configurazione di tutta la nave. I componenti principali (propulsione, generazione, scafo,...) vengono selezionati e vengono tracciati i primi unifilari degli impianti principali in modo da poter condurre un'analisi tecnica più dettagliata. Le prestazioni principali vengono quantificate, mentre quelle secondarie vengono individuate ed indirizzate verso successivi approfondimenti. Il livello di dettaglio raggiunto deve essere tale da permettere una stima dei costi di costruzione, gestione e manutenzione, in modo da definire il piano finanziario dell'impresa. Durante questo passo viene anche stabilita una generica strategia di costruzione che comprenda solo la definizione dei blocchi e delle zone (non si fa accenno alla sequenza di montaggio che viene definita in seguito). Al termine del Preliminary Design vengono condotte analisi di rischio volte a ridurre le maggiori incertezze tecniche, di costo e temporali.



3.Contract Design: che riguarda lo sviluppo della documentazione contrattuale che deve descrivere la nave in modo estremamente accurato in maniera da evitare fraintendimenti tra le parti coinvolte nella commessa, armatore e cantiere costruttore. Specificatamente, verrà stilata la specifica contrattuale assieme ad un set di disegni di riferimento. La gerarchia di importanza tra questi documenti è solitamente la seguente: il contratto prevale sulla specifica che invece sovrasta il contenuto dei disegni. Nella specifica tecnica, tenendo in considerazione le preferenze dell'armatore e le pratiche comuni del cantiere costruttore, vengono riportate tutte le caratteristiche principali della nave e tutti i sistemi presenti a bordo e tutte le relative prestazioni che devono essere realizzate. Il piano generale può essere considerato il disegno più importante di questo passo progettuale, in quanto costituisce il riferimento per tutti gli altri. Durante questo passo vengono stilate anche le specifiche di acquisto di tutti i macchinari che hanno lunghi tempi di consegna. La strategia di costruzione ed i tempi di assemblaggio vengono identificati in maniera definitiva.

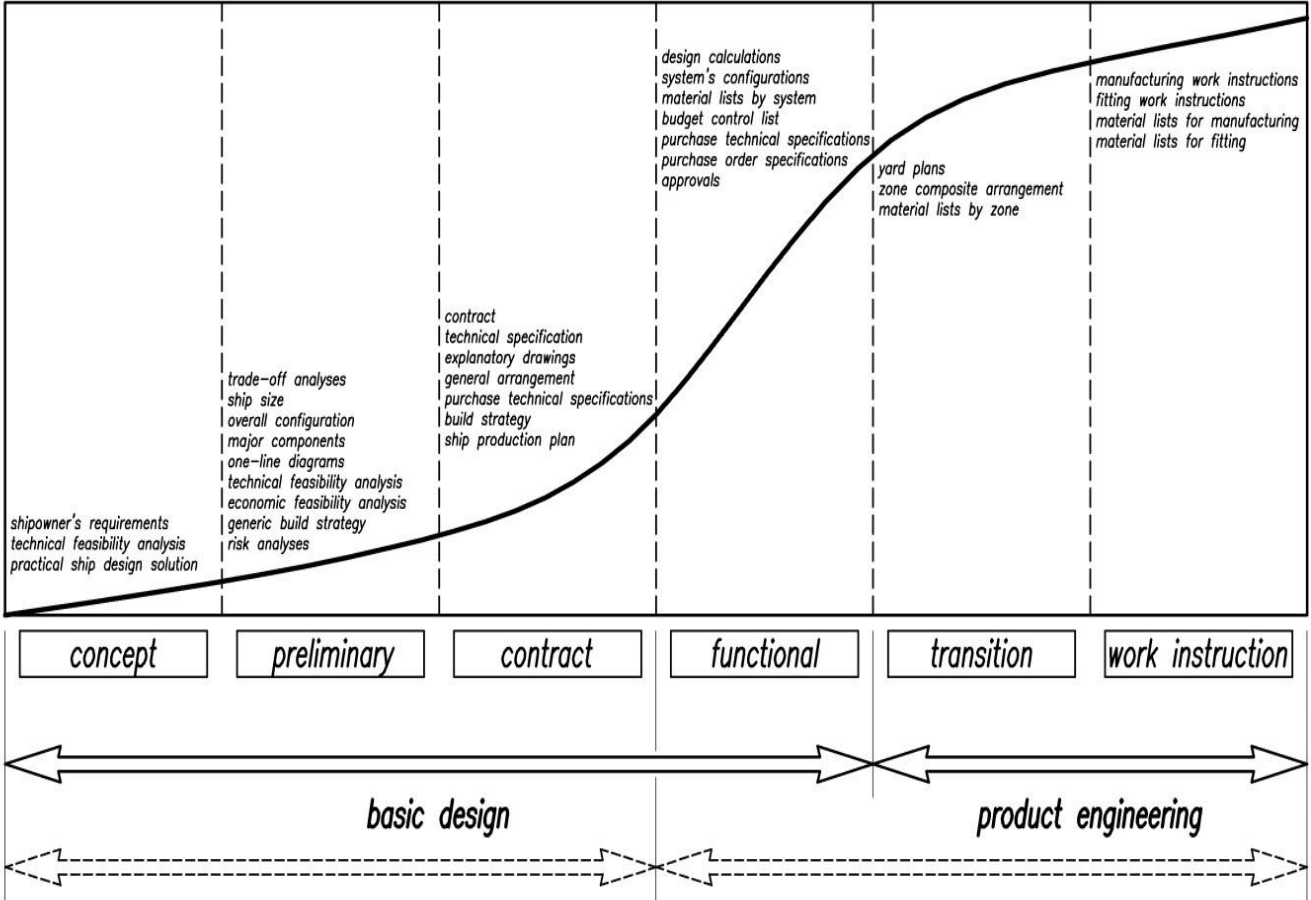
4.Functional design: dove tutti i calcoli relativi al progetto vengono eseguiti di concerto con la sistemazione e configurazione di tutti i sistemi presenti a bordo. I materiali, il relativo peso e baricentro vengono identificati e raccolti sistema-per-sistema in modo da eseguire una prima revisione del budget. Vengono compilate ed emesse tutte le rimanenti specifiche di acquisto. Questo passo si conclude appena vengono recepite tutte le approvazioni da parte dell'armatore e degli organismi notificati (essenzialmente Società di Classifica ed Autorità di Bandiera).

La **Product Engineering** è una fase di dettaglio orientata principalmente verso la costruzione e può essere divisa nei seguenti passi:

1. Transition Design: dove le informazioni raccolte sistema-per-sistema nei passi precedenti vengono riorganizzate secondo un approccio zona-per-zona. In particolare nella strategia di costruzione la nave è stata divisa in zone e blocchi, per ciascun blocco vengono sviluppati due set di disegni detti *yard plans*: uno concernente il dettaglio delle strutture ed uno relativo alla sistemazione di tutti i componenti di impianto (fino alla singola vite!!). Dalla fusione di questi disegni nascono i *composite arrangements* che hanno un duplice scopo: il controllo di eventuali interferenze tra i componenti dei diversi sistemi presenti nella zona/blocco e la stesura della lista materiali (tipologia, peso e baricentro) della zona/blocco.

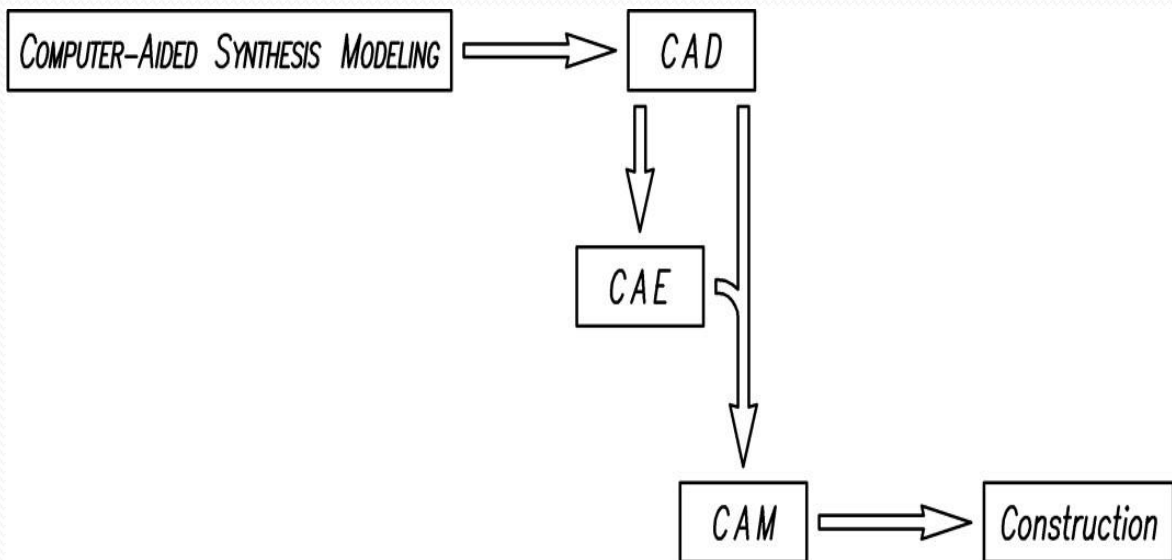
2. Work Instruction Design: dove vengono preparate tutte le istruzioni di montaggio di tutti i componenti presenti in ogni zona/blocco coerentemente con quanto stabilito dal piano di montaggio. I documenti sviluppati sono ancora di due tipi: i piani delle lavorazioni ed i piani di montaggio. Nei primi sono descritte tutte le lavorazioni meccaniche che devono essere eseguite su tutti i componenti, i secondi invece costituiscono proprio le istruzioni le l'assemblaggio. Per facilitare l'esecuzione di tutte le lavorazioni vengono anche preparate due liste materiali distinte che accompagnano i disegni. Oggi uno degli indicatori delle capacità di un cantiere navale è l'uso e la diffusione di strumenti informatici tanto nel processo progettuale, tanto in quello costruttivo. È solo infatti attraverso la capacità di servirsi dello strumento opportuno al momento che un cantiere può fornire tempestivamente ed in maniera corretta la risposta alle diverse richieste degli armatori.

design completion level



Attraverso l'utilizzo di opportuni software le diverse modifiche al progetto possono essere condotte più velocemente riducendo al minimo il pericolo di perdita di dati e informazioni. Al tempo stesso è oramai possibile la realizzazione di modelli tridimensionali che permettono di visualizzare in tempo reale l'avanzamento del progetto, della costruzione e l'acquisizione dei materiali.

Un approccio tradizionale allo sviluppo informatizzato del processo progettuale e costruttivo navale prevede l'utilizzo di:



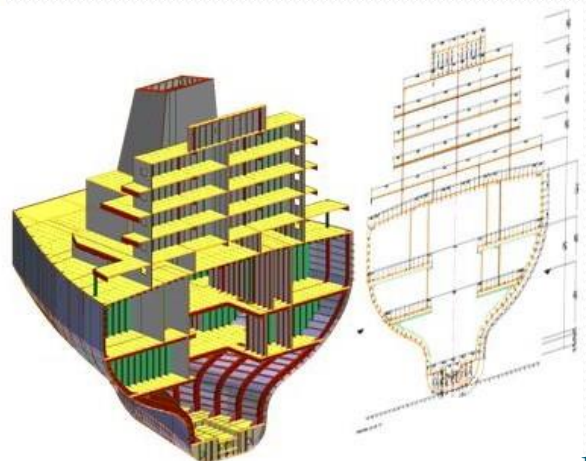
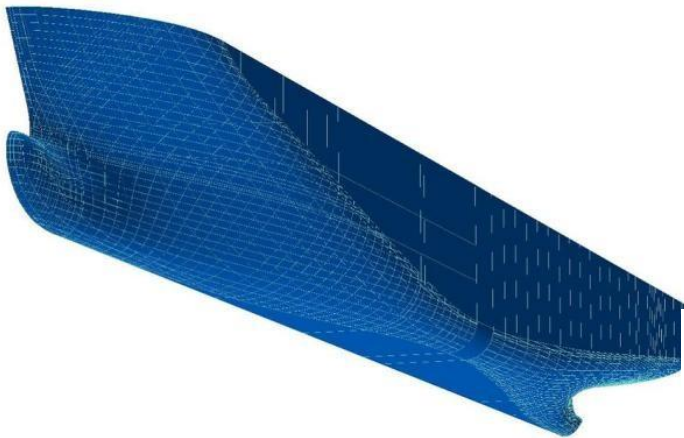
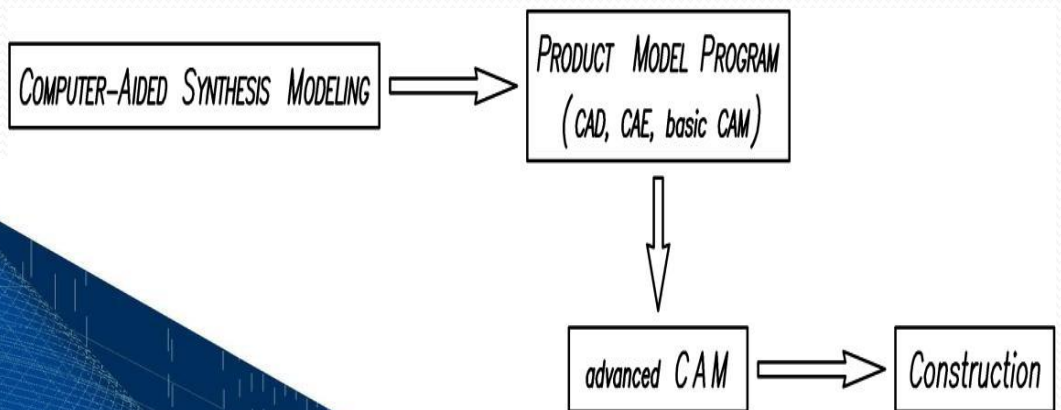
•**Computer-Aided Synthesis Modelling:** sono programmi che possono essere considerati come l'ausilio alle fasi iniziali del progetto. In particolare permettono un'elaborazione dei dati di progetto prendendo in considerazione parent ship o in alternativa attingendo informazioni da un database di navi simili. Gli output forniti consistono in un primo progetto preliminare, un'analisi dell'operatività della nuova unità ed in una previsione di costi.

•**Computer-Aided Design (CAD):** rappresentano lo strumento base utilizzato per la stesura dei disegni attraverso l'uso dei computer. La tendenza di evoluzione dei moderni CAD è quella di trasformare l'ambiente di lavoro da 2D a 3D.

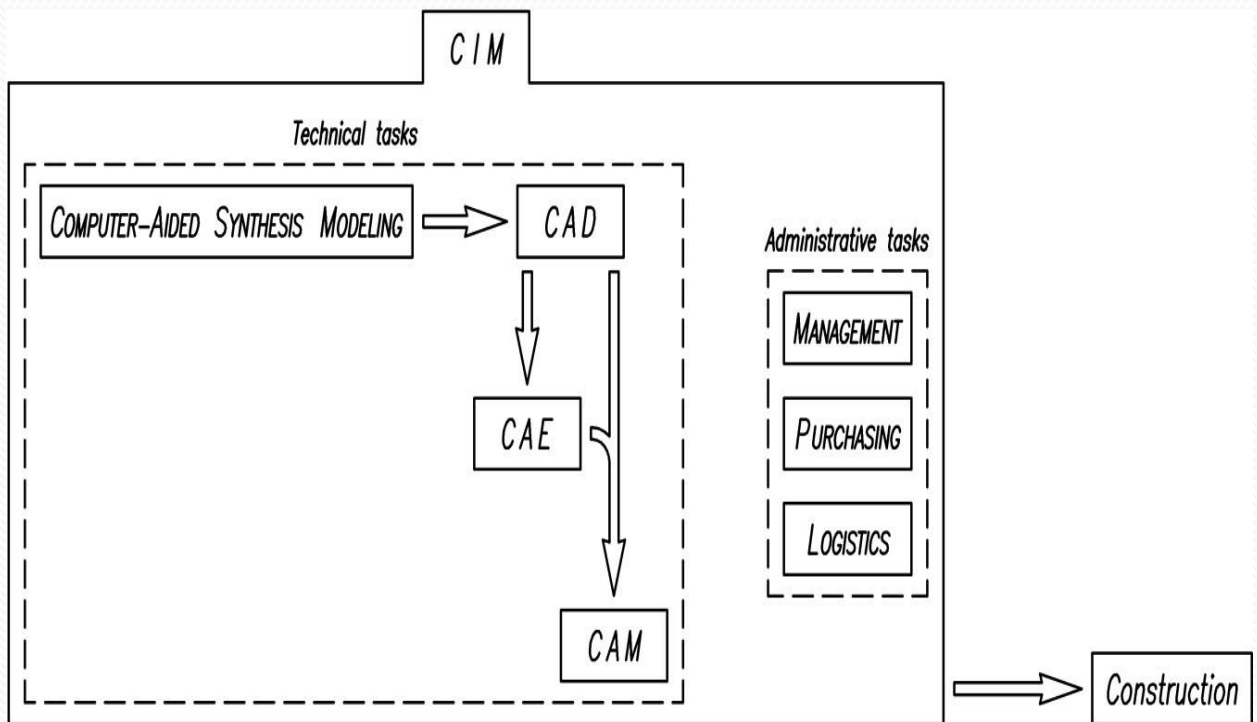
•**Computer-Aided Engineering (CAE):** sono i cosiddetti programmi di calcolo. Solitamente sono composti da diversi moduli, ciascuno capace di affrontare tutti i calcoli relativi ad un determinato argomento (architettura navale, strutture, pesi e baricentri, previsione di potenza/velocità...). Alcuni CAE permettono lo sviluppo di database storici dei progetti sviluppati che offrono la possibilità di fornire utili informazioni per le analisi delle primissime fasi del progetto, in cui si deve valutare anche la convenienza economica dell'impresa.

•**Computer-Aided Manufacturing (CAM):** sono strumenti che consentono la transizione tra il progetto e la costruzione. Gli output di questi programmi sono tutti quei documenti necessari al taglio, la piega e tutte le lavorazioni necessarie per completare la costruzione della nave. Caratteristica comune di tutti questi software è quello di essere appositamente configurati sugli standard del singolo cantiere e sulle potenzialità dei macchinari presenti.

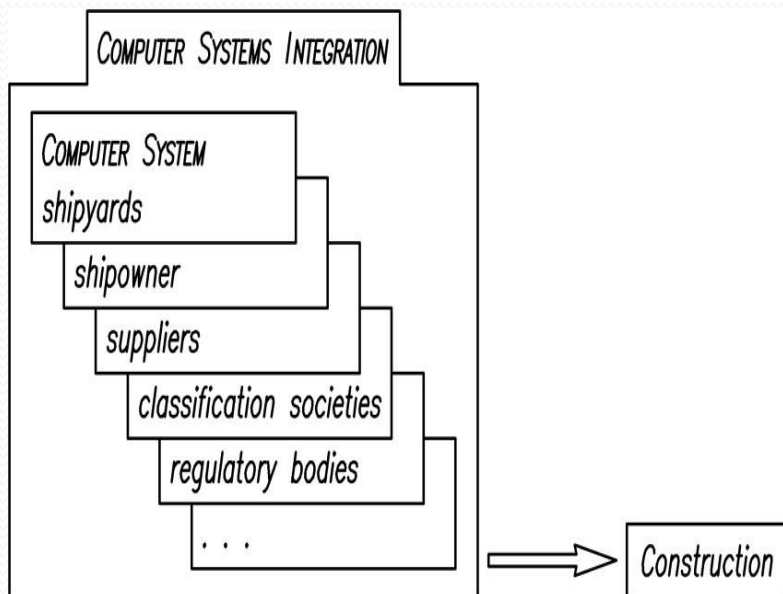
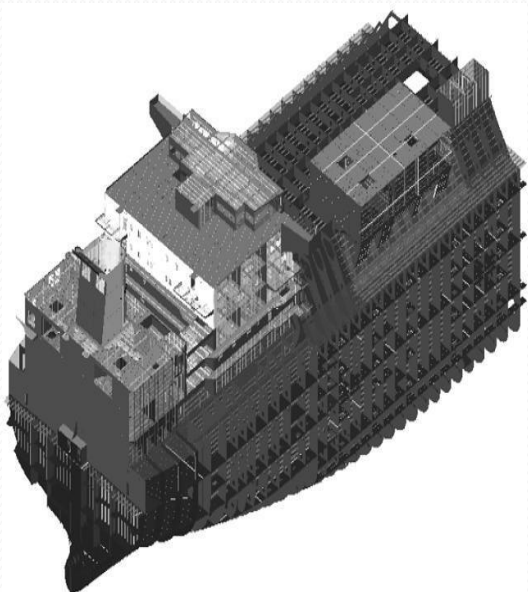
Un approccio alternativo e decisamente più innovativo è dato dall'utilizzo dei Product Model Program, i quali includono al loro interno pacchetti CAD, CAE e CAM (almeno in parte), permettendo di operare direttamente in 3D fin dalle prime fasi del progetto. La generazione dei disegni avviene in maniera quasi automatica e può essere continuamente aggiornata con l'evolversi del progetto. Questi programmi basano il loro funzionamento sull'implementazione di un database unico che può essere consultato ed aggiornato dai diversi moduli con opportune gerarchie decisionali in maniera automatica. In questa maniera si raggiungono contemporaneamente due obiettivi: svolgere in parallelo diverse attività accorciando i tempi necessari alla progettazione (concurrent engineering) ed al tempo stesso avere la certezza della coerenza di tutta la documentazione prodotta, dato che proviene dallo stesso database. L'unico limite è fornito dalla carenza di interfacce tra moduli di diversi Product Model Program, caratteristica che può risultare molto utile per coprire le carenze presenti in alcuni software.



Strumenti ancora più avanzati sono i Computer Integrated Manufacturing (CIM) programs. Concettualmente possono essere visti come dei coordinatori di differenti programmi (solitamente Product Model, CAM, ERP) in modo che tutto il cantiere possieda e lavori su un unico database per ogni commessa. Il database di commessa contiene senza duplicazioni o incoerenze tutte e sole le informazioni utili sia alla gestione tecnica della commessa che a quella amministrativa. Il limite di questi software è dato dal fatto che sono profondamente configurati sulle capacità e le esigenze del singolo costruttore e non permettono quindi alcuno scambio di informazioni verso l'esterno (ad esempio verso i fornitori).



La sfida a cui oggi deve fare fronte l'industria cantieristica navale è l'integrazione tra diversi sistemi computerizzati, attraverso lo sviluppo e l'adozione di programmi di *Computer System Integration*. Il raggiungimento della piena integrazione tra diversi sistemi permette il collegamento diretto tra tutte le differenti aziende coinvolte nello stesso progetto. Mentre infatti un CIM è appositamente calibrato secondo le capacità e le esigenze di un singolo stabilimento/costruttore, la oggiogiorno *Computer System Integration* può permettere la comunicazione e l'implementazione di progetti che coinvolgono diverse figure: cantiere, armatore, fornitori, Società di Classifica, Autorità di Bandiera, etc. Ovviamente alla base di questa integrazione c'è sempre un database comune che può essere consultato, implementato ed aggiornato da parte di tutti gli utenti, attraverso l'uso di ciascuno dei propri programmi specifici (CAD, CAE, CAM, Product Model, ERP). La potenza e l'efficacia di questo nuovo approccio è proprio data dall'assenza di conversioni, rielaborazioni e rifacimenti: tutti lavorano in opportuna comunicazione sullo stesso database che risulterà perciò sempre aggiornato, coerente ed affidabile. Il vantaggio economico e qualitativo è indubbio a patto che si investa in sviluppo, ricerca e formazione del personale.



1.20 Classificazione delle unità da diporto

I criteri di classificazione per le unità da diporto sono 3:

1. Classificazione in base alle dimensioni

La classificazione dei mezzi destinati alla navigazione da diporto va fatta sulla base delle seguenti definizioni previste dal Codice della Navigazione da Diporto (art.3 del D.Lgs N. 171/2005):

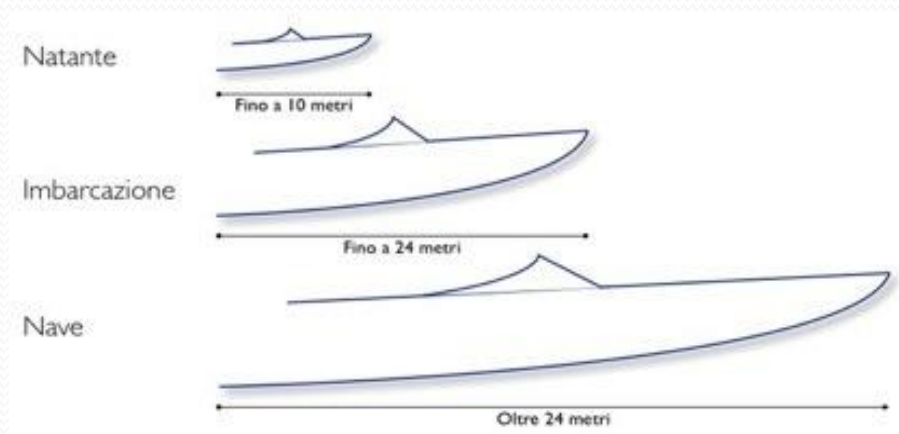
Unità da diporto: tutte le costruzioni di qualunque tipo e con qualunque mezzo di propulsione destinate alla navigazione da diporto.

Nave da diporto: sono le unità con scafo di lunghezza superiore a 24 metri.

Imbarcazione da diporto: sono le unità con scafo di lunghezza da 10 a 24 metri.

Natante da diporto: sono costituiti dalle seguenti unità:

- unità da diporto a remi;
- unità da diporto con scafo pari o inferiore a 10 metri;
- ogni unità da diporto di cui alle lettere a e b utilizzate in acque interne.



2. Classificazione in base al sistema propulsivo:

- Unità da diporto a motore
- Unità da diporto a vela

3. Classificazione in base al profilo operativo:

- Open
- Walk – Around
- Day cruiser
- Cruiser
- Fly
- Lobster boat
- Trawler
- Exploration yacht
- Explorer
- Sailer cruiser
- Sailer racer
- RIB
- Multiscafo



1.21 I riferimenti normativi

I regolamenti statuali

I regolamenti statuali navali sono costituiti da tutto l'insieme di leggi emanate dai diversi stati per quanto concerne la costruzione e la navigazione all'interno del proprio territorio nazionale. Queste leggi tutelano essenzialmente la sicurezza delle persone coinvolte nelle attività di diporto, passeggeri, equipaggi e costruttori ed al tempo stesso chiariscono i regimi fiscali a cui la nautica da diporto deve sottostare (tasse, IVA...).

Nello specifico questi regolamenti possono essere distinti in due grosse categorie:

- Regolamenti di bandiera: sono leggi nazionali che recepiscono ed adattano (nei limiti del permesso) le convenzioni internazionali riguardo la navigazione e la sicurezza in mare (SOLAS, COLREG; LOAD LINE...); la piena soddisfazione di questi regolamenti permette l'ottenimento del certificato di navigabilità identificato visivamente dall'esposizione della bandiera della nazione che lo ha rilasciato. Affinché un'unità da diporto ottenga questa certificazione deve essere esaminata sia durante la costruzione che durante l'esercizio da organismi tecnici notificati che vengono chiamati Autorità di bandiera.

- Codice della navigazione: regola la navigazione da diporto da un punto di vista giuridico e amministrativo. In Italia, il Codice è compendiato anche dal Regolamento attuativo che individua la prassi da seguire per la piena soddisfazione di quanto stabilito dal Codice.

Tutte le unità da diporto devono sottostare ai regolamenti statuali; i criteri da soddisfare naturalmente sono opportunamente tarati in funzione delle dimensioni e della specie di navigazione.

I Regolamenti di Classe

Qualunque nave per poter navigare deve possedere due certificati fondamentali:

- il Certificato di Classe, che attesta che la costruzione dell'unità ed i successi collaudi sono avvenuti in conformità a specifici standard redatti da una Società di Classifica. Questo certificato ha validità quinquennale e per il suo rinnovo è necessaria un'ispezione completa della nave, sia per quanto riguarda lo scafo (corrosione) che gli impianti (funzionalità e manutenzione ordinaria e straordinaria);
- il Certificato di sicurezza, viene rilasciato dai governi delle diverse nazioni di bandiera e certifica la soddisfazione dei requisiti di sicurezza dettati dagli specifici Regolamenti internazionali (SOLAS in primis), ha validità quinquennale e per il rinnovo è necessaria una visita a bordo che riguarderà tutte le dotazioni di sicurezza, attive e passive. Solitamente le Società di Classifica, di cui sopra, fungono da organismo tecnico dei governi durante queste visite.

Il compito quindi delle Società di Classifica, enti super partes senza alcuno scopo di lucro, è quello di:

- stilare dettagliati regolamenti che definiscono gli standard di prestazione, costruzione e collaudo di tutti gli apparati presenti a bordo della nave;
- approvare il progetto della nave sotto tutti gli aspetti;
- sorvegliare la costruzione;
- partecipare al collaudo di tutti gli impianti presenti a bordo;
- eseguire visite periodiche durante tutta la vita della nave, soprattutto per verificarne nel tempo la piena sicurezza ed efficienza, oltre che per permettere il rinnovo dei certificati;
- curare l'aggiornamento del Libro Registro che raccoglie tutti i dati principali delle navi in possesso di un certificato di classe di propria emissione.

Le 12 principali Società di Classifica sono riunite nell'IACS (International Association of Classification Society) con l'obiettivo di unificare il più possibile i requisiti tecnici necessari per l'ottenimento della Classe e garantire standard comuni di sicurezza della nave e della navigazione.

I componenti dell'IACS sono:

- ABS, American Bureau of Shipping (USA);
- BV, Bureau Veritas (Francia)
- CCS, China Classification Society (Cina);
- CRS, Croatian Register of Shipping (Croazia);
- DNV-GL, Det Noorske Veritas - Germanisher Lloyd (Norvegia, Germania);
- IRC, Indian Register of Shipping (India);
- KR, Korean Register (Corea del Sud);
- LR, Lloyd's Register (Regno Unito);
- NK, Nippon Kaiji Kyokai (Giappone);
- PRC, Polish Register of Shipping (Polonia);
- RINA, Registro Italiano Navale (Italia);
- RS, Russian Maritime Register of Shipping (Russia).



1.21 Tipologie di cantieri Nautici

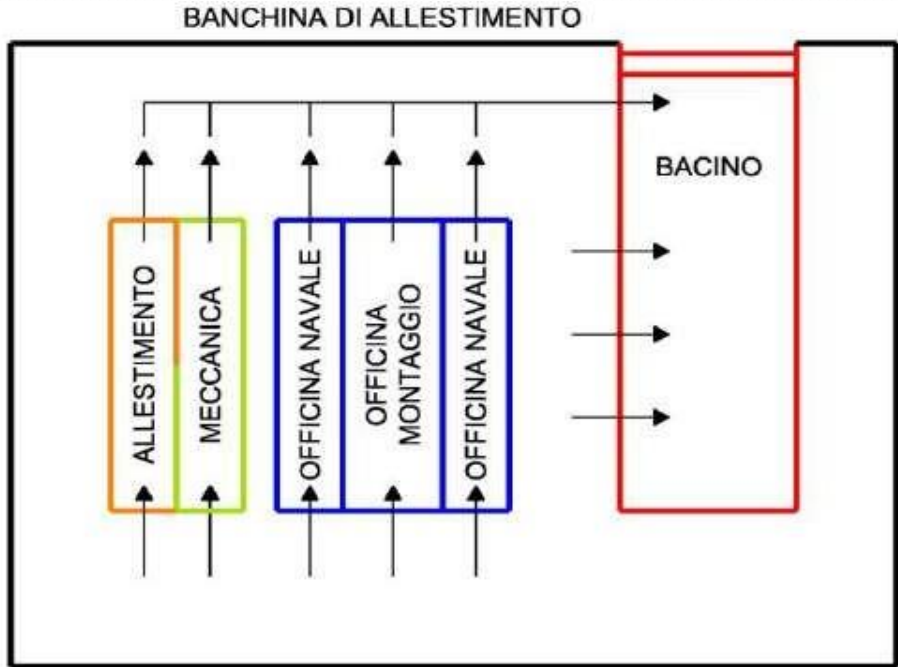
Oggi il grosso della produzione è in vetroresina per barche fino a circa 30 m e quindi le modalità di costruzione degli scafi sono ben diverse da quelle relative all'acciaio e, conseguentemente, anche la struttura dei cantieri. La produzione in vetroresina è generalmente di serie anche se, all'aumentare delle dimensioni, le barche diventano sempre più personalizzabili su richiesta armatore.

Dai 24 m di lunghezza, da "imbarcazioni da diporto" si passa a "navi da diporto" con un sostanziale cambio di regolamenti per la costruzione ed una diversa veste giuridica. Fino a circa 35 m si trovano sempre più barche in lega leggera. Oltre tali dimensioni si usa acciaio per lo scafo e lega leggera per le sovrastrutture. Per particolari esigenze tecniche o per diverse richieste dell'armatore i campi di uso dei materiali possono non rispettare la suddivisione sopra esposta.

Il cambio del materiale, da VTR ad alluminio e/o acciaio, comporta una diversa modalità di lavorazione (non più stratificazione di VTR ma taglio, sagomatura e saldatura dell'alluminio e/o dell'acciaio) e, quindi, all'incremento delle dimensioni dei cantieri: i cantieri per la nautica da diporto assomigliano sempre più ai cantieri che producono naviglio convenzionale. Ciò che decisamente li distingue è una maggiore gestione dell'immagine con officine molto pulite, tecnici ed operai tutti con tute griffate, uffici eleganti atti a ricevere clienti particolarmente esigenti, aree per l'atterraggio degli elicotteri, etc.

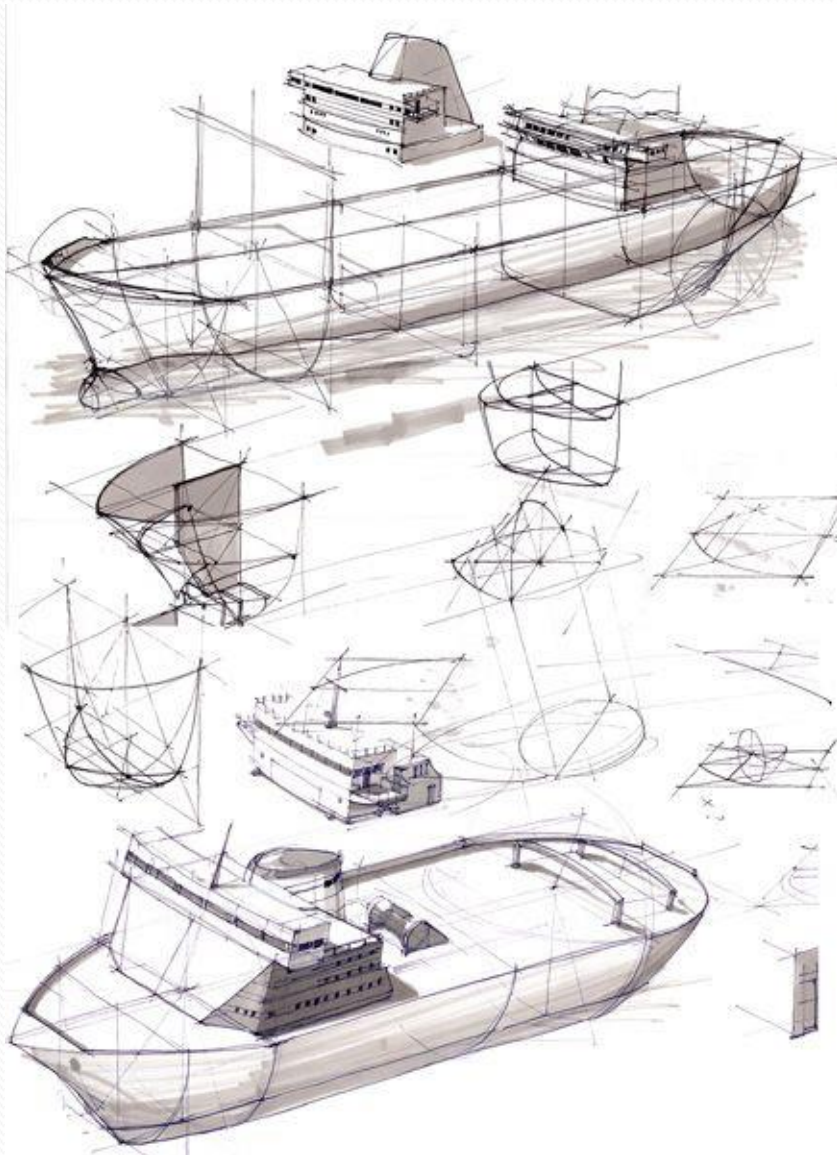
In questi ultimi anni, nei quali i ricchi sono diventati sempre più ricchi, si è riscontrato una corsa al gigantismo che ha portato all'ordinazione di yacht fino a 50 m di lunghezza e oltre. La domanda per yacht di dimensioni più grandi (da 70-80 m e anche fino a 120-150 m) è in incremento, anche se ovviamente non si tratta più di lavorazioni in serie o semiserie, ma di singole commesse con prodotti "unici". Alcuni cantieri tedeschi ed olandesi, che sono molto forti, operano anche su altre nicchie di mercato (naviglio militare) e hanno una linea specializzata per la produzione di yacht di grandi dimensioni. Molto importante, in un cantiere da diporto, oltre a quanto già detto, è la puntualità di consegna che lo qualifica agli occhi dell'armatore che realizza il suo "sogno".

Esempi di strutture tipiche di un cantiere nautico



SECONDA PARTE

2.1 Basic of boat design



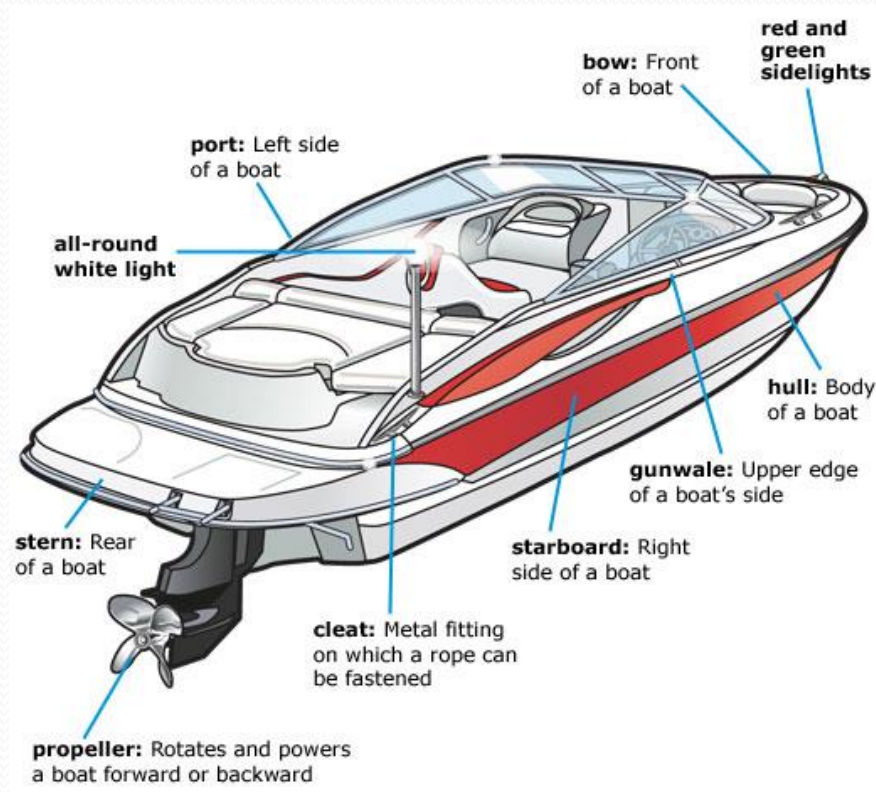
Focus points

- explain properties and use of different boat types
- collect and compare technical data of boats
- define relative speed and select the boat type
- explain boat properties due to dimensions and parameters
- define boat dimensions and calculate boat parameters
- explain factors interacting stability
- evaluate stability of a sail boat using Dellenbaugh method
- explain and estimate elements of sail boat performance
- estimate boat speed and power requirements
- explain structure and content of lines drawing
- prepare a proposal concept design



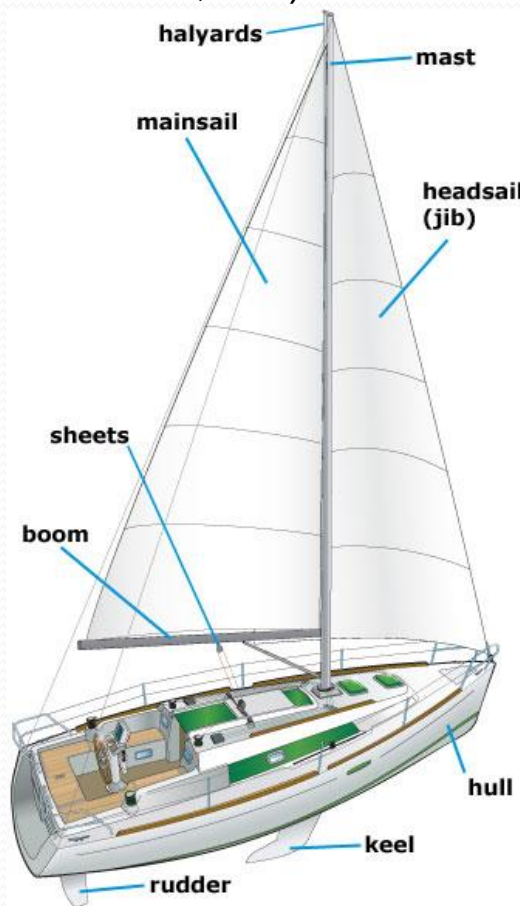
Motorboat dimensions and terminology

- Length of hull (LOA, LH), [m]
- Length of waterline (LWL), [m]
- Beam of hull (BOA, BH), [m]
- Draught of hull (T_c), [m]
- Displacement fully loaded (mLDC), [kg]
- Displacement empty (mLCC), [kg]
- Engine power (P), [kW]
- Propulsion (outboard, inboard z-drive, water-jet, surface propeller, etc.)
- Material of the hull and deck (glass fibre, carbon fibre, cored glass fibre, etc.)



Sailboat data dimensions and terminology

- Length of hull (LOA, LH), [m]
- Length of waterline (LWL), [m]
- Beam of hull (BOA,BH), [m]
- Draught of hull (T_c), [m]
- Draught total (T), [m]
- Displacement fully loaded(mLDC), [kg]
- Displacement empty (mLCC), [kg]
- Ballast weight (m_k), [kg]
- Sail area (A_s), [m²]
- Sail dimensions (P,E,I,J), [m]
- Engine power (P), [kW]
- Material of the hull and deck u_m , etc.)



2.2 Boat Hull Types

Right boat type for the purpose

Basic types of motorboat hulls



Relative speed

- Relative speed is expressed by *Froude* number (F_n).
- With the same Froude number the wave patterns are similar.
- So called “hull speed” is when $F_n = 0,40$, then the wave length and the waterline length are equal
- Hull speed is **NOT** any speed limit

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$$

V = boat speed (m/s)

L_{WL} = waterline length (m)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

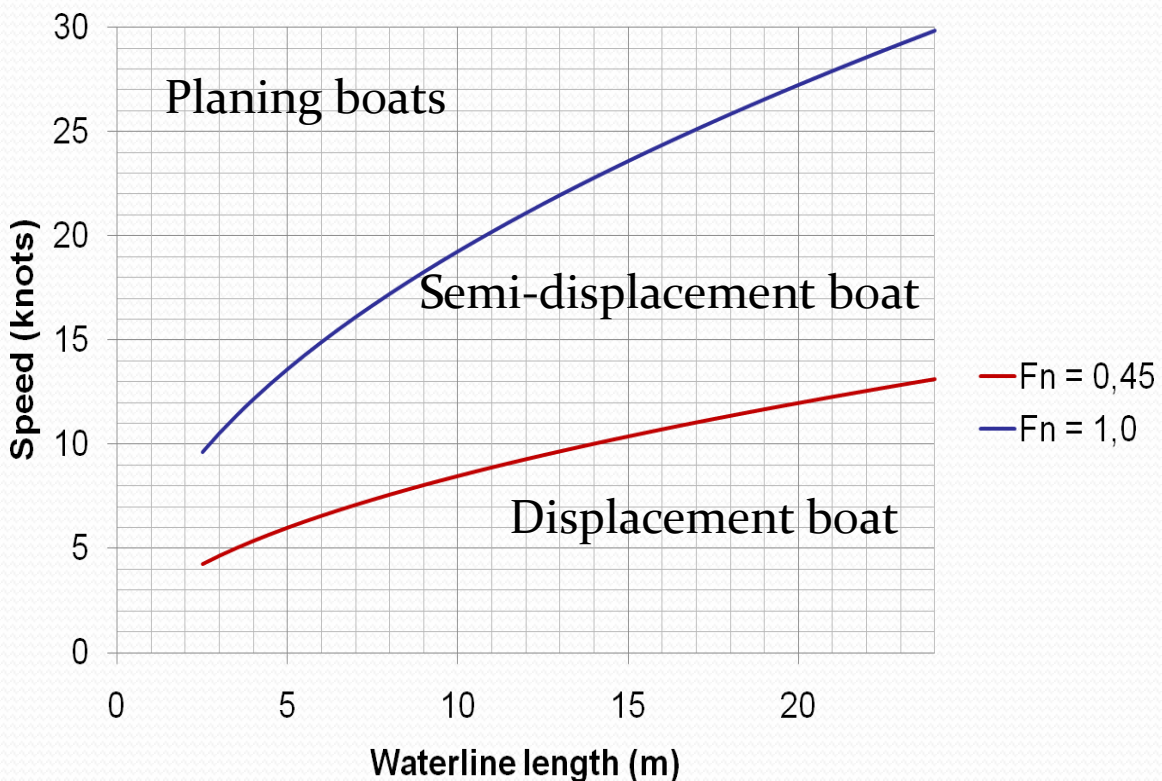
$$1 \text{ knot} = \frac{1852 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$



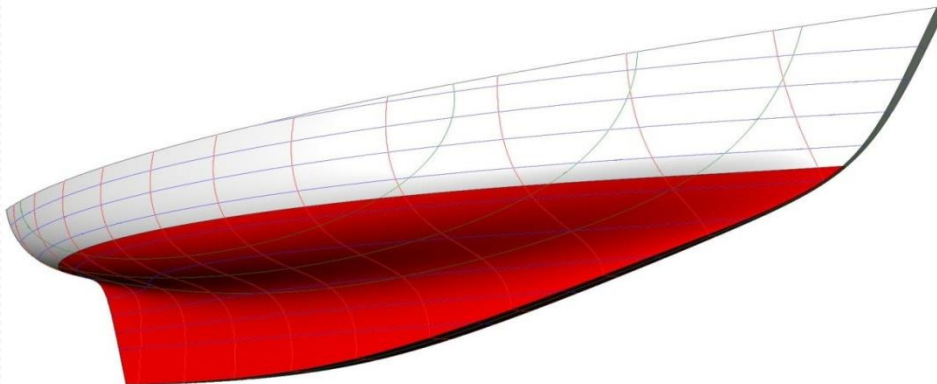
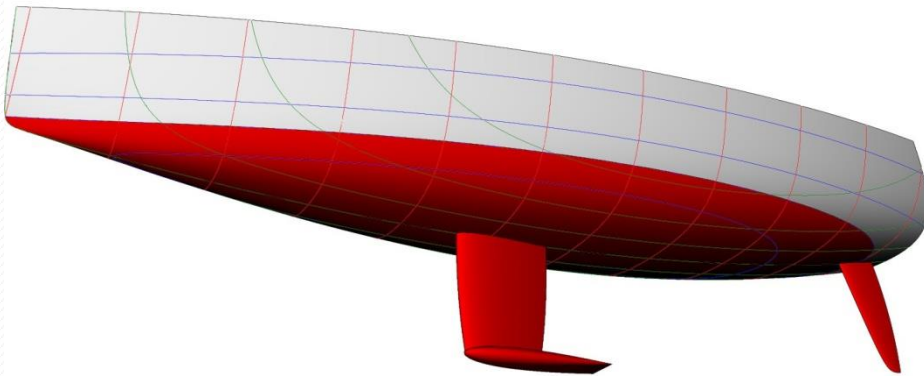
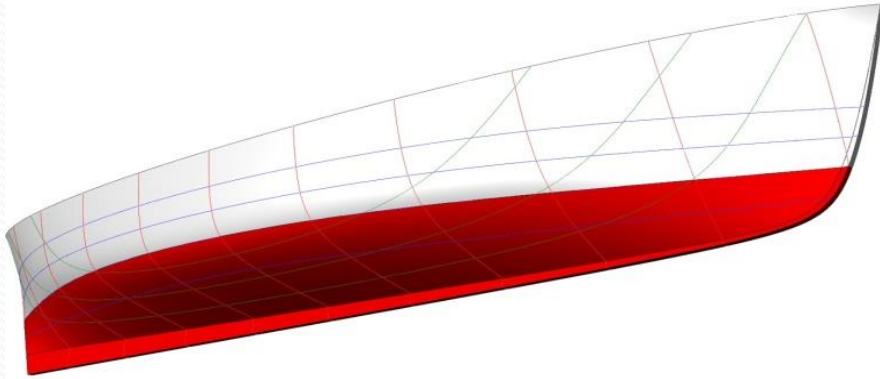
Boat types

- **Displacement boats**, $F_n < 0,45$
 - Fishing boats, rowboats, keelboats, trawlers, tugs, ships
- **Semi-displacement boats** (semi-planing), $0,4 < F_n < 1,0$
 - Cruising boats, motor yachts, catamarans
- **Planing boats**, $F_n > 1,0$
 - Almost all small outboard boats, day cruisers, runabouts, race boats

Speed Ranges of Boat Types



Examples of displacement boats



Power of Displacement Boat

- Maximum speed of displacement boat like trawler, keelboat or tug is $F_n = 0,4 - 0,45$
- Typical ship speeds:
 - Fast ferry $F_n = 0,33$
 - Ferry $F_n = 0,25$
 - Cargo ship $F_n = 0,21$
 - Tanker $F_n = 0,19$

Power of displacement boat :

$$P = 64 \cdot F_n^3 \cdot \nabla$$

$$P = \text{power (kW)}$$

$$\nabla = \text{displacement (m}^3\text{)}$$

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$$

$$V = \text{speed (m/s)}$$

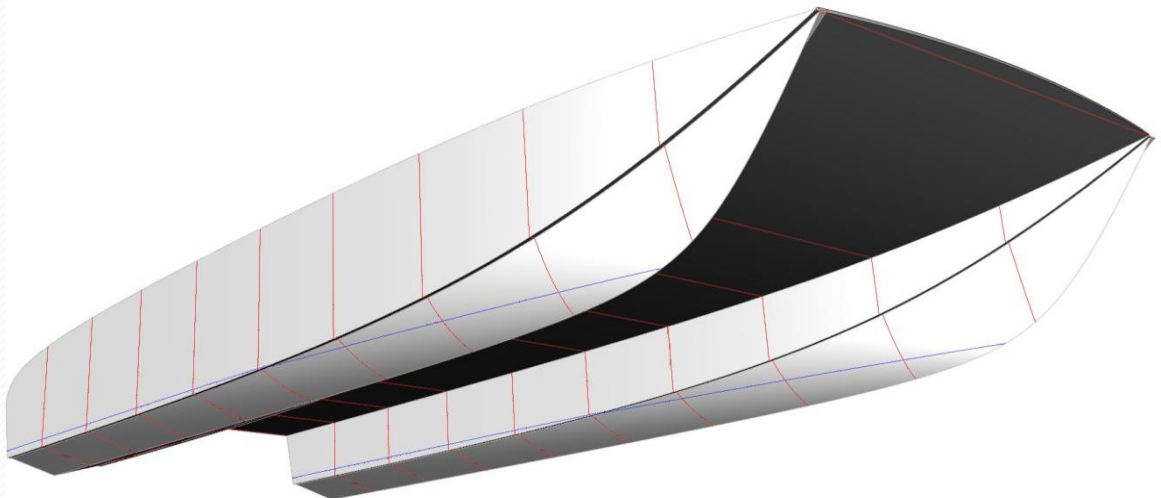
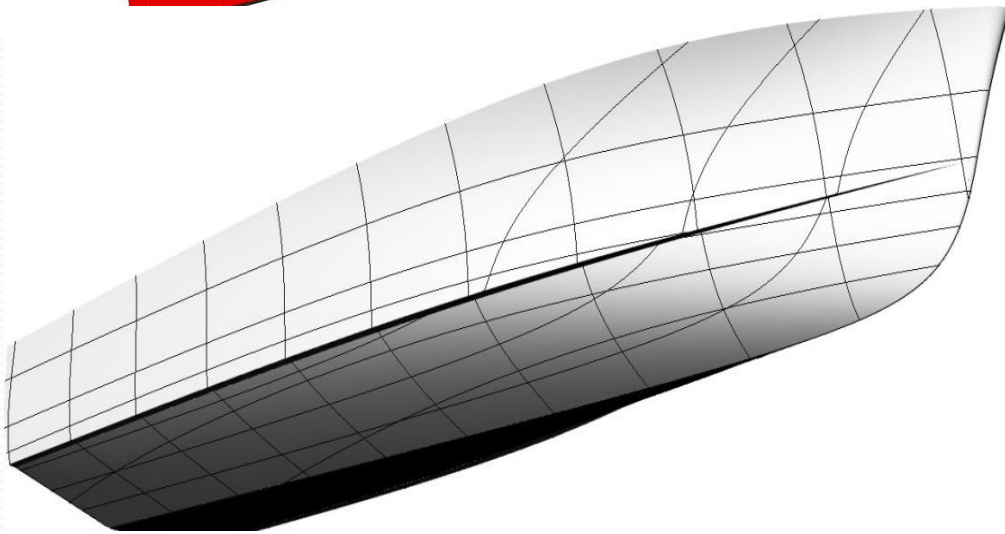
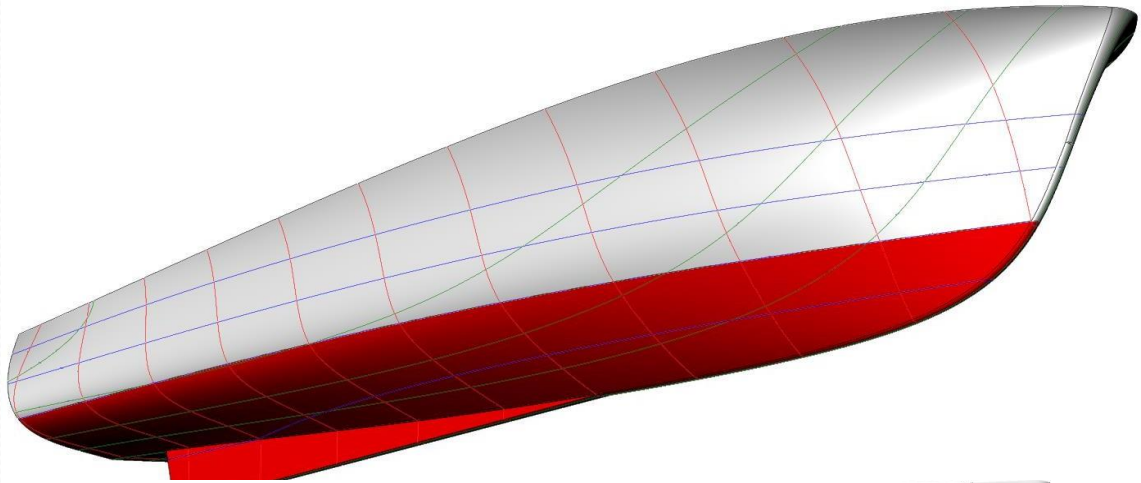
$$L_{WL} = \text{waterline length (m)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Speed and Power of Displacement Boats

- Keelboat speed upwind is approx. $F_n \approx 0,35$
- Engine power for keelboat is $\nabla \cdot 4 \text{ kW/m}^3$ and the boat speed $F_n \approx 0,4$
- Maximum speed of a heavy displacement motor boat is $F_n \approx 0,45$
- Engine power needed for a displacement motor boat is $\nabla \cdot 8 \text{ kW/m}^3$ ($F_n \approx 0,45$ + service allowance)
Where ∇ (nabla) is the fully loaded displacement in m^3

Examples of semi-displacement boats



Semi-displacement speed and power

- Speed range of a semi-displacement boat is typically

$$F_n = 0,45 - 0,8$$

- The buttocks of boat should be straight and near horizontal (transom boat) or the boat must be light compared to length

Power of semi - displacement boat (similar to displacement) :

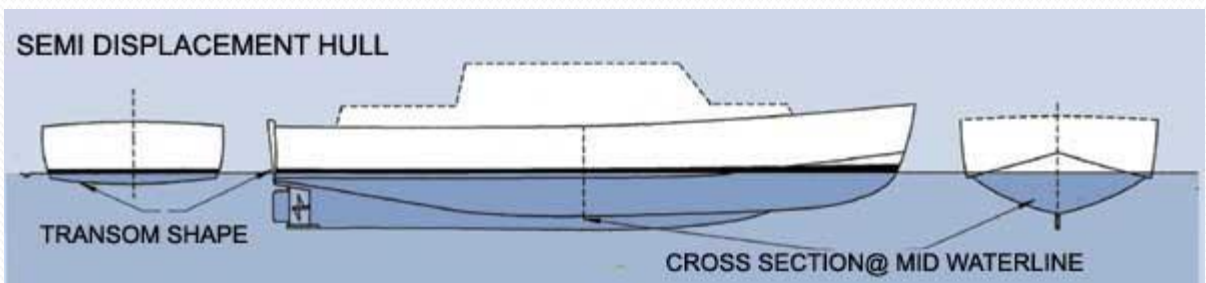
$$P = 64 \cdot F_n^3 \cdot \nabla$$

P = power (kW)

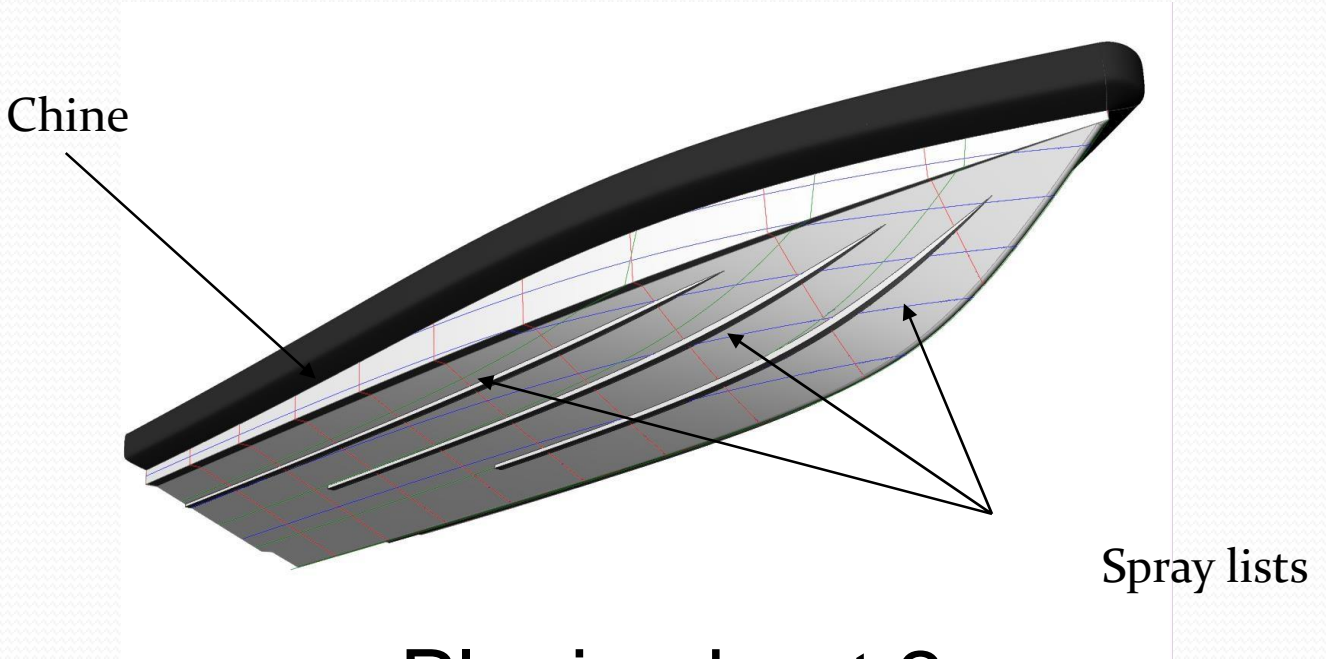
∇ = displacement (m^3)

$$F_n \leq 0,8$$

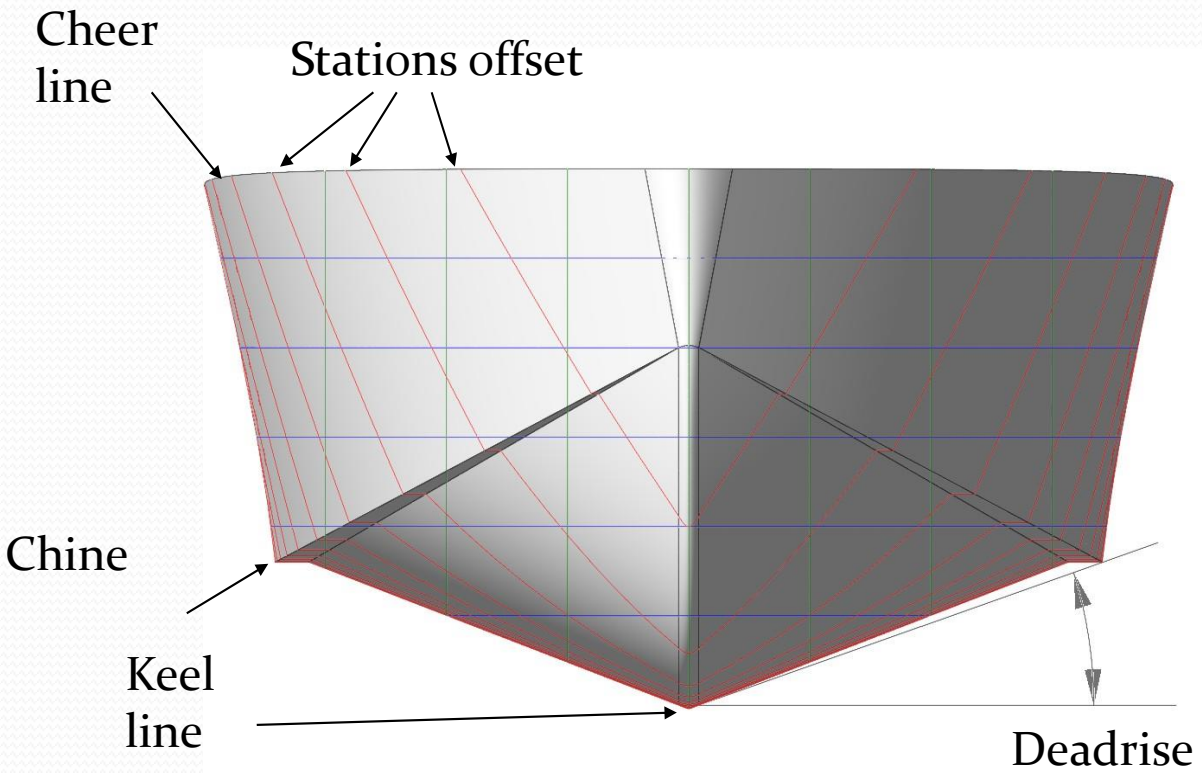
Modified from: Gerr, Propeller Handbook



Planing boat 1



Planing boat 2



Speed of Planing Boat

- At planing boat, the relative speed $F_n > 1$
- The narrow hull need more speed to plane than the wide one.
- Note: The narrow hull boat (like a catamaran or trimaran) can be fast even though not planing.

Lowest planing speed in knots :

$$V = \frac{7,2 \cdot LCG}{\sqrt{B_c}}$$

LCG = Longitudinal centre of gravity from transom (m)

B_c = Width of planing surface (m) between chines

HydroComp, Inc

Speed & Power of Planing Boat 1

Barnaby/Levi :

$$V = L^{0,25} k \sqrt{\frac{P}{\nabla}}$$

$$P = \frac{V^2 \nabla}{L^{0,5} k^2}$$

V = Speed in knots

P = Engine Power (kW)

∇ = Displacement vol (m³)

L = Length of hull (m)

Coefficient k

k	Propulsion:
2,35	2-shaft drive
2,43	1-shaft drive
2,51	Z-drive
2,83	Surface drive

- Usually P/∇ in planing boat is 40-150.

Speed & Power of Planing Boat 2

Crouch's Formula :

$$V = 0,78 \cdot C \cdot \sqrt{\frac{P}{m}}$$

$$P = \frac{V^2 \cdot m}{(0,78 \cdot C)^2}$$

V = Speed (knots)

m = Displacement (kg)

P = Power (kW)

0,78 = imp \rightarrow SI

(adapted by Terho)

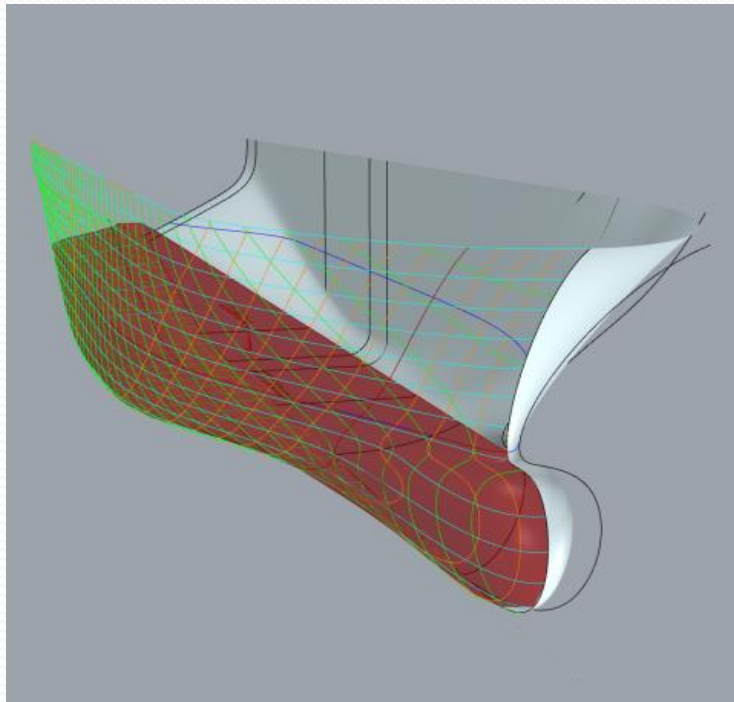
Coefficient C

150	Heavy runabouts, cruisers, passenger vessels
175	Average, ordinary boats
190	High-speed runabouts, very light high speed cruisers
210	Race boat types
220	Three point hydroplanes, stepped hydroplanes
230	Racing power catamarans

Note: Can be used, when $F_n > 0,8$

2.3 Parametric Design

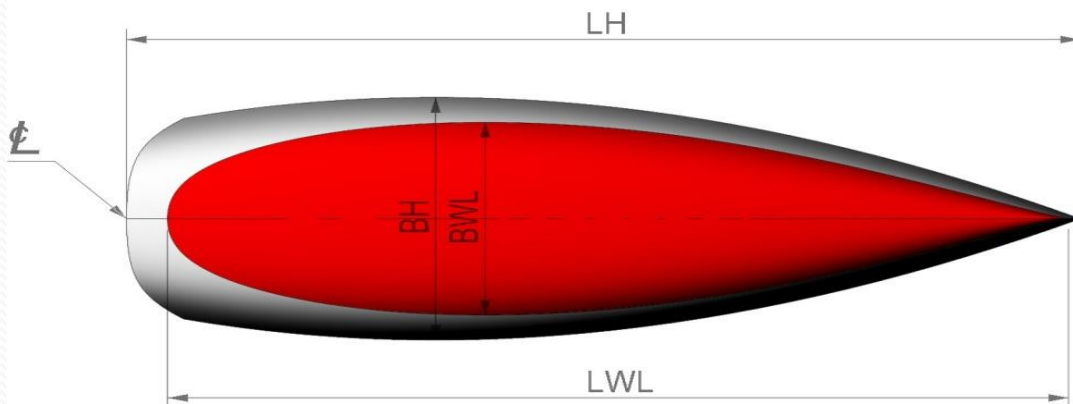
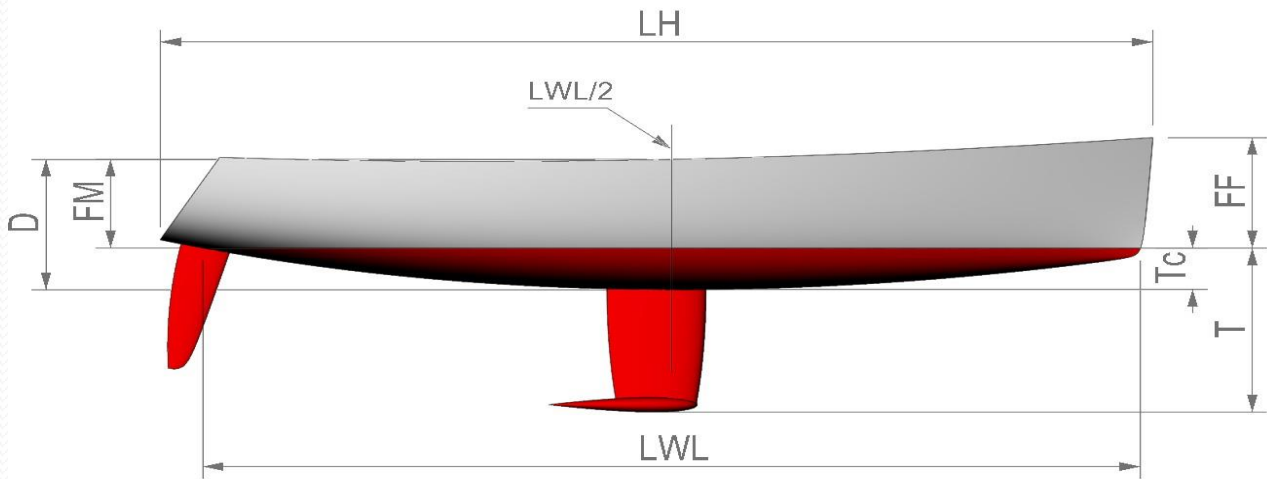
Dimensions and coefficients



Boat Symbols

L_H = Length of hull
 L_{WL} = Length waterline
 B_H = Beam of hull
 B_{WL} = Beam waterline
 T_c = Draft of hull
 T = Draft of boat
 D = Depth of hull
 F_M = Freeboard mid
 F_F = Freeboard fore

B = Center of buoyancy
 LCB = Longitudinal center of buoyancy
 VCB = Vertical center of buoyancy
 LCF = Longitudinal center of flotation

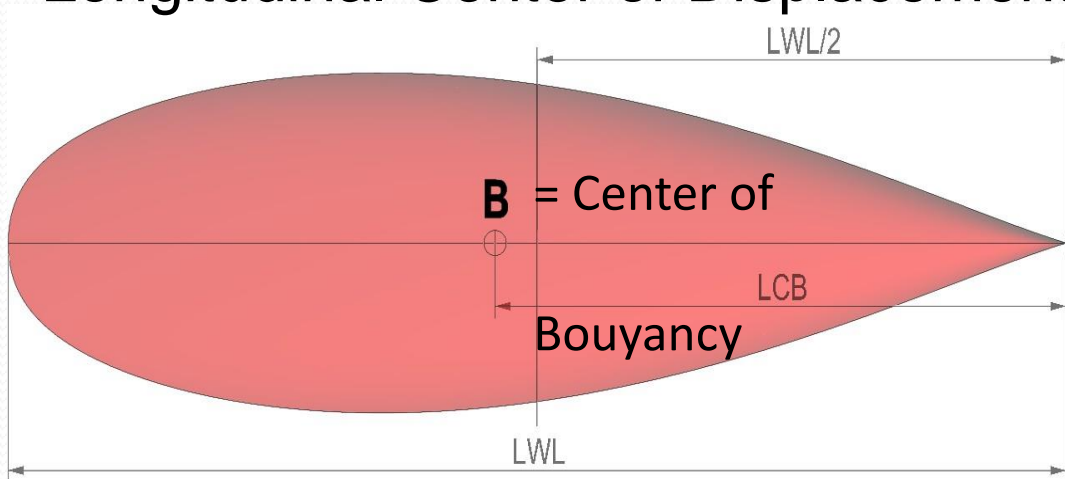


Displacement

- **Displacement volume** = Volume of water displaced by the craft
- The symbol is ∇ (nabla)
- In the boat standards the symbol is V_D
- The unit of displacement volume is cubic meter (m^3)
- 1 m^3 of sea water weight in 1025 kg
- 1 m^3 of fresh water weight in 1000 kg

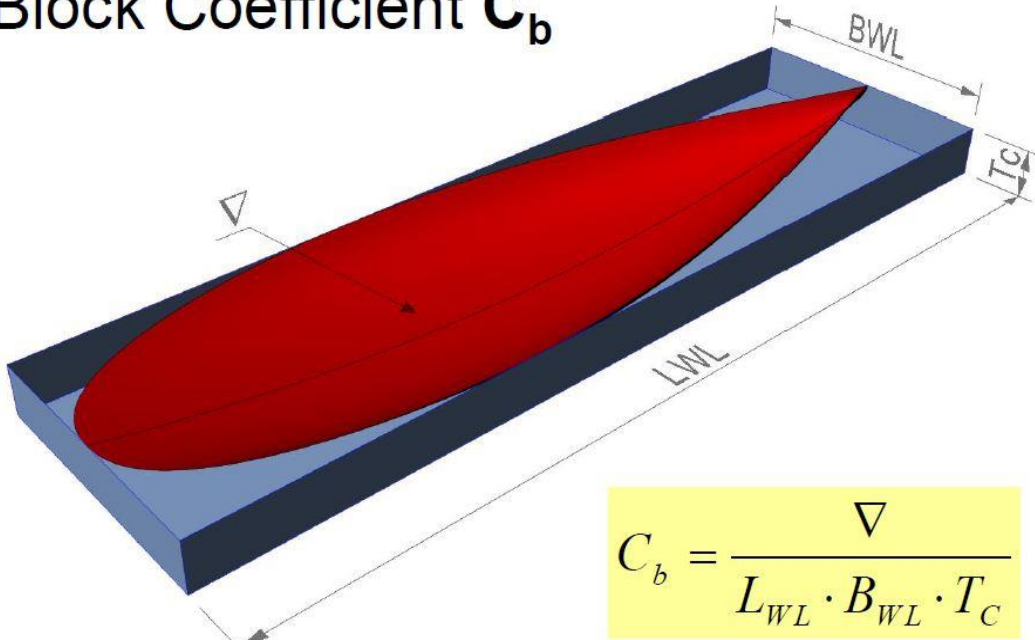
- **Displacement** = Mass of water displaced by the craft
- The symbol is Δ (delta)
- In the boat standards the symbol is m (mass)
- The unit of displacement is kilogram (kg) or tonne (t)
- 1 t = 1000 kg

Longitudinal Center of Displacement



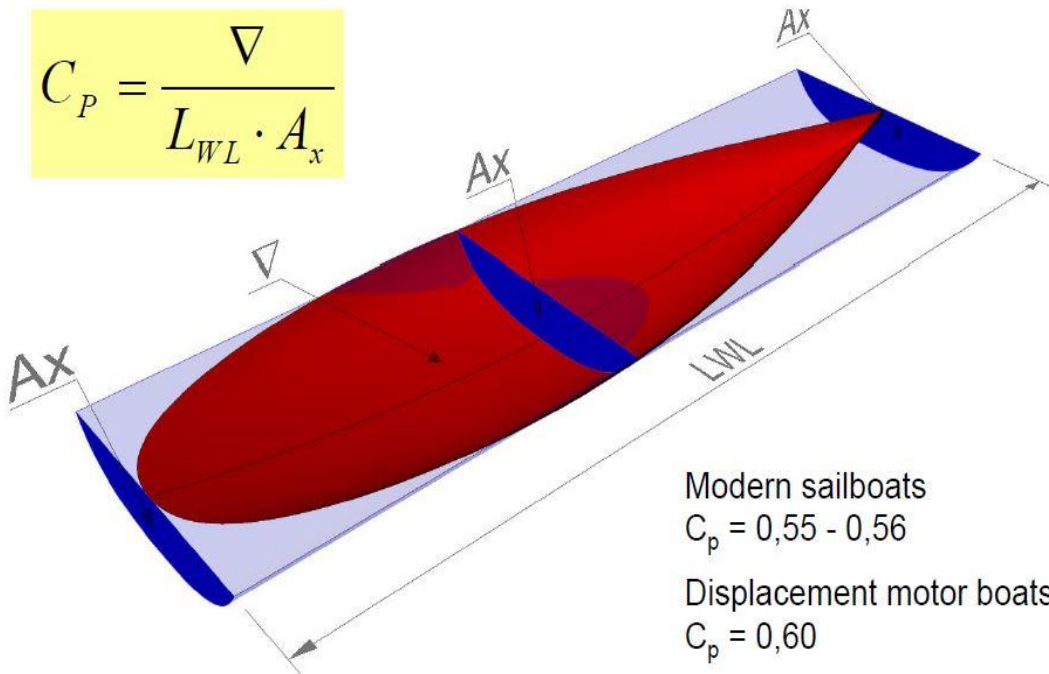
$$LCB(\%) = \left(\frac{L_{WL}}{2} - LCB \right) \cdot \frac{100\%}{L_{WL}}$$

Block Coefficient C_b

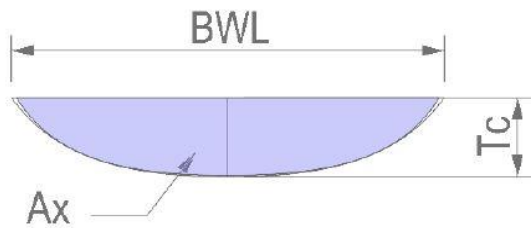


Prismatic Coefficient C_p

$$C_P = \frac{\nabla}{L_{WL} \cdot A_x}$$



Midship Coefficient C_m

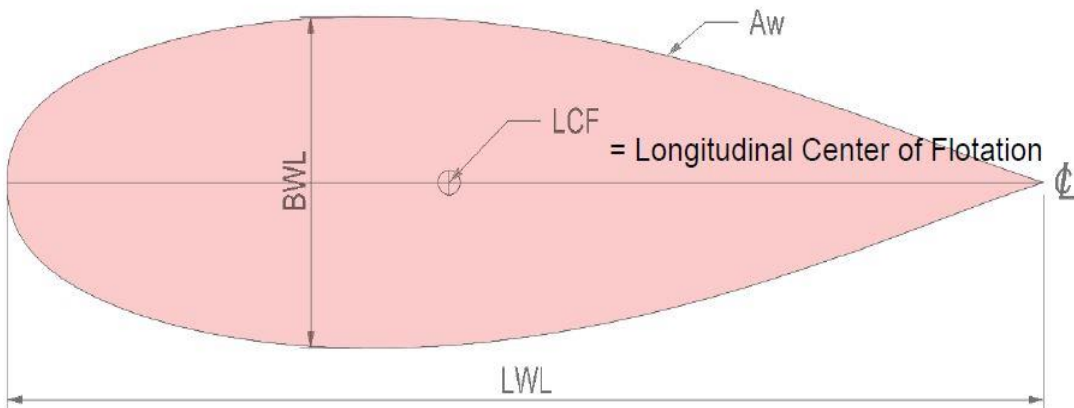


$$C_m = \frac{A_x}{B_{WL} \cdot T_c}$$

Note:

$$C_b = C_m \cdot C_p$$

Waterplane Coefficient C_w



Modern sailboats typically

$$C_w = 0,69 - 0,71$$

$$C_w = \frac{A_w}{L_{WL} \cdot B_{WL}}$$

Linear Ratios

Length/Beam Ratio :

$$LBR = \frac{L_{WL}}{B_{WL}} \text{ or } LBR = \frac{L_H}{B_H}$$

Length/Draft Ratio :

$$LTR = \frac{L_{WL}}{T} \text{ or } LTR_c = \frac{L_{WL}}{T_c}$$

Beam/Draft Ratio :

$$BTR_c = \frac{B_{WL}}{T_c} < 5 \text{ cruisers}$$

Ballast ratio :

$$BR = \frac{Q}{m_{LCC}}$$

Q is mass of the keel

m_{LCC} is mass of empty boat

Length/Displacement Ratio

Length/displacement ratio :

(Slenderness ratio)

$$LDR = \frac{L_{WL}}{\sqrt[3]{\nabla}}$$

L_{WL} = Waterline length (m)

∇ = Displacement (m^3)

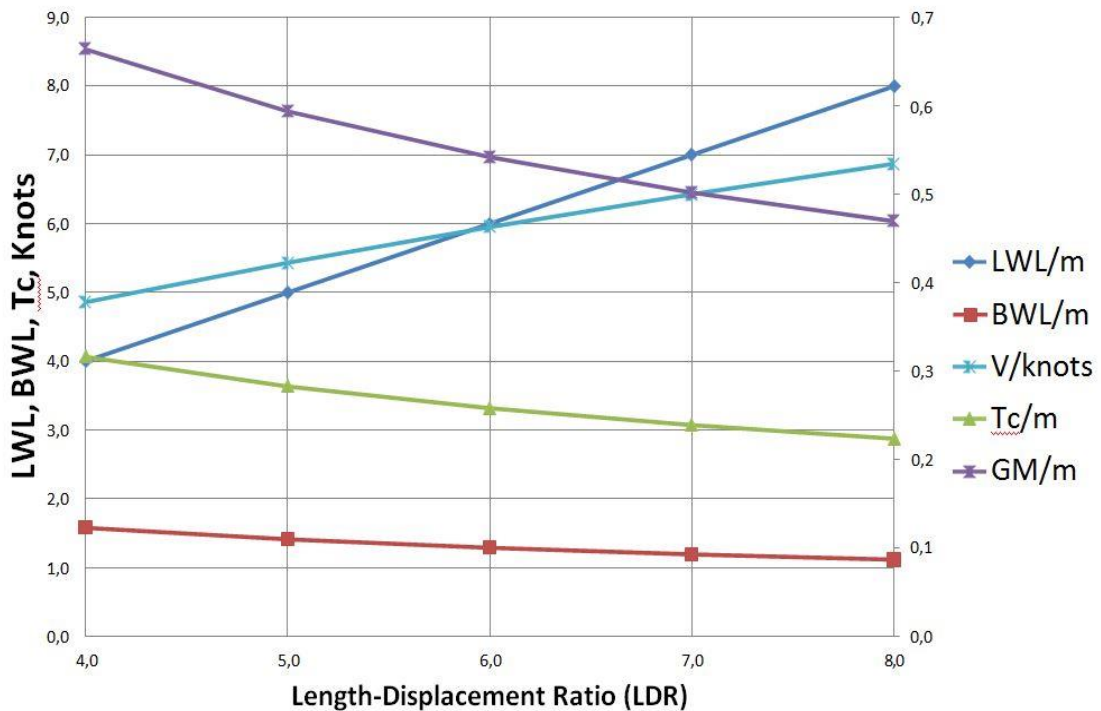
Max. displacement speed :

$$Fn_{\max} \approx 0,09 \cdot LDR$$

- "Slenderness ratio"
- LDR of sailboat > 5,7, to outrun $Fn = 0,45$
 - Heavy boats <4,6
 - Average 4,6 - 5,2
 - Light boats 5,2 - 6,6
 - Ultra light boats >6,6
- Used for motor boats and sail boats

Effects of Length-Displacement Ratio				LDR= $L_{WL}/\nabla^{(1/3)}$			
Displacement	∇	1.0	m^3				
Beam-Draft Ratio	BTR	5.0					
Block Coefficient	C_b	0.50					
Length-Displacement Ratio	Length Waterline	Beam Waterline	Draft Canoe Body	Length-Beam Ratio	Metacentric Radius	Metacentric Height	Hull Speed
LDR	L_{WL}/m	B_{WL}/m	T_c/m	LBR	BM/m	GM/m	V/knots
4	4.0	1.58	0.32	2.5	0.791	0.664	4.86
5	5.0	1.41	0.28	3.5	0.707	0.594	5.43
6	6.0	1.29	0.26	4.6	0.645	0.542	5.95
7	7.0	1.20	0.24	5.9	0.598	0.502	6.43
8	8.0	1.12	0.22	7.2	0.559	0.470	6.87

Effects of Length-Displacement Ratio



Displacement/Length Ratio

Displacement length ratio :

$$DLR = \frac{\nabla}{(0,01L_{WL})^3}$$

∇ = Displacement (long tons)

L_{WL} = Waterline length (ft)

$$DLR = \frac{\nabla}{\left(\frac{L_{WL}}{30,5}\right)^3}$$

∇ = Displacement(m^3)

L_{WL} = Waterline length(m)

- Widely used in boat literature (am, br)
- Classify boats:
 - <50 super ultra light
 - 50-100 ultra light
 - 100-200 light
 - 200-300 average
 - 300-400 heavy
 - >400 very heavy
 for motor and sail boats

Typical parameters of planing hull

$$\frac{L_{WL}}{L_H} \approx 0,85$$

$$\frac{L_{WL}}{B_{WL}} \approx 2,5 - 3,5$$

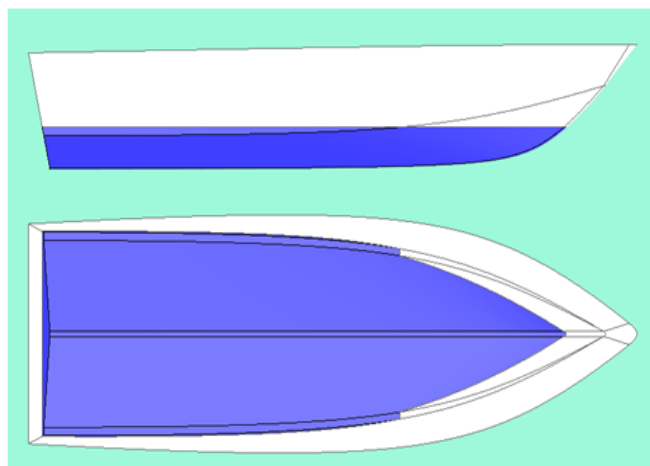
$$LCB \approx 0,6$$

$$C_b \approx 0,42$$

$$C_p \approx 0,74$$

$$C_m \approx 0,55$$

$$C_w \approx 0,8$$

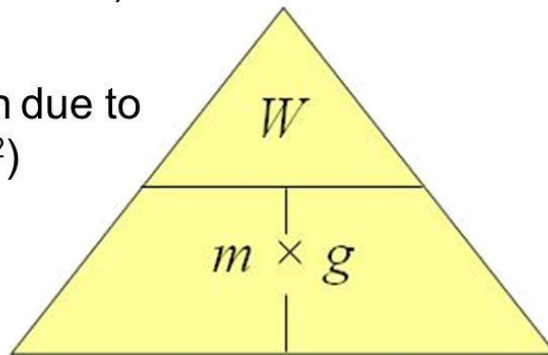


2.4 Weight, Mass and Center of Gravity



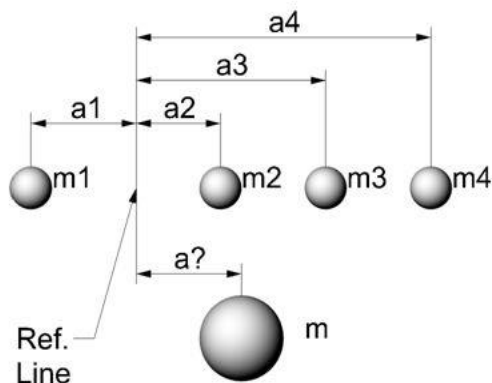
Weight, Mass and Gravity

- $w = m \times g$
- w – Weight (Newtons)
- m – Mass (kg)
- g – acceleration due to gravity (10 m/s^2)



Moment method calculation

Weight moments



Mass

$$m = \sum m_i = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

Moment

$$M = \sum m_i \cdot a_i =$$

$$- a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot m_3 + a_4 \cdot m_4$$

Distance

$$a = \frac{M}{m}$$

Center of Gravity

Longitudinal: $LCG = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}$

Transversal: $TCG = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}$

Vertical: $VCG = \frac{\sum m_i \cdot z_i}{\sum m_i}$

In stability calculations: $VCG = \overline{KG}$

The mass of a single part is m_i and its center of longitudinal gravity is x_i . Reference point is at 0-station.

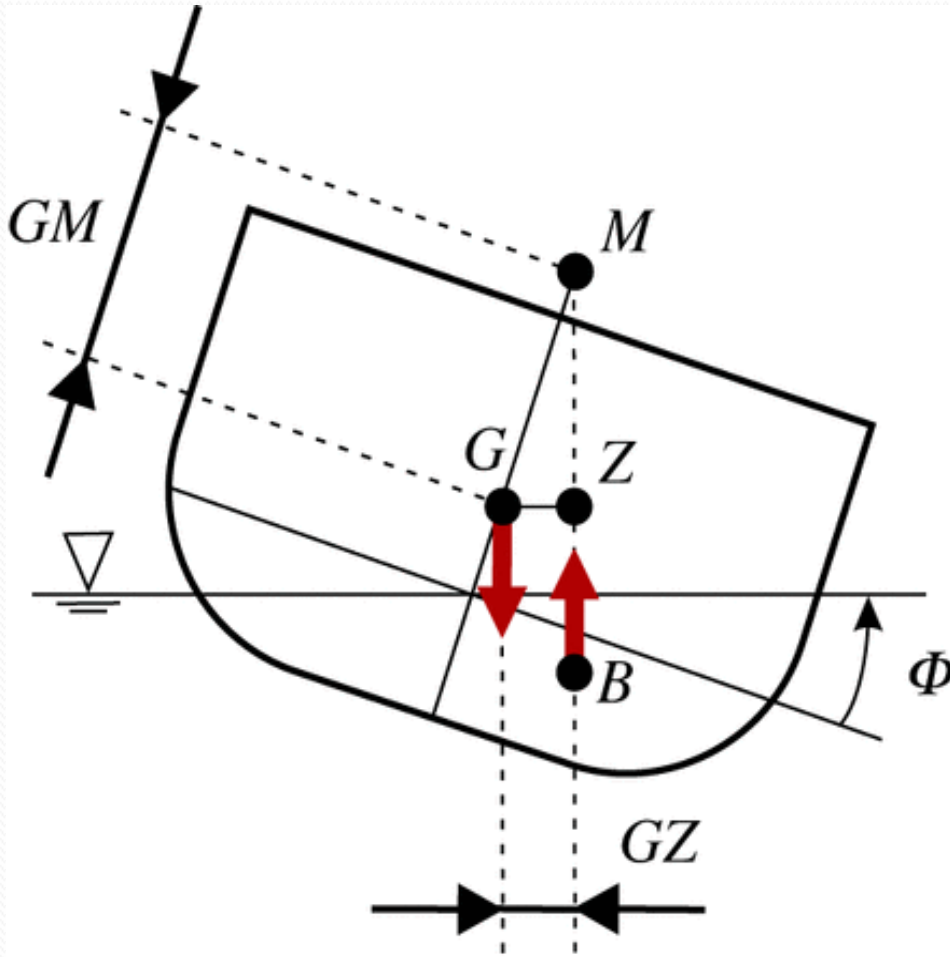
The transversal center of gravity of a part is y_i . Reference point is at centerline

The vertical center of gravity of a part is z_i . Reference point usually is the lowest keel point of the hull.

Weight calculation table

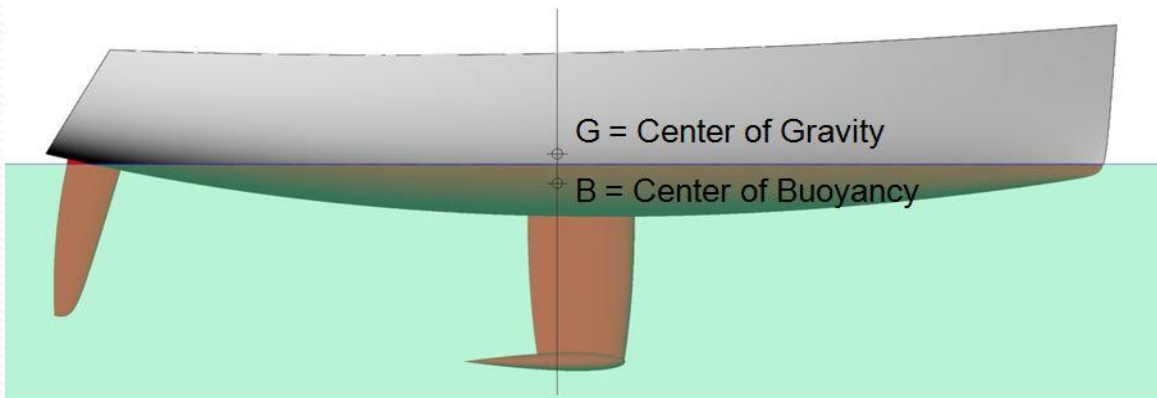
Part	m	x	y	z	<u>mx</u>	my	<u>mz</u>
1							
2							
3							
...							
n							
	Σm	$LCG = \frac{\Sigma mx}{\Sigma m}$	$TCG = \frac{\Sigma my}{\Sigma m}$	$VCG = \frac{\Sigma mz}{\Sigma m}$	Σmx	Σmy	Σmz

2.5 Stability



Floating Position

A floating object always takes up a balance where the center of gravity (G) and the center of buoyancy (B) align vertical.



What is stability?

- Ability of a vessel to resist heeling from level = **initial stability, form stability**
- Ability of a vessel to resist capsizing = **ultimate stability, weight stability**
- Ability of a vessel to damp accelerations induced by outside (waves) or inside (steering) forces = **dynamic stability**

Two Main Factories of Stability:

• Metacentre M

- Depends on boat geometry
- The wider the boat the higher the metacentre, $M \sim B_{WL}^2$
- The lower the draft the higher the metacentre, $M \sim 1/T_C$
- The higher the metacentre, the higher the **initial stability**

• Centre of gravity G

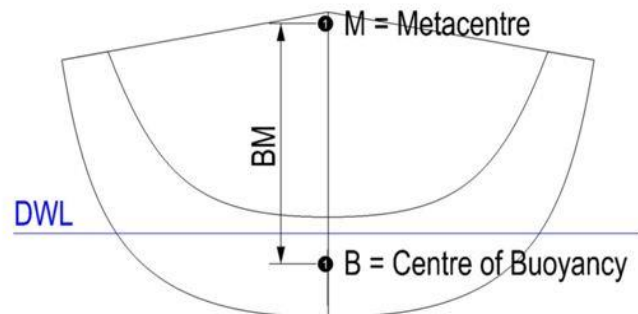
- Vertical centre of gravity
- Decreasing centre of gravity:
 - Inboard motor
 - Ballast keel
 - Tanks near the keel
- Increasing centre of gravity:
 - High superstructure
 - Cargo on high deck
- The lower the centre of gravity, the higher the **ultimate stability**

Metacentre M

Metacentre M is always straight above the centre of buoyancy B .

Metacentre can be imagined to be a heeling centre in small angles.

Swedish shipbuilder **Fredrik Henrik of Chapman** validated in his famous "Architectura Navalis Mercatoria" (1768) that stability of a ship can be calculated if the second moment of waterplane I , the displacement ∇ and the centre of gravity G are known.



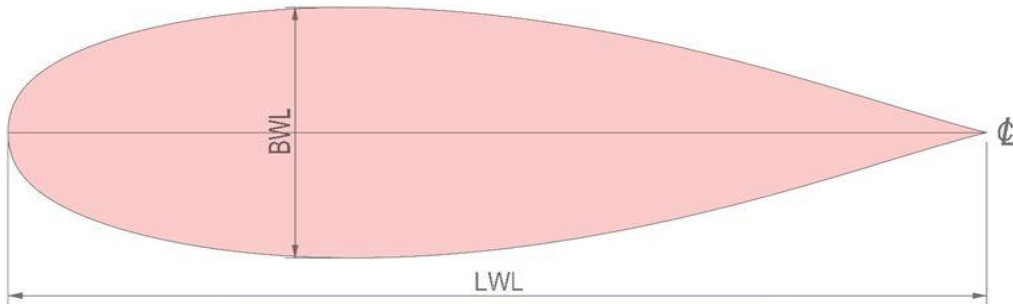
Metacentric radius (m) :

$$\overline{BM} = \frac{I}{\nabla}$$

I = second moment of waterplane (m⁴)

∇ = displacement (m³)

Second Moment of Waterplane I

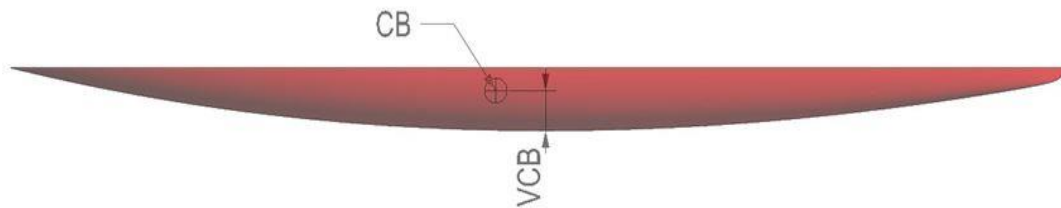


$$I = \frac{L_{WL} \cdot B_{WL}^3}{12} \cdot k$$

k depends on waterplane shape

$k \approx C_w^2$ on modern sailboat hulls

Vertical Center of Buoyancy VCB

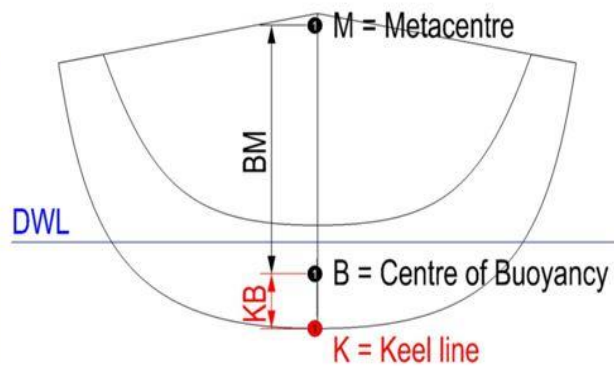


Morrish's approximation :

$$\overline{KB} = VCB = \frac{1}{3} \left(\frac{5}{2} T_c - \frac{\nabla}{A_w} \right)$$

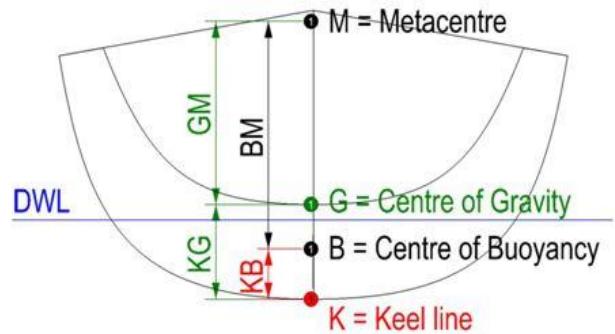
Metacentre from keel line :

$$\overline{KM} = \overline{BM} + \overline{KB}$$



Metacentric Height GM

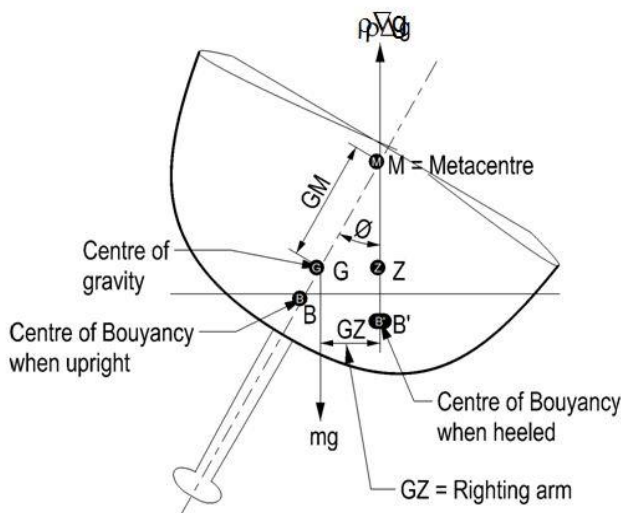
- Centre of gravity G (or KG) comes from weight calculation or heel test
- Difference between centre of gravity G and metacentre M is called metacentric height GM , and is a fundamental measurement of stability
- If G is above M , the vessel will capsize
- High GM in motor boats leads to jerky motions
- Low GM leads to wide, slow rolling
- $GM > 0,15$ m (IMO)
- Typically on sailboats $1\text{ m} < GM < 2\text{ m}$



Metacentric height :

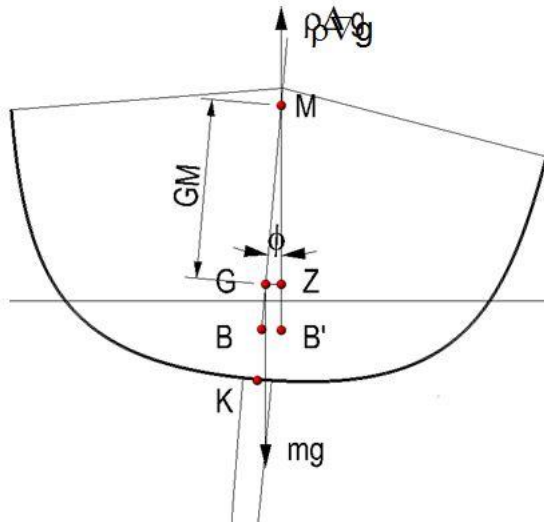
$$GM = KM - KG$$

When a vessel heels to angle Φ



- Centre of buoyancy B moves sideways to B'
- Metacentre M is always straight above B' and on the centre line of the vessel (on small heel angles)
- In between centre of gravity G and buoyancy B' is a horizontal distance GZ , called righting arm

Small angle heeling



$\rho \nabla g$ = Buoyant force
 mg = Gravitational force
 Φ = Heel Angle
 Z = Perpendicular to G
 B' = new buoyancy centre

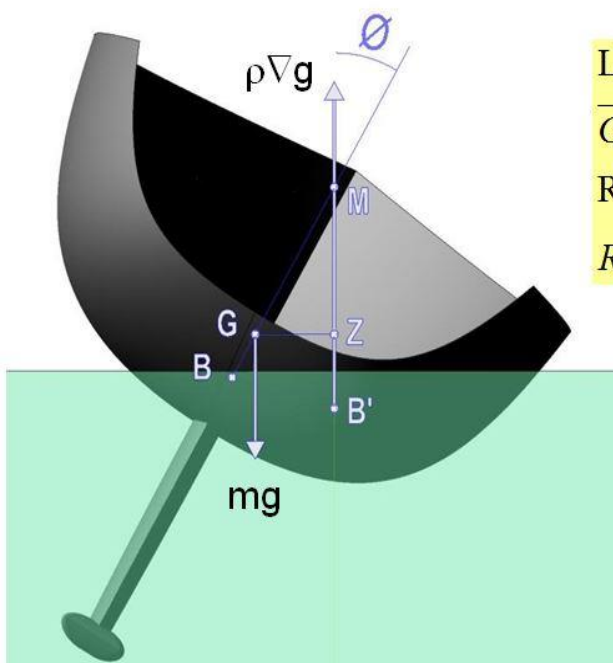
Righting Arm :

$$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin \phi$$

Righting Moment :

$$\overline{RM} = mg \cdot \overline{GZ}$$

Large angle heeling



Large angle heel $< 30^\circ$:

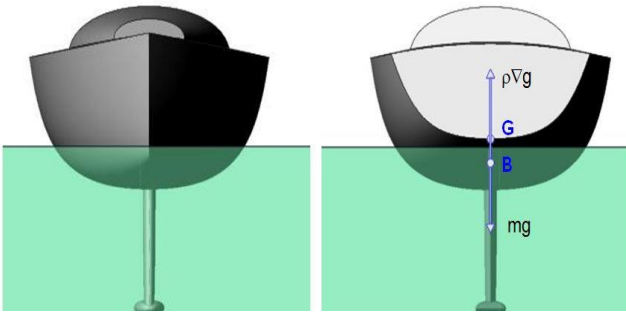
$$\overline{GZ} = \overline{GM} \cdot \sin \phi \cdot \cos \phi$$

Righting moment at 30 degrees :

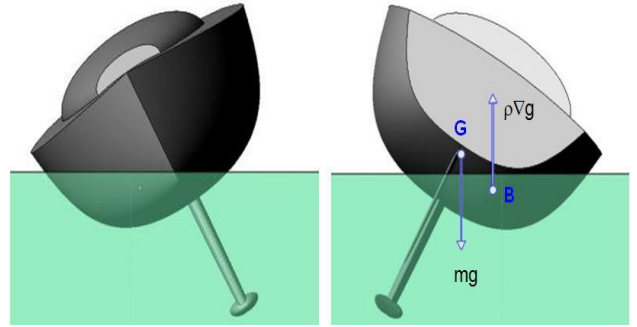
$$RM_{30} = mg \cdot \overline{GM} \cdot \sin 30 \cdot \cos 30$$

- When the boat heels, metacentric radius will decrease by $\cos \phi$, until the gunwale sinks (approx. 35°).

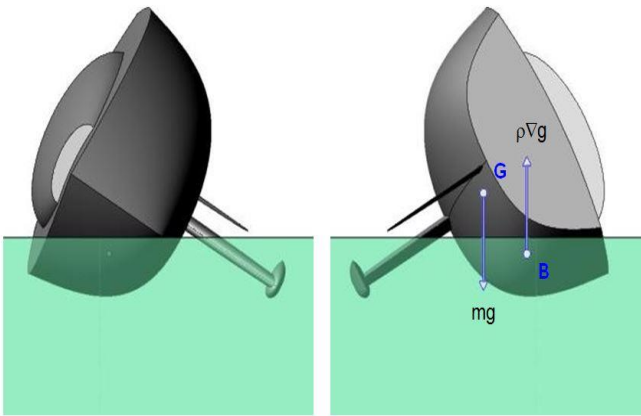
Angle of Heel 0°



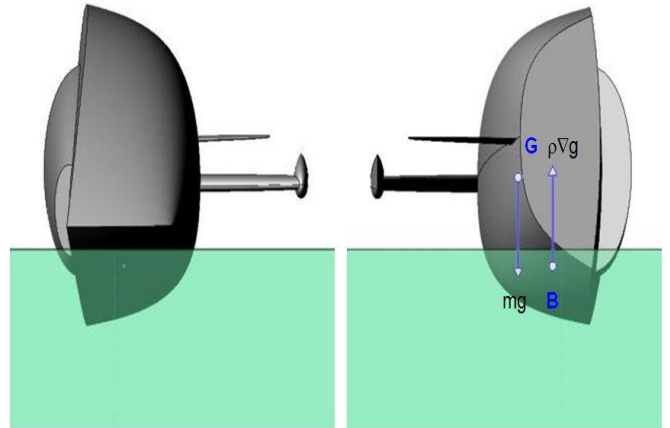
Angle of Heel 30°



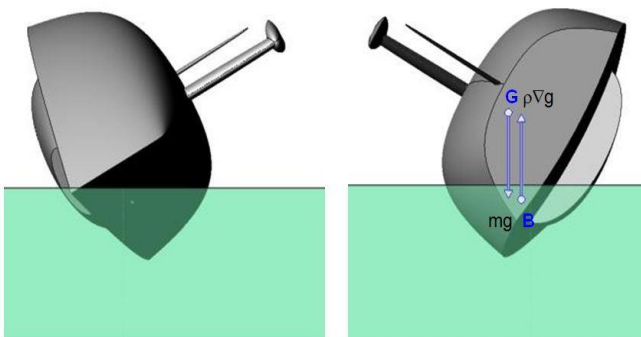
Angle of Heel 60°



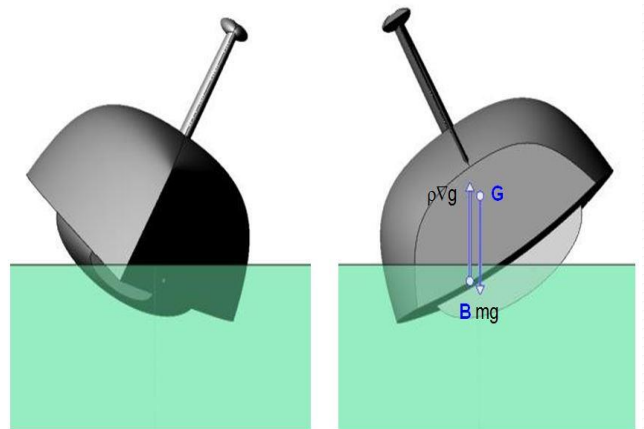
Angle of Heel 90°



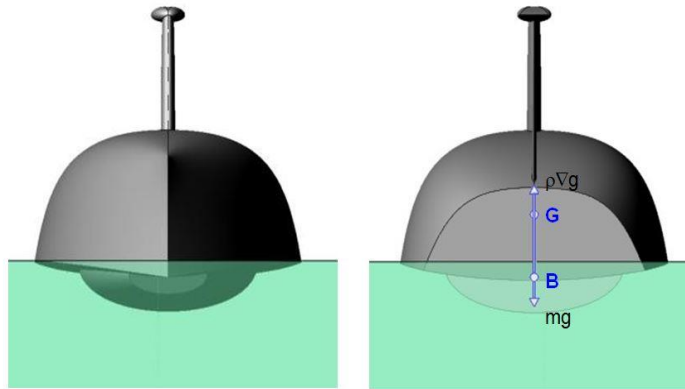
Angle of Heel 120°



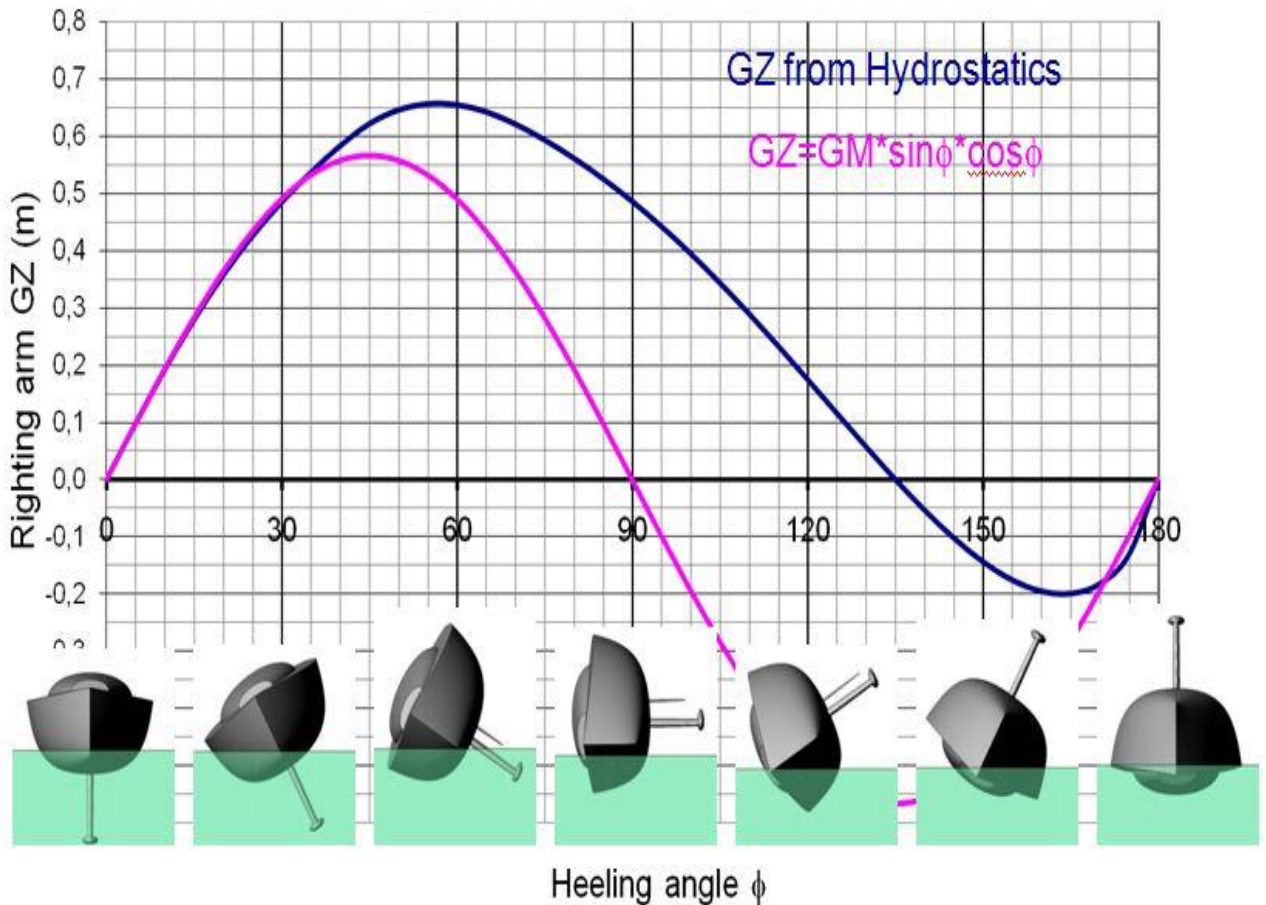
Angle of Heel 150°



Angle of Heel 180°

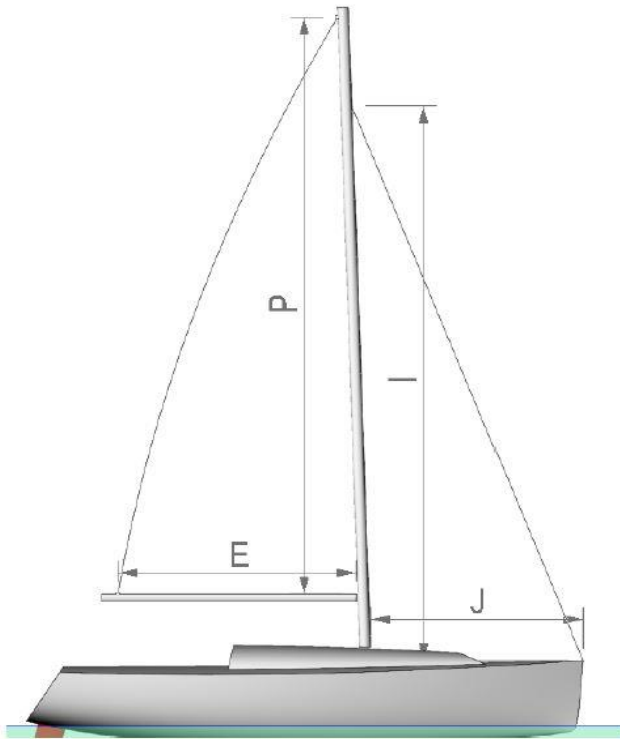


Stability curve



2.6 Sailing boat performance





Sail Area

Main sail area :

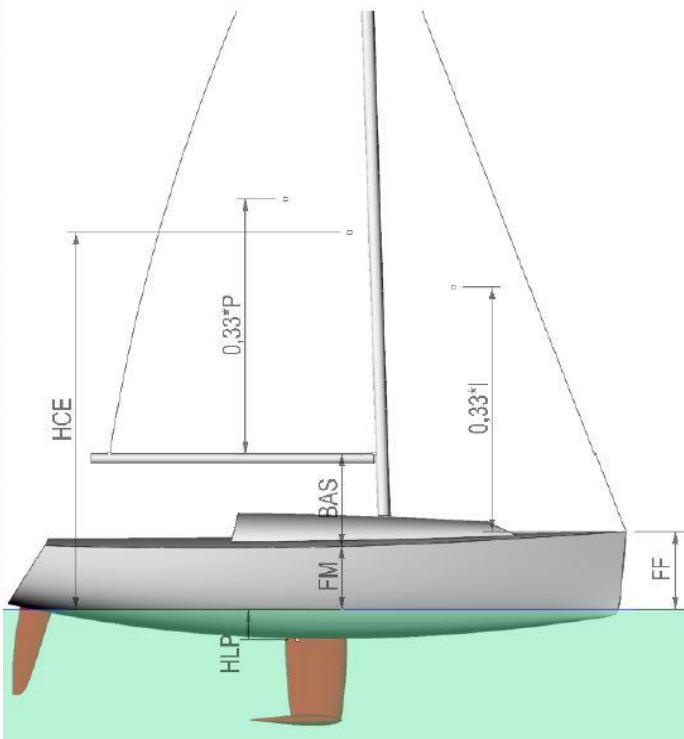
$$A_{sm} = \frac{P \cdot E}{2}$$

Fore triangle area :

$$A_{sf} = \frac{I \cdot J}{2}$$

Sail area :

$$A_s = A_{sm} + A_{sf}$$



Heeling Arm

Heeling arm of main sail

$$CE_m = 0,33 \cdot P + BAS + FM$$

Heeling arm of head sail

$$CE_f = 0,33 \cdot I + FF$$

Heeling arm of sail area

$$H_{CE} = \frac{CE_m \cdot A_{sm} + CE_f \cdot A_{sf}}{A_s}$$

Lateral centre below waterline

$$H_{LP} = 0,04 \cdot \sqrt[3]{m_{LDC}}$$

Heeling arm of boat

$$HA = H_{CE} + H_{LP}$$

Dellenbaugh angle

- Dellenbaugh angle is estimated heeling while sailing upwind at wind force 4 (approx. 8 m/s)
- Value of DA is compared to “stiff” or “tender” boat.
- Can be used for sail area estimation.

$$DA = 279 \cdot \frac{A_s \cdot HA}{m \cdot \overline{GM}}$$

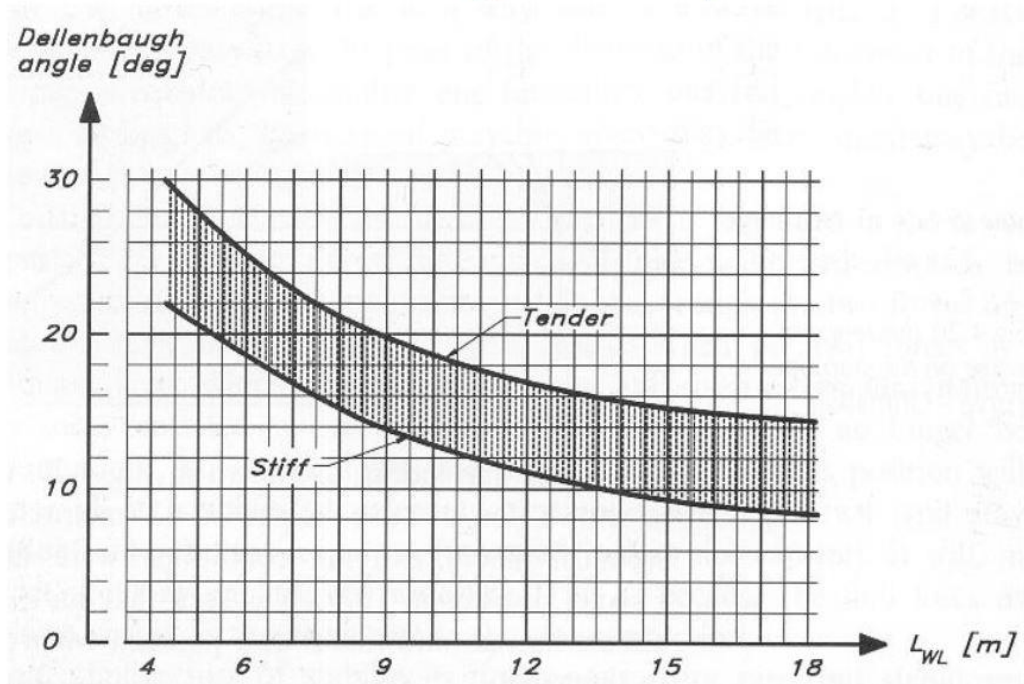
A_s = Sail area (m²)

HA = Heeling arm (m)

m = Displacement (kg)

\overline{GM} = Metacentric height (m)

Dellenbaugh compare



Sail Area/Displacement Ratio

$$SDR = \frac{A_s}{\nabla^{2/3}}$$

A_s = sail area (m²)

∇ = displacement (m³)

- Indicates Power to weight ratio
- <7 Motorsailor
- 14-20 Cruiser
- 20-22 Cruiser/Racer
- 22-25 Racer/Cruiser
- >25 Racer
- In old, narrow sailboats SDR is 1-2 smaller

Sail Area/Wetted Surface Ratio

$$SWR = \frac{A_s}{S_w + S_k + S_r}$$

$$S_w = 2 \cdot L_{WL} \cdot T_c + \frac{\nabla}{T_c} \quad \text{or}$$

$$S_w = 2,8 \cdot \sqrt{\nabla \cdot L_{WL}}$$

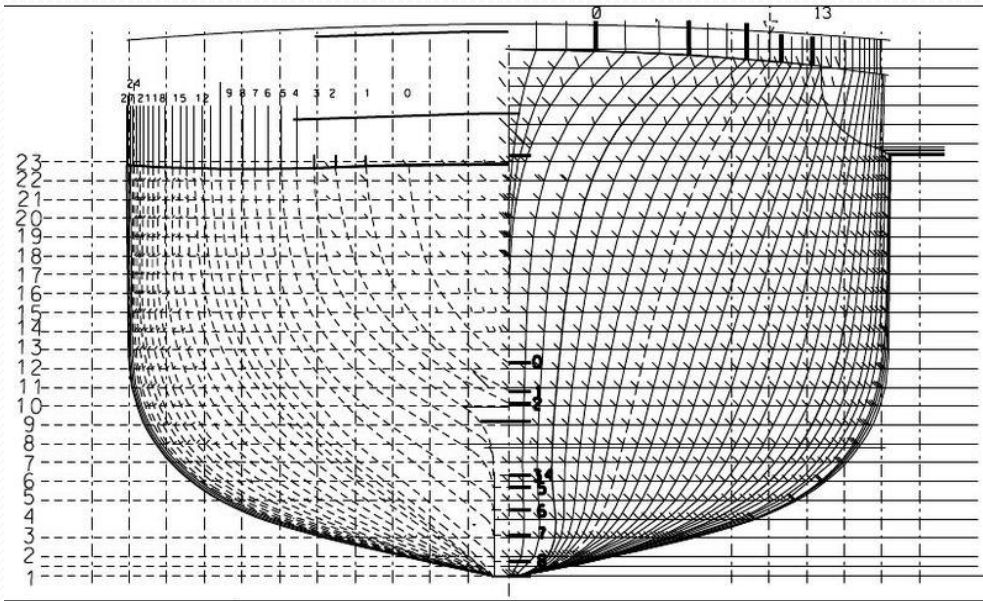
- Sail area/wetted surface ratio indicates performance in light wind.
- $SWR < 2,0$ slow
- $SWR > 2,5$ fast

S_k = Wetted surface of keel (m²) $S_k \approx 5\% \cdot A_s$

S_r = Wetted surface of rudder (m²) $S_r \approx 2\% \cdot A_s$

S_w = Wetted surface of hull (m²)

2.7 Lines Drawings



Cuttings of Lines Drawing

3D-surface is sliced up from three directions:

1.Stations

- Transversal and vertical cuts

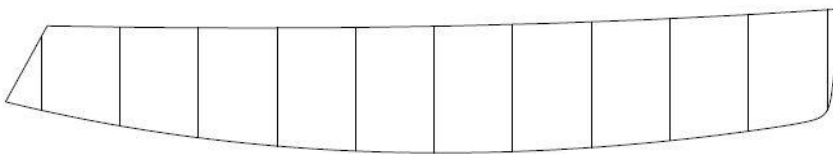
2.Waterlines

- Longitudinal and horizontal cuts

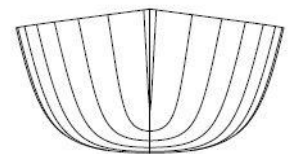
3.Buttocks

- Longitudinal and vertical cuts

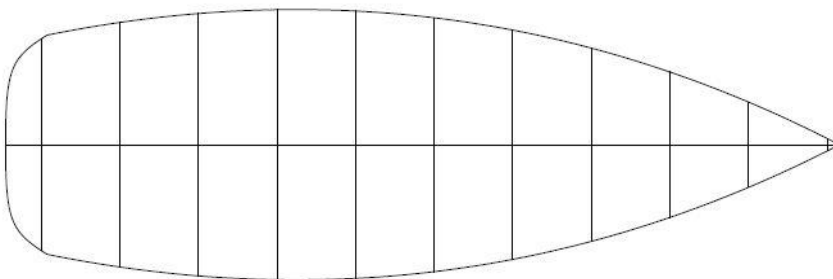
Stations



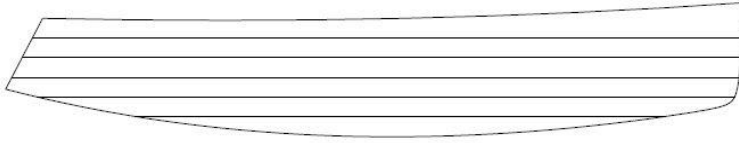
Vertical cuts



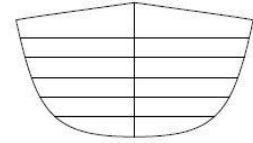
Station curves



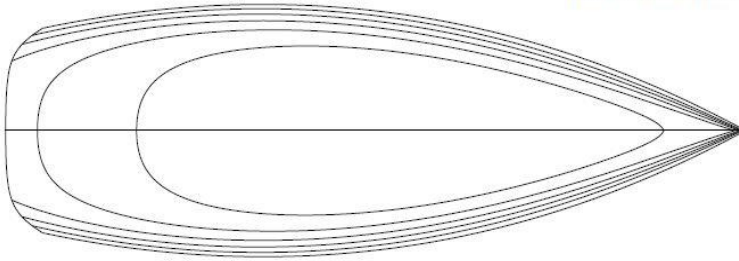
Waterlines



Horizontal cuts



Horizontal cuts

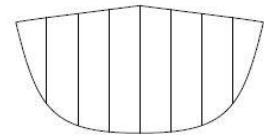


Waterline curves

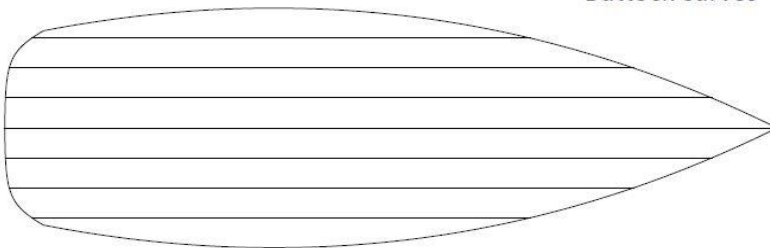
Buttocks



Buttock curves



Vertical cuts

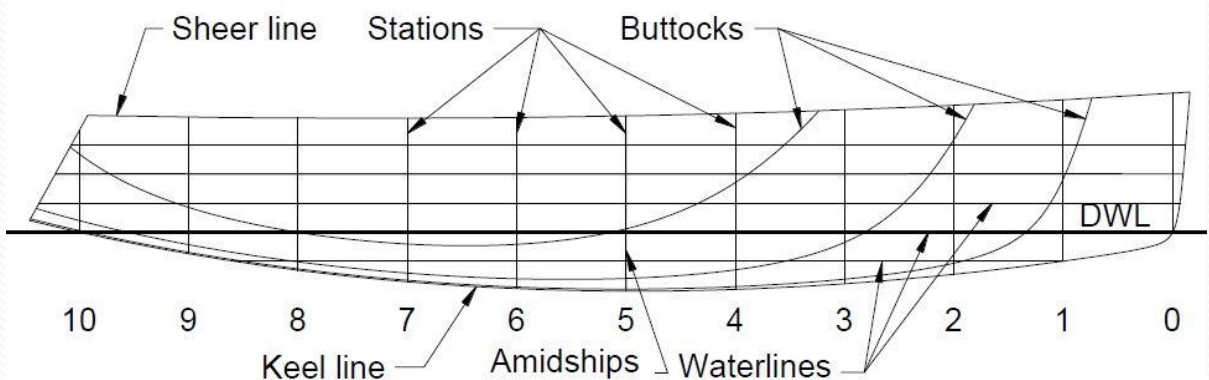


Longitudinal cuts

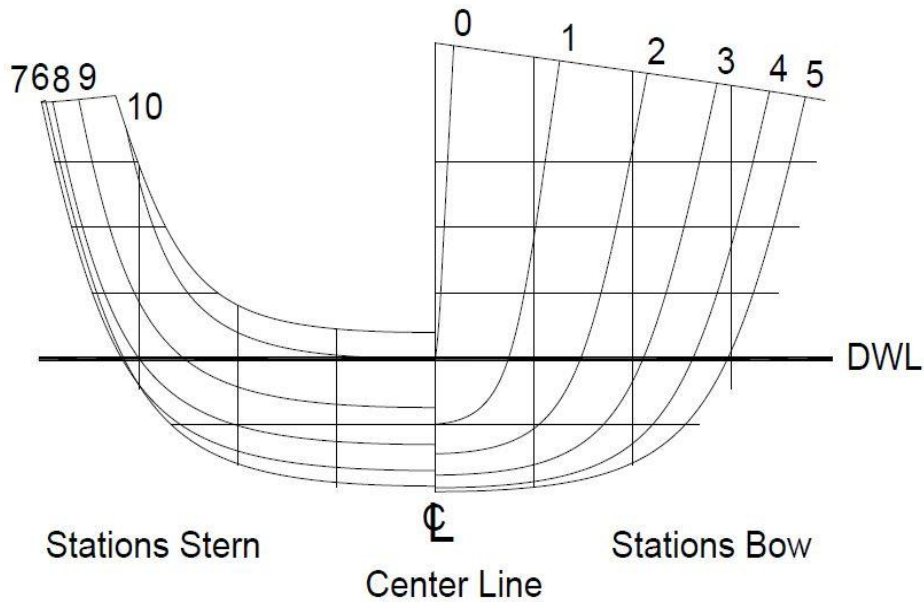
Views in Lines Drawing

- 3D-surface of the hull is projected in three orthogonal views:
- **Profile**
 - View straight from side
- **Body**
 - View straight from bow (or stern)
- **Plan**
 - View straight from bottom (or top)

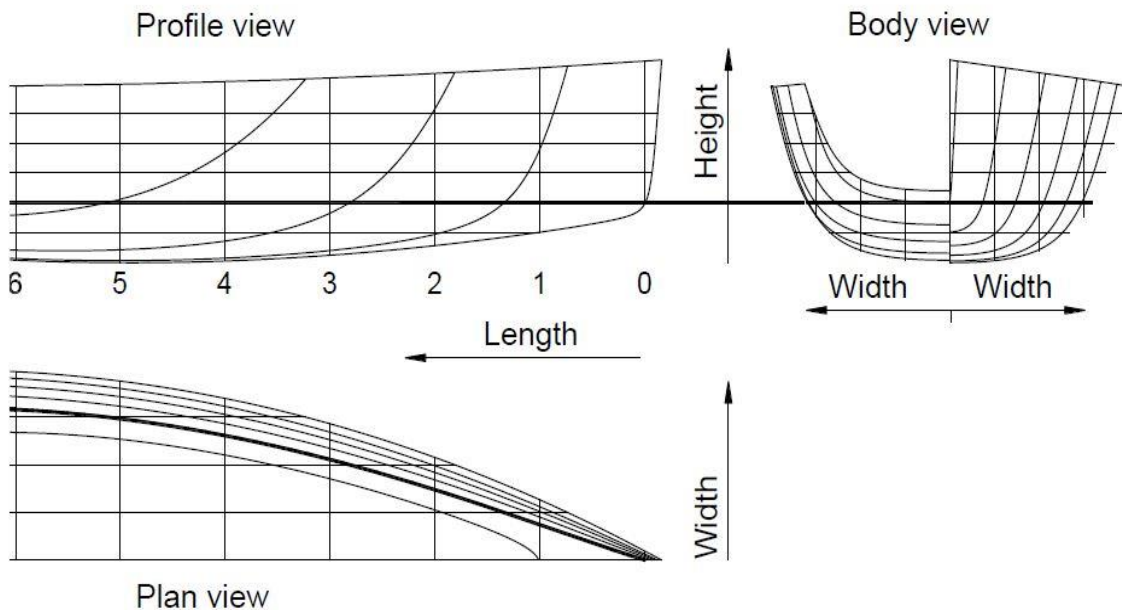
Profile (side view)



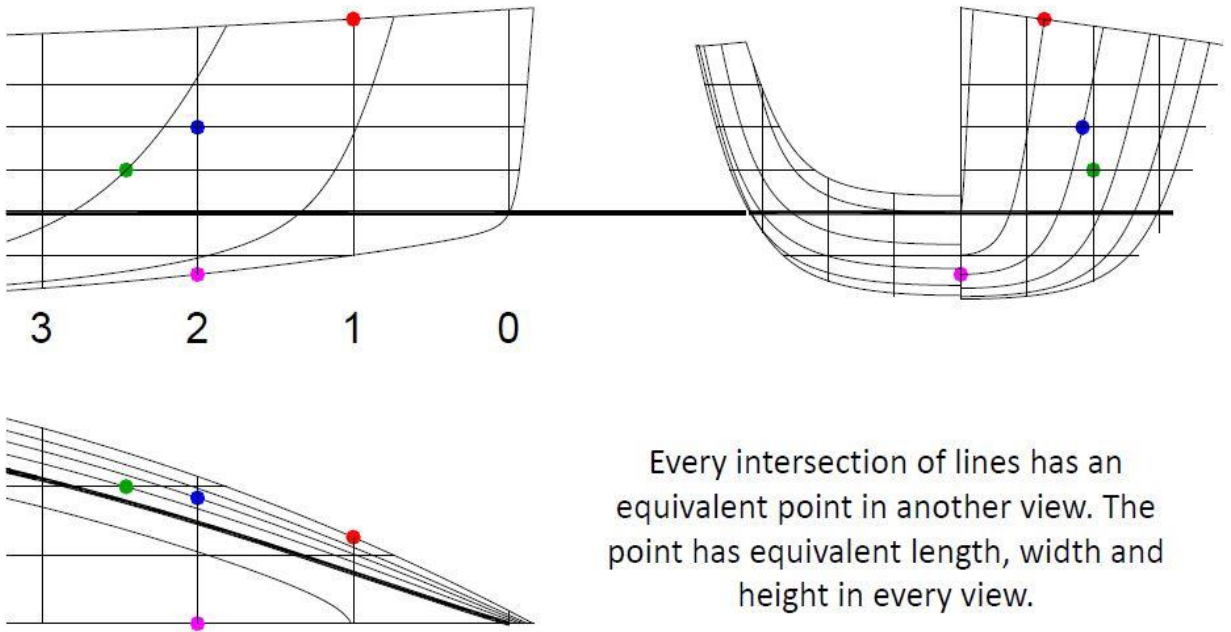
Body (stern & bow view)



Directions of dimensions



Equivalent points



Every intersection of lines has an equivalent point in another view. The point has equivalent length, width and height in every view.

2.8 Proposal concept design



Concept Design Process

- Design brief
- Operating speed -> Froude number, F_n -> boat type
- Parametric design
 - Existing boats-> data collection
 - Analysis -> parameters L/B , L/∇ , P/∇ , SA/∇ etc.
 - Synthesis -> choose of L , B , D , T , P , SA , etc.
 - Form coefficients C_b , C_w , C_m , C_p
- Sketching lines drawing
 - profile: sheer, keel, DWL
 - plan: (sheer, DWL)
 - body: amidships, transom
- Concept drawings
 - Profile (sail plan), deck plan, accommodation
- Check:
 - Displacement
 - Weight calculation
 - Stability
 - Performance
- Cost estimation

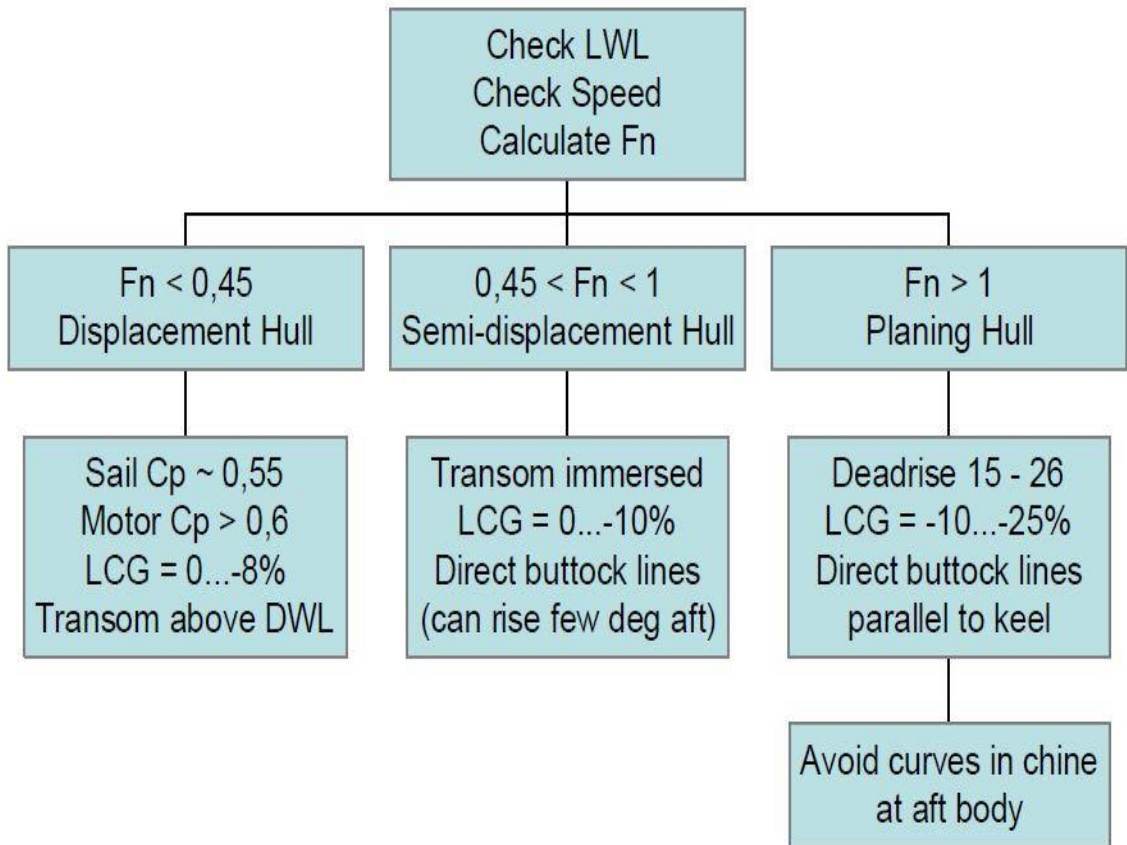
Design Brief

- Use of the boat
- Operational conditions
- Propulsion
- Operational speed
- Size of the boat
- Displacement
- Crew
- Cargo, loading
- Range
- Equipment
- One off / production
- Building cost
- Operating cost
- Accommodation
- Arrangements
- etc.

Why Concept Design?

- Improves possibilities to success
- You can get almost there at the first step, only some fine tuning left
- You can be quite sure of performance, stability and safety
- Still, you can do better (or worse) than existing boats
- You can get paid

HULL TYPE SELECTION

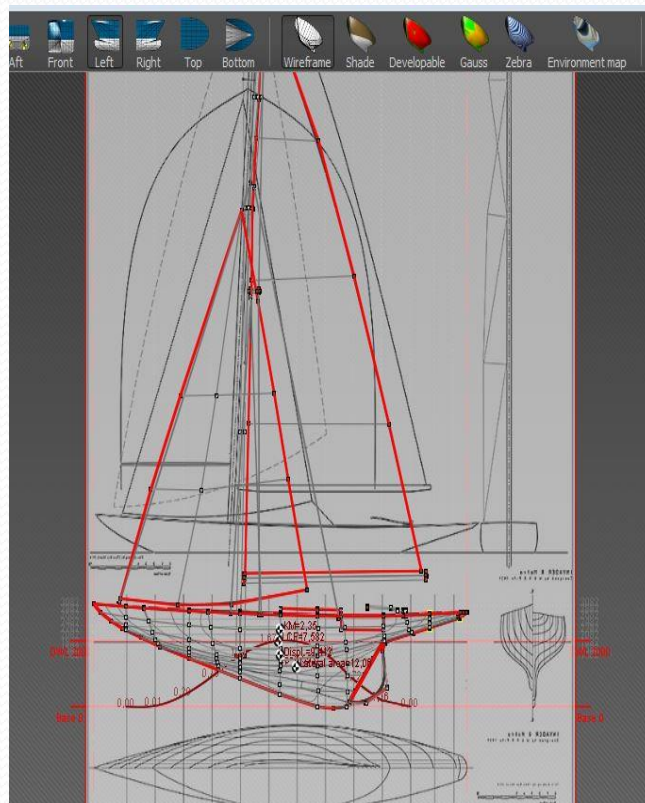
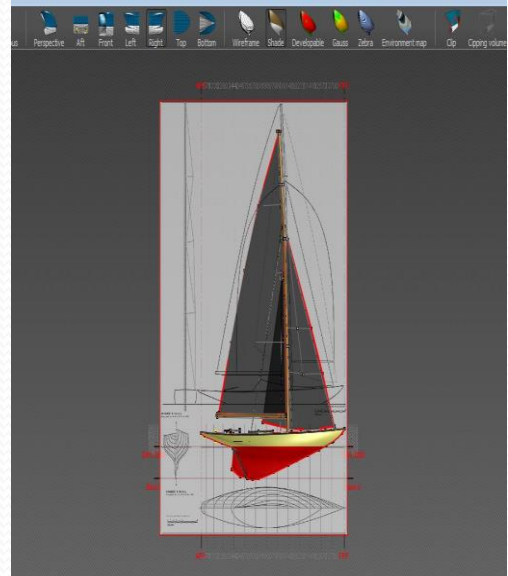
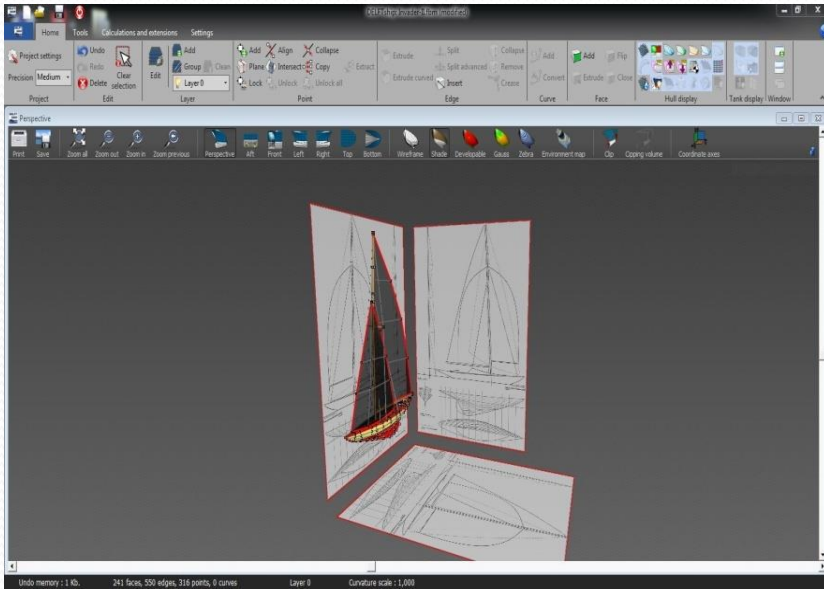


2.9 Creating hulls using Delftship Maritime Software

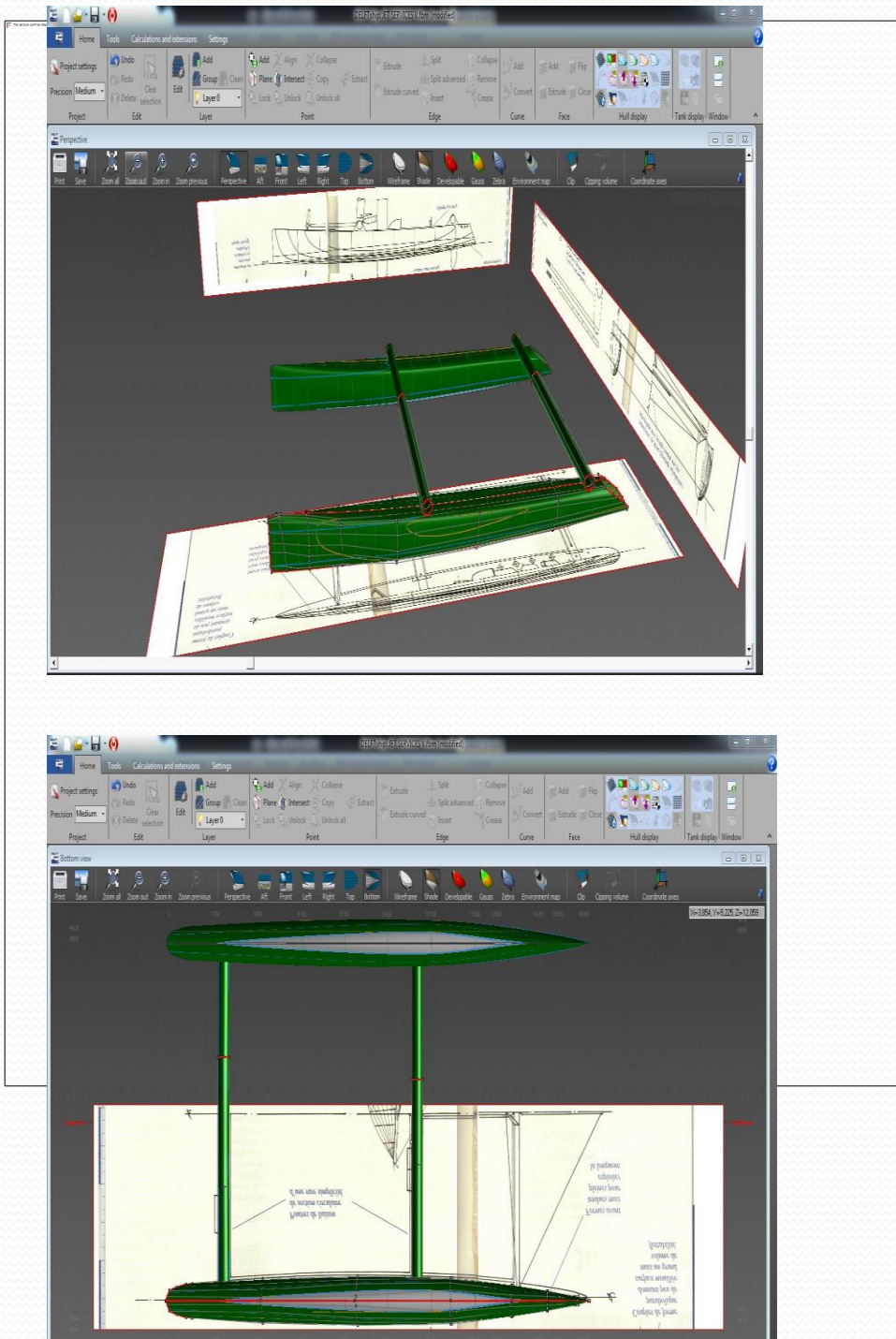


**DELFTSHIP
MARITIME
SOFTWARE**

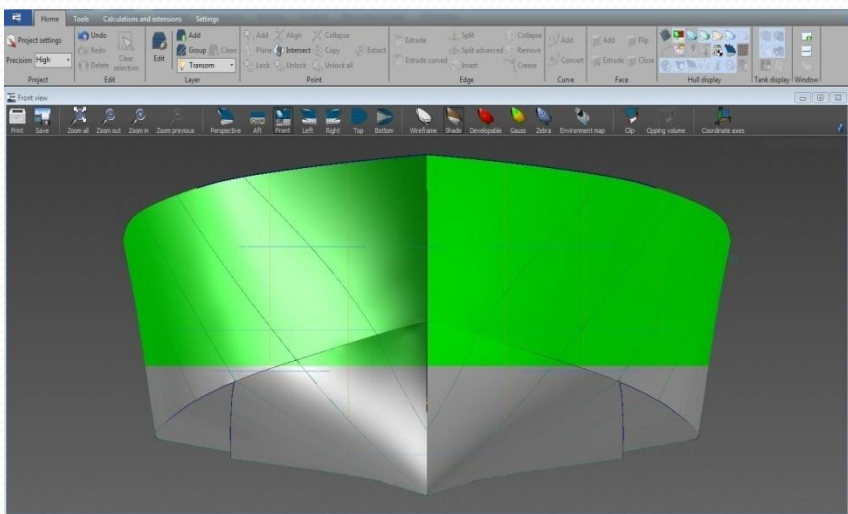
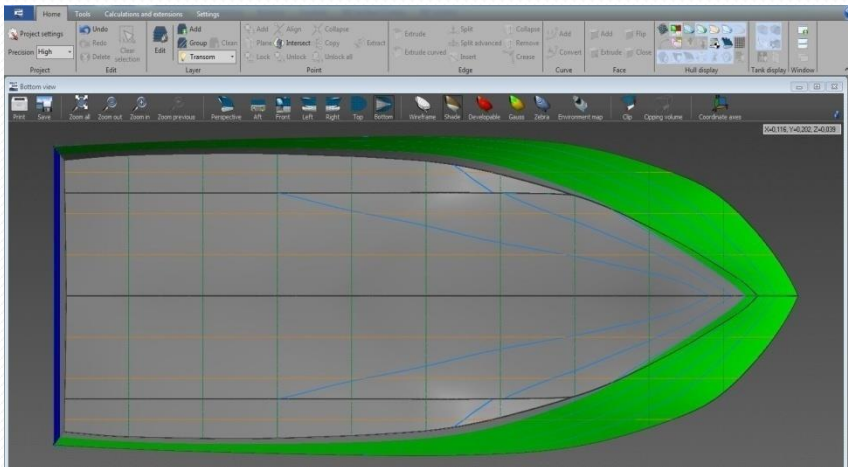
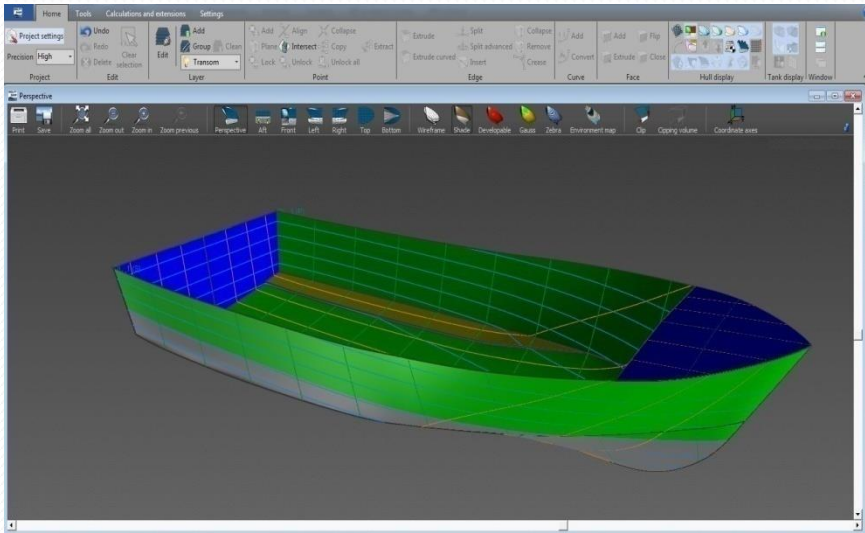
Displacement boat



Semi-displacement boat



Planing boat



Appendice I

REPORTS DI CALCOLI IDROSTATICI DI RESISTENZA AL MOTO GENERATI DA DELFTSHIP MARITIME SOFTWARE SULLE TRE CARENE REALIZZATE

Design hydrostatics report

Invader II

Designer	William Fife III		
Created by	Gaetano Anania		
Comment	www.classic-modellyacht-design.de		
Filename	Invader-II.fbm		
Design length	15,000 (m)	Midship location	7,500 (m)
Length over all	15,001 (m)	Relative water density	1,0250
Design beam	3,700 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	2,672 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	2,000 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	9,182 (m ³)	Length on waterline	9,649 (m)
Total displaced volume	9,182 (m ³)	Beam on waterline	2,582 (m)
Displacement	9,412 (tonnes)	Entrance angle	34,435 (Degr.)
Block coefficient	0,0827	Waterplane area	17,934 (m ²)
Prismatic coefficient	0,3534	Waterplane coefficient	0,3231
Vert. prismatic coefficient	0,2560	Waterplane center of floatation	7,582 (m)
Wetted surface area	35,468 (m ²)	Transverse moment of inertia	7,114 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	7,508 (m)	Longitudinal moment of inertia	93,613 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	0,084 %		
Vertical center of buoyancy	1,576 (m)		

Midship properties		Initial stability	
Midship section area	1,732 (m ²)	Transverse metacentric height	2,351 (m)
Midship coefficient	<u>0,2341</u>	Longitudinal metacentric height	11,771 (m)

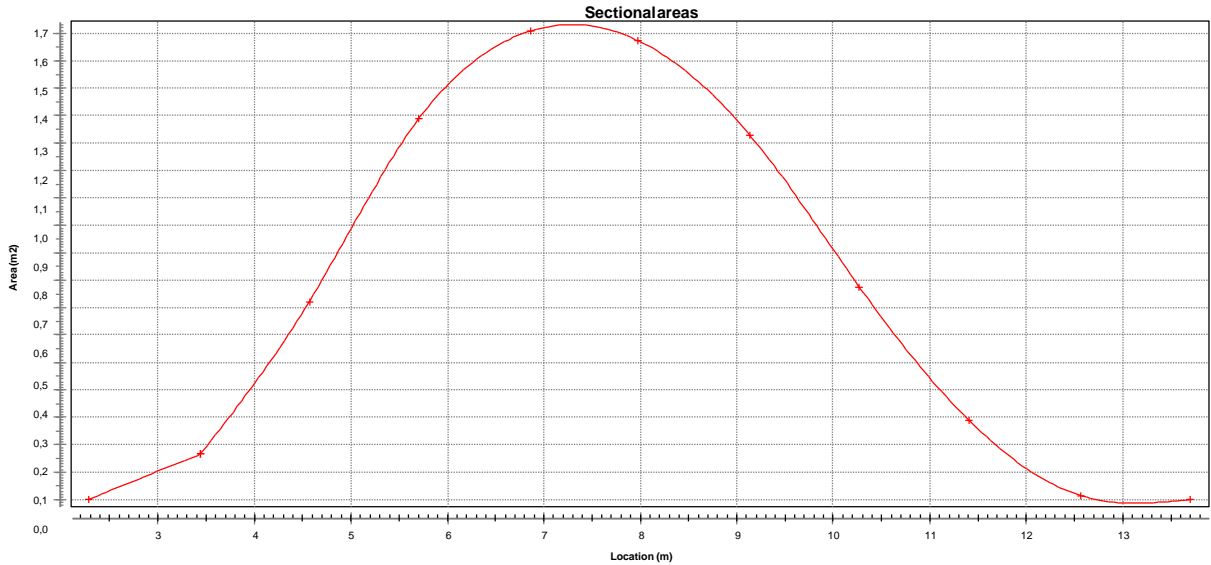
Lateral plane	
Lateral area	12,064 (m ²)
Longitudinal center of effort	6,864 (m)
Vertical center of effort	1,209 (m)

The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area (m ²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Layer 0	56,983	0,000	0,000	7,319	0,000 (CL)	1,839
Deck	21,628	0,000	0,000	7,312	0,000 (CL)	2,858
Kajüte	4,288	0,000	0,000	6,288	0,000 (CL)	2,942
Layer 4	4,534	0,000	0,000	4,224	0,000 (CL)	2,459
Mast	14,326	0,000	0,000	8,766	0,001 (PS)	11,499
Vorstag	1,187	0,000	0,000	11,317	0,000 (CL)	9,608
Saling	0,703	0,000	0,000	8,542	0,000 (CL)	12,654
Ob erwant1	0,812	0,000	0,000	8,258	0,000 (CL)	17,211
Ob erwant2	1,049	0,000	0,000	8,365	0,000 (CL)	7,723
B ackstag	1,192	0,000	0,000	6,855	0,000 (CL)	9,269
Unterwant1	0,863	0,000	0,000	8,480	0,000 (CL)	7,620
unterwant2	0,852	0,000	0,000	9,098	0,000 (CL)	7,649
Großb aum	4,280	0,000	0,000	5,396	0,696 (PS)	3,946
Großsegel	73,503	0,000	0,000	6,252	0,725 (PS)	10,451
Fock	47,992	0,000	0,000	9,850	0,615 (PS)	7,292

Location	Area (m ²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Pinne	0,518	0,000	0,000	3,091	0,000 (CL)	2,951
Layer 21	4,750	0,000	0,000	3,832	0,000 (CL)	0,851
Total	239,462		0,000	0,000	0,000 (CL)	0,000

Sectional areas									
Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)
2,280	0,000	4,570	0,722	7,980	1,673	11,410	0,287		
3,440	0,165	5,700	1,387	9,140	1,327	12,570	0,013		
3,440	0,165	6,860	1,709	10,270	0,775	13,700	0,000		



NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base Z=0,000
 NOTE 2: All calculated coefficients based on project length, draft and beam.

Hydrostatics

Relative water density : 1,0250

Trim: 0,000 (m)

Draft (m)	Displ FW (tonnes)	Displ. (tonnes)	LCB (m)	VCB (m)	TCB (m)	KMt (m)	KMI (m)	MCT (t*m/cm)	TpCm (t/cm)
0,000	0,001	0,001	5,449	-0,013	0,000	0,015	2,91	0,000	0,001
1,000	0,886	0,908	6,445	0,646	0,000	0,672	4,76	0,002	0,019

NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base Z=0,000

NOTE 2: All calculated coefficients based on project length, draft and beam.

Nomenclature

Draft	<i>Moulded draft, measured from baseline</i>
Displ FW	<i>Displacement fresh water</i>
Displ.	<i>Displacement</i>
LCB	<i>Longitudinal center of buoyancy, measured from the aft perpendicular at X=0.0</i>
VCB	<i>Vertical center of buoyancy</i>
TCB	<i>Transverse center of buoyancy</i>
KMt	<i>Transverse metacentric height</i>
KMI	<i>Longitudinal metacentric height</i>
MCT	<i>Moment to change trim one unit</i>
TpCm	<i>Weight to change the immersion with one unit</i>

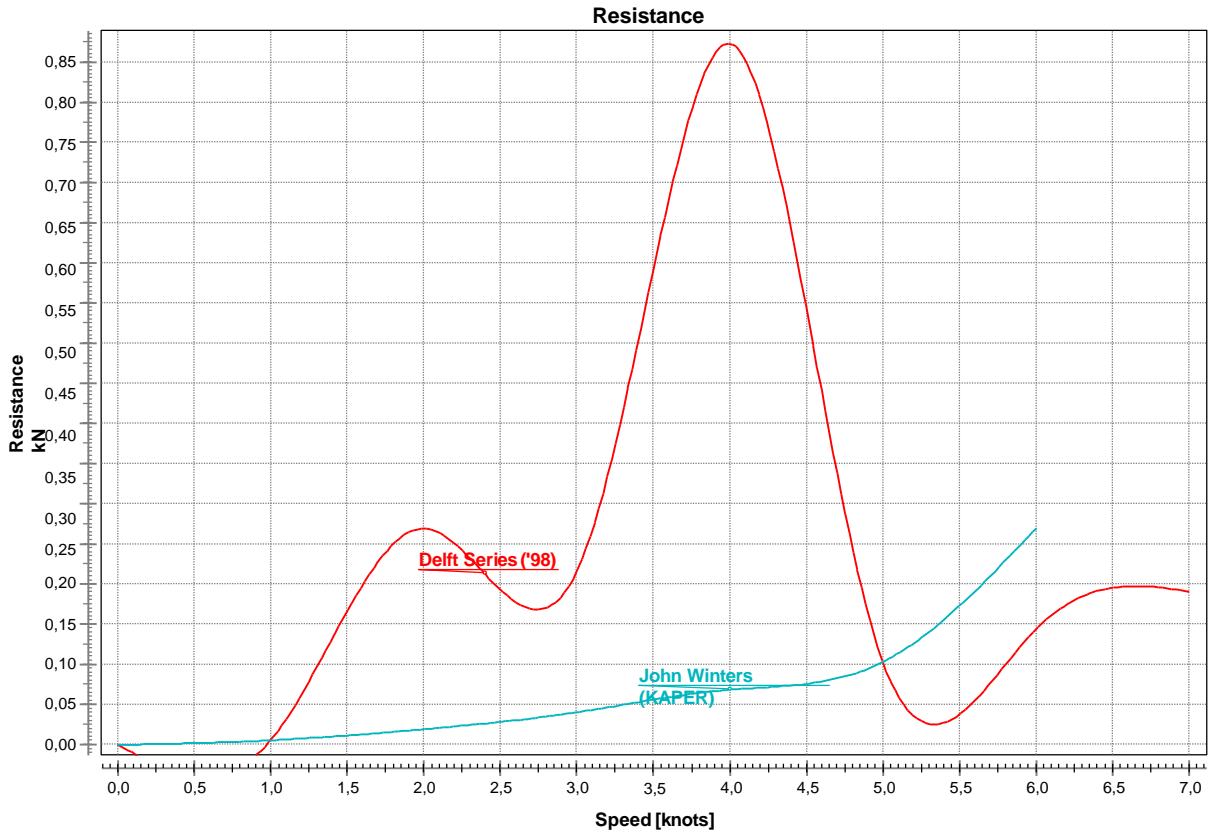
Resistance calculations.

Delft Series ('98).

Resistance according to Delft Series ('98)							
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	Effective power (kW)	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
1,00	0,514	0,078	0,0055	0,0000	0,0055	0,003	
2,00	1,029	0,156	0,0194	0,2499	0,2692	0,277	
3,00	1,543	0,235	0,0405	0,1755	0,2160	0,333	
4,00	2,058	0,313	0,0685	0,8046	0,8730	1,797	
5,00	2,572	0,391	0,1030	0,0000	0,1030	0,265	
6,00	3,087	0,469	0,1438	0,0000	0,1438	0,444	
7,00	3,601	0,548	0,1908	0,0000	0,1908	0,687	

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)						
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	
1,00	0,514	0,065	0,0055	0,0000	0,0055	
2,00	1,029	0,131	0,0194	0,0000	0,0194	
3,00	1,543	0,196	0,0405	0,0000	0,0405	
4,00	2,058	0,262	0,0685	0,0000	0,0685	
5,00	2,572	0,327	0,1030	0,0000	0,1030	
6,00	3,087	0,393	0,1438	0,1253	0,2691	



Design hydrostatics report

TRL_4_3m_50hp

Designer	D.A.Kurbatov		
Created by	Gaetano Anania		
Comment	Motor boat for cruise and fishing		
Filename	TRL_4_3m_50hp.fbm		
Design length	4,300 (m)	Midship location	2,150 (m)
Length over all	4,299 (m)	Relative water density	1,0000
Design beam	1,700 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	1,706 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,312 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	1,059 (m ³)	Length on waterline	3,968 (m)
Total displaced volume	1,059 (m ³)	Beam on waterline	1,582 (m)
Displacement	1,059 (tonnes)	Entrance angle	44,923 (Degr.)
Block coefficient	0,4642	Waterplane area	5,090 (m ²)
Prismatic coefficient	0,7772	Waterplane coefficient	0,6964
Vert. prismatic coefficient	0,6666	Waterplane center of floatation	1,702 (m)
Wetted surface area	6,471 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,894 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,594 (m)	Longitudinal moment of inertia	5,085 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-14,013 %		
Vertical center of buoyancy	0,197 (m)		

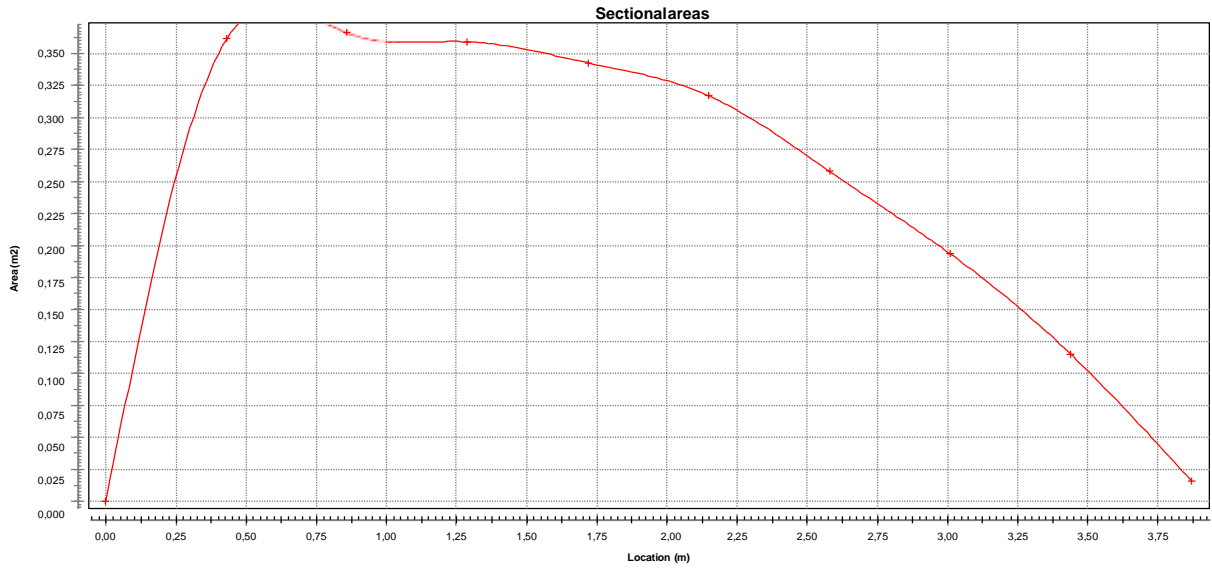
Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,317 (m ²)	Transverse metacentric height	1,041 (m)
Midship coefficient	0,5973	Longitudinal metacentric height	5,000 (m)

Lateral plane	
Lateral area	1,150 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,977 (m)
Vertical center of effort	0,163 (m)

The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area (m ²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Transom	0,746	0,009	0,018	0,031	0,000 (CL)	0,329
Bottom plate	4,257	0,009	0,100	1,966	0,000 (CL)	0,096
Deck	0,577	0,009	0,014	3,861	0,000 (CL)	0,778
Redan	0,080	0,009	0,002	1,353	0,000 (CL)	0,124
Side plate	4,061	0,009	0,096	2,257	0,000 (CL)	0,447
Bottom plate side	1,022	0,009	0,024	1,323	0,000 (CL)	0,146
Total	10,744		0,253	1,977	0,000 (CL)	0,286

Sectional areas									
Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)
0,000	0,000	0,860	0,366	1,720	0,343	2,580	0,258	3,440	0,115
0,430	0,362	1,290	0,359	2,150	0,317	3,010	0,193	3,870	0,016



NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base $Z=0,000$

NOTE 2: All calculated coefficients based on project length, draft and beam.

Hydrostatics

Relative water density : 1,0250

Trim: 0,000 (m)

Draft (m)	Displ FW (tonnes)	Displ. (tonnes)	LCB (m)	VCB (m)	TCB (m)	KMt (m)	KMI (m)	MCT (t*m/cm)	TpCm (t/cm)
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000

NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base Z=0,000

NOTE 2: All calculated coefficients based on actual dimensions of submerged body.

Nomenclature

Draft	<i>Moulded draft, measured from baseline</i>
Displ FW	<i>Displacement fresh water</i>
Displ.	<i>Displacement</i>
LCB	<i>Longitudinal center of buoyancy, measured from the aft perpendicular at X=0.0</i>
VCB	<i>Vertical center of buoyancy</i>
TCB	<i>Transverse center of buoyancy</i>
KMt	<i>Transverse metacentric height</i>
KMI	<i>Longitudinal metacentric height</i>
MCT	<i>Moment to change trim one unit</i>
TpCm	<i>Weight to change the immersion with one unit</i>

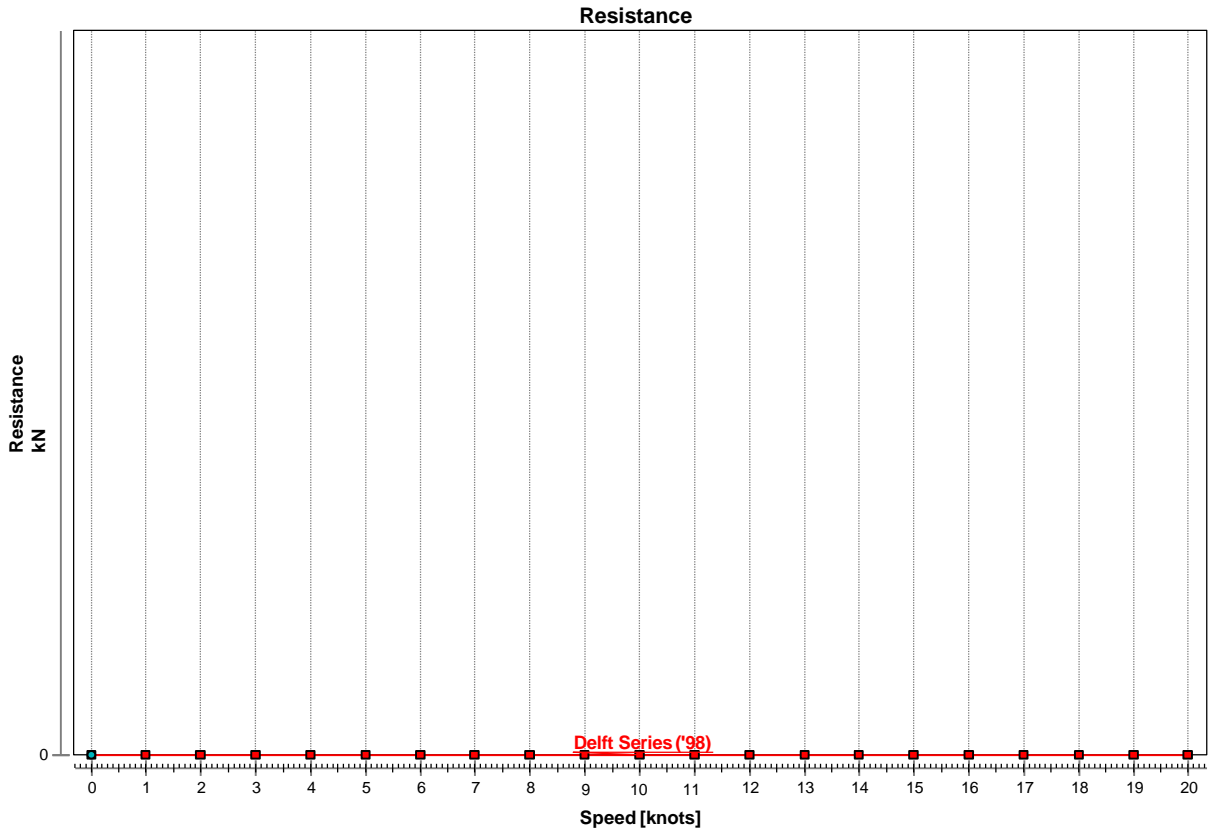
Resistance calculations.

Delft Series ('98).

Resistance according to Delft Series ('98)							
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	Effective power (kW)	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
1,00	0,514	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
2,00	1,029	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
3,00	1,543	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
4,00	2,058	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
5,00	2,572	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
6,00	3,087	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
7,00	3,601	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
8,00	4,116	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
9,00	4,630	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
10,00	5,144	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
11,00	5,659	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
12,00	6,173	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
13,00	6,688	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
14,00	7,202	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
15,00	7,717	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
16,00	8,231	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
17,00	8,746	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
18,00	9,260	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
19,00	9,774	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	
20,00	10,289	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	

John Winters (KAPER).

Resistance according to John Winters (KAPER)						
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	
0,00	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	



Design hydrostatics report

TRL_4_3m_50hp

Designer	D.A.Kurbatov		
Created by	Gaetano Anania		
Comment	Motor boat for cruise and fishing		
Filename	TRL_4_3m_50hp.fbm		
Design length	4,300 (m)	Midship location	2,150 (m)
Length over all	4,299 (m)	Relative water density	1,0000
Design beam	1,700 (m)	Mean shell thickness	0,0000 (m)
Maximum beam	1,706 (m)	Appendage coefficient	1,0000
Design draft	0,312 (m)		

Volume properties		Waterplane properties	
Moulded volume	1,059 (m ³)	Length on waterline	3,968 (m)
Total displaced volume	1,059 (m ³)	Beam on waterline	1,582 (m)
Displacement	1,059 (tonnes)	Entrance angle	44,923 (Degr.)
Block coefficient	0,4642	Waterplane area	5,090 (m ²)
Prismatic coefficient	0,7772	Waterplane coefficient	0,6964
Vert. prismatic coefficient	0,6666	Waterplane center of floatation	1,702 (m)
Wetted surface area	6,471 (m ²)	Transverse moment of inertia	0,894 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	1,594 (m)	Longitudinal moment of inertia	5,085 (m ⁴)
Longitudinal center of buoyancy	-14,013 %		
Vertical center of buoyancy	0,197 (m)		

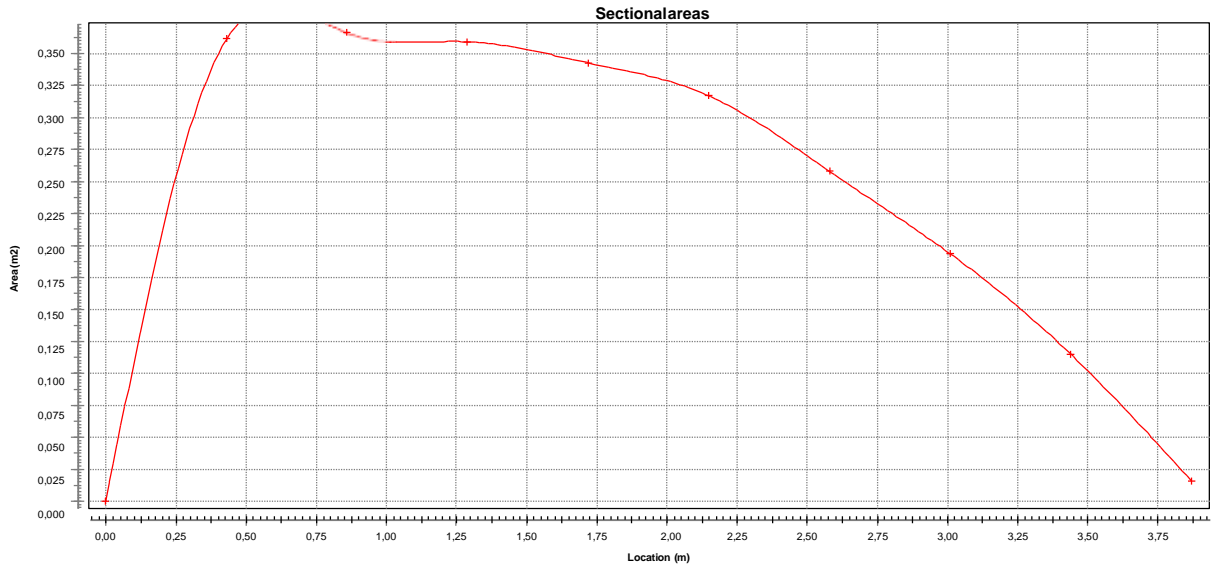
Midship properties		Initial stability	
Midship section area	0,317 (m ²)	Transverse metacentric height	1,041 (m)
Midship coefficient	0,5973	Longitudinal metacentric height	5,000 (m)

Lateral plane	
Lateral area	1,150 (m ²)
Longitudinal center of effort	1,977 (m)
Vertical center of effort	0,163 (m)

The following layer properties are calculated for both sides of the ship

Location	Area (m ²)	Thickness (m)	Weight (tonnes)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Transom	0,746	0,009	0,018	0,031	0,000 (CL)	0,329
Bottom plate	4,257	0,009	0,100	1,966	0,000 (CL)	0,096
Deck	0,577	0,009	0,014	3,861	0,000 (CL)	0,778
Redan	0,080	0,009	0,002	1,353	0,000 (CL)	0,124
Side plate	4,061	0,009	0,096	2,257	0,000 (CL)	0,447
Bottom plate side	1,022	0,009	0,024	1,323	0,000 (CL)	0,146
Total	10,744		0,253	1,977	0,000 (CL)	0,286

Sectional areas									
Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)	Location (m)	Area (m ²)
0,000	0,000	0,860	0,366	1,720	0,343	2,580	0,258	3,440	0,115
0,430	0,362	1,290	0,359	2,150	0,317	3,010	0,193	3,870	0,016



NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base Z=0,000

NOTE 2: All calculated coefficients based on project length, draft and beam.

Hydrostatics

Relative water density : 1,0000

Trim: 0,000 (m)

Draft	Displ FW	Displ.	LCB	VCB	TCB	KMt	KMI	MCT	TpCm
(m)	(tonnes)	(tonnes)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(t*m/cm)	(t/cm)
0,312	1,059	1,059	1,594	0,197	0,000	1,041	5,00	0,012	0,051

NOTE 1: Draft (and all other vertical heights) is measured from base Z=0,000

NOTE 2: All calculated coefficients based on project length, draft and beam.

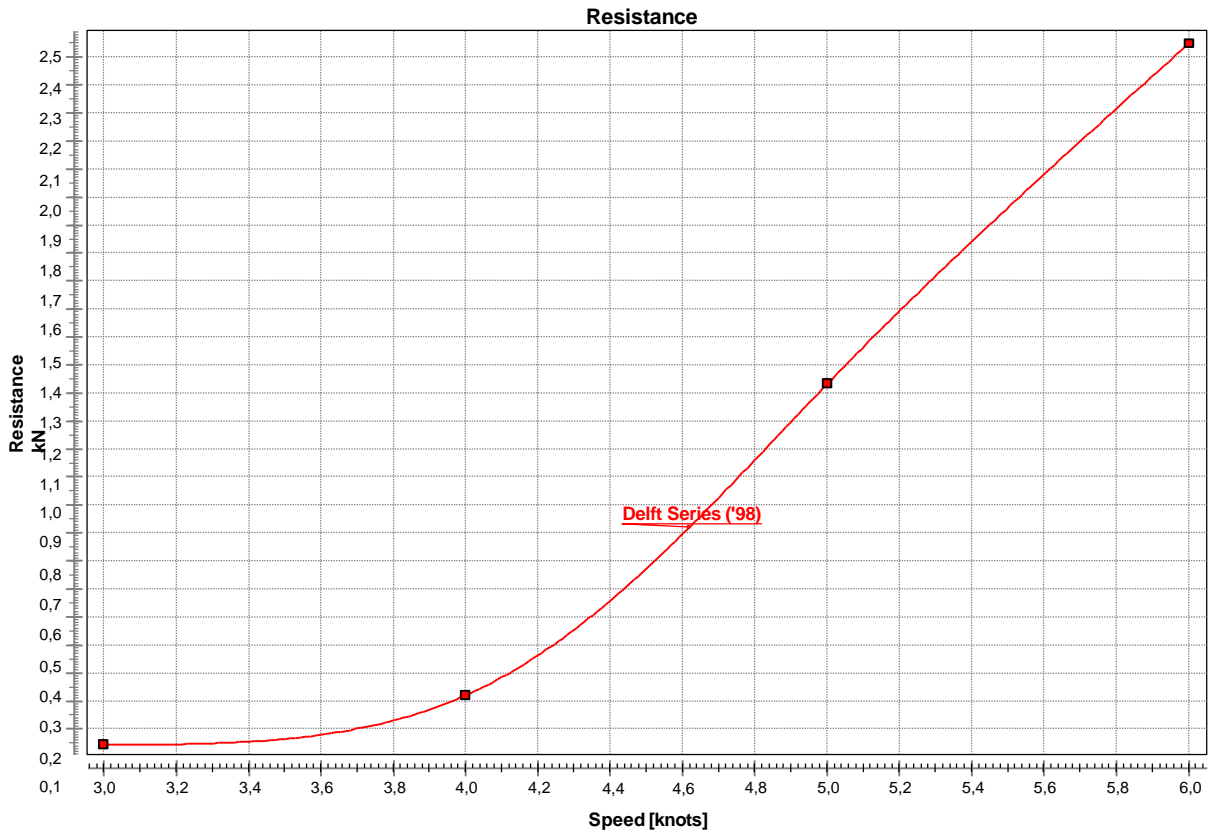
Nomenclature

Draft	<i>Moulded draft, measured from baseline</i>
Displ FW	<i>Displacement fresh water</i>
Displ.	<i>Displacement</i>
LCB	<i>Longitudinal center of buoyancy, measured from the aft perpendicular at X=0.0</i>
VCB	<i>Vertical center of buoyancy</i>
TCB	<i>Transverse center of buoyancy</i>
KMt	<i>Transverse metacentric height</i>
KMI	<i>Longitudinal metacentric height</i>
MCT	<i>Moment to change trim one unit</i>
TpCm	<i>Weight to change the immersion with one unit</i>

Resistance calculations.

Delft Series ('98).

Resistance according to Delft Series ('98)							
Speed (kn.)	Speed (m/s)	Froude number	Frictional resistance kN	Residual resistance kN	Total resistance kN	Effective power (kW)	
3,00	1,543	0,295	0,0266	0,0181	0,0447	0,069	
4,00	2,058	0,394	0,0448	0,1751	0,2200	0,453	
5,00	2,572	0,492	0,0673	1,2652	1,3326	3,428	
6,00	3,087	0,590	0,0940	2,4541	2,5481	7,865	



Appendice II

NORMATIVE SULLE IMBARCAZIONI DA DIPORTO

1. LA DIRETTIVA EUROPEA SULLE IMBARCAZIONI DA DIPORTO

ORIGINI E SVILUPPI

L'introduzione di una normativa europea nel campo delle imbarcazioni da diporto è senz'altro fra i fattori che nell'ultimo ventennio hanno avuto maggior influenza nel determinare gli sviluppi della progettazione nautica. Le prime basi di tale normativa furono poste nel 1992, quando la rilevanza assunta dal mercato della nautica da diporto e l'esigenza di fissare norme comunitarie che armonizzassero quelle nazionali allora vigenti, indussero la Commissione europea a presentare agli organi legislativi dell'Unione europea una proposta di direttiva sul ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri riguardanti le imbarcazioni da diporto. Dopo poco più di due anni, il 16 giugno 1994, venne adottata la Direttiva 94/25/CE, entrata in vigore il 16 giugno 1998, dopo un periodo transitorio di quattro anni. La prima versione della Direttiva, la 94/25/CE, regolava quasi unicamente gli aspetti di sicurezza delle imbarcazioni e dei componenti, tuttavia, sulla scia di una sempre maggior attenzione dell'Unione europea alla protezione dell'ambiente e dell'ecosistema marino, la Commissione, già nel 2000, presentò proposte di modifica al testo della Direttiva. Tali proposte, oltre ad accogliere alcune variazioni sulle caratteristiche di progettazione e costruzione delle imbarcazioni, introducevano anche una serie di rigidi requisiti sulle emissioni dei gas di scarico e sulle emissioni acustiche dei motori marini; inoltre veniva anche esteso il campo di applicazione della stessa Direttiva, per includervi anche le moto d'acqua. Queste modifiche venivano recepite ufficialmente nella Direttiva 2003/44/CE del 16 giugno 2003, che modifica la precedente direttiva 94/25/CE.

Il 28 dicembre 2013 è stata pubblicata sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea una nuova Direttiva, la 2013/53/EU, che detta requisiti ulteriormente restrittivi in materia di emissioni gassose per i motori marini e introduce altre modifiche, fra cui le più rilevanti sono:

- modifica delle definizioni delle quattro categorie di progettazione, che non vengono più indicate con i termini "in alto mare", "al largo", "in prossimità della costa" e "in acque protette" ma esclusivamente riferendosi alle condizioni ambientali della navigazione ossia forza del vento e altezza dell'onda significativa
- nuovi requisiti relativi alla protezione contro la caduta in mare e ai mezzi di rientro a bordo dell'equipaggio;
- obbligo di installazione di casse acque nere a bordo delle unità dotate di servizi igienici.

La Direttiva prevede un ampio lasso di tempo per il recepimento delle norme negli ordinamenti nazionali, fino al 18 gennaio 2016, quando l'attuale Direttiva cesserà la propria validità. Quanto diciamo nelle pagine seguenti si riferisce alla Direttiva più recente, la 2013/53/EU.

Inizialmente l'introduzione della normativa suscitò, oltre a molti consensi, anche una nutrita serie di critiche, polemiche e perplessità, in parte certamente giustificate. In particolare nel mondo anglosassone, tradizionalmente insofferente dei vincoli europei, venne inizialmente considerata come un appesantimento burocratico in un settore abituato ad autoregolamentarsi in modo abbastanza efficace. In tutta Europa i piccoli cantieri artigiani sollevarono il problema dei costi aggiuntivi che essa comportava, assai più penalizzanti per loro che per i produttori industriali; dai paesi extraeuropei essa fu criticata per gli ostacoli che frapponeva all'esportazione dei loro prodotti e considerata quasi una forma di protezionismo dell'Europa nei confronti della concorrenza globale, nonostante essa si ponesse esplicitamente con obiettivi del tutto opposti. A distanza di vent'anni dalla sua introduzione, per quanto permangano anche opinioni di diverso avviso, ci sembra che essa possa essere considerata come un successo e la si può annoverare fra i fattori che hanno contribuito al miglioramento qualitativo delle imbarcazioni di cui ha finito per beneficiare non solo l'Europa ma tutto il mercato mondiale. Non sta comunque a noi esprimere tale tipo di giudizi in quanto, in questa sede, ci interessa esaminarla esclusivamente in funzione dei riflessi che essa comporta per il progettista nautico. Ci limiteremo a tratteggiare i punti della Direttiva e delle norme connesse che ci sembrano più rilevanti sotto questo aspetto, sottolineando che chi produce o progetta una barca deve oggi avere una conoscenza completa e approfondita della normativa europea nonché di quella italiana (ormai pienamente armonizzata con quella europea) che regolamentano il settore. Quanto illustriamo in questo testo non può che costituirne una sintesi molto parziale. Ciò vale sia per gli aspetti più formali e burocratici sia per quelli strettamente tecnici.

Gli aspetti tecnici sono trattati in particolare nelle norme elaborate dall'ISO e ormai in buona parte recepite nelle normative degli stati membri dell'Unione europea (e in alcuni casi anche al di fuori di essa). Sempre più quindi esse hanno assunto lo status di standard internazionali di riferimento per il settore della nautica. Tali norme riguardano vari settori connessi alla progettazione, da quelli più generali, quali la stabilità, la galleggiabilità o la solidità strutturale delle barche, fino a quelli più di dettaglio relativi ai singoli elementi delle imbarcazioni, degli impianti e degli apparati motore. Forniremo alcune sintesi ed estratti di tali norme ma, data la loro complessità e il grado di dettaglio che esse presentano, ogni breve sintesi ne è impossibile e non si deve assolutamente ritenere che quanto forniamo possa esimere il progettista dalla necessità di una consultazione diretta delle norme. Le norme sono anche oggetto di un continuo lavoro di aggiornamento e quindi chi se ne serve deve verificare di disporre della normativa in vigore.

Ricordiamo inoltre che l'applicazione di norme non è di per sé sufficiente per progettare barche funzionali, solide, sicure e, tanto meno, belle. L'esperienza e la capacità del progettista, la comprensione dei fenomeni fisici alla base del funzionamento delle barche, lo studio degli

aspetti strutturali, impiantistici e di altro tipo connessi non solo non possono essere sostituiti da una normativa, sia pure dettagliata, ma al contrario sono tanto più necessari in una progettazione che negli ultimi decenni, anche per effetto delle menzionate normative, è andata sempre più perdendo il suo carattere artigianale e intuitivo per diventare (in taluni casi forse anche più del necessario) specialistica e scientificamente sofisticata.

“FILOSOFIA” DELLA DIRETTIVA EUROPEA

La Direttiva europea sulle imbarcazioni da diporto, che viene solitamente chiamata RCD, acronimo di *Recreational Craft Directive*, fu concepita fin dall’inizio con quello che venne definito come un “nuovo approccio” rispetto alle preesistenti normative nazionali. Essa infatti specifica dei requisiti essenziali, soprattutto in termini di sicurezza e di rispetto dell’ambiente, ai quali i prodotti devono attenersi. Al rispetto di tali requisiti è condizionata la possibilità di apporre la marcatura CE, obbligatoria per legge per i prodotti destinati a essere collocati nel mercato interno comunitario. Una volta ottenuta la marcatura CE i prodotti non devono sostenere presso i singoli Stati membri altre procedure, oltre a quelle previste dalla Direttiva stessa. Tutte le imbarcazioni comprese fra i 2,5 m e i 24 metri (salvo alcune eccezioni di cui diremo in seguito) e una serie di loro componenti, fra cui in particolare i motori, rientrano nel campo di applicazione della Direttiva e necessitano della marcatura CE.

Il punto essenziale della “filosofia” della Direttiva è ben riassunto nell’articolo 14, che così recita:

I prodotti conformi alle norme armonizzate o a parti di esse i cui riferimenti sono stati pubblicati nella Gazzetta ufficiale dell’Unione europea si presumono conformi ai requisiti oggetto di dette norme o parti di esse di cui all’articolo 4, paragrafo 1 e all’allegato I.

L’articolo 4 (Requisiti essenziali) al paragrafo 1, dice:

I prodotti di cui all’articolo 2, paragrafo 1, possono essere messi a disposizione o messi in servizio solo se non mettono in pericolo la salute e la sicurezza delle persone, le cose o l’ambiente quando siano sottoposti a manutenzione in modo corretto e utilizzati conformemente alla loro destinazione, e solo a condizione che soddisfino i requisiti essenziali di cui all’allegato I.

Nei due articoli citati sono esposti i tre concetti alla base della RCD, strettamente correlati fra di loro:

- i requisiti essenziali;
- la presunzione di conformità;
- le norme armonizzate.

I requisiti essenziali sono esposti nell’articolo 4 e descritti in modo più particolareggiato, ma pur sempre molto sintetico, nell’allegato I. Tutti i prodotti disciplinati dalla direttiva devono

conformarsi a essi, e viene lasciata facoltà di scelta ai produttori di imbarcazioni e di componenti su come conseguire tale conformità. Il modo più semplice per farlo, raccomandato ma non obbligatorio, è quello di applicare le cosiddette norme armonizzate. Si tratta di norme, definite dagli enti europei o da enti internazionali di normazione (in particolare dall'ISO) su mandato dell'Unione europea, che descrivono in modo tecnicamente dettagliato come possono essere soddisfatti i requisiti essenziali prescritti dalla Direttiva. L'applicazione da parte del fabbricante di una norma armonizzata costituisce presunzione di conformità. Essa non rappresenta tuttavia l'unico metodo disponibile per dimostrare la conformità ai requisiti essenziali: i fabbricanti possono infatti scegliere se attenersi o meno a tali norme, purché il prodotto soddisfi i requisiti essenziali. Qualora il fabbricante decida di non seguire una norma armonizzata, ha l'obbligo di dimostrare che il suo prodotto è conforme ai requisiti essenziali avvalendosi di altri mezzi a sua scelta (ad esempio può dimostrarlo con il calcolo analitico, oppure portando a sostegno specifiche tecniche di altre normative internazionalmente riconosciute). La possibilità di evitare questo "onere della prova" rende di fatto molto conveniente per il produttore attenersi alle norme armonizzate ed è questa la via scelta dalla maggior parte dei costruttori e progettisti di barche.

Le norme armonizzate scaturiscono da un lavoro essenzialmente svolto nell'ambito di gruppi di lavoro di esperti provenienti da varie nazioni all'interno dell'ISO (*International Organization for Standardization*), la più importante organizzazione a livello mondiale per la definizione di norme tecniche. L'ISO, che ha sede a Ginevra, ha come membri gli organismi nazionali di 162 paesi del mondo e quindi le norme emanate dall'ISO acquisiscono una valenza globale, che diventa, ai fini della Direttiva, vincolante nel momento in cui esse vengono recepite dall'organismo europeo di formazione (CEN) e armonizzate nelle legislazioni dei singoli stati. E' da notare che, nel definire le norme armonizzate, gli organismi europei delegati al compito non necessariamente elaborano nuove norme, ma possono anche individuarne di esistenti, quali norme internazionali, nazionali o specifiche tecniche di settore, modificandole eventualmente o integrandole ove non rispondenti ai requisiti. Una volta che l'ISO o altri hanno definito le norme di riferimento, esse vengono ufficialmente ratificate dall'organismo di normalizzazione europeo (CEN) competente che ne verifica la conformità alla Direttiva e quindi sottoposte alla Commissione europea per l'approvazione. Infine vengono pubblicate sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea. Gli Stati membri devono successivamente recepire la norma a livello nazionale, sostituendola a eventuali norme nazionali esistenti qualora queste siano in contrasto. In Italia le norme ISO vengono recepite, armonizzate e diffuse dall'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), fra i cui compiti rientra anche quello di rappresentare l'Italia nelle attività di normazione a livello mondiale (ISO) ed europeo (CEN). Le norme elaborate dall'ISO e armonizzate vengono indicate con la sigla EN ISO. Quando la norma è recepita come UNI, e diventa UNI EN ISO, può essere tradotta e ne diventa ufficiale la versione in italiano.

Un altro concetto importante definito nella Direttiva (Articolo 30) è quello di "organismo notificato", ossia dell'organismo cui spetta il compito di certificare che il prodotto è conforme ai requisiti della RCD prima di apporre l'apposita marcatura. Gli organismi sono designati dagli Stati membri che ne definiscono anche gli ambiti di intervento e vengono "notificati" alla

commissione europea che ne pubblica l'elenco sulla Gazzetta ufficiale, con i rispettivi numeri di identificazione e campi di intervento. Per quanto riguarda la certificazione delle imbarcazioni ai fini della marcatura CE, la RCD prevede diverse procedure in base alla tipologia di imbarcazione e non tutte prevedono l'intervento dell'organismo notificato. Per piccole imbarcazioni destinate a navigare in acque protette, il produttore può fare direttamente la dichiarazione di conformità ai requisiti essenziali (autocertificazione); per le imbarcazioni progettate per navigare in alto mare è richiesto l'intervento di un organismo notificato.

CAMPO DI APPLICAZIONE DELLA RCD

La direttiva, nel paragrafo I dell'Articolo 2 specifica il campo di applicazione che, per quanto riguarda la costruzione e la progettazione, è il seguente:

- a) imbarcazioni da diporto e imbarcazioni da diporto parzialmente completate;*
- b) moto d'acqua e moto d'acqua parzialmente completate;*
- c) componenti elencati all'allegato II se immessi sul mercato dell'Unione separatamente;*
- d) motori di propulsione installati o specificamente destinati a essere installati su o in unità da diporto;*
- e) motori di propulsione installati su o in unità da diporto oggetto di una modifica rilevante del motore;*
- f) unità da diporto oggetto di una trasformazione rilevante.*

Al paragrafo II dello stesso Articolo 2 vengono specificati i casi in cui la direttiva non si applica, che sono (sempre con riferimento alla progettazione e alla costruzione):

- 1. unità da diporto destinate unicamente alle regate, comprese le imbarcazioni a remi e le imbarcazioni per l'addestramento al canottaggio, e identificate in tal senso dal fabbricante;*
- 2. canoe e kayak progettati unicamente per la propulsione umana, gondole e pedalò;*
- 3. tavole da surf progettate unicamente per la propulsione eolica e per essere manovrate da una o più persone in piedi;*
- 4. tavole da surf;*
- 5. riproduzioni storiche originali e singole di unità da diporto storiche, progettate prima del 1950, ricostruite principalmente con i materiali originali e identificate in tal senso dal fabbricante;*

6. *unità da diporto sperimentali, a condizione che non siano immesse sul mercato dell'Unione;*
7. *unità da diporto costruite per uso personale, a condizione che non siano successivamente immesse sul mercato dell'Unione durante un periodo di cinque anni a decorrere dalla messa in servizio dell'unità da diporto;*
8. *unità da diporto specificamente destinate a essere dotate di equipaggio e a trasportare passeggeri a fini commerciali;*
9. *sommergibili;*
10. *veicoli a cuscino d'aria;*
11. *aliscafi;*
12. *unità da diporto a vapore a combustione esterna, alimentate a carbone, coke, legna, petrolio o gas;*
13. *mezzi anfibi, ossia veicoli a motore, su ruote o cingoli, in grado di operare sia sull'acqua sia sulla terraferma.*

L'Articolo 3 specifica che, ai fini della Direttiva, si applicano le seguenti definizioni:

1. *«unità da diporto», un'imbarcazione da diporto o una moto d'acqua;*
2. *«imbarcazione da diporto», un'unità da diporto di qualsiasi tipo, escluse le moto d'acqua, destinata ad attività sportive e ricreative con lunghezza dello scafo compresa tra 2,5 e 24 metri, indipendentemente dal mezzo di propulsione.*

CATEGORIE DI PROGETTAZIONE

I requisiti essenziali sono specificati nell'Allegato I della direttiva che inizia definendo le categorie di progettazione. La definizione delle categorie ha lo scopo di differenziare i requisiti imposti dalla normativa e i metodi o le procedure di valutazione della conformità a cui esse si devono attenere in base al tipo di navigazione per cui esse sono state progettate e costruite. Le

categorie di progettazione Categoria di progettazione	sono così definite: Forza del vento (Scala Beaufort)	Altezza d'onda significativa
A	<i>superiore a 8</i>	<i>superiore a 4 m</i>
B	<i>fino a 8 compreso</i>	<i>fino a 4 m compreso</i>
C	<i>fino a 6 compreso</i>	<i>fino a 2 m compreso</i>

D	<i>fino a 4 compreso</i>	<i>fino a 0,3 m compreso</i>
----------	--------------------------	------------------------------

Note esplicative:

A.Un'imbarcazione da diporto cui è attribuita la categoria di progettazione A è considerata progettata per venti che possono superare forza 8 (scala Beaufort) e un'altezza d'onda significativa superiore a 4 metri ad esclusione di circostanze anomale come tempeste, tempeste violente, uragani, tornado e condizioni estreme di navigabilità o onde anomale.

B.Un'imbarcazione da diporto cui è attribuita la categoria di progettazione B è considerata progettata per una forza del vento fino a 8, compreso, e un'altezza d'onda significativa fino a 4 metri, compresi.

C.Un'unità da diporto cui è attribuita la categoria di progettazione C è considerata progettata per una forza del vento fino a 6, compreso, e un'altezza d'onda significativa fino a 2 metri, compresi.

D.Un'unità da diporto cui è attribuita la categoria di progettazione D è considerata progettata per una forza del vento fino a 4, compreso, e un'altezza d'onda significativa fino a 0,3 metri, compresi, con onde occasionali di altezza massima pari a 0,5 metri.

Le unità da diporto di ciascuna categoria di progettazione devono essere progettate e costruite per rispettare i parametri di stabilità, galleggiamento e altri pertinenti requisiti.

Gli elementi fondamentali di differenziazione fra le categorie sono quindi l'altezza significativa delle onde e la forza del vento. Si ricorda che l'altezza dell'onda significativa è l'altezza media delle onde che compongono il terzo più alto delle stesse. Al contrario delle precedenti normative su cui si basava la legislazione italiana non sono previsti né limiti di distanza dalla costa né altri parametri di tipo geografico che definiscano l'operatività delle imbarcazioni. Con l'attribuzione all'imbarcazione di una determinata categoria l'utente viene quindi semplicemente informato della destinazione d'uso per la quale l'imbarcazione è stata progettata e costruita e del tipo di situazione meteorologica che essa deve essere in grado di affrontare con un adeguato grado di sicurezza. La categoria di progettazione deve essere messa in relazione con la portata massima e con il numero massimo delle persone imbarcabili (limite dell'equipaggio), che devono essere indicati, insieme alla potenza del motore, sulla targhetta del costruttore.

REQUISITI ESSENZIALI

I prodotti rientranti nell'ambito di applicazione della RCD devono essere conformi ai requisiti essenziali nella misura in cui questi sono loro applicabili. Per quanto riguarda la costruzione e la progettazione delle imbarcazioni i principali requisiti essenziali da considerare sono fissati nell'articolo 3 dell'allegato I che citiamo per intero.

Articolo 3. Resistenza e requisiti strutturali

3.1. Struttura

La scelta e la combinazione dei materiali e la costruzione dell'unità da diporto assicurano una resistenza adatta sotto tutti gli aspetti. Particolare attenzione è prestata alla categoria di progettazione conformemente alla sezione 1 e alla portata massima consigliata dal fabbricante di cui al punto 3.6.

3.2. Stabilità e bordo libero

L'unità da diporto ha una stabilità e un bordo libero adatti alla propria categoria di progettazione, conformemente alla sezione 1, nonché alla portata massima consigliata dal fabbricante conformemente al punto 3.6.

3.3. Galleggiabilità

L'unità da diporto è costruita in modo da garantire caratteristiche di galleggiabilità adeguate alla propria categoria di progettazione conformemente alla sezione 1 e alla portata massima consigliata dal fabbricante conformemente al punto 3.6. Tutte le imbarcazioni da diporto multiscafo abitabili suscettibili di rovesciamento hanno una sufficiente galleggiabilità per restare a galla in posizione rovesciata.

Le unità da diporto inferiori a 6 metri hanno una riserva di galleggiabilità per consentire loro di galleggiare in caso di allagamento se usate secondo la loro categoria di progettazione.

3.4. Aperture nello scafo, nel ponte e nella sovrastruttura

Eventuali aperture nello scafo, nel ponte o nei ponti e nella sovrastruttura non pregiudicano la resistenza strutturale dell'unità da diporto e la sua resistenza agli agenti atmosferici quando si trovano in posizione chiusa.

Finestre, oblò, porte e portelli dei boccaporti resistono alla pressione dell'acqua prevedibile nella loro posizione specifica, nonché alle eventuali punte di carico applicate dalla massa delle persone che si muovono in coperta.

Le tubazioni che attraversano lo scafo, progettate per consentire il passaggio di acqua dentro o fuori dello scafo, al di sotto della linea di galleggiamento corrispondente alla portata massima consigliata dal fabbricante di cui al punto 3.6, sono munite di chiusure prontamente accessibili.

3.5. Allagamento

Tutte le unità da diporto sono progettate in modo da ridurre al minimo il rischio di affondamento. Se del caso, particolare attenzione è riservata:

a) ai pozzetti e gavoni, che dovrebbero essere autosvuotanti o disporre di altri mezzi efficaci per

impedire all'acqua di penetrare all'interno dell'unità da diporto;

b) agli impianti di ventilazione;

c) all'evacuazione dell'acqua con apposite pompe o altri mezzi.

3.6. Portata massima consigliata dal fabbricante

La portata massima consigliata dal fabbricante [carburante, acqua, provviste, attrezzi vari e persone (in chilogrammi)] per la quale l'unità da diporto è stata progettata è determinata conformemente alla categoria di progettazione, alla stabilità e al bordo libero e alla galleggiabilità (punto 3.3).

3.7. Alloggiamento della zattera di salvataggio

Tutte le imbarcazioni da diporto delle categorie di progettazione A e B, nonché quelle appartenenti alle categorie di progettazione C e D di lunghezza superiore ai 6 metri sono munite di uno o più alloggiamenti per una o più zattere di salvataggio sufficientemente capienti per contenere il numero di persone raccomandato dai fabbricanti per il trasporto delle quali l'imbarcazione da diporto è

progettata. L'alloggiamento o gli alloggiamenti per le zattere di salvataggio sono facilmente accessibili in qualsiasi momento.

3.8. Evacuazione

Tutte le imbarcazioni da diporto multiscafo abitabili suscettibili di rovesciamento sono munite di mezzi di evacuazione efficaci in caso di rovesciamento. Se è previsto un mezzo di evacuazione da usare in posizione rovesciata, esso non compromette la struttura, la stabilità o la galleggiabilità, indipendentemente dal fatto che l'imbarcazione da diporto si trovi in posizione dritta o rovesciata. Ogni imbarcazione da diporto abitabile è munita di mezzi di evacuazione efficaci in caso di incendio.

3.9. Ancoraggio, ormeggio erimorchio

A seconda della categoria di progettazione e delle caratteristiche, tutte le unità da diporto sono munite di uno o più attacchi per punti d'ancoraggio o di altro dispositivo

atto a reggere in condizioni di sicurezza i carichi di ancoraggio, di ormeggio e di rimorchio.

Negli articoli successivi del medesimo allegato sono elencati altri requisiti che riguardano le caratteristiche di manovra dell'imbarcazione e alcuni suoi componenti, fra cui in particolare motori e compartimenti motore, sistemi di alimentazione del carburante, impianti elettrici, sistemi di governo, protezione antincendio e prevenzione degli scarichi. In aggiunta a questi requisiti tecnici, la direttiva impone al fabbricante alcuni adempimenti formali, fra cui tenere una documentazione tecnica, compilare una dichiarazione di conformità; apporre sull'imbarcazione la targhetta del fabbricante con il numero di identificazione dell'imbarcazione e le informazioni principali sulla barca, predisporre un manuale di istruzione e altre ancora.

Come si vede, l'elencazione dei requisiti essenziali è molto sintetica e formulata in termini generali. A ognuno di essi sono in ogni caso connesse una o più normative armonizzate che definiscono in modo estremamente dettagliato, sia per quanto riguarda le imbarcazioni sia per quanto riguarda i vari componenti, tutti gli aspetti da prendere in considerazione ai fini di assicurarne la conformità ai requisiti stessi (in particolare specifiche tecniche, metodologie costruttive, prove a cui devono essere sottoposti).

Per quanto riguarda gli argomenti trattati nel nostro volume, la normativa e le norme armonizzate a essa connesse analizzano abbastanza in dettaglio i requisiti di galleggiabilità e stabilità delle imbarcazioni: su questi quindi concentriamo la nostra attenzione.

2. NORME ISO SU STABILITÀ E GALLEGGIABILITÀ DELLE IMBARCAZIONI DA DIPORTO

Abbiamo sopra citato i requisiti essenziali stabiliti dalla Direttiva in merito alla stabilità e galleggiabilità delle imbarcazioni. Esaminiamo ora quanto, in termini assai più dettagliati e tecnici, affermano in proposito le norme armonizzate connesse elaborate dall'ISO.

L'argomento è affrontato nella norma ISO-12217 che è divisa in tre parti, ognuna delle quali dedicata a una diversa tipologia di imbarcazione. Le tre parti, sotto il comune titolo "Unità di piccole dimensioni - Valutazione e classificazione della stabilità e del galleggiamento" riguardano rispettivamente:

- Parte 1: Imbarcazioni non a vela con lunghezza dello scafo maggiore o uguale a 6 m (ISO 12217-1:2013);
- Parte 2: Imbarcazioni a vela con lunghezza dello scafo maggiore o uguale a 6 m (ISO 12217-2:2013);
- Parte 3: Imbarcazioni con lunghezza dello scafo minore di 6 m (ISO 12217-3:2013).

Queste norme, pubblicate dall'ISO nel 2002 e modificate nel 2013, costituiscono il punto di arrivo di un lavoro svolto dall'apposito gruppo di lavoro dell'ISO, a cui hanno partecipato rappresentanti di 13 nazioni, e costituiscono oggi il più autorevole e completo riferimento in campo internazionale per quanto riguarda i temi affrontati.

Scopo delle norme è fornire gli standard relativi alla stabilità e al bordo libero delle imbarcazioni in funzione della categoria di progettazione. Sono quindi presi in considerazione i rischi che si possono dover affrontare nelle condizioni di onda e di vento previste per ogni categoria.

In particolare per le imbarcazioni della categoria A e B si prevede che possano incontrare onde ripide e frangenti di altezza sufficiente per rovesciare le barche o da portarle a un grado di sbandamento tale da provocarne l'affondamento, nel caso in cui l'interno della barca venga allagato.

Per tutte le imbarcazioni, un fattore di rischio considerato è quello che si verifica quando tutte le persone a bordo si trovano sullo stesso lato, ciò che può determinare uno sbandamento eccessivo. Anche l'azione del vento sulle vele e sulle sovrastrutture (per le barche a motore) è considerato come un fattore di rischio: le barche devono essere previste per resistere al momento sbandante del vento quanto basta per impedire che, inclinandosi, la barca possa imbarcare acqua e affondare. Per le piccole imbarcazioni aperte o parzialmente pontate si considera il rischio di allagamento quando il bordo libero è insufficiente, ciò che può provocare l'affondamento qualora non siano previste adeguate riserve di galleggiamento.

Tutto questo si traduce in una serie di requisiti e parametri dimensionali che portano a definire la categoria di progettazione dell'imbarcazione.

Fra i vari requisiti a cui è attribuita l'assegnazione della categoria citiamo:

- l'altezza minima del bordo libero (inteso come il punto più basso dell'apertura da cui la barca può essere invasa dall'acqua) dalla WL con barca in assetto orizzontale;
- l'angolo di inclinazione in corrispondenza del quale il bordo libero arriva all'acqua e la barca rischia di essere allagata;
- le dimensioni degli ombrinali e la loro capacità di evacuare rapidamente l'acqua imbarcata;
- la tenuta stagna di finestre, oblò e altre chiusure;
- la sicurezza delle prese a mare e delle valvole a scafo;
- posizionamento e capacità delle pompe di sentina.

E' da notare che non tutti questi argomenti sono oggetto specifico della normativa 12217 e alcuni di essi sono trattati in modo dettagliato in altre normative specifiche a cui il testo rimanda.

Il comitato tecnico che all'interno dell'ISO si occupa delle unità di piccole dimensioni (*TC 88 Small Crafts*) e quindi anche di quelle da diporto fino a 24 m, pubblica l'elenco delle norme armonizzate a supporto della Direttiva. Oggetto specifico della ISO 12217 sono la valutazione e la misurazione della galleggiabilità e della stabilità delle imbarcazioni e i relativi metodi, sistemi di calcolo e criteri.

Prima di esaminare le singole normative esponiamo alcune delle definizioni e dei simboli in esse adottati, che sono valide per le tre parti della normativa. Ognuna di queste definizioni naturalmente è dettagliatamente spiegata nella normativa (Articolo 3) e spesso la definizione rimanda a normative più specifiche. Quanto qui diciamo va inteso esclusivamente come un'indicazione approssimata.

2.1 DEFINIZIONI

Imbarcazione a vela

Imbarcazione per la quale il mezzo principale di propulsione è costituito dall'energia eolica. Per evitare ogni possibilità di confusione si è stabilito che siano considerate a vela tutte le imbarcazioni in cui la superficie velica (A_s) e il dislocamento a pieno carico (m_{LDC}) siano fra loro nel rapporto espresso dalla seguente disequazione: $A_s > 0,07 \times (m_{LDC})^{2/3}$. Per esclusione si definiscono non a vela tutte le altre, qualunque sia il loro mezzo di propulsione.

Dislocamento m_{LDC}	kg	1000	2000	5000	10 000	20 000	30 000	40 000
A_s minima	[m ²]	7	11,10	20,50	32,50	51,60	67,70	81,90

Come evidenziato dalla tabella anche gran parte dei motorsailer risulterebbero classificati fra le imbarcazioni a vela.

Recesso

E' qualsiasi volume a cielo aperto dell'imbarcazione che può ritenere acqua. Sono per esempio recessi i pozzetti mentre non sono considerati recessi le cabine e i gavoni dotati di chiusura. Fra i recessi quelli ad autosvuotamento rapido e quelli stagni sono quelli che, anche qualora vengano allagati, non provocano un allagamento diretto all'interno della barca.

Pontature

Le imbarcazioni sono distinte in:

- pontate, quando tutta l'area di insellatura è coperta da ponti o sovrastrutture stagne o da recessi a svuotamento rapido o stagni così come meglio definiti nelle specifiche normative;

- parzialmente pontate, quando almeno i due terzi dell'area di insellatura sono coperti dal pontature, cabine, tughe, coperture rigide stagne o recessi stagni o ad auto svuotamento rapido.

Allagamento

E' l'ingresso dell'acqua all'interno o nella sentina dell'imbarcazione. In relazione all'allagamento si definiscono:

- apertura di allagamento (*Downloading Opening*): qualsiasi apertura (incluso il bordo di un recesso) che può far entrare acqua all'interno o nella sentina di un'imbarcazione;
- angolo di allagamento (*Downloading Angle*), φ_D , espresso in gradi: angolo di inclinazione trasversale in cui le aperture di allagamento diventano sommerse. Quando le aperture non sono simmetriche rispetto alla linea di mezzeria dell'imbarcazione, si utilizza la condizione che produce l'angolo più piccolo;
- altezza di allagamento (*Downloading Height*), h_D , espressa in metri: l'altezza dalla linea di galleggiamento fino ai punti in cui l'acqua potrebbe iniziare a entrare in qualsiasi apertura di allagamento, misurata con l'imbarcazione diritta in acque calme e alla massa di dislocamento a pieno carico e nell'assetto di progetto.

Stabilità

Per quanto riguarda i rischi legati alla stabilità vengono definiti:

- *knockdown*, si verifica quando la barca a vela raggiunge un angolo di sbandamento tale da immergere l'albero in acqua, situazione da cui può o non può tornare in assetto orizzontale;
- rovesciamento, si verifica quando la barca raggiunge un angolo di sbandamento tale da non potersi raddrizzare senza un intervento esterno;
- inversione, si verifica quando una barca compie una rotazione di 180° rispetto all'assetto d'equilibrio;
- angolo di perdita della stabilità (φ_V), è l'angolo di sbandamento in corrispondenza del quale l'angolo di sbandamento è nullo. Tale angolo viene generalmente chiamato AVS (*Angle of Vanishing Stability*).

Per quanto riguarda altri simboli e definizioni rinviamo all'Appendice 2 e alle definizioni fornite nel capitolo sulla stabilità delle barche. Iniziamo il nostro esame dalla Parte 2, che tratta delle imbarcazioni a vela, per poi esaminare la Parte 1, relativa a quelle non a vela, e infine la Parte 3, dedicata alle piccole imbarcazioni qualunque ne sia il mezzo di propulsione.

2.2 STABILITÀ E GALLEGGIABILITÀ DELLE IMBARCAZIONI A VELA SUPERIORI A 6 M (ISO 12217-2)

La normativa, pubblicata nel 2002 e aggiornata nel 2013, si apre con una premessa di carattere generale che contiene informazioni su come si è giunti alla definizione delle norme, sugli organismi che l'hanno elaborata e l'indice. L'introduzione termina con un'importante annotazione, che vale naturalmente anche per le altre parti della normativa: *“La conformità alla presente parte della ISO 12217 non garantisce una sicurezza totale né l'assenza totale di rischio di ribaltamento o affondamento”*.

I primi articoli della Parte 2 hanno carattere introduttivo e si ritrovano con lo stesso schema anche nelle altre parti della normativa.

1. Scopo e campo di applicazione della normativa

Scopo della normativa è specificare i metodi di valutazione della stabilità e del galleggiamento di imbarcazioni intatte (vale a dire non danneggiate) onde consentire l'assegnazione di una categoria di progettazione (A, B, C o D) all'imbarcazione, appropriata al progetto e al carico totale massimo della stessa. Essa si applica a imbarcazioni a vela, come sopra definite, di lunghezza compresa fra i 6 e i 24 m di lunghezza, ma può applicarsi in alcuni casi anche a multiscafi abitabili o a imbarcazioni pontate abitabili di lunghezza inferiore a 6 m.

Sono esclusi, in questa come anche nelle altre parti della normativa:

- battelli pneumatici e pneumatici rigidi fino a 8 m (oggetto della normativa ISO 6185);
- canoe, kayak o altre imbarcazioni con una larghezza massima minore di 1,1 m;
- aliscafi e planiscafi quando operano nel modo dinamicamente supportato, e sottomarini.

La normativa non include né valuta gli effetti sulla stabilità di operazioni di traino, pesca, dragaggio o sollevamento.

2. Riferimenti normativi

Vi sono elencate le altre normative ISO attinenti agli argomenti trattati e richiamati nel testo della normativa.

3. Termini e definizioni

Riporta le definizioni dei termini e dei parametri quantitativi usati nella normativa.

4. Simboli

Riporta i simboli e le abbreviazioni usate nella normativa. Gran parte dei simboli coincidono con quelli da noi usati nel nostro volume e rimandiamo all'Appendice 2 per definizioni, simboli e unità di misura.

5. Procedura

Il breve Articolo 5 spiega la procedura da seguire, che comprende le seguenti fasi:

- calcolo del dislocamento (o massa di dislocamento) dell'imbarcazione (m_{LDC}). Tale dislocamento deriva dalla somma della massa della barca e di quella dell'equipaggio e del carico imbarcato nelle condizioni previste. Ai fini dei calcoli di stabilità è importante la m_{MO} , definita come la massa minima della barca in condizione operativa;
- verifica che l'imbarcazione rientri nel campo di applicazione della direttiva o della sua specifica parte, ossia che sia classificabile come barca a vela;
- la terza fase rimanda all'Articolo 6 se l'imbarcazione è un monoscafo, all'Articolo 7 se è un multiscafo. Tali due articoli costituiscono il cuore della normativa.

6. Requisiti per monoscafi

Sono definiti i diversi requisiti, sulla base dei quali viene fissata la categoria di progettazione della barca.

Il punto 6.1 spiega la metodologia di applicazione di tali requisiti alle varie categorie.

I requisiti riguardano i seguenti aspetti, ognuno dei quali è trattato nei punti successivi dell'articolo:

2. Allagamento (*Downflooding*)
3. Dimensione dei recessi
4. Energia minima di raddrizzamento
5. Angolo di perdita di stabilità (*Angle of Vanishing Stability*)
6. STIX
7. Test di raddrizzamento in caso di *knockdown*
8. Test di rigidità, ossia resistenza allo sbandamento dovuto alla forza del vento
9. Requisiti di galleggiabilità
10. Test di raddrizzamento in caso di rovesciamento
11. Individuazione e rimozione dell'acqua.

Non tutti i punti dell'elenco sono applicabili a tutte le categorie. In particolare mentre i punti dal 6.2 al 6.6 e il 6.11 contengono norme che riguardano tutte le categorie, quelli dal 6.7 al 6.10 sono applicabili solo alle imbarcazioni delle categorie C e D. I requisiti sono molto dettagliati e articolati e la loro applicazione pratica richiede un'attenta lettura della normativa. Ci limitiamo qui a esaminare alcuni dei punti, indicando i principi di base e spiegandone il significato.

REQUISITI APPLICABILI A TUTTE LE CATEGORIE

6.2. Allagamento

Vengono indicati i requisiti necessari (soprattutto in relazione all'altezza del bordo libero e delle aperture da cui l'acqua può allagare l'interno della barca) che deve soddisfare l'imbarcazione per assicurare adeguata resistenza all'allagamento in funzione del tipo di navigazione previsto per la sua categoria. Il parametro più significativo che viene determinato in questo punto è l'angolo di allagamento (*Downflooding Angle, φ_D*), che deve essere tale da assicurare che la barca abbia un margine di sbandamento sufficiente da impedire che una significativa quantità d'acqua penetri al suo interno. Il requisito minimo previsto per ogni categoria è sintetizzato nella [Tabella 3](#).

TABELLA 3 ANGOLO DI ALLAGAMENTO MINIMO RICHIESTO

Categoria di progetto	A e B	C	D
Angolo di allagamento φ_D	40°	35°	30°

6.4. Energia minima di raddrizzamento

Si tratta di un requisito introdotto nella nuova normativa, applicabile solo alle categorie A e B, che tiene conto dell'energia minima di raddrizzamento, derivante dal prodotto di $m_{MO} \cdot A_{GZ}$, definita come l'area sottostante la parte positiva della curva di stabilità, espressa in metri-gradi. Il requisito è definito dalla seguente tabella:

TABELLA 4 ENERGIA MINIMA DI RADDRIZZAMENTO RICHIESTA

Categoria di progetto	Energia minima di raddrizzamento (kg·m·gradi)
A	$m_{MO} \cdot A_{GZ} > 172\ 000$
B	$m_{MO} \cdot A_{GZ} > 57\ 000$

6.5. Angolo di perdita di stabilità(AVS)

La norma definisce l'AVS minimo che le imbarcazioni devono avere in funzione della categoria. Lo scopo di tale requisito è assicurare che l'imbarcazione abbia una stabilità sufficiente per assicurare il raddrizzamento anche in condizioni estreme. I valori minimi richiesti sono sintetizzati nella [Tabella 5](#). E' da notare che per le barche delle categorie A e B questi requisiti possono essere trascurati qualora sia soddisfatto quello previsto al punto seguente (STIX), che già tiene in conto nel suo calcolo di tali fattori.

La normativa ammette per le categorie A e B una deroga ai relativi requisiti purché esse abbiano delle caratteristiche (compartimenti stagni, riserve di galleggiamento o altro) che ne assicurino una galleggiabilità positiva anche se rovesciate. Anche in questo caso esse dovranno comunque avere un AVS minimo di 90° (cat A) e 75° (Cat B).

TABELLA 5 ANGOLO DI PERDITA DI STABILITÀ (AVS) MINIMO RICHIESTO

Categoria di progetto	Angolo di perdita di stabilità (AVS) minimo richiesto $\varphi_{V(R)}$
A	per m > 3000 kg: ma sempre $\varphi_V \geq (130 \cdot 0,002 \cdot m)$ dev'essere $\varphi_V \geq 100^\circ$
B	per m > 1500 kg: ma sempre $\varphi_V \geq (130 \cdot 0,005 \cdot m)$ dev'essere $\varphi_V \geq 95^\circ$
C	$\varphi_V \geq 90^\circ$
6.6. Indice di stabilità D	STIX (Stability Index) $\varphi_V \geq 75^\circ$

Lo STIX è l'innovazione principale introdotta in tempi recenti nella valutazione della stabilità di un'imbarcazione a vela monoscafo e il suo scopo è quello di fornire con un unico numero una valutazione globale di tutte le caratteristiche inerenti la stabilità statica e dinamica dell'imbarcazione. Esso si propone quindi di sostituire i vari indici, generalmente molto più empirici e semplici con cui finora si è cercato di quantificare questa caratteristica della barca.

Lo STIX (STABILITY INDEX)

Il numero è legato fondamentalmente alla lunghezza dello scafo a cui si applicano vari fattori correttivi che tengono conto dei diversi aspetti della stabilità. Tanto più è alto il valore dello STIX tanto maggiore è la stabilità della barca e quindi la sua categoria di progettazione. Il requisito minimo dello STIX per ogni categoria di progettazione è indicato nella [Tabella 6](#)

Categoria di progetto	A	B	C	D
Lo STIX sarà maggiore di STIX(R)=	32	23	14	5

TABELLA 6 REQUISITO MINIMO DELLOSTIX

Il calcolo dello STIX è piuttosto complesso e per un calcolo preciso è necessario disporre della curva di stabilità completa dell'imbarcazione. Tale dato viene elaborato correntemente da quasi tutti i programmi di progettazione nautica e alcuni di essi forniscono anche il calcolo dello STIX. La normativa ISO 12217 ammette, per chi non dispone di queste facilitazioni, tre sistemi di calcolo e fornisce anche indicazioni molto utili su come eseguirli.

I tre sistemi sono:

- applicare la formula dello STIX adottando per ognuno dei suoi fattori il valore minimo ammissibile. In questo caso il calcolo dello STIX è semplice ma il valore ottenuto è molto prudenziale;
- usare metodi approssimativi (che vengono indicati dalla stessa normativa);
- usare il calcolo analitico.

Quest'ultimo è possibile di fatto solo disponendo di una serie di dati elaborati dal computer (come minimo è necessaria la curva di stabilità) ma permette di ottenere uno STIX più alto rispetto ai due sistemi precedenti. In altre parole i metodi semplificati sottovalutano l'effettiva stabilità dell'imbarcazione.

LA FORMULA DELLO STIX

La formula generale dello STIX è:

$$STIX = (7 + 2,25 L_{BS}) \cdot (FDS \cdot FIR \cdot FKR \cdot FDL \cdot FDB \cdot FWM \cdot FDF)^{0,5}$$

Dove:

L_{BS}, FDS, FIR, FKR, FDL, FDB, FWM e FDF sono i differenti fattori che entrano nel calcolo

L_{BS} è il fattore di lunghezza, che è il più rilevante in quanto non entra nella formula sotto radice quadrata

$$L_{BS} = (2L_{WL} + L_H) / 3$$

Dove:

L_{WL} è la lunghezza al galleggiamento (m)

L_H è la lunghezza dello scafo (m)

Ognuno dei fattori indicati in parentesi ha un suo significato, un valore minimo e massimo con cui entra nella formula dello STIX e una formula per il suo calcolo.

1) FDS (Dynamic Stability Factor) Min. 0,5 Max. 1,5

E' il fattore rappresentativo dell'energia necessaria per portare la barca ad un angolo di sbandamento in cui la sua sicurezza è compromessa vuoi sotto l'aspetto della galleggiabilità o sotto quello della stabilità. FDS si ottiene dal rapporto fra l'area sottesa alla curva di stabilità positiva della barca A_{GZ} (calcolata in $kN \cdot m \cdot \text{gradi}$) e la corrispondente area di una curva di riferimento teorica in funzione della lunghezza dello scafo.

$$FDS = \left(\frac{A_{GZ}}{15,81 \cdot \sqrt{L_H}} \right)^{1/3}$$

2) FIR (Inversion Recovery Factor) Min. 0,4 Max. 1,5

E' il fattore rappresentativo della capacità della barca di raddrizzarsi nel caso in cui subisca un rovesciamento completo. Esso è tanto maggiore quanto più ampio è l'angolo di sbandamento in corrispondenza del quale il momento raddrizzante diventa nullo.

$$FIR = \varphi_v / 100 \quad \text{se } m \geq 40000$$

$$FIR = \varphi_v / \left(125 - \frac{m}{1600} \right) \quad \text{se } m < 40000$$

Dove:

φ_v è l'angolo di perdita di stabilità AVS

m è la massa dell'imbarcazione (kg)

3) FKR (Knockdown Recovery Factor) Min. 0,5 Max. 1,5

E' il fattore rappresentativo della capacità della barca di raddrizzarsi dalla posizione in cui essa è distesa sull'acqua a 90° . E' direttamente proporzionale al momento raddrizzante a 90° e inversamente proporzionale alla superficie velica e alla lunghezza dell'albero.

FKR si calcola partendo da un altro fattore FR

$$FR = GZ_{90} \cdot m / (2 \cdot A \cdot h_{CE})$$

Dove:

m è la massa di dislocamento della barca (kg)

GZ_{90} è il braccio della coppia raddrizzante a 90° (m) A_s

è la superficie velica (m^2)

h_{CE} l'altezza del centro di vela sopra la linea di galleggiamento a barca in assetto orizzontale (m)

$$FKR = 0,875 + (0,0833 \cdot FR) \text{ se } FR \geq 1,5$$

$$FKR = 0,5 + (0,333 \cdot FR) \text{ se } FR < 1,5$$

$$FKR = 0,5 \text{ se } \varphi_D < 90^\circ$$

4) FDL (Displacement-length Factor) Min. 0,75 Max. 1,25

Il fattore è introdotto per tener conto dell'effetto favorevole di un dislocamento più pesante (relativamente alla lunghezza) nell'aumentare la resistenza al rovesciamento.

$$FDL = \left[0,6 + \left\{ \frac{15 \cdot m \cdot F_L}{L_{BS}^3 (333 - 8L_{BS})} \right\} \right]^{0,5}$$

Dove:

$$F_L = (L_{BS}/11)^{0,2}$$

m è la massa della barca in kg

5) FBD (Beam-displacement Factor) Min. 0,75 Max. 1,25

Il fattore è introdotto per tener conto della maggior vulnerabilità al rovesciamento di barche caratterizzate da fiancate fortemente svasate e da un'elevata larghezza massima in relazione al loro dislocamento. Si calcola a partire da un altro fattore chiamato FB.

$$F_B = 3,3 \cdot B_H / (0,03 \cdot m)^{1/3}$$

Dove:

B_H è la larghezza massima dello scafo (m)

$$FBD = [13,31 \cdot B_{WL} / (B_H \cdot F_B^3)]^{0,5} \text{ se } F_B > 2,20$$

$$FBD = [B_{WL} \cdot F_B / (1,682 \cdot B_H)]^{0,5} \text{ se } F_B > 1,45$$

$$FBD = 1,118 (B_{WL} / B_H)^{0,5} \text{ in tutti gli altri casi}$$

6) FWM (Wind Moment Factor) Min. 0,5 Max. 1

Nel caso in cui il rischio di allagamento si verifichi con angoli di sbandamento inferiori ai 90° questo fattore rappresenta il rischio di affondamento causato da una raffica che colpisce la barca quando questa non ha la velatura ridotta. Il fattore è legato all'angolo di allagamento, alla superficie velica e alla sua ripartizione, e alla stabilità della barca.

$$FWM = 1 \text{ se } \varphi_D \geq 90^\circ$$

Dove:

φ_D è l'angolo di allagamento espresso in gradi

$$FWM = v_{AW} / 17 \text{ se } \varphi_D < 90^\circ$$

Dove:

v_{AW} è la velocità stabile del vento apparente, espressa in m/s, richiesta per far sbandare la barca

a ϕ_{DW} quando essa porta tutta la sua velatura.

v_{AW} si calcola con la seguente formula:

$$v_{AW} = \left\{ \frac{13 \cdot m \cdot GZ_D}{\left[A_S \cdot (h_{CE} + h_{LP}) \left| \cos \phi_{DW} \right|^{1,3} \right]} \right\}^{0,5}$$

ϕ_{DW} è il valore in gradi dell'angolo di allagamento

GZ_D è il braccio della coppia raddrizzante quando l'angolo di sbandamento è uguale a ϕ_D (m)

A_S è la superficie velica (m²)

h_{CE} è l'altezza del centro velico sopra la linea di galleggiamento (m)

h_{LP} è la profondità del centro di deriva sotto la linea di galleggiamento (m)

$h_{CE} + h_{LP}$ è quindi la distanza verticale fra il centro di deriva e il centro velico, ossia il braccio della coppia sbandante (m)

7) FDF (Downflooding Factor) Min. 0,5 Max. 1,25

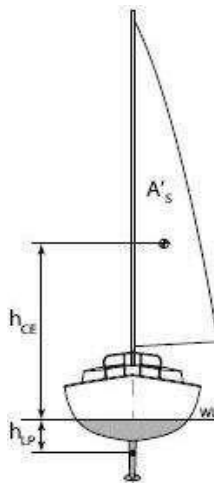
Il fattore rappresenta il rischio di affondamento nel caso in cui la barca venga distesa a 90° FDF

$$= \phi_D / 90$$

Le imbarcazioni inaffondabili beneficiano di un bonus del 20% su questo fattore a condizione che GZ_{90} sia positivo quando la barca è completamente allagata.

REQUISITI APPLICABILI SOLO ALLE CATEGORIE C E D

FIGURA 1



7.Prova di raddrizzamento da knockdown. Il criterio è legato al fatto che la barca torni in posizione orizzontale senza interventi esterni una volta che ha subito un *knockdown*. La dimostrazione può effettuarsi sia con una prova pratica, che consiste nel mettere in acqua calma l'imbarcazione nella situazione di *knockdown* e nell'osservare se si raddrizza da sola, oppure con il calcolo analitico.

8.Prova di rigidità, ossia di resistenza al momento sbandante creato dal vento. Tale prova ha lo scopo di dimostrare che quando la barca è sottoposta a una forza del vento corrispondente a quella propria della sua categoria di progettazione essa non subisca uno sbandamento tale da cominciare a imbarcare acqua. Anche in questo caso si può sottomettere la barca a una prova pratica o applicare il calcolo teorico, calcolando la curva del momento sbandante causato dal vento e confrontandolo con il momento raddrizzante dedotto dalla curva di stabilità e incrementato per tenere conto dell'equipaggio posizionato sopravvento. Il momento sbandante in Newton metri viene calcolato con la formula

$$0,75 \cdot v^2 w \cdot A' s (h_{CE} + h_{LP}) (\cos \varphi)^{1,3}$$

Dove:

v è la velocità del vento prevista per la categoria di progettazione considerate, espresso in m/s

9.Requisiti di galleggiabilità, hanno lo scopo di determinare se la barca anche completamente rovesciata e allagata, è in grado di galleggiare.

10.Prova di raddrizzamento dal rovesciamento, ha lo scopo di dimostrare che una barca rovesciata può essere riportata alla posizione dritta dall'azione dell'equipaggio che usa il proprio corpo o altri strumenti appositamente adibiti allo scopo che devono essere permanentemente a bordo dell'imbarcazione.

REQUISITI PER I MULTISCAFI

7. Requisiti per catamarani e trimarani

Date le loro differenti caratteristiche di stabilità i catamarani e i trimarani sono trattati separatamente dai monoscafi nell'articolo 7 della normativa.

Fanno eccezione i multiscafi di larghezza moderata che vengono assimilati ai monoscafi e devono essere conformi ai requisiti dell'articolo 6.

Si considerano tali i multiscafi in cui: LH

$$> 5 \cdot B_{CB}$$

Dove:

B_{CB} è la distanza fra i centri di galleggiamento degli scafi (per i trimarani degli scafi laterali)

Per tutti gli altri si applicano requisiti specifici che riguardano in particolare:

- le aperture da cui può entrare l'acqua e la loro altezza;
- le informazioni da fornire in merito alla stabilità e ai rischi a essa connessi nonché i segnali di pericolo da apporre a bordo;
- la galleggiabilità della barca rovesciata e la possibilità per l'equipaggio di uscire dall'imbarcazione stessa.

Per quanto riguarda la stabilità i concetti di base da cui parte la normativa sono:

- ai fini dell'attribuzione delle categorie di progettazione si considerano sia la stabilità trasversale che quella longitudinale, ciò che copre il rischio più cruciale del multiscafo, il rovesciamento trasversale. Generalmente i trimarani sono più esposti dei catamarani a questo rischio e quindi per essi sono previste norme più strette;
- si distinguono i multiscafi suscettibili di rovesciarsi (vulnerabili al rovesciamento) da quelli non suscettibili di rovesciarsi. Questi ultimi sono esentati dall'obbligo di avere un'uscita d'emergenza in caso di rovesciamento.

Buona parte dei requisiti prevista dalla norma sono basati su un "fattore di navigazione con il solo albero" (BPF, da "*Bare Pole Factor*"), definito dalla formula:

$$BPF = \left(\frac{v_{BP}}{70} \right)^{0,4} \quad \text{se } v_{BP} < 70$$

$$BPF = 1 \quad \text{se } v_{BP} \geq 70$$

v_{BP} rappresenta la velocità espressa in nodi che il vento deve raggiungere, quando tutte le vele sono ammainate, per portare l'imbarcazione all'angolo di sbandamento che corrisponde al suo massimo momento raddrizzante o per portarlo a un angolo di assetto longitudinale superiore a 20° o a un angolo tale che per cui il ponte dello scafo sottovento inizia a essere sommerso a prua (si assume il minore fra i due valori).

Sulla base del valore di BPF la norma impone, in funzione delle diverse categorie di progettazione, sia un valore minimo per il braccio massimo della coppia raddrizzante trasversale GZ sia un valore minimo dell'area sottostante la curva di stabilità longitudinale (in questo caso considerando il momento raddrizzante e non il braccio della coppia) da 0° fino all'angolo di 20° o, se minore, all'angolo di immersione della prua. Per quanto riguarda la stabilità trasversale quindi viene presa in conto la stabilità statica, per quanto riguarda quella longitudinale la stabilità dinamica, ossia l'energia necessaria per portare l'imbarcazione a una situazione di rischio di rovesciamento.

Le due tabelle seguenti danno i valori minimi richiesti per questi due valori, con il braccio della coppia espresso in m e l'area positiva della curva di stabilità espressa in kN· m· rad

TABELLA 7 REQUISITI MINIMI PER IL BRACCIO DELLA COPPIA RADDRIZZANTE TRASVERSALE (m)

Categoria di progettazione	Catamarani	Trimarani
A	1,85 / BPF	2,9 / BPF
B	1,3 / BPF	2,2 / BPF
C	0,7 / BPF	1,5 / BPF

TABELLA 8 REQUISITI MINIMI PER L'AREA SOTTOSTANTE LA CURVA DEI MOMENTI RADDRIZZANTI LONGITUDINALI (kN·m·rad)

Categoria di progettazione	Area minima sottostante la curva
A	20 / BPF
B	7 / BPF
C	2 / BPF

Per quanto riguarda la vera e propria stabilità diagonale la si valuta con questo metodo: l'imbarcazione viene disposta all'angolo di assetto longitudinale come sopra definito (20° o, se minore, di immersione dello scafo) sia appruandola, sia appoppandola. In entrambi tali situazioni il valore di RM trasversale, espresso in N·m, a 1° deve essere superiore a:

- per la categoria A al 110% del dislocamento in condizione minima di utilizzo o a 5000 N·m (viene assunto il maggiore fra i due);
- per la categoria B a 1500 N·m.

Per quanto riguarda la vulnerabilità al rovesciamento si considerano i seguenti fattori:

- l'esistenza di un certo margine (35% per i catamarani e 80% per i trimarani) fra i requisiti minimi indicati nelle tabelle di cui sopra e le caratteristiche effettive dell'imbarcazione;
- la velocità del vento in corrispondenza della quale si deve ridurre la velatura;
- il rapporto fra il volume dello scafo laterale e il dislocamento totale dell'imbarcazione in condizione di carico massimo.

I criteri adottati per definire la vulnerabilità al rovesciamento sono quindi i seguenti:

- se il braccio di leva della coppia di raddrizzamento trasversale è inferiore a 135% (catamarani) o al 180% (trimarani) del requisito minimo l'imbarcazione è considerata vulnerabile al rovesciamento;
- se l'area sottostante al momento di raddrizzamento longitudinale fra 0° e l'angolo sopra definito è inferiore a 135% (catamarani) o al 180% (trimarani) del requisito minimo l'imbarcazione è considerata vulnerabile al rovesciamento;
- se la velocità del vento a partire della quale la vela deve essere ridotta è inferiore a 25 nodi (Categoria A), 22 nodi (Categoria B), 19 nodi (Categoria C), 16 nodi (Categoria D) l'imbarcazione viene considerata vulnerabile al rovesciamento. In questo caso non ci sono differenze fra catamarani e trimarani;
- infine, solo per i trimarani in cui fra i centri di carena degli scafi laterali è inferiore a 14 m (Categoria A) o a 8 m (Categoria B) se il volume dello scafo laterale è inferiore al 130% del volume di galleggiamento totale in assetto orizzontale l'imbarcazione è considerata vulnerabile al rovesciamento.

Si noti che è sufficiente che una di queste condizioni si verifichi perché l'imbarcazione venga definita vulnerabile al rovesciamento. La norma definisce il metodo per calcolare la velocità del vento a partire dalla quale la velatura deve essere ridotta (Velocità limite del vento v_w). La formula è analoga a quella utilizzata per calcolare la v_{BP} , con la differenza che mentre per questa si considerava solo l'azione aerodinamica del vento sulle strutture e sull'albero in questo caso si considera anche la velatura. In entrambi i casi si fa il calcolo sia con il momento di raddrizzamento trasversale massimo sia con il momento di raddrizzamento longitudinale massimo e quindi si assume il minore fra i due valori.

Le formule per il calcolo di v_w e di v_{BP} sono le seguenti:

$$v_w = 1,85 \sqrt{\frac{LM_T}{0,8 \sum (A_H \cdot h_H) + \sum (A_S \cdot h_S)}}$$

$$v_{BP} = 1,85 \sqrt{\frac{LM_T}{0,8 \sum (A_{BP} \cdot h_{BP}) + \sum (A_{WM} \cdot h_{WM})}}$$

Dove:

LM_T è il momento raddrizzante limite (massimo) trasversale (Nm)

LM_L è il momento raddrizzante limite (massimo) longitudinale (Nm)

A_{BP} è la superficie laterale esposta (per il calcolo con LM_T) o frontale (per il calcolo con LM_L) di scafo, attrezzatura, albero e boma con la randa chiusa sul boma, manovre fisse con fiocco arrotolato sullo strallo e altri elementi aventi una superficie superiore a 100 cm^2 (m^2)

A_H è la stessa cosa con le vele non avvolte (m^2)

A_{WM} è la superficie laterale o frontale dell'eventuale albero alare (m^2)

A_S è la superficie laterale (anche per il calcolo di LM_L) di ogni vela (m^2)

h_{BP} è l'altezza del centro di superficie dei corrispondenti elementi (scafo, attrezzatura) rispetto al centro di deriva, o rispetto alla linea di galleggiamento se si fa il calcolo con LM_L (m)

h_H è la stessa cosa con le vele non avvolte (m)

h_{WM} è l'altezza del centro di superficie dell'eventuale albero alare rispetto al centro di deriva, o rispetto alla linea di galleggiamento se si fa il calcolo con LM_L (m)

h_S è l'altezza del centro di superficie di ciascuna vela rispetto al centro di deriva, o rispetto alla linea di galleggiamento se si fa il calcolo con LM_L (m)

Ulteriore requisito per classificare un multiscafo non vulnerabile al rovesciamento è la sua inaffondabilità, che viene definita come segue:

- quando il multiscafo è rovesciato o interamente allagato esso deve mantenere un volume di galleggiamento totale (in m^3) superiore a $m_{LDC} / 850$ dove m_{LDC} in kg è il dislocamento a massimo carico;
- l'imbarcazione rovesciata deve galleggiare con un angolo di sbandamento inferiore a 10° rispetto al suo normale assetto in posizione dritta.

Nel volume di galleggiamento vengono conteggiati materiali a bassa densità (espansi a cellula chiusa), compartimenti stagni purché siano specificamente concepiti per assicurare la galleggiabilità e sacchi gonfiabili purché siano gonfiati in permanenza (non sono conteggiati gli airbag che si gonfiano automaticamente quando immersi).

I catamarani vulnerabili al rovesciamento devono prevedere dei dispositivi di uscita dagli scafi in caso di rovesciamento, ossia delle aperture chiuse da pannelli apribili dall'interno dello scafo e accessibili. Le norme fissano i requisiti di tali aperture in funzione delle categorie di progettazione.

NORME FINALI

L'ultimo articolo della normativa contiene indicazioni su come applicare la direttiva ai fini di decidere la categoria di progettazione e spiega il significato delle categorie stesse. La normativa contiene infine alcune appendici che forniscono indicazioni su come effettuare le prove e i calcoli previsti.

Le appendici della parte 2 riguardano:

- A. Metodo completo per calcolare l'altezza di allagamento
 - B. Metodi per calcolare l'angolo di allagamento
 - C. Determinazione della curva dei momenti raddrizzanti (curva di stabilità)
 - D. Metodo per calcolare la riserva di galleggiabilità dopo rovesciamento o allagamento
 - E. Materiali e elementi di galleggiamento
 - F. Informazioni per il manuale del proprietario
 - G. Determinazione della velocità del vento "sicura"
 - H. Determinazione delle caratteristiche di raddrizzamento longitudinale
 - I. Riepilogo dei requisiti
 - J. Fogli di lavoro
- Bibliografia

2.3 STABILITÀ E GALLEGGIABILITÀ DELLE IMBARCAZIONI NON A VELA DI LUNGHEZZA SUPERIORE A 6 M (ISO 12217-1)

La parte 1 della normativa ISO 12217 considera le imbarcazioni non a vela di lunghezza superiore a 6 m. Riportiamo molto sinteticamente il contenuto della norma in quanto la versione del 2013 in vigore al momento in cui scriviamo è in corso di revisione avanzata ed è quindi probabile che sia in tempi brevi sostituita da una nuova norma.

La norma è applicabile alle imbarcazioni a propulsione a remi o meccanica con lunghezza dello scafo compresa tra 6 m e 24 m inclusi.

Tuttavia essa può essere applicata anche a imbarcazioni di lunghezza minore di 6 m, purché esse siano pontate e dispongano di recessi ad autosvuotamento rapido (conformi alla ISO 11812) se queste non raggiungono la categoria di progettazione desiderata (sulla base della ISO 12217-3).

Sono escluse dal campo di applicazione della ISO 12217:

battelli pneumatici e pneumatici rigidi fino a 8 m;

canoe, kayak o altre imbarcazioni con una larghezza massima minore di 1,1 m;

aliscafi e sottomarini.

Gli articoli dall'1 al 5 contengono la parte introduttiva, del tutto analoga a quella delle altre parti della normativa e vi sono esposti:

1 Scopo e campo di applicazione

2 Riferimenti normativi 3

Termini e definizioni

4 Simboli

5 Procedura

Fra le definizioni è rilevante per questa tipologia di imbarcazioni l'area esposta al vento, ALV, espressa in metri quadrati e definita come area proiettata dello scafo, delle sovrastrutture, delle tughe e degli alberi sopra la linea di galleggiamento nella condizione di carico appropriata con l'imbarcazione diritta. Vi sono inclusi tendalini e ripari che possono essere eretti durante la navigazione in condizioni di cattivo tempo, per esempio protezioni del pozzetto, coperture del tender.

L'articolo 6 che illustra i requisiti richiesti per l'attribuzione delle categorie di progettazione e le relative prove e calcoli.

L'articolo prende in considerazione i punti seguenti:

1. Allagamento

Per quanto riguarda l'allagamento sono previste prove e requisiti volti ad accertare che esistono margini di bordo libero sufficienti per l'imbarcazione nella condizione di dislocamento a pieno carico prima che sia imbarcata acqua (altezza di allagamento) e che esista un margine sufficiente dell'angolo di inclinazione trasversale prima che quantità significative di acqua possano entrare (angolo di allagamento).

2. Prova di sbandamento

La prova ha lo scopo di dimostrare stabilità sufficiente dell'imbarcazione alla massa di dislocamento a pieno carico rispetto allo sbandamento da parte dell'equipaggio.

La prova viene eseguita secondo le modalità previste nell'appendice B che stabilisce come determinare l'angolo di inclinazione trasversale raggiunto quando il massimo numero di persone a bordo raccomandato (limite dell'equipaggio) si addensa su un lato.

L'angolo può essere determinato sia con una prova fisica sia con il calcolo, che deve basarsi su prove di supporto o su informazioni tratte da un esperimento di inclinazione. Per tutte le categorie di progettazione, l'angolo di inclinazione trasversale ϕ non deve essere maggiore di

$$\phi_{O(R)} = 10 + \frac{(24 - L_H)^3}{600}$$

3. Resistenza alle onde e al vento

Lo scopo di questo requisito (valido solo per le categorie di progettazione A e B) è verificare che lo sbandamento a cui le imbarcazioni arrivano per l'effetto combinato delle onde e del vento non superi un angolo tale da comportare il rischio di allagamento. Più precisamente il momento sbandante indotto dal vento e dalle onde viene calcolato secondo i criteri dettati dalla norma. Il relativo diagramma viene raffrontato con la curva di stabilità dell'imbarcazione e si verifica che l'area del grafico rappresentante l'energia necessaria per portare l'imbarcazione a un angolo di sbandamento in cui si verifica il rischio di allagamento sia inferiore all'area rappresentante la riserva di stabilità dinamica dell'imbarcazione.

In aggiunta per le imbarcazioni delle categorie A e B si fissano dei valori minimi del momento raddrizzante a 30° per assicurare adeguata resistenza allo sbandamento dovuto alle onde.

4. Inclinazione trasversale dovuta all'azione del vento

Tale requisito riguarda solo le barche rientranti nelle categorie C e D e in particolare quelle che abbiano un'elevata superficie esposta al vento

5. Dimensione dei recessi

6. Multiscafi cabinati

7. Motorsailers

8. Requisiti di galleggiamento

La prova di galleggiamento per dimostrare allagamento adeguato e stabilità (secondo le modalità illustrate nell'appendice F della normativa) deve essere effettuata per le imbarcazioni di categoria C, D e B (non completamente pontate).

9. Individuazione e rimozione dell'acqua

L'articolo 7 fornisce indicazioni sull'applicazione della normativa ai fini di decidere la categoria di progettazione. Seguono le seguenti appendici:

- A. Metodo completo per l'altezza di allagamento richiesta
- B. Metodo per la prova di sbandamento
- C. Metodi per il calcolo dell'angolo di allagamento

- D. Metodo per misurare il margine di bordo libero
- E. Determinazione della curva dei momenti raddrizzanti
- F. Metodo per la prova di galleggiamento a livello
- G. Materiale ed elementi di galleggiamento
- H. Informazioni per il manuale del proprietario
- I. Riepilogo dei requisiti
- J. Fogli di lavoro
- K. Illustrazione sulle caratteristiche dei recessi

4. STABILITÀ E GALLEGGIABILITÀ DELLE IMBARCAZIONI DI LUNGHEZZA INFERIORE A 6M (ISO 12217-3)

La parte 3 della normativa 12217 specifica i metodi per calcolare galleggiabilità e stabilità delle imbarcazioni di lunghezza inferiore a 6 m, indipendentemente da quale sia il loro mezzo di propulsione principale (remi, vela o motore) e i requisiti che essa fornisce servono a classificare le imbarcazioni nelle categorie di progettazione C e D. Imbarcazioni di lunghezza inferiore a 6 m, purché siano pontate dotate di pozzetti a rapido auto svuotamento (come meglio definiti nella ISO 11812) possono avere anche una categoria di progettazione superiore e in questo caso si applicano le altre parti della normativa.

Sono esclusi dal campo di applicazione

- giochi acquatici;
- canoe o kayak o altre imbarcazioni di larghezza inferiore a 1,1 m;
- battelli pneumatici;
- moto d'acqua (trattate nella normativa ISO 13590).

I multiscafi abitabili a vela anche se di lunghezza inferiore a 6 m rientrano nel campo di applicazione della parte 2. Per le imbarcazioni di meno di 6 m la normativa ISO prevede prevalentemente delle prove pratiche da effettuare al fine di dimostrare la rispondenza ai requisiti a cui è legata l'attribuzione delle categorie di progettazione.

Le prove a cui le imbarcazioni rientranti nel campo di applicazione devono essere sottoposte sono elencate agli articoli 6 e 7 della normativa, che si riferiscono rispettivamente alle barche non a vela e alle barche a vela.

6. Prove per le barche non a vela

Sono previste varie opzioni per verificare la rispondenza ai requisiti, i quali sono legati alla categoria di progettazione (C o D), alla potenza del motore ($> 0 < 3$ kW), alla lunghezza minima (alcuni requisiti valgono solo per imbarcazioni fra 4,8 e 6 m), alla motorizzazione (entro bordo o fuoribordo) e alla pontatura (interamente pontate, parzialmente non pontate o altro).

Le prove riguardano i seguenti aspetti:

- prove di allagamento, al fine di accertare che la barca a pieno carico, sia in assetto orizzontale sia con tutto il carico (equipaggio) spostato su un lato, mantenga un bordo libero sufficiente per evitare rischi di allagamento;
- prove di galleggiabilità, per accertare se la barca completamente allagata e con un determinato carico è in grado di galleggiare;
- prove di raddrizzamento della barca rovesciata, per verificare se la barca in caso di rovesciamento completo a 180° può essere riportata dal suo equipaggio in assetto orizzontale mantenendo la galleggiabilità. L'operazione deve poter essere fatta dall'equipaggio minimo raccomandato con il proprio corpo o con l'uso di strumenti appositamente disegnati allo scopo e permanentemente presenti a bordo. Dopo che la barca è stata raddrizzata e con una persona di peso non inferiore a 75 kg a bordo essa deve mantenere un bordo libero sufficiente per consentire a chi è a bordo di evacuare l'acqua entrata con una pompa o aggettando. Se non viene effettuato alcuno svuotamento dell'acqua l'imbarcazione con tutte le persone risalite a bordo (fino al numero massimo di persone previsto) deve comunque mantenere la galleggiabilità e non più di un terzo del ponte o della cinta devono essere sommersi.

7. Prove per le barche a vela

Per le barche a vela l'impostazione è analoga e anche in questo caso sono previste prove e requisiti diversi a seconda che le barche siano monoscafi o multiscafi e a seconda che siano o non siano pontate. Esistono anche in questo caso varie opzioni per ottenere la categoria di progettazione. Sostanzialmente le barche pontate sono sottoposte alle seguenti prove:

- di allagamento;
- di raddrizzamento dal *knockdown* (sostituibile con la prova di inclinazione dovuta alla forza del vento).

Le barche non pontate monoscafo e i multiscafi non sono sottoposte alle prove di allagamento ma devono presentare un certo livello (definito basico) di galleggiabilità, oppure superare il test di raddrizzamento da rovesciamento. Le barche non pontate che presentino un livello basico di galleggiabilità possono ottenere la classificazione senza la prova di raddrizzamento dal rovesciamento ma in questo caso devono effettuare il test di

raddrizzamento da *knockdown* oppure quello di inclinazione dovuta al vento. L'appendice D informativa riporta in una chiara tabella tutte le opzioni per ottenere la certificazione in base alla tipologia di barca. Riportiamo a titolo informativo, in quanto ci sembrano interessanti dal punto di vista tecnico, i punti essenziali relativi alla prova di inclinazione del vento. Ricordiamo in ogni caso che quanto da noi riportato non può in alcun caso essere considerato sostitutivo della normativa, che il progettista deve necessariamente consultare sia perché essa è suscettibile di aggiornamenti e variazioni sia perché è estremamente articolata e contiene annotazioni che, per ovvie esigenze di spazio, ci è impossibile citare. La prova (chiamata *Wind Stiffness Test*) si applica in particolare per la classificazione delle imbarcazioni pontate che non hanno zavorra sufficiente per superare il test di raddrizzamento da *knockdown* o per quelle non pontate che hanno difficoltà a essere raddrizzate dopo il rovesciamento. Lo scopo è quello di dimostrare che la barca sottoposta a una determinata velocità di vento (che è fissata in 11 m/s per le imbarcazioni della categoria C e 6 m/s per quelle della categoria D) con la velatura indicata dal progettista non si inclina al punto tale da far imbarcare acqua.

E' possibile effettuare questa prova sia praticamente sia con il calcolo teorico.

Nel primo caso la barca viene disposta nell'assetto previsto dalla normativa, con la deriva abbassata e con una persona (o un peso di almeno 75 kg) al centro e quindi le si applica (per esempio con un tirante fissato all'albero) una coppia sbandante che la porti fino al minore fra gli angoli di sbandamento seguenti:

- l'angolo a cui l'acqua inizia a entrare nello scafo (o per un multiscafo quando uno degli scafi è sommerso);
- l'angolo in cui il carico T che agisce sul tirante corrisponde a quello che creerebbe un vento della velocità prescritta per la categoria; •45°.

In questa situazione si rileva il carico in trazione sul tirante T e quindi si calcola la velocità del vento corrispondente.

La relazione fra il carico sul tirante T (N) e la velocità calcolata del vento (m/s) è data dalla seguente

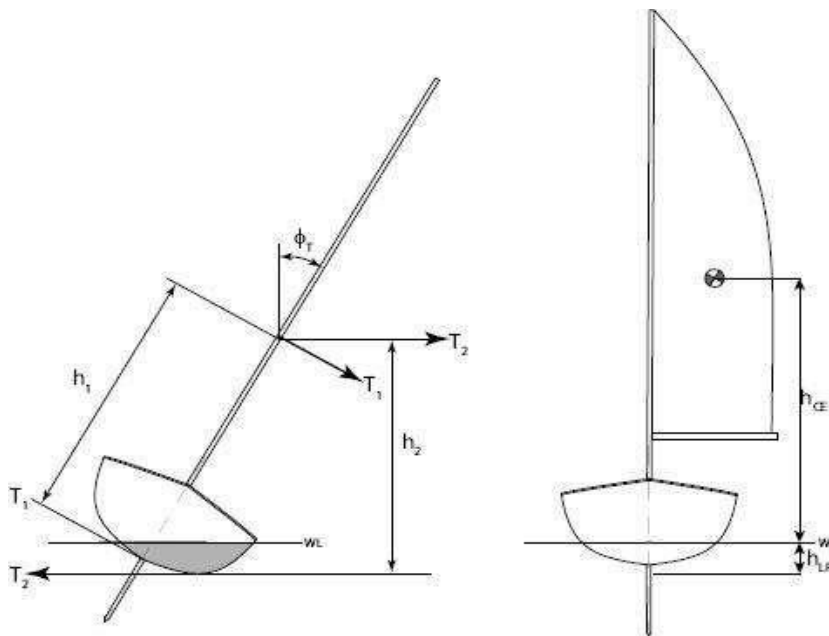
$$\text{Velocità calcolata del vento} = \sqrt{\frac{13hT + 390B_H}{A'_S (h_{CE} + h_{LP})(\cos \phi_T)^{1,3}}}$$

Dove:

A'è l'area effettiva della superficie velica in configurazione standard h_{CE}

e h_{LP} sono illustrate nella Figura 2

FIGURA 2



Prova d'inclinazione dovuta al vento

In alternativa si determina il vento necessario a portare la barca alla situazione di cui sopra con il calcolo teorico, raffrontando la curva dei momenti raddrizzanti della barca con la curva dei momenti sbandanti determinati dal vento. Nel calcolo dei momenti raddrizzanti si tiene conto di una persona seduta sul bordo sopravento, il cui contributo al momento raddrizzante viene quantificato in $294 \cdot B_H \cdot \cos \varphi$ (N·m). Il momento sbandante (N·m) determinato dal vento si calcola con la seguente formula:

$$0,75 \cdot v_w^2 \cdot A_s' (h_{CE} + h_{LP}) (\cos \varphi)^{1,3}$$

Dove:

v_w è la velocità del vento (m/s)

L'imbarcazione avrà categoria C se il vento necessario a portare la barca all'inclinazione sopra definite è superiore a 11 m/s e categoria D se è superiore a 6 m/s.

Qualora la prova non venga superata con la velatura standard la barca potrà essere classificata purché la superi con velatura terzarolata (a non meno di 2/3 della superficie standard). Nel caso le istruzioni del costruttore dovranno specificare la forza del vento a cui è necessario ridurre la velatura.

Per quanto riguarda la galleggiabilità sono rilevanti le appendici B, D e C, che trattano rispettivamente:

B. Metodo per le prove di galleggiamento

C. Materiali e elementi di galleggiamento

D. Metodo di calcolo per il requisito basico di galleggiabilità

Il requisito basico di galleggiabilità stabilisce che:

$$V_B > \frac{m_{TEST}}{930}$$

Dove:

V_B è il volume totale di galleggiamento della barca (m^3) calcolato secondo le modalità stabilite nell'appendice stessa. In tale volume sono inclusi i volumi dei materiali di cui è costituita la barca, e quelli delle casse stagne.

m_{TEST} è la massa dell'imbarcazione con il carico e nella situazione descritta nella normativa all'appendice B

Appendice III

RINA RULES 2018 FOR PLEASURE YACHTS

SECTION 1	STABILITY
APPENDIX 1	INCLINING TEST AND LIGHTWEIGHT CHECK
APPENDIX 2	STABILITY INFORMATION BOOKLET

SECTION 1 STABILITY

1 General

1.1

1.1.1 This Section outlines the minimum requirements for intact stability for both motor and sailing vessels.

This Section deals with the standards for intact stability.

1.1.2 An intact stability standard proposed for assessment of a vessel type not covered by the standards defined in this Section is to be submitted to RINA for approval at the earliest opportunity.

1.1.3 If used, permanent ballast is to be located in accordance with a plan approved by RINA and in a manner that prevents shifting of position. Permanent ballast is not to be removed from the ship or relocated within the ship without the approval of RINA. Permanent ballast particulars are to be noted in the ship's stability booklet. Attention is to be paid to local or global hull strength requirements from the fitting of additional ballast.

2 Intact Stability Standards

1. Motor vessels

1. Monohull Vessels (1/1/2017)

The curves of statical stability for seagoing conditions are to meet the following criteria:

- a) the area under the righting lever curve (GZ curve) is not to be less than 0,055 metre-radians up to 30° angle of heel and not less than 0,09 metre-radians up to 40° angle of heel, or the angle of downflooding, if this angle is less;
- b) the area under the GZ curve between the angles of heel of 30° and 40° or between 30° and the angle of downflooding if this is less than 40°, is not to be less than 0.03 metre-radians;
- c) the righting lever (GZ) is to be at least 0,20 metres at an angle of heel equal to or greater than 30°;
- d) the maximum GZ is to occur at an angle of heel preferably exceeding 30° but not less than 25°;
- e) after correction for free surface effects, the initial metacentric height (GM) is not to be less than 0,15 metres;
- f) in the event that the vessels intact stability standard fails to comply with the criteria defined in a) to e) RINA may be consulted for the purpose of specifying alternative but equivalent criteria.
- g) crowding of passengers

The angle of heel on account of crowding of passengers to one side is not to exceed 10° and in any event the freeboard deck is not to be immersed.

For yachts less than 20 m in length, the angle of heel is not to be greater than the angle corresponding to a freeboard of 0,1 m before the deck's immersion, or 12° if less.

For yachts with B/D >= 2,5 that can not satisfy what above as alternative what required for multihull may be applied.

2.1.2 Multi-hulls

The curves of statical stability for seagoing conditions are to meet the following criteria:

- a) the area under the righting lever curve (GZ curve) is not to be less than 0,075 metre-radians up to an angle of 20° when the maximum righting lever (GZ) occurs at 20° and, not less than 0,055 metre-radians up to an angle of 30° when the maximum righting lever (GZ) occurs at 30° or above. When the maximum GZ occurs at angles between 20° and 30° the corresponding area under the GZ curve, A_{req} is to be taken as follows:

$$A_{req} = \{0,055 + 0,002(30 - q_{max})\} \text{ metreradians};$$

where q_{max} is the angle of heel in degrees where the GZ curve reaches its maximum.

- b) the area under the GZ curve between the angles of heel of 30° and 40° or between 30° and the angle of downflooding if this is less than 40°, is not to be less than 0,03 metre-radians;
- c) the righting lever (GZ) is to be at least 0,20 metres at an angle of heel where it reaches its maximum;
- d) the maximum GZ is to occur at an angle of heel not less than 20°;
- e) after correction for free surface effects, the initial metacentric height (GM) is not to be less than 0,15 metres;
- f) if the maximum righting lever (GZ) occurs at an angle of less than 20°, approval of the stability is to be considered by RINA as a special case.

3. For the purpose of assessing whether the stability criteria are met, GZ curves are to be produced for the loading conditions applicable to the operation of the vessel.

4. Superstructures

- a) The buoyancy of enclosed superstructures complying with regulation 3(10)(b) of the ICLL may be taken into account when producing GZ curves.
- b) Superstructures, the doors of which do not comply with the requirements of regulation 12 of ICLL, are not to be taken into account.

2.1.5 High Speed Vessels

In addition to the criteria above, Designers and builders are to address the following hazards which are known to effect vessels operating in planing modes or those achieving relatively high speeds:

- a) directional instability, often coupled to roll and pitch instabilities;
- b) bow diving of planing vessels due to dynamic loss of longitudinal stability in calm seas;
- c) reduction in transverse stability with increasing speed in monohulls;
- d) porpoising of planing monohulls being coupled with pitch and heave oscillations;
- e) generation of capsizing moments due to immersion of chines in planing monohulls (chine tripping).

2. Sailing vessels

1. Monohull

- a) Curves of statical stability (GZ curves) for at least the Loaded Departure with 100% consumables and the Loaded Arrival with 10% consumables are to be produced.
- b) The GZ curves required by a) should have a positive range of not less than 90°. For vessels of more than 45m, a range of less than 90° may be considered but may be subject to agreed operational criteria.
- c) In addition to the requirements of b), the angle of steady heel is to be greater than 15 degrees (see figure). The angle of steady heel is obtained from the intersection of a 'derived wind heeling lever' curve with the GZ curve required by a).

In the figure:

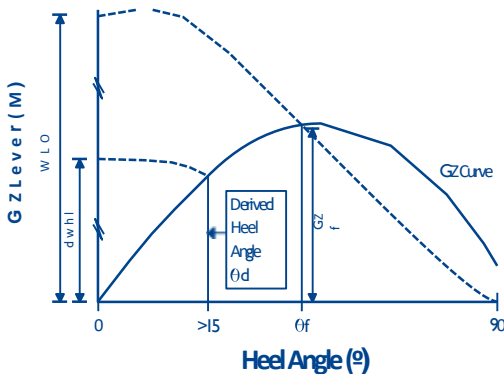
'dwhl' = the 'derived wind heeling lever' at any angle θ

$$dwhl = 0,5 \times WLO \times \cos^{1,3}\theta$$

where:

$$WLO = \frac{GZ_f}{\cos^{1,3}\theta_f}$$

Figure1



Noting that:

WLO is the magnitude of the actual wind heeling lever at 0° which would cause the vessel to heel to the 'down flooding angle' θ_f or 60° whichever is the lesser.

GZ_f is the lever of the vessel's GZ at the down flooding angle (θ_f) or 60° whichever is the lesser.

θ_d is the angle at which the 'derived wind heeling' curve intersects the GZ curve. (If θ_d is less than 15° the vessel will be considered as having insufficient stability).

θ_f , the 'down-flooding angle' is the angle of heel causing immersion of the lower edge of openings having an aggregate area, in square metres, greater than:

$$\frac{\otimes}{1500}$$

where \otimes = vessels displacement in tonnes.

All regularly used openings for access and for ventilation are to be considered when determining the down-flooding angle. No opening regardless of size which may lead to progressive flooding is to be immersed at an angle of heel of less than 40°. Air pipes to tanks can, however, be disregarded.

If, as a result of immersion of openings in a superstructure, a vessel cannot meet the required standard, those superstructure openings may be ignored and the openings in the weather deck used instead to determine θ_f . In such cases the GZ curve is to be derived without the benefit of the buoyancy of the superstructure.

It might be noted that provided the vessel complies with the requirements of [2.1.1], [2.1.2] and [2.1.3] and is sailed with an angle of heel which is no greater than the 'derived angle of heel', it should be capable of withstanding a wind gust equal to 1,4 times the actual wind velocity (i.e. twice the actual wind pressure) without immersing the 'down flooding openings', or heeling to an angle greater than 60°.

2.2.2 Multi-hull

- a) Curves of statical stability in both roll and pitch are to be prepared for at least the Loaded Arrival with 10% consumables. The VCG is to be obtained by one of the three methods listed below:

- 1) inclining of complete craft in air on load cells, the VCG being calculated from the moments generated by the measured forces, or
- 2) separate determination of weights of hull and rig (comprising masts and all running and standing rigging), and subsequent calculation assuming that the hull VCG is 75% of the hull depth above the bottom of the canoe body, and that the VCG of the rig is at half the length of the mast (or a weighted mean of the lengths of more than one mast), or
- 3) detailed calculation of the weight and CG position of all components of the vessel, plus a 15% margin of the resulting VCG height above the underside of canoe body.

- b) If naval architecture software is used to obtain a curve of pitch restoring moments, then the trim angle must be found for a series of longitudinal centre of gravity (LCG) positions forward of that necessary for the design waterline. The curve can then be derived as follows:

G Z in pitch = CG' x cos(trim angle)

$$\text{trim angle} = \tan^{-1} \left(\frac{T_{FP} T_{AP}}{L_{BP}} \right)$$

where:

CG' = shift of LCG forward of that required for design trim, measured parallel to baseline

T_{FP} = draught at forward perpendicular

T_{AP} = draught at aft perpendicular

L_{BP} = length between perpendiculars

Approximations to maximum roll or pitch moments are not acceptable.

- c) Data is to be provided to the user showing the maximum advised mean apparent wind speed appropriate to each combination of sails, such wind speeds being calculated as the lesser of the following:

$$v_w = 1,5 \frac{\sqrt{L M_R}}{\sqrt{A'_s h \cos \phi_R + A_D b}}$$

or

$$v_w = 1,5 \frac{\sqrt{L M_P}}{\sqrt{A'_s h \cos \phi_P + A_D b}}$$

where:

v_w = maximum advised apparent wind speed (knots)

LM_R = maximum restoring moment in roll (N-m)

LM_P = limiting restoring moment in pitch (N-m), defined as the pitch restoring moment at the least angle of the following:

- 1) angle of maximum pitch restoring moment, or
- 2) angle at which foredeck is immersed
- 3) 10° from design trim

A'_s = area of sails set including mast and boom (square metres)

h = height of combined centre of effort of sails and spars above the waterline

ϕ_R = heel angle at maximum roll righting moment (in conjunction with LMR)

ϕ_P = limiting pitch angle used when calculating LMP (in conjunction with LMP)

A_D = plan area of the hulls and deck (square metres)

b = distance from centroid of AD to the centreline of the leeward hull

This data is to be accompanied by the note:

In following winds, the tabulated safe wind speed for each sail combination should be reduced by the boat speed.

- d) If the maximum safe wind speed under full fore-and-aft sail is less than 27 knots, it is to be demonstrated by calculation using annex D of ISO 12217-2 (2002) that, when inverted and/or fully flooded, the volume of buoyancy, expressed in cubic metres (m^3), in the hull, fittings and equipment is greater than:

1.2 x (fully loaded mass in tonnes)

thus ensuring that it is sufficient to support the mass of the fully loaded vessel by a margin. Allowance for trapped bubbles of air (apart from dedicated air tanks and watertight compartments) is not to be included.

- e) The maximum safe wind speed with no sails set calculated in accordance with c) above is to exceed 36 knots.
- f) Trimarans used for unrestricted operations are to have sidehulls each having a total buoyant volume of at least 150% of the displacement volume in the fully loaded condition.
- g) The stability information booklet is to include information and guidance on:
 - 1) the stability hazards to which these craft are vulnerable, including the risk of capsize in roll and/or pitch;
 - 2) the importance of complying with the maximum advised apparent wind speed information supplied;
 - 3) the need to reduce the tabulated safe wind speeds by the vessel speed in following winds;
 - 4) the choice of sails to be set with respect to the prevailing wind strength, relative wind direction, and sea state;
 - 5) the precautions to be taken when altering course from a following to a beam wind.
- h) In vessels required to demonstrate the ability to float after inversion (according to c) above), an emergency escape hatch is to be fitted to each main inhabited watertight compartment such that it is above both upright and inverted waterlines.

3. Element of Stability

1. Unless otherwise specified, the lightship weight, vertical centre of gravity (KG) and longitudinal centre of gravity (LCG) of a vessel are to be determined from the results of an inclining experiment.

2. An inclining experiment is to be conducted in accordance with a detailed standard which is approved by RINA and, in the presence of a RINA Surveyor.

3. The inclining experiment and the lightweight check are to be conducted in accordance with the provisions of App 1.

4. The report of the inclining experiment and the lightship particulars derived are to be approved by RINA prior to their use in stability calculations.

5. For sister vessels, in order to verify the stability documentation the following procedure is to be applied:

- a) the shipyard declares that a ship is dealt with as a prototype.

An inclining experiment is to be carried out this first ship (prototype) and, on the basis of the results, a full stability booklet is to be prepared, taking into account the Rule stability requirements.

The above documents are to be examined and approved.

b) In the case of a declared sister ship (same hull, machinery, subdivision, general arrangement and furniture (as far as reasonable), a lightweight survey is to be carried out instead of an inclining test, provided that:

- 1) the ship is built by the same shipyard;
- 2) the same drawings are used;
- 3) when the sister ship is built the light ship displacement difference in comparison to the prototype is not greater than $\pm 2-3\%$;
- 4) a sister ship statement is communicated to RINA, thus formalising the request to waive the inclining experiment for the sister ship.

Should a ship be declared a sister ship of a prototype, the following documentation is to be sent for approval:

- a) light-ship weight report (duly signed by the attending RINA Surveyor and by the shipyard representative);
- b) stability booklet as photocopy of the prototype, only updated for the general description (ship's name, port of registry, flag, etc.).

4. Stability Documents

1.A vessel is to be provided with a stability information booklet for the Master, which is to be approved by RINA.

2.4.2 The stability information booklet is to contain the information specified in App 2.

2.4.3 A vessel with previously approved stability information which undergoes a major refit or alterations is to be

subjected to a complete reassessment of stability and provided with newly approved stability information.

A major refit or major alteration is one which results in a change in the lightship weight of 2 % and above and/or a change in the longitudinal centre of gravity of 1% and above (measured from the aft perpendicular), and/or an increase in the calculated vertical centre of gravity of 0,25% and above (measured from the keel).

4.Sailing vessels are to have, readily available, a copy of the Curves of Maximum Steady Heel Angle to Prevent Downflooding in Squalls, or in the case of a multihull, the values of maximum advised mean apparent windspeed, for the reference of the watchkeeper. This should be a direct copy taken from that contained in the approved stability booklet.

5.The overall sail area and spar weights and dimensions are to be as documented in the vessel's stability information booklet. Any rigging modifications that increase the overall sail area, or the weight/dimensions of the rig aloft, must be accompanied by an approved updating of the stability information booklet.

2.5 Stability criteria for yachts less than 24 m in length

2.5.1 (15/6/2011)

For yachts less than 24 m in length, the stability assessment may be carried out in compliance with ISO Standard 12217-1 and 12217-2 respectively for non sailing boats and for sailing boats, and as an alternative to the relevant criteria given in [2.1] and [2.2].

Part C

Machinery, Electrical Installations, Automation and Fire Protection

Chapter 1

MACHINERY

SECTION 1	GENERAL REQUIREMENTS
SECTION 2	DIESEL ENGINES
SECTION 3	PRESSURE VESSELS
SECTION 4	GAS TURBINES
SECTION 5	GEARING
SECTION 6	MAIN PROPULSION SHAFTING
SECTION 7	PROPELLERS
SECTION 8	SHAFT VIBRATIONS
SECTION 9	PIPING SYSTEMS
SECTION 10	STEERING GEAR
SECTION 11	THRUSTERS
SECTION 12	TESTS ON BOARD
APPENDIX 1	PLASTIC PIPES AND OTHER NON-METALLIC PIPES

SECTION 1 GENERAL REQUIREMENTS

1 General

1. Application

1.1.1 (15/8/2017)

Chapter 1 applies to the design, construction, installation, tests and trials of main propulsion and essential auxiliary machinery systems and associated equipment, boilers and pressure vessels, piping systems, and steering and manoeuvring systems installed on board classed yachts, as indicated in each Section of this Chapter.

For the application of the present Chapter, if not otherwise specified, when the length is mentioned it has to be intended L_{LL} or LH whichever is less.

2. Documentation to be submitted

1. Before the actual construction is commenced, the Manufacturer, Designer or ship builder is to submit to RINA the documents (plans, diagrams, specifications and calculations) requested in the relevant Sections of this Chapter.

The list of documents requested in each Section is to be intended as guidance for the complete set of information to be submitted, rather than an actual list of titles.

RINA reserves the right to request the submission of additional documents to those detailed in the Sections, in the case of non-conventional design or if it is deemed necessary for the evaluation of the system, equipment or component.

Plans are to include all the data necessary for their interpretation, verification and approval.

Unless otherwise stated in the other Sections of this Chapter or agreed with RINA, documents for approval are to be sent in triplicate if submitted by the shipyard and in four copies if submitted by the equipment supplier.

In any case, RINA reserves the right to require additional copies when deemed necessary.

3. Definitions

1. Machinery spaces of Category A

Machinery spaces of Category A are those spaces and trunks to such spaces which contain:

- internal combustion machinery used for main propulsion, or
- internal combustion machinery used for purposes other than main propulsion where such machinery has in the aggregate a total power output of not less than 375 kW, or
- any fuel oil unit, or
- gas generators, incinerators, waste disposal units, etc., which use oil fired equipment.

2. Machinery spaces

Machinery spaces are all machinery spaces of Category A and all other spaces containing propulsion machinery, boilers, fuel oil units, steam and internal combustion engines, generators and major electrical machinery, oil filling stations, refrigerating, stabilising, ventilation and air conditioning machinery, and similar spaces, and trunks to such spaces.

3. Fuel oil unit

Fuel oil unit is the equipment used for the preparation of fuel oil for delivery to an oil fired boiler, or equipment used for the preparation for delivery of heated oil to an internal combustion engine, and includes any oil pressure pumps, filters and heaters dealing with oil at a pressure of more than 0,18 N/mm².

For the purpose of this definition, inert gas generators are to be considered as oil fired boilers and gas turbines are to be considered as internal combustion engines.

2 Design and construction

1. General

1. The machinery, boilers and other pressure vessels, associated piping systems and fittings are to be of a design and construction adequate for the service for which they are intended and are to be so installed and protected as to reduce to a minimum any danger to persons on board, due regard being paid to moving parts, hot surfaces and other hazards.

The design is to have regard to materials used in construction, the purpose for which the equipment is intended, the working conditions to which it will be subjected and the environmental conditions on board.

2. Materials, welding and testing

1. General

Materials, welding and testing procedures are to be in accordance with the requirements of Part D and those given in the other Sections of this Chapter. In addition, for machinery components fabricated by welding the requirements given in [2.2.2] apply.

2. Welded machinery components

Welding processes and welders are to be approved by RINA in accordance with Part D, Chapter 5.

References to welding procedures adopted are to be clearly indicated on the plans submitted for approval.

Joints transmitting loads are to be either:

- full penetration butt-joints welded on both sides, except when an equivalent procedure is approved
- full penetration T- or cruciform joints.

For joints between plates having a difference in thickness greater than 3 mm, a taper having a length of not less than 4 times the difference in thickness is required. Depending on the type of stress to which the joint is subjected, a taper equal to three times the difference in thickness may be accepted.

T-joints on scalloped edges are not permitted.

Lap-joints and T-joints subjected to tensile stresses are to have a throat size of fillet welds equal to 0,7 times the thickness of the thinner plate on both sides.

In the case of welded structures including cast pieces, the latter are to be cast with appropriate extensions to permit connection, through butt-welded joints, to the surrounding structures, and to allow any radiographic and ultrasonic examinations to be easily carried out.

Where required, preheating and stress relieving treatments are to be performed according to the welding procedure specification.

3. Vibrations

1. Special consideration is to be given to the design, construction and installation of propulsion machinery systems and auxiliary machinery so that any mode of their vibrations will not cause undue stresses in this machinery in the normal operating ranges.

4. Ambient conditions

1. Machinery and systems covered by the Rules are to be designed to operate properly under the ambient conditions specified in Tab 1, unless otherwise specified in each Section of this Chapter.

5. Power of machinery

1. Unless otherwise stated in each Section of this Chapter, where scantlings of components are based on power, the values to be used are determined as follows:

- for main propulsion machinery, the rated power/rotational speed declared by the Manufacturer according to a recognized standard
- for auxiliary machinery, the power/rotational speed which is available in service.

6. Astern power

1. Sufficient power for going astern is to be provided to secure proper control of the yacht in all normal circumstances.

For main propulsion systems with reversing gears, controllable pitch propellers or electrical propeller drive, running astern is not to lead to an overload of propulsion machinery.

During the sea trials, the ability of the main propulsion machinery to reverse the direction of thrust of the propeller is to be demonstrated and recorded (see also Sec 13).

7. Safety devices

1. Where risk from overspeeding of machinery exists, means are to be provided to ensure that the safe speed is not exceeded.

2. Where main or auxiliary machinery including pressure vessels or any parts of such machinery are subject to internal pressure and may be subject to dangerous overpressure, means are to be provided, where practicable, to protect against such excessive pressure.

3. Main turbine propulsion machinery and, where applicable, main internal combustion propulsion machinery and auxiliary machinery are to be provided with automatic shut-off arrangements in case of failures, such as lubricating oil supply failure, which could lead rapidly to complete breakdown, serious damage or explosion.

RINA may permit provisions for overriding automatic shut-off devices.

See also the specific requirements given in the other Sections of this Chapter.

Table 1 : Ambient conditions

AIR TEMPERATURE	
Location, arrangement	Temperature range (°C)
In enclosed spaces	between 0 and +45 (2)
On machinery components In spaces subject to higher or lower temperatures	According to the specific local conditions
On exposed decks	between -25 and +45 (1)

WATER TEMPERATURE	
Coolant	Temperature (°C)
Sea water or, if applicable, sea water at charge air coolant inlet	up to +32
(1) Electronic appliances are to be designed for an air temperature up to 55°C (for electronic appliances see also Chapter 2). (2) Different temperatures may be accepted by RINA according with the specific characteristics of the machinery.	

8. Fuels

1. Fuel oils employed for engines and boilers are, in general, to have a flash point (determined using the closed cup test) of not less than 60°C. However, for engines driving

emergency generators, fuel oils having a flash point of less than 60°C but not less than 43°C are acceptable.

2. For yachts having fuel oil with a flash point below 43°C the arrangements for the storage, distribution and utilization of the fuel oil are to be such that the safety of the craft and persons on board is preserved, having regard to fire and explosion hazard. The arrangements are to comply with Ch 2, Sec 1, [5].

Tanks for the storage of such fuel oil are to be located outside any machinery space and at a distance of not less than 760 mm inboard from the shell and bottom plating and from decks and bulkheads.

The spaces in which such fuel oil tanks are located are to be mechanically ventilated using exhaust fans providing not less than six air changes per hour. The fans are to be such as to avoid the possibility of ignition of flammable gas mixture. Suitable wire mesh guards are to be fitted over inlet and outlet ventilation openings. The outlets for such exhaust are to discharge to a safe position.

A fixed vapour detection system is to be installed in each space through which fuel oil lines pass, with alarms provided at a continuously manned control station.

3. For yachts not more than 24 metres, the use of petrol fuel also for propulsion engines may be accepted provided

that the requirements of the relevant ISO Standards 10088 and 11105 are to be complied with concerning the ventilation of the spaces where fuels are stored or engines are installed and relevant to the protection of electrical devices against ignition of surrounding flammable gases.

2.9 Use of asbestos

2.9.1 (15/3/2011)

New installation of materials which contain asbestos is prohibited.

2.10 Operation in inclined position

2.10.1 (1/1/2016)

Main propulsion machinery and all auxiliary machinery essential to the propulsion and the safety of the yacht are, as fitted in the yacht, be designed to operate when the yacht is upright and when inclined at any angle of list either way and trim by bow or stern as stated in Tab 2.

The Society may permit deviations from angles given in Tab 2, taking into consideration the type, size and service conditions of the yacht. Machinery with a horizontal rotation axis is generally to be fitted on board with such axis arranged alongships. If this is not possible, the Manufacturer is to be informed at the time the machinery is ordered.

Table 2 : Inclination of yacht (1/1/2016)

Installation, components	Angle of inclination (degrees) (1)(1)			
	Athwartship		Fore and aft	
	static	dynamic	static	dynamic
Main and auxiliary machinery	15	22,5	5 (3)	7,5
Safety equipment e.g. emergency power installations, emergency fire pumps and their devices Switch gear, electrical and electronic appliances (2) and remote control systems	22,5	22,5	10	10
<p>(1) Athwartship and fore-and-aft inclinations may occur simultaneously</p> <p>(2)) Up to an angle of inclination of 45° no undesired switching operations or operational changes may occur</p> <p>(3) Where the length of the yacht exceeds 100m, the fore-and-aft static angle of inclination may be taken as 500/L degrees, where L is the length of yacht, in metres, as defined in Pt B, Ch 1, Sec 2, [4.2.1].</p>				

3 Arrangement and installation on board

1. General

1. Provision is to be made to facilitate cleaning, inspection and maintenance of main propulsion and auxiliary machinery, including boilers and pressure vessels.

Easy access to the various parts of the propulsion machinery is to be provided by means of metallic ladders and gratings fitted with strong and safe handrails.

Spaces containing main and auxiliary machinery are to be provided with adequate lighting and ventilation.

2. Floors

1. Floors in engine rooms are to be in general metallic, divided into easily removable panels.

3. Bolting down

1. Bedplates of machinery are to be securely fixed to the supporting structures by means of foundation bolts which are to be distributed as evenly as practicable and of a sufficient number and size so as to ensure a perfect fit.

Where the bedplates bear directly on the inner bottom plating, the bolts are to be fitted with suitable gaskets so as to ensure a tight fit and are to be arranged with their heads within the double bottom.

Continuous contact between bedplates and foundations along the bolting line is to be achieved by means of chocks of suitable thickness, carefully arranged to ensure a complete contact.

The same requirements apply to thrust block and shaft line bearing foundations.

Particular care is to be taken to obtain a perfect levelling and general alignment between the propulsion engines and their shafting (see Sec 6).

4. Safety devices on moving parts

1. Suitable protective devices are to be provided in way of moving parts (flywheels, couplings, etc.) in order to avoid injuries to personnel.

5. Gauges

1. All gauges are to be grouped, as far as possible, near each manoeuvring position; in any event, they are to be clearly visible.

6. Ventilation in machinery spaces

1. Machinery spaces are to be sufficiently ventilated so as to ensure that when machinery or boilers therein are operating at full power in all weather conditions, including heavy weather, a sufficient supply of air is maintained to the spaces for the operation of the machinery. Special attention is to be paid both to air delivery and extraction and to air distribution in the various spaces. The quantity and distribution of air are to be such as to satisfy machinery requirements for developing maximum continuous power.

The requirements of the engine Manufacturer are to be followed.

The ventilation is to be so arranged as to prevent any accumulation of flammable gases or vapours.

7. Hot surfaces and fire protection

1. Surfaces having temperature exceeding 60°C with which the crew are likely to come into contact during operation are to be suitably protected or insulated.

Surfaces of machinery with temperatures above 220°C, e.g. exhaust gas lines, silencers, turbochargers, are to be effectively insulated with non-combustible material or equivalently protected to prevent the ignition of combustible materials coming into contact with them. Where the insulation used for this purpose is oil absorbent or may permit the penetration of oil, the insulation is to be encased in steel sheathing or equivalent material.

Fire protection, detection and extinction are to comply with the requirements of Chapter 3.

8. Communications

1. At least one fixed means of voice communication is to be provided for communicating orders from the wheelhouse to the position in the machinery space or in the control room from which the speed and the direction of the thrust of the propellers are controlled.

Appropriate means of communication are to be provided from the wheelhouse and the engine room to any other position from which the speed and direction of thrust of the propellers may be controlled.

Where the main propulsion system of the yacht is to be controlled from the wheelhouse by a remote control system, the second means of communication may be the same bridge control system.

3.9 Machinery remote control, alarms and safety systems

3.9.1 For remote control systems of main propulsion machinery and essential auxiliary machinery and relevant alarms and safety systems, the requirements of Chapter 3 apply.

4 Tests and trials

1. Works tests

1. Works tests for equipment and its components for \geq class notation assignment are detailed in the relevant Sections of this Chapter.

Where such tests cannot be performed in the workshop, RINA may allow them to be carried out on board, provided this is not judged to be in contrast either with the general characteristics of the machinery being tested or with particular features of the shipboard installation. In such cases, the Surveyor entrusted with the acceptance of machinery on board and the purchaser are to be informed in advance and the tests are to be carried out in accordance with the provisions of Part D relative to incomplete tests.

All parts of machinery, all hydraulic, pneumatic and other systems and their associated fittings which are under internal pressure are to be subjected to appropriate tests including a pressure test before being put into service for the first time as detailed in the other Sections of this Chapter.

2. Trials on board

1. Trials on board of machinery are detailed in Sec 13.

Part C
**Machinery, Electrical Installations,
Automation and Fire Protection**

Chapter 2

ELECTRICAL INSTALLATIONS

SECTION 1 APPLICATION AND GENERAL REQUIREMENTS

APPENDIX 1 DETAIL OF DOCUMENTATION TO BE SUBMITTED

SECTION 1

APPLICATION AND GENERAL REQUIREMENTS

1 Application

1. General

1. The requirements of this Chapter apply to electrical installations on yachts.

1.2 References to other regulations and Standards

1.2.1 (1/1/2016)

Publications by the International Electrotechnical Commission (IEC) or other internationally recognised standards referred to in the rules are those currently in force at the date of agreement for yacht classification.

2 Documentation to be submitted

2.1 General

2.1.1 (1/1/2016)

The documents listed in [2.1.2] are to be submitted.

The list of documents requested is to be intended as guidance for the complete set of information to be submitted, rather than an actual list of titles.

RINA reserves the right to request the submission of additional documents in the case of non-conventional design or if it is deemed necessary for the evaluation of the system, equipment or components.

Unless otherwise agreed with RINA, documents for approval are to be sent in triplicate if submitted by the shipyard and in four copies if submitted by the equipment supplier.

Documents requested for information are to be sent in triplicate.

In any case, RINA reserves the right to require additional copies when deemed necessary.

2.1.2 (1/1/2017)

The documents indicated in Tab 1 are to be submitted for approval ("Calculation of short-circuit currents" is to be submitted for information only).

Table 1 : Documents to be submitted (1/1/2016)

Item No	Description of the document
1	One line diagram of main and emergency power systems (including ac and dc power systems) including lighting systems
2	Electrical power balance of main and emergency supply
3	Calculation of short-circuit currents for each installation in which the sum of rated power of the energy sources which may be connected contemporaneously to the network is greater than 500 kVA (kW)
4	List of circuits including, for each supply and distribution circuit, data concerning the nominal current, type, length and cross-section of the cables, nominal and setting values of the protective and control devices
5	One line diagram and detailed functional diagram of the main switch-board
6	One line diagram and detailed functional diagram of the emergency switchboard
7	Diagrams of the section boards and motor control centres of essential and emergency services, having a nominal current of 100 A or above
8	Detailed diagram of the navigation-light switchboard
9	For electrical propulsion installations: single line diagram, control system and its power supply diagram, alarm and monitoring system including list of alarms and monitoring points and its power supply diagram, safety system including the list of monitored parameters and its power supply diagram.

Any document submitted to RINA that is:

- additional to those requested in Table 1 or
- addition to those specially requested by RINA

will not be examined by RINA, and any evidence against this (including but not limited to an approval stamp) is to be

intended as unintentional unless confirmed in writing by RINA.

2.1.3 (1/1/2017)

For the detail of the documents required for approval see App 1.

3 Applicable international standards

3.1 Yachts with length L_{LL} or LH not exceeding 24 m in length

3.1.1 (15/8/2017)

For yachts with length L_{LL} or LH not exceeding 24 m, the following standards apply:

- for direct current system installations which operate at a rated voltage not exceeding 50 V: ISO 10133;
- for single-phase alternating current installations which operate at a rated voltage not exceeding 250 V: ISO 13297;
- for three-phase alternating current systems which operate at a rated voltage not exceeding 500 V: IEC 60092-507.

For systems which operate at rated voltage exceeding the above limits, the applicable standards will be evaluated on a case by case basis.

3.1.2 In addition to the above-mentioned standards, the requirements in [4] apply except [4.6.1.1].

3.2 Yachts with length L_{LL} or LH exceeding 24 m and not exceeding 500 gross tonnage or 50 m in length (Loa)

3.2.1 General (15/8/2017)

For yachts with length L_{LL} or LH exceeding 24 m, having gross tonnage not exceeding 500 or 50 m in length (Loa) the following standards apply:

- for single-phase alternating current systems which operate at a rated voltage not exceeding 250 V and
- for three-phase alternating current systems which operate at a rated voltage not exceeding 500 V; and
- for direct current systems which operate at a rated voltage not exceeding 50 V IEC 60092-507 and the requirements in [4];
- for single-phase alternating current systems which operate at a rated voltage exceeding 250 V and
- for three-phase alternating current systems which operate at a rated voltage exceeding 500 V; and
- for direct current systems which operate at a rated voltage exceeding 50 V: Part C, Chapter 2 of the Rules for the Classification of Ships.

3.3 Yachts exceeding 500 gross tonnage or 50 m in length (Loa)

3.3.1 (1/1/2016)

For yachts exceeding 500 gross tonnage or exceeding 50 m in length (Loa), Part C, Chapter 2 of the Rules for the Classification of Ships applies.

4 Additional requirements

1. Protection of generators

4.1.1 (1/1/2016)

Generators are to be protected against short-circuit and overload by multipole circuit breakers.

4.1.2 (1/1/2016)

Fuses may be accepted for the protection of generators having rated power less than 50 KVA and not designed to run in parallel.

2. Radio equipment

4.2.1 (1/1/2016)

Radio equipment is to be supplied by means of two circuits, one from the main switchboard and the other from a dedicated accumulator battery suitably located for use in an emergency. If the emergency source of electrical power is an accumulator battery located in close proximity to the radio installation, RINA may accept that the second source of electrical power is taken from the emergency source of electrical power.

Note 1: additional to/different requirements may be required by a National Administrations.

3. Protection of motors

4.3.1 (1/1/2016)

Motors having rated power of 1 kW or above are to be protected against overload and short-circuit.

4.3.2 (1/1/2016)

In addition to [4.3.1], motors rated above 1 kW are to be provided with undervoltage protection, operative on the reduction or failure of voltage, to cause and maintain the interruption of power in the circuit until the motor is deliberately restarted, except special cases like steering gear motors that are to restart automatically.

4. Emergency stop

4.4.1 (1/1/2016)

An emergency stop is to be provided for all the machinery spaces fans, fuel and lubricating oil pumps and other pumps handling flammable liquids. The controls for the emergency stop are to be located outside of the space where the fan or pump is located.

4.5 Navigation lights

4.5.1 (1/1/2016)

Navigation Light (NL) means the following lights:

- masthead light, sidelights, sternlight, towing light, all-round light, flashing light as defined in Rule 21 of COLREGs,
- all-round flashing yellow light required for air-cushion vessels by Rule 23 of COLREGs,
- manoeuvring light required by Rule 34(b) of COLREGs.

4.5.2 The feeder of each navigation light is to be protected by independent fuses or circuit-breaker.

4.5.3 (1/1/2016)

Single navigation lights or fitted with single lamps may be accepted by RINA.

4.6 Underwater lights

4.6.1 (1/1/2016)

The lights to be installed through the outer hull of yachts, placed in a position such that the lower margin of the light is lower than 500 mm above the summer load line, are to have the following minimum degree of protection in accordance with IEC Publication 60529:

- IP68 for the external part
- IP67 for the internal part.

The lights to be installed through the outer hull of yachts, placed in a position such that the lower margin of the light is higher than 500 mm above the lower summer load line, but below the freeboard deck, are to have a minimum degree of protection IP56 in accordance with IEC Publication 60529.

4.6.2 (1/1/2016)

Where lights are installed in spaces where flammable gas or vapours are liable to accumulate (i.e. gasoline engine compartments, etc.), the lights are to be certified "safe type electrical equipment" as suitable for Zone 1 according to IEC 60079 Series.

4.6.3 (1/1/2016)

Constructional drawings of the lights, including materials and characteristics of all components are to be submitted for examination.

4.6.4 (1/1/2016)

Underwater lights are to be type approved. For this purpose tests are to be carried out to verify the degree of protection; pressure test and duration of the test to verify degree of protection IP68 are to be agreed with the Maker taking into account the working condition of the lights (i.e. the depth and the position on the submerged part of the hull). The type approval certificate, having a validity of 5 years, will be issued by RINA after examination of the relevant test reports.

4.7 Electric cables

4.7.1 General (1/1/2016)

- a) Cables are to be manufactured in accordance with the relevant recommendations of IEC Publications 60092-350, 60092-352, 60092-353, 60092-354 and 60092-376 or in accordance with other equivalent international or national marine standards recognized by RINA (e.g. Standards CEI 18-... series).
- b) All electrical cables and wiring external to equipment are to be at least of a flame-retardant type, in accordance with IEC Publication 60332-1-1 and IEC 60332-1-2.

In addition to the provisions of b), when cables are laid in bundles, cable types are to be chosen in compliance with IEC Publication 60332-3-22 (category A), or other means are to be provided such as not to impair their original flame-retarding properties.

Where necessary for specific applications such as radio frequency or digital communication systems, which require the use of particular types of cables, RINA may permit the use of cables which do not comply with the provisions of b) and c).

For the acceptance on board of cables the Manufacturer is to issue a statement providing information on the type and characteristics of the cable, and is to document the results of the type tests according to IEC 60092-3... series (where applicable) publications and IEC 60332-1-1, IEC 60332-3-22 (Category A). The type tests according to IEC 60092-3... series publications (where applicable) and IEC 60332-1-1, IEC 60332-3-22 (Category A) are to be surveyed by the Society, otherwise the good results of the type tests is to be documented by means of test reports issued by independent and recognised laboratories (see Note 1).

Note 1: reference is to be made to the Rules for testing, Certification and Acceptance of Marine Materials and Equipment Ch 5, [3].

A certificate of conformity to each and any of the standards quoted above, issued by the Manufacturer, may be accepted, at the discretion of the Society, provided that the Manufacturer has in place a Certified quality assurance system at least equivalent to one of the ISO 9000 Standard series.

4.8 Choice insulation

4.8.1 (1/1/2016)

The maximum rated operating temperature of the insulating material is to be at least 10°C higher than the maximum ambient temperature liable to occur or to be produced in the space where the cable is installed.

4.8.2 (1/1/2016)

The maximum rated conductor temperature for normal and short-circuit operation, for the type of insulating compounds normally used for shipboard cables, is not to exceed the values stated in Tab 1. Special consideration will be given to other insulating materials.

4.8.3 (1/1/2016)

PVC insulated cables are not to be used either in refrigerated spaces or on decks exposed to the weather.

Table 2 : Maximum rated conductor temperature (1/1/2016)

Type of insulating compound	Abbreviated designation	Maximum rated conductor temperature °C	
		Normal operation	Short-circuit
a) Thermoplastic: • based upon polyvinyl chloride or copolymer of vinyl chloride and vinyl acetate	PVC/A	60	150
b) Elastomeric or thermosetting: • based on ethylene-propylene rubber or similar (EPM or EPDM) • based on high modulus or hardgrade ethylene propylene rubber • based on cross-linked polyethylene • based on rubber silicon • based on ethylene-propylene rubber or similar (EPM or EPDM) halogen free • based on high modulus or hardgrade halogen free ethylene propylene rubber • based on cross-linked polyethylene halogen free • based on rubber silicon halogen free • based on cross-linked polyolefin material for halogen free cable (1)	EPR	85	250
	HEPR	85	250
	HLPE S	85	250
	95	95	350
	HF EPR	85	250
	HF	85	250
	HEPR	85	250
	HF XLPE	95	350
	HF S95	85	250
	(1) Used on sheathed cable only		

4.9 Choice of protective covering

4.9.1 (1/1/2016)

Cables fitted on decks exposed to the weather, in damp and wet locations (e.g. bathrooms), in refrigerated spaces, in machinery spaces and wherever water condensation or harmful vapours (including oil vapour) may be present are to have an impervious sheath.

4.9.2 (1/1/2016)

Where cables are provided with armour or metallic braid (e.g. for cables installed in hazardous areas), an over-all impervious sheath or other means to protect the metallic elements against corrosion is to be provided.

4.9.3 (1/1/2016)

An impervious sheath is not required for single-core cables installed in tubes or ducts inside accommodation spaces, in circuits with maximum system voltage 250 V.

4.9.4 (1/1/2016)

In choosing different types of protective coverings, due consideration is to be given to the mechanical action to which each cable may be subjected during installation and in service.

If the mechanical strength of the protective covering is considered insufficient, the cables are to be mechanically protected (e.g. by an armour or by installation inside pipes or conduits).

4.9.5 (1/1/2016)

Some cable sheaths (such as PVC) may react chemically in contact with polyurethane foam. The risk is to be avoided by suitable choice of cable, mechanical protection or other appropriate installation method.

Single-core (1/1/2016) for a.c. circuits with rated current exceeding 20 A are to be either non-armoured or armoured with non-magnetic material.

4.10 Cables in refrigerated spaces

4.10.1 (1/1/2016)

Cables installed in refrigerated spaces are to have a water-tight or impervious sheath and are to be protected against mechanical damage. If an armour is applied on the sheath, the armour is to be protected against corrosion by a further moisture-resisting covering.

4.11 Cables in areas with a risk of explosion

4.11.1 (1/1/2016)

For cables in areas with a risk of explosion, see [9].

4.12 Internal wiring of switchboards and other enclosures for equipment

4.12.1 (1/1/2016)

For installation in switchboards and other enclosures for equipment (up to a rated voltage of 440 V), single-core cables may be used without further protection (sheath). Other types of flame-retardant switchboard wiring may be accepted at the discretion of RINA.

4.13 Current carrying capacity of cables

4.13.1 (1/1/2016)

The current carrying capacity for continuous service of cables is given in Tab 2.

4.13.2 (1/1/2016)

The current carrying capacity cited in [8.7.1] is applicable, with rough approximation, to all types of protective covering (e.g. both armoured and non-armoured cables).

4.13.3 (1/1/2016)

Values other than those shown in Tab 2 may be accepted provided they are determined on the basis of calculation methods or experimental values approved by RINA.

4.13.4 (1/1/2016)

When the actual ambient temperature obviously differs from 45°C, the correction factors shown in Tab 6 may be applied to the current carrying capacity in Tab 2.

4.13.5 (1/1/2016)

Where more than six cables are bunched together in such a way that there is an absence of free air circulating around them, and the cables can be expected to be under full load simultaneously, a correction factor of 0,85 is to be applied.

4.13.6 (1/1/2016)

Where a cable is intended to supply a short-time load for 1/2-hour or 1-hour service (e.g. mooring winches or bow

thruster propellers), the current carrying capacity obtained from Tab 2 may be increased by applying the corresponding correction factors given in Tab 7. In no case is a period shorter than half an hour to be used, whatever the effective period of operation.

4.13.7 (1/1/2016)

For supply cables to single services for intermittent loads the current carrying capacity obtained from Tab 2 may be increased by applying the correction factors given in Tab 6. The correction factors are calculated with rough approximation for periods of 10 minutes, of which 4 minutes with a constant load and 6 minutes without load.

Table 3 : Current rating for single-core cables in continuous service (ambient temperature 45 °C) (1/1/2016)

1	2	3	4	5	6
Nominal cross-sectional area of conductors S	Cable installation				
	General purpose PVC	Heat resistant PVC	Butly rubber	EPR and XLPE	Silicone rubber and mineral insulation
	Maximum permissible service temperature of the conductor				
	60 °C	75 °C	80 °C	85 °C	95 °C
mm ²	A	A	A	A	A
1	8	13	15	16	20
1,5	12	17	19	20	24
2,5	17	24	26	28	32
4	22	32	35	38	42
6	29	41	45	48	55
10	40	57	63	67	75
16	54	76	84	90	100
25	71	100	110	120	135
35	87	125	140	145	165
50	105	150	165	180	200
<p>Note 1:The current rating, I, in amperes, has been calculated for each nominal cross-sectional area S in square millimetres, using the formula: $I = \alpha \cdot S^{0,625}$</p> <p>where α is a coefficient related to the maximum permissible service temperature of the conductor as indicated in Tab 3.</p> <p>Note 2:When a mineral-insulated cable is installed in a location where its copper sheath is liable to be touched by hand when in service, the current rating shown in column 6 is to be multiplied by the correction factor 0,70 to ensure that the sheath temperature does not exceed 70 °C.</p>					

Table 4 : Value of α (1/1/2016)

Maximum permissible temperature of the conductor		60 °C	75 °C	80 °C	85 °C	95 °C	
Value of α	For nominal cross-sectional area	$S \geq 2,5 \text{ mm}^2$	9,5	13,5	15	16	18
		$S < 2,5 \text{ mm}^2$	8	13	15	16	20

Table 5 : Correction factors for various ambient air temperatures (1/1/2016)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maximum conductor temperature	Correction factors										
	Ambient air temperatures ° C										
° C	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
60	1,29	1,15	1,00	0,82	-	-	-	-	-	-	-
65	1,22	1,12	1,00	0,87	0,71	-	-	-	-	-	-
70	1,18	1,10	1,00	0,89	0,77	0,63	-	-	-	-	-
75	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	-	-	-	-
80	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76	0,65	0,53	-	-	-
85	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	-	-
90	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,74	0,67	0,58	0,47	-
95	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

Table 6 : Correction factors for half-hour and one-hour service (1/1/2016)

1	2	3
Normal cross-sectional area mm ²	Half-hour service	One-hour service
1 to 10	1,06	1,06
16	1,09	1,06
25	1,19	1,08
35	1,34	1,14
50	1,55	1,25

4.14 Minimum nominal cross-sectional area of conductors

4.14.1 (1/1/2016)

In general the minimum allowable conductor cross-sectional areas are those given in Tab 7.

4.14.2 (1/1/2016)

The nominal cross-sectional area of the neutral conductor in three-phase distribution systems is to be equal to at least 50% of the cross-sectional area of the phases, unless the latter is less than or equal to 16 mm². In such case the cross-sectional area of the neutral conductor is to be equal to that of the phase.

4.14.3 (1/1/2016)

For the nominal cross-sectional area of:

- earthing conductors, see Sec 5, [2.3]
- earthing connections for distribution systems, see Sec 5, [2.5].

Table 7 : Correction factors for intermittent service (1/1/2016)

Sum of nominal cross-sectional areas of all conductors in the cable, in mm ²		Correction factor
Cables with metallic sheath and armoured cables	Cables without metallic sheath and non-armoured	
	$S \leq 5$	1,10
	$5 < S \leq 8$	1,15
	$8 < S \leq 16$	1,20
$S \leq 4$	$16 < S \leq 825$	1,25
$4 < S \leq 7$	$25 < S \leq 42$	1,30
$7 < S \leq 17$	$42 < S \leq 72$	1,35
$17 < S \leq 42$	$72 < S \leq 140$	1,40
$42 < S \leq 110$	$140 < S$	1,45
$110 < S$	-	1,50

Table 8 : Minimum nominal cross-sectional areas (1/1/2016)

Service	Nominal cross-sectional area	
	Internal wiring mm ²	External wiring mm ²
Power, heating and lighting systems	1,0	1,0
Control circuits for power plant	1,0	1,0
Control circuits other than those for power plant	0,75	0,5
Control circuits for telecommunications, measurement, alarms	0,5	0,2

Service	Nominal cross-sectional area	
	Internal wiring mm ²	External wiring mm ²
Telephone and bell equipment, not required for the safety of the yacht or crew calls	0,2	0,1
Bus and data cables	0,2	0,1

4.15 Choice of Cables

4.15.1 (1/1/2016)

The rated voltage of any cable is to be not lower than the nominal voltage of the circuit for which it is used.

4.15.2 (1/1/2016)

The nominal cross-sectional area of each cable is to be sufficient to satisfy the following conditions with reference to the maximum anticipated ambient temperature:

- the current carrying capacity is to be not less than the highest continuous load carried by the cable
- the voltage drop in the circuit, by full load on this circuit, is not to exceed the specified limits
- the cross-sectional area calculated on the basis of the above is to be such that the temperature increases which may be caused by overcurrents or starting transients do not damage the insulation.

4.15.3 (1/1/2016)

The highest continuous load carried by a cable is to be calculated on the basis of the power requirements and of the diversity factor of the loads and machines supplied through that cable.

4.15.4 (1/1/2016)

When the conductors are carrying the maximum nominal service current, the voltage drop from the main or emergency switchboard busbars to any point in the installation is not to exceed 6 % of the nominal voltage.

For battery circuits with supply voltage less than 50 V, this value may be increased to 10%.

For the circuits of navigation lights, the voltage drop is not to exceed 5 % of the rated voltage under normal conditions.

4.16 Parallel connection of cables

4.16.1 (1/1/2016)

Cables with conductors of cross-section less than 10 mm² are not to be connected in parallel.

4.17 Storage batteries

4.17.1 (1/1/2017)

Where lithium batteries are provided as permanently installed storage batteries, the requirements of "Rules for the certification, installation and testing of Lithium based storage batteries" are to be complied with.

5 Electrical installations in hazardous areas

1. Electrical equipment

5.1.1 No electrical equipment is to be installed in hazardous areas unless RINA is satisfied that such equipment is:

- essential for operational purposes,
- of a type which will not ignite the mixture concerned,
- appropriate to the space concerned, and
- appropriately certified for safe usage in the dusts, vapours or gases likely to be encountered.

5.1.2 Where electrical equipment of a safe type is permitted in hazardous areas it is to be selected with due consideration to the following:

- a) risk of explosive dust concentration:
 - degree of protection of the enclosure
 - maximum surface temperature
- b) risk of explosive gas atmosphere:
 - explosion group
 - temperature class.

5.1.3 Where electrical equipment is permitted in hazardous areas, all switches and protective devices are to interrupt all poles or phases and to be located in a non-hazardous area.

Such switches and equipment located in hazardous areas are to be suitably labelled for identification purposes.

5.1.4 Electrical equipment which is intended for use in explosive gas atmospheres or which is installed where flammable gases, vapours or explosive dusts are liable to accumulate, such as in spaces containing petrol-powered machinery, petrol fuel tank(s), or joint fitting(s) or other connections between components of a petrol system, and in compartments or lockers containing LPG cylinders and/or pressure regulators, is to conform to IEC 60079 series or equivalent standard.

5.1.5 (15/8/2017)

For electrical equipment installed in Zone 0 hazardous areas, only the following types are permitted:

- certified intrinsically-safe apparatus Ex(ia)
- simple electrical apparatus and components (e.g. thermocouples, photocells, strain gauges, junction boxes, switching devices), included in intrinsically-safe circuits of category "ia" not capable of storing or generating electrical power or energy in excess of limits stated in the relevant rules, and accepted by the appropriate authority
- simple electrical apparatus and components (e.g. thermocouples, photocells, strain gauges, junction boxes,

switching devices), included in intrinsically-safe circuits of category "ia" not capable of storing or generating electrical power or energy in excess of limits stated in the relevant rules, and accepted by the appropriate authority

- equipment specifically designed and certified by the appropriate authority for use in Zone 0.

5.1.6 (15/8/2017)

For electrical equipment installed in Zone 1 hazardous areas, only the following types are permitted:

- any type that is permitted for Zone 0
- certified intrinsically-safe apparatus Ex(ib)
- simple electrical apparatus and components (e.g. thermocouples, photocells, strain gauges, junction boxes, switching devices), included in intrinsically-safe circuits of category "ib" not capable of storing or generating electrical power or energy in excess of limits stated in the relevant rules, and accepted by the appropriate authority
- certified flameproof Ex(d)
- certified pressurised Ex(p)
- certified increased safety Ex(e)
- certified encapsulated Ex(m)
- certified sand filled Ex(q)
- certified specially Ex(s)
- through runs of cable.

5.1.7 (15/8/2017)

For electrical equipment installed in Zone 2 hazardous areas, only the following types are permitted:

- any type that is permitted for Zone 1
- tested specially for Zone 2 (e.g. type "n" protection)
- pressurised, and accepted by the appropriate authority
- encapsulated, and accepted by the appropriate authority
- of a type which ensures the absence of sparks and arcs (or of a minimum class of protection IP55) and the absence of "hot spots" during its normal operation.

5.1.8 (15/8/2017)

When apparatus incorporates a number of types of protection, it is to be ensured that all are suitable for use in the zone in which it is located.

2. Electrical cables

1. Electrical cables are not to be installed in hazardous areas except as specifically permitted or when associated with intrinsically safe circuits.

5.2.2 (15/8/2017)

All cables installed in Zone 0, Zone 1 and weather exposed areas classified Zone 2 are to be sheathed with at least one of the following:

- a non-metallic impervious sheath in combination with braiding or other metallic covering
- a copper or stainless steel sheath (for mineral insulated cables only).

5.2.3 (15/8/2017)

All cables installed in Zone 2 areas are to be provided with at least a non-metallic external impervious sheath.

5.2.4 (15/8/2017)

Cables of intrinsically safe circuits are to have a metallic shielding with at least a non-metallic external impervious sheath.

5.2.5 (15/8/2017)

The circuits of a category "ib" intrinsically safe system are not to be contained in a cable associated with a category "ia" intrinsically safe system required for a hazardous area in which only category "ia" systems are permitted.

5.3 Electrical installation in enclosed spaces and lockers containing fuel or flammable liquids having a flash point not exceeding 60°C or vehicle with fuel in their tanks

5.3.1 (15/8/2017)

On enclosed spaces, garages and larger lockers in which vehicles or craft with fuel in their tanks having a flash point not exceeding 60°C are carried and on lockers storing such fuel in which explosive vapours might be expected to accumulate, electrical equipment and cables are to be installed at least 450 mm above the deck (to be regarded as hazardous area ZONE 2). Electrical equipment is to be as stated in [5.1.7] and electrical cables as stated in [5.2.3].

5.3.2 (15/8/2017)

Where the installation of electrical equipment and cables at less than 450 mm above the deck (to be regarded as hazardous area ZONE 1) is deemed necessary for the safe operation of the yacht, the electrical equipment is to be of a certified safe type as stated in [5.1.6] and the electrical cables are to be as stated in [5.2.2].

5.3.3 (15/8/2017)

Electrical equipment and cables in exhaust ventilation ducts are to be as stated in [5.3.2].

6 Testing

6.1 Yachts with \geq MACH notation

6.1.1 (1/1/2011)

Yachts with length L \geq 24 m, having gross tonnage not exceeding 500, when fitted with:

- single-phase alternating current systems which operate at a rated voltage not exceeding 250 V; or direct current systems which operate at a rated voltage not exceeding 50 V are to be tested for the equipment as stated in Standard IEC 60092-507 par. 11.
- single-phase alternating current systems which operate at a rated voltage exceeding 250 V, or three-phase alternating current systems which operate at a rated voltage exceeding 500 V, or direct current systems which operate at a rated voltage exceeding 50 V are to be tested according to Part C, Chapter 2 of the Rules for the Classification of Ships.
- three-phase alternating current systems which operate at a rated voltage not exceeding 500 V are to be tested for

the equipment as stated in Standard IEC 60092-507 para. 11 or according to Part C, Chapter 2 of the Rules for the Classification of Ships.

6.1.2 (1/1/2009)

Yachts exceeding 500 gross tonnage: electrical installations fitted are to be tested for the equipment as stated in Part C, Chapter 2 of the Rules for the Classification of Ships.

6.1.3 Yachts with ● MACH class notation (1/1/2009)

For electrical installations, when ● MACH is assigned, factory certificates can be accepted.

However, in both the above cases [6.1.1] and [6.1.2], the main switchboard tests are to be attended by a RINA Surveyor also when ● MACH is assigned.

Part C
**Machinery, Electrical Installations,
Automation and Fire Protection**

Chapter 3
AUTOMATION

SECTION 1	GENERAL REQUIREMENTS
SECTION 2	DESIGN REQUIREMENTS
SECTION 3	COMPUTER BASED SYSTEMS
SECTION 4	CONSTRUCTIONAL REQUIREMENTS
SECTION 5	INSTALLATION REQUIREMENTS
SECTION 6	TESTING
APPENDIX 1	INSTALLATIONS

SECTION 1 GENERAL REQUIREMENTS

1 General

1. Field of application

1.1.1 (1/3/2014)

The requirements of this Chapter apply to automation systems yachts of 300 gross tonnage upwards but less than 500 gross tonnage. In addition the requirements of this Chapter apply to yachts less than 300 gross tonnage when the additional class notations **AUT-UMS(Y)** or **AUT-CCS(Y)** are assigned in accordance with Pt A, Ch 1, Sec 2, [6.2].

In particular, they apply to the components of automation systems for:

- services essential to the propulsion, steering and safety of the yacht and
- services for habitability.

1.1.2 (1/3/2014)

This Chapter is intended to prevent failures or malfunctions of automation systems associated with essential and non-essential services from causing danger to other essential services.

1.1.3 (1/3/2014)

For yachts of 500 gross tonnage and above, Part C, Ch 3 of RINA Rules for the classification of ships applies.

1.2 Regulations and standards

1.2.1 (1/3/2014)

RINA may refer to other regulations and standards when deemed necessary. These include the IEC publications, notably the IEC 60092 series and ISO standards.

1.2.2 (1/3/2014)

When referred to by RINA, publications by the International Electrotechnical Commission (IEC) or other internationally recognised standards are those currently in force at the date of agreement for yacht classification.

1.3 Definitions

1.3.1 (1/3/2014)

The following definitions apply:

- Alarm indicator is an indicator which gives a visible and/or audible warning upon the appearance of one or

more faults to advise the operator that his attention is required.

- Alarm system is a system intended to give a signal in the event of abnormal running condition.
- Automatic control is the control of an operation without direct or indirect human intervention, in response to the occurrence of predetermined conditions.
- Automation systems are systems including control systems and monitoring systems.
- Cold standby system is a duplicated system with a manual commutation or manual replacement of cards which are live and non-operational. The duplicated system is to be able to achieve the operation of the main system with identical performance, and be operational within 10 minutes.
- Computer based system is a system of one or more computers, associated software, peripherals and interfaces, and the computer network with its protocol.
- Control station is a group of control and monitoring devices by means of which an operator can control and verify the performance of equipment.
- Control system is a system by which an intentional action is exerted on an apparatus to attain given purposes.
- Fail-safe is a design property of an item in which the specified failure mode is predominantly in a safe direction with regard to the safety of the yacht, as a primary concern.
- Full redundant is used to describe an automation system comprising two (identical or non-identical) independent systems which perform the same function and operate simultaneously.
- Hot standby system is used to describe an automation system comprising two (identical or non-identical) independent systems which perform the same function, one of which is in operation while the other is on standby with an automatic change-over switch.
- Instrumentation is a sensor or monitoring element.
- Integrated system is a system consisting of two or more subsystems having independent functions connected by a data transmission network and operated from one or more workstations.
- Local control is control of an operation at a point on or adjacent to the controlled switching device.
- Manual control is control of an operation acting on final control devices either directly or indirectly with the aid of electrical, hydraulic or mechanical power.
- Monitoring system is a system designed to observe the correct operation of the equipment by detecting incor-

rect functioning (measure of variables compared with specified value).

- Safety system is a system intended to limit the consequence of failure and is activated automatically when an abnormal condition appears.
- Redundancy is the existence of more than one means for performing a required function.
- Remote control is the control from a distance of apparatus by means of an electrical or other link.

1.4 General

1.4.1 (1/3/2014)

Main and auxiliary machinery essential for the propulsion, control and safety of the yacht are to be provided with effective means for its operation and control.

1.4.2 (1/3/2014)

Control, alarm and safety systems are to be based on the fail-to-safety principle.

1.4.3 (1/3/2014)

Failure of automation systems is to generate an alarm.

2 Documentation

1. General

2.1.1 (1/3/2014)

Before the actual construction is commenced, the Manufacturer, Designer or ship builder is to submit to RINA the documents (plans, diagrams, specifications and calculations) requested in this Section.

The list of documents requested is to be intended as guidance for the complete set of information to be submitted, rather than an actual list of titles.

RINA reserves the right to request the submission of additional documents in the case of non-conventional design or if it is deemed necessary for the evaluation of the system, equipment or components.

Plans are to include all the data necessary for their interpretation, verification and approval.

Unless otherwise agreed with RINA, documents for approval are to be sent in triplicate if submitted by the shipyard and in four copies if submitted by the equipment supplier.

In any case, RINA reserves the rights to require additional copies, when deemed necessary.

2.2 Documents to be submitted

2.2.1 (1/3/2014)

The following documents are to be submitted:

- The general specification for the automation of the craft
- The detailed specification of the essential service automation systems
- The diagrams of the supply circuits of automation systems, identifying the power source
- The list of monitored parameters for alarm/monitoring and safety systems

3 Environmental and supply conditions

1. General

1. Environmental conditions (1/3/2014)

The automation system is to be designed to operate satisfactorily in the environment in which it is located.

3.1.2 Failure behavior (1/3/2014)

The automation system is to have non-critical behaviour in the event of power supply failure, faults or restoration of operating condition following a fault. If a redundant power supply is used, it is to be taken from an independent source.

2. Power supply conditions

1. Electrical power supply (1/3/2014)

The conditions of power supply to be considered are defined in [5].

2. Pneumatic power supply (1/3/2014)

For pneumatic equipment, the operational characteristics are to be maintained under permanent supply pressure variations of $\pm 20\%$ of the rated pressure.

3. Hydraulic power supply (1/3/2014)

For hydraulic equipment, the operational characteristics are to be maintained under permanent supply pressure variations of $\pm 20\%$ of the rated pressure.

4 Materials and construction

1. General

4.1.1 (1/3/2014)

The choice of materials and components is to be made according to the environmental and operating conditions in order to maintain the proper function of the equipment.

4.1.2 (1/3/2014)

The design and construction of the automation equipment is to take into account the environmental and operating conditions in order to maintain the proper function of the equipment.

5 Quality of power supply

1. General

5.1.1 (1/3/2014)

All electrical components are to be so designed and manufactured that they are capable of operating satisfactorily under the variations of voltage, frequency and harmonic distortion of the power supply specified in [5.2] and [5.3].

2. A.c. distribution systems

5.2.1 (1/3/2014)

For alternating current components, the voltage and frequency variations of power supply shown in Tab 1 are to be assumed.

Table 1 : Voltage and frequency variations of power supply in a.c. (1/3/2014)

Parameter	Variations	
	Continuous	Transient
Voltage	+ 6% - 10%	± 20% (recovery time: 1,5 s)
Frequency	± 5%	± 10% (recovery time: 5 s)
Note 1: For alternating current components supplied by emergency generating sets, different variations may be considered.		

5.3 D.c. distribution systems

5.3.1 (1/3/2014)

For direct current components, the voltage variations of power supply shown in Tab 2 are to be assumed.

Table 2 : Voltage variations of power supply in d.c. (1/3/2014)

Parameters	Variations
Voltage tolerance (continuous)	± 10%
Voltage cyclic variation	5%
Voltage ripple (a.c. r.m.s. over steady d.c. voltage)	10%

5.3.2 (1/3/2014)

For direct current components supplied by an electrical battery the following voltage variations are to be assumed:

- +30% to - 25% for components connected to the battery during charging (see Note 1)
- +20% to -25% for components not connected to the battery during charging.

Note 1: Different voltage variations as determined by the charging/discharging characteristics, including ripple voltage from the charging device, may be considered.

Part C
**Machinery, Electrical Installations,
Automation and Fire Protection**

Chapter 4
FIRE PROTECTION

- Section 1** **Protection of Spaces containing Vehicles or Craft with Fuel in their Tanks or Lockers Storing such Fuels**

- Section 2** **Fire Applications**

- Appendix 1** **Open Flame Gas Installations**

- Appendix 2** **Fixed Gas Fire-Extinguishing System Additional Requirements**

SECTION 1

PROTECTION OF SPACES CONTAINING VEHICLES OR CRAFT WITH FUEL IN THEIR TANKS OR LOCKERS STORING SUCH FUELS

1 Definitions

1. Accommodation spaces

1. Spaces used for public spaces, corridors, stairs, lavatories, cabins, offices, hospitals, cinemas, games and hobby rooms, barber shops, pantries containing no cooking appliances and similar spaces.

2. A class divisions

1. Divisions formed by bulkheads and decks which comply with the following criteria:

- they are constructed of steel or other equivalent material or alternative forms of construction to be in compliance with the requirements of this Section.
- they are suitably stiffened;
- they are insulated with approved non-combustible materials such that the average temperature of the unexposed side will not rise more than 140°C above the original temperature, nor will the temperature, at any one point, including any joint, rise more than 180°C above the original temperature, within the time listed below:
 - class "A-60"60 min
 - class "A-30"30 min
 - class "A-15"15min
 - class "A-0"0 min
- they are so constructed as to be capable of preventing the passage of smoke and flame to the end of the one-hour standard fire test;

RINA will require a test of a prototype bulkhead or deck in accordance with the Fire Test Procedures Code to ensure

that it meets the above requirements for integrity or temperature rise. The products indicated in Tab 1 may be installed without testing or approval.

1.3 B class division

1.3.1 Divisions formed by bulkheads, decks, ceilings or linings which comply with the following criteria:

- they are constructed of approved non-combustible materials and all materials entering into the construction and erection of "B" class divisions are non-combustible, with the exception that combustible veneers may be permitted provided they meet the other appropriate requirements of this Chapter;
- they have an insulation value such that the average temperature of the unexposed side will not rise more than 140°C above the original temperature, nor will the temperature at any one point, including any joint, rise more than 225°C above the original temperature, within the time listed below:
 - class "B-15"15 min
 - class "B-0"0min
- they are so constructed as to be capable of preventing the passage of flame to the end of the first half hour of the standard fire test;

RINA will require a test of a prototype division in accordance with the Fire Test Procedures Code to ensure that it meets the above requirements for integrity or temperature rise.

4. Bulkhead deck

1. The uppermost deck up to which the transverse watertight bulkheads are carried.

Table 1

Classification	Product description
class "A-0" bulkhead	A steel bulkhead with dimensions not less than the minimum dimensions given below: <ul style="list-style-type: none"> • thickness of plating: 4 mm • stiffeners 60 x 60 x 5 mm spaced at 600 mm or structural equivalent
class "A-0" deck	A steel deck with dimensions not less than the minimum dimensions given below: <ul style="list-style-type: none"> • thickness of plating: 4 mm • stiffeners 95 x 65 x 7 mm spaced at 600 mm or structural equivalent

5. C class divisions

1. Divisions constructed of approved non-combustible materials. They are not required to comply with either requirements relative to the passage of smoke and flame or limitations relative to the temperature rise. Combustible veneers are permitted provided they meet the requirements of this Chapter.

6. Combustible material

1. Any material other than a non-combustible material.

7. Continuous B class ceilings and linings

1. B class ceilings or linings which terminate at an A or B class division.

8. Continuously manned central control station

1. A central control station which is continuously manned by a responsible member of the crew.

9. Control station

1. Spaces in which the yacht's radio or main navigating equipment or the emergency source of power is located or where the fire recording or fire control equipment is centralised.

1.10 Fire Test Procedures Code

1.10.1 The "International Code for Application of Fire Test Procedures", as adopted by the Maritime Safety Committee of the IMO by Resolution MSC.61 (67), as may be amended by the IMO.

1.11 Helideck

1.11.1 Purpose-built helicopter landing area located on a yacht including all structure, fire-fighting appliances and other equipment necessary for the safe operation of helicopters.

12. Helicopter facility

1. A helideck including any refueling and hangar facilities.

1.13 Low flamespread

1.13.1 When the surface thus described will adequately restrict the spread of flame, this being determined in accordance with the Fire Test Procedures Code. Non-combustible materials are considered as low flame spread. However, due consideration will be given by RINA to the method of application and fixing.

1.14 Machinery space

1.14.1 Machinery spaces of category A and other spaces containing propulsion machinery, boilers, fuel oil units, steam and internal combustion engines, generators and major electrical machinery, oil filling stations, refrigerating, stabilising, ventilation and air conditioning machinery, and similar spaces, and trunks to such spaces.

1.15 Machinery space of category A

1.15.1 Spaces and trunks to such spaces which contain either:

- a) internal combustion machinery used for main propulsion,
- b) internal combustion machinery used for purposes other than main propulsion where such machinery has in the aggregate a total power output of not less than 375 kW, or
- c) any oil fired boiler or fuel oil unit, or
- d) incinerators, waste, disposal units, etc., which use oil fire equipment.

1.16 Non-combustible material

1.16.1 A material which neither burns nor gives off flammable vapours in sufficient quantity for self-ignition when heated to approximately 750°C, this being determined in accordance with the Fire Test Procedures Code. In general, products made only of glass, concrete, ceramic products, natural stone, masonry units, common metals and metal alloys are considered as being non-combustible and may be installed without testing and approval.

1.17 Non-readily ignitable

1.17.1 When the surface thus described will not continue to burn for more than 20 seconds after removal of a suitable impinging test flame.

1.18 Fuel oil unit

1.18.1 Equipment used for the preparation of fuel oil for delivery to an oil fired boiler or equipment used for the preparation for delivery of heated oil to an internal combustion engine and including any oil pressure pumps, filters and heaters dealing with oil at a pressure of more than 0,18 MPa. "Fuel oil unit" includes any equipment used for the preparation and delivery of fuel oil, whether or not heated, to boilers and engines (including gas turbines) at a pressure of more than 0,18 MPa.

1.19 Public spaces

1.19.1 Portions of the accommodation which are used for halls, dining rooms, lounges and similar permanently enclosed spaces.

1.20 Steel or other equivalent material

1.20.1 Any non-combustible material which, by itself or due to insulation provided, had structural and integrity properties equivalent to steel at the end of the applicable exposure to the standard fire test (e.g. aluminium alloy with appropriate insulation).

21. Sauna

1.A hot room with temperatures normally varying between 80°-120°C where the heat is provided by a hot surface (e.g. by an electrically-heated oven). The hot room may also include the space where the oven is located and adjacent bathrooms.

22. Alternative forms of construction

1.Any combustible material may be accepted if it can be demonstrated that the material, by itself or due to insulation provided, has structural and fire integrity properties equivalent to A or B Class divisions, or steel as applicable, at the end of the applicable fire exposure to the standard fire test.

1.23 Servicespaces

1.23.1 Spaces used for galleys, pantries containing cooking appliances, lockers, mail and specie rooms, storerooms, workshops other than those forming part of the machinery spaces, and similar spaces and trunks to such spaces. Main pantries and pantries containing cooking appliances may contain:

- toasters, induction heaters, microwave ovens and similar appliances each of them with a maximum power of 5 kW;
- electrically heated cooking plates and hot plates for keeping food warm each of them with a maximum power of 2 kW and a surface temperature not above 150°C;
- water boilers, regardless of their electrical power;
- coffee automats, and non-cooking appliances such as dish washers, water boilers, ice-cube machines and fridges without any restriction on their power. A dining room containing such appliances are not to be regarded as a pantry.

Spaces containing any electrically heated cooking plate or hot plate for keeping food warm with a power of more than 2 kW or toasters, induction heaters, microwave ovens and similar appliances each of them with power greater than 5 kW are to be regarded as galleys.

24. Standard fire test

1.A test in which the specimens of the relevant bulkheads or decks are exposed in a test furnace to temperatures corresponding approximately to the standard time-temperature curve in accordance with the Fire Test Procedures Code.

2 General

2.1

2.1.1 (15/8/2017)

The requirements of this item [2] apply to yachts having length L_{LL} and LH more than 24 metres. For yachts having length L_{LL} or LH not more than 24 metres, the requirements of EN ISO Standard 9094-2 and the specific provisions for these yachts given in this Chapter are to be applied.

2.1.2 The boundary of the engine space is to be arranged in order to contain the fire-extinguishing medium so that it cannot escape.

Any fans within or feeding a machinery space are to be capable of being stopped from outside the space.

2.1.3 Combustible materials and flammable liquid excluding fuel oil necessary for the propulsion engines are not to be stowed in the engine space.

3 Protection of spaces containing vehicles or craft with fuel in their tanks or lockers storing such fuels

3.1

3.1.1 (15/3/2011)

Closed spaces for the containment of fuel with a flash-point $\leq 55^\circ\text{C}$ or vehicles (i.e. personal water craft, tenders, motor cars) with petrol in their tanks are to be fitted with one of the following fixed fire-fighting systems:

- a) A carbon dioxide system designed to give a minimum volume of free gas equal to 40% of the gross volume of the protected space;
- b) A dry powder system designed for at least 0,5 kg powder/m³;
- c) A water-spraying or sprinkler system designed for 3,5 l/m²x min. The water-spraying system may be connected to the fire main;
- d) A system providing equivalent protection as determined by RINA.

In any case, the system is to be operable from outside the protected space.

In general, if the deck area of the protected space is less than 4 m², or for yachts having tonnage of not more than 300 GT, a carbon portable fire extinguisher or a dry powder fire extinguisher, operable from outside the protected space through a fire port may be acceptable in lieu of a fixed system.

The capacity of the said fire extinguishers shall be such that the above criteria a) or b) are to be satisfied for a carbon portable fire extinguisher or a dry powder fire extinguisher, respectively.

The required portable fire extinguisher is to be stowed adjacent to the access door(s).

Alternatively, fire hoses fitted with a jet/spray nozzle can be accepted. The number and distribution of the fire hoses are to be sufficient to ensure that any part of the protected space can be reached by water.

In order to drain the sprayed water in the space, adequate means are to be provided. Drainage is not to lead to machinery or other spaces where a source of ignition may exist.

3.1.2 (15/8/2017)

A ducted mechanical continuous supply of air ventilation is to be provided, capable of ensuring at least six changes of air per hour in the protected space.

The mechanical ventilation is to be supplied by at least two fans, unless means are available and suitable for use in all weather and navigating conditions, to ventilate the space in case of failure of the fan.

An alarm is to be provided in the event of a reduction of the rate of ventilation. The alarm system is to be powered from the emergency source of electrical power, when available.

The alarm is to be given on the bridge deck or in a continuously manned position. Means are to be provided in order to shut down the ventilation in the event of fire.

The system providing the alarm in the event of a reduction of the rate of ventilation may be based on the check of a reduction of the current supplied to the ventilation motors.

3.1.3 (15/8/2017)

A suitable gas detection system is to be provided, capable of giving an audible and visual alarm on the bridge and in another normally manned position, if any.

At least two gas detectors are to be provided for each monitored space and are to be fitted in the areas where flammable gases are likely to accumulate.

The system is to be declared by the manufacturer as complying with EN Publication 50194-2 or IEC Publication 60079-29-1, as applicable, or with other national or international standards acceptable by the Society.

The system is to be continuously supplied from two circuits, one from the ship's main supply and the other from the emergency source of electrical power, where available and is to be provided with an automatic change-over to the standby power supply in case of loss of normal power supply.

Power supplies and electrical circuits necessary for the operation of the system are to be monitored for loss of power or fault condition, as appropriate. Occurrence of a fault condition is to initiate a visual and audible fault signal on the bridge.

Note 1: EN Publication 50194-2 only apply to yachts with length LLL not exceeding 24 m.

3.1.4 (15/8/2017)

For yachts having a length L_{LL} or L_H not more than 24 m, the following requirements apply:

ISO Standard 11105 relevant to ventilation, ISO Standard 8846 relevant to electrical equipment and ISO Standard 9094-2 relevant to fire protection.

Under the above ISO Standards, reference is to be made to the length L_H not more than 24 m.

For yachts of not more than 300 GT, a natural ventilation system can be fitted, with the outlet and inlet openings located in the highest and lowest part of the spaces respectively.

The surface of the said openings shall not be less than the area of the ventilation openings, calculated in agreement with ISO 1105, increased by 20%.

In any case, the natural air flow is to be such as to extract any gasoline vapour during normal running conditions. In the case of gas accumulation, the fixed flammable gas detector alarm required in [3.1.3] is activated and, in addition, the mechanical ventilation system of [3.1.2] is to be activated; the indication of ventilation rate reduction required in [3.1.2], in this case can be omitted.

When the mechanical ventilation system is not activated automatically, clear instructions shall be affixed for the crew, for the activation of the mechanical system.

For the items not explicitly required in this subparagraph, the requirements of [3.1.1], [3.1.2] and [3.1.3] are to be deemed applicable.

3.1.5 (15/8/2017)

The boundaries and relevant openings of the spaces containing vehicles or craft with fuel in their tanks or lockers storing such fuels to other internal spaces are to be reasonably gastight.

3.1.6 (15/8/2017)

For the electrical equipment installed in spaces containing vehicles or craft with fuel in their tanks or lockers storing such fuels see Ch 2, Sec 1, [5.3].

4 Miscellaneous

1. Saunas

4.1.1 (1/1/2016)

The perimeter of the sauna is to be of A class boundaries and may include changing rooms, showers and toilets. The sauna is to be insulated to A-60 for vessels of 500 GT and over, and A-30 for vessels under 500 GT, against other spaces except those inside of the perimeter.

4.1.2 (1/1/2016)

Bathrooms with direct access to saunas may be considered as part of them. In such cases, the door between the sauna and the bathroom need not comply with fire safety requirements.

4.1.3 (1/1/2016)

Wooden linings on bulkheads and ceilings are permitted.

The ceiling above the oven is to be lined with a non-combustible plate with an air gap of at least 30 mm. The distance from the hot surfaces to combustible materials is to be at least 500 mm or the combustible materials are to be protected (e.g. non-combustible plate with an air gap of at least 30 mm).

Wooden benches are permitted.

The sauna door is to open outwards by pushing.

Electrically heated ovens are to be provided with a timer.

All spaces within the perimeter of the sauna are to be protected by a fire detection and alarm system and an automatic sprinkler system.

4.2 Thermal Suite (e.g. Steam Room)

4.2.1 (1/1/2016)

The perimeter of the thermal suite may include changing rooms, showers and toilets.

4.2.2 (1/1/2016)

Bathrooms with direct access to the suite may be considered as part of it. In such cases, the door between the suite and the bathroom need not comply with fire safety requirements.

4.2.3 (1/1/2016)

If the steam generator is contained within the perimeter, the suite boundary is to be constructed to an A-0 standard. If the steam generator is not contained within the perimeter then the boundaries of the space are to be constructed of B-0 class divisions and the steam generator is to be protected by A-0 standard divisions.

4.2.4 (1/1/2016)

If a suite arrangement contains a sauna then the requirements contained in [3.1] are applicable, regardless of the steam generator location.

4.2.5 (1/1/2016)

All spaces within the perimeter are to be protected by a fire detection and alarm system and an automatic sprinkler.

5 Structural fire protection

5.1

5.1.1 (1/1/2016)

The requirements contained in [5.1.2] [5.1.3] [5.1.4] [5.1.5] are applicable only to category A machinery spaces and galley of yachts exceeding 300 GT.

5.1.2 (1/3/2014)

For yachts built of composite material, category A machinery spaces are to be enclosed by divisions equivalent to B-15 class divisions.

For the foregoing yachts, galleys are to be enclosed by divisions equivalent to B-0 class divisions. It is not necessary to extend the fire insulation below the minimum waterline.

5.1.3 (1/3/2014)

Insulation is to be such that the temperature of the structural core does not rise above the point at which the structure would begin to lose its strength at any time during the applicable exposure to the standard fire test. For A class divisions, the applicable exposure is 60 minutes, and for B class divisions, the applicable exposure is 30 minutes.

5.1.4 (1/3/2014)

For aluminium alloy structures, the insulation is to be such that the temperature of the structural core does not rise more than 200°C above the ambient temperature at any time during the applicable fire exposure.

5.1.5 (1/3/2014)

For composite structures, the insulation is to be such that the temperature of the laminate does not rise more than the minimum temperature of deflection under load of the resin at any time during the applicable fire exposure. The temperature of deflection under load is to be determined in accordance with a recognised international standard.

5.1.6 (1/3/2014)

Insulation need only be applied on the side that is exposed to the greatest fire risk; inside the engine room, a division between two such spaces is, however, to be insulated on both sides unless it is a steel division.

5.1.7 For the purposes of this article [5] the following insulation is considered adequate:

- two 25 mm layers of rockwool suitably alternated. The rockwool is to have a minimum volumetric mass of 100 kg/m³. The outer surface of the rockwool is to be suitably protected against splashing any splashing from fuel oil or other flammable liquid, or
- reinforced plastic of thickness not less than 13 mm with a final layer of self-extinguishing laminates (for a thickness not less than 1,5 mm).

5.1.8 (1/3/2014)

When the insulation described in [5.1.7] is proposed, it is to be demonstrated by means of a comparative test on a similar laminate that the adopted resin is provided with a temperature of deflection under load more than the maximum temperature obtained during the test inside the laminate.

5.1.9 For aluminium and wooden hulls, the same requirements indicated in [5.1.2] apply.

5.1.10 Materials used for acoustic and/or thermal insulation of engine rooms are to be non-combustible or at least have low flame spread characteristics.

Such materials are not to absorb oils; whenever the penetration of oily products is possible, the external surface of the insulation is to be protected in such a way as not to allow the absorption of the oils or their vapours.

5.1.11 (1/1/2017)

Shaft seals and other parts of shaft line arrangement that if damaged by a fire would cause the ingress of water into the hull, have to be made of metallic material, only small parts can be non metallic, provided that they are protected from the effect of a fire or be reasonably fire resistant.

5.1.12 (1/1/2016)

For yachts having length L_{LL} or L_H not more than 24 metres the provisions of ISO Standard 9094-2 in place of the above requirements apply.

6 Fire prevention

6.1

6.1.1 For yachts with wooden hulls particular attention is to be paid in order to adopt adequate means to avoid oil absorption into the structures.

2. In order to contain the oil, it may be acceptable to fit dip tray in way of the engine. The use of the engine bearers as a means of containment of the oil may be accepted provided that they are of sufficient height and have no limber holes.

Efficient means are to be provided to ensure that all residues of persistent oils are collected and retained on board for discharge to collection facilities ashore.

3. Means are to be adopted for the storage, distribution and utilisation of fuel oil in order to minimise the risk of fire.

4. Fuel oil, lubricating oil and other flammable liquids are not to be stored in fore peak tanks.

5. Every fuel oil pipe which, if damaged, would allow oil to escape from a storage, settling or daily service tank situated above the double bottom, is to be fitted with a cock or valve directly on the tank. Such cock or valve is to be capable of being closed locally and from a safe position outside the space in which such tanks are fitted in the event of fire occurring in the space (see also Ch 1, Sec 9, [9.6.3]).

6. Means are to be provided to stop fuel transfer pumps, fans, oil fired boilers and separators from outside the machinery space.

7. Fuel filter bowls are to be of metal or equivalent fire-resistant material.

7 Material

7.1

7.1.1 Paints, varnishes and other surface finishes to be used in machinery spaces, galleys and spaces with fire risk are not to be capable of producing excessive quantities of smoke or toxic products when they burn, this being determined in accordance with the FTP Code.

8 Means of escape

8.1

8.1.1 (1/1/2011)

Two means of escape are to be provided for the following spaces:

- a) Accommodation spaces used for sleeping or rest;
- b) Machinery spaces except:
 - spaces visited only occasionally or unmanned during normal operation (unmanned machinery spaces are those in compliance with the requirements for the class notation **AUT-UMS (Y)** - Pt A, Ch 1, Sec 2, [6.2]), and where the single access gives ready escape, at all times, to the open deck in the event of fire;

or

- spaces where in any position the person inside is not more than 5 metres from the exit.

Access to the spaces containing the fuel tanks or the engine room is to be from open spaces.

Whenever the fuel oil has a flashpoint > 55°C, access may be from a corridor; in no case is direct access to accommodation (cabins, living room, etc.) allowed from spaces containing the fuel tanks or engine room.

Escape routes are not to be obstructed by furniture.

Whenever a watchman is foreseen in the engine room, the space is to be provided with two escape routes in positions as far apart as possible; one of these routes is to lead to the main deck, through a manhole or a door or a hatchway openable from both sides.

2. The two means of escape are to be arranged in such a way that a single hazardous event will not cut off both escape routes.

3. One of the exits may be an emergency exit through a small hatchway or through a porthole of dimensions generally not less than 450x450 mm.

All the exits are to be openable from both sides without the use of keys or tools.

4. Exceptionally one of the means of escape may be dispensed with, due regard being paid to the nature and location and dimension of spaces and to the number of persons who might normally be accommodated or employed there.

In addition efficient fire detectors are to be provided as necessary to give early warning of a fire emergency which could cut off that single means of escape.

The escape route is not to pass through a space with fire risk such as a machinery space, galley or space containing flammable liquids.

5. Means of escape are to be clearly identified with appropriate indications.

6. All sailing multihulls are to be fitted with an emergency escape hatch in each main inhabited watertight compartment to permit the exit of personnel in the event of an inversion.

8.1.7 (1/1/2016)

For yachts having length L_{LL} or LH not more than 24 metres, the requirements of EN ISO Standard 9094-2 apply.

9 Ventilation

9.1

9.1.1 Ventilation fans for machinery spaces and enclosed galleys are to be capable of being stopped and main inlets and outlets of the ventilation system closed from outside the spaces being served. This position is not to be readily cut off in the event of a fire in the spaces served.

9.1.2 (15/3/2011)

For yachts exceeding 300 gross tonnage, ventilation ducts serving category A machinery spaces, galleys, spaces containing vehicles or craft with fuel in their tanks, or lockers containing fuel tanks are not to cross accommodation spaces, service spaces or control stations unless the trunking is constructed of steel (minimum thickness 4 mm) or the walls are equivalent to B-15 class divisions for machinery

spaces and B-0 class divisions for galleys to a point at least 5 metres from the space concerned.

9.1.3 (15/3/2011)

For yachts exceeding 300 gross tonnage, and where the trunking passes from the machinery space or galley into the accommodation, automatic fire dampers are to be provided in the deck or bulkhead within the accommodation.

The automatic fire dampers are also to be manually operable from outside the machinery space or galley.

9.1.4 The requirements in [9.1.2] and [9.1.3] also apply to ventilation ducts for accommodation spaces passing within category A machinery spaces.

9.1.5 Enclosed spaces in which generating sets and free-standing fuel tanks are installed are to be ventilated independently of systems serving other spaces, in order to avoid the accumulation of vapours, to allow discharge into the open air and to supply the air necessary for the service of the installed engine according to the Manufacturer's specifications. The inlet and outlets of ventilators are to be positioned so that they do not draw from or vent into an area which would cause undue hazard, and are to be fitted with spark arresters.

9.1.6 Adequate means of ventilation are to be provided to prevent the accumulation of dangerous concentrations of flammable gas which may be emitted from batteries.

9.1.7 All inlet and outlet ducts are to be provided with adequate weathertight means of closure operable from a readily accessible position.

10 Liquid petroleum gas for domestic purposes

10.1

10.1.1 (1/1/2016)

The installation is to be in compliance with App 1. For yachts having length L_{LL} or LH not more than 24 metres the installation is to be in compliance with EN ISO STANDARD 10239.

The system is to guarantee the safety of the yacht and the persons on board.

2. Open flame gas appliances fitted on board for cooking, heating or any other purpose are to be in compliance with recognised international standards.

3. Materials which are fitted close to open flame cooking and heating appliances are to be non-combustible, except that the exposed surfaces of these materials are to be protected with a finish having a class 1 surface spread of flame rating when tested in accordance with ASTM D 635.

Where combustible materials or other materials which do not have a surface spread of flame rating are fitted, they are

not to be placed unprotected within the following distances of a standard cooker:

- a) 400 mm vertically above the cooker, for horizontal surfaces, when the vessel is upright;
- b) 125 mm horizontally from the cooker, for vertical surfaces.

4. Curtains or any other suspended textile materials are not to be fitted within 600 mm of any open flame cooking, heating or other appliance.

5. After the completion of the installation on board, the system is to be tested at operating pressure by means of a pneumatic test.

When all leakage has been repaired, all appliance valves are to be closed and the cylinder shut-off valve opened.

When the gauge registers that the system is pressurised, the cylinder valve is to be closed.

It is to be verified that the pressure reading value remains constant for at least 15 minutes.

11 Space heaters

11.1

11.1.1 Where space heaters are fitted on board, they are to be positioned in such a manner as to reduce fire risks to a minimum. It is to be ensured that clothing, curtains or other similar material cannot be scorched or set on fire by heat from the unit.

12 Fixed fire detection and fire alarm system

12.1

12.1.1 (1/1/2016)

For yachts having length L_{LL} and LH more than 24 m on which the total installed power (propulsion and electrical generation) is greater than 735 kW, a fixed fire detection and fire alarm system is to be installed in the engine space(s), service spaces with fire risk and corridors forming escape routes from accommodation spaces. The system is to be in conformity with the requirements of the IMO Fire Safety Systems Code, Chapter 9.

12.1.2 (1/1/2016)

For yachts having length L_{LL} or LH not more than 24 m on which the total installed power (propulsion and electrical generation) is greater than 735 kW, a fixed fire detection and fire alarm system is to be installed in the engine space(s), and galley. The system is to be in conformity with the requirements of the IMO Fire Safety Systems Code, Chapter 9.

12.1.3 (1/1/2016)

A CPU capable of detecting flammable gas and for fire detection can be accepted in order to comply with the requirements of [3.1]: the CPU and the associated system are to be certified for fire and gas detection and alarm system. To this end, the Certification Test Report shall give clear evidence that the system is capable of operating inde-

Pt C, Ch 4, Sec 1

pendently for gas detection and fire detection, and functional tests shall demonstrate that the system can detect the

presence of gas or smoke, thereby activating a separate alarm.

Part D
Materials and Welding

Chapter 1

GENERAL REQUIREMENTS

SECTION 1 MANUFACTURE, INSPECTION, CERTIFICATION

SECTION 2 TESTING PROCEDURES FOR MATERIALS

SECTION 1

MANUFACTURE, INSPECTION, CERTIFICATION

1 General

1. Application

1. The provisions of this Part D are applicable as stated in the other Parts of these Rules. Chapter 2 to Chapter 4 and Chapter 6 provided the requirements for the manufacture, inspection and certification of steel and iron products, non-ferrous metals, plastic materials, various finished products and equipment such as propellers, pressure bottles, anchors, chain cables, ropes and sidescuttles, entering in the construction or repair of yachts which are surveyed for classification purposes.

The general requirements relevant to the manufacture, inspection and certification of the above-mentioned materials and products, hereafter generally referred to as “products”, are given in this Chapter and are to be complied with as applicable.

The requirements of Chapter 1 are also applicable, when requested, as appropriate, to products covered by other parts of the Rules.

Part D specifies in Chapter 5 the requirements for approval of welding consumables and qualification of welding procedures.

2. In addition to Part D, the requirements given for certain materials, procedures and products in the other Parts of the Rules or specified on the approved plans are also applicable, where appropriate.

3. Products subject to the requirements of Part D and the relevant testing operations are those laid down in the relevant Rules of RINA dealing with the design, inspection at works and testing of products, unless otherwise specified.

4. Products with properties departing appreciably from those covered by the Rules may be used with the approval of RINA.

5. RINA will consider test procedures different from those indicated in this Part D.

In such case RINA will stipulate the relevant conditions for acceptance.

1.1.6 Where RINA requests the carrying out of tests not provided in this Part D, it will make reference to Part D of the “Rules of Classification of Ships” or, alternatively, to procedures according to international standards.

2. Other specifications

1. Products complying with international, national or proprietary specifications may be accepted by RINA, provided such specifications give reasonable equivalence to

the requirements of these Rules or are approved for a specific application.

Such products, when accepted, are designated by their standard identification mark or as agreed at the time of the approval.

Unless otherwise agreed, inspection and certification of products complying with other specifications are to be carried out in accordance with the requirements of the Rules.

3. Information to be supplied by the purchaser

1. The purchaser is to provide the Manufacturer with the information necessary to ensure that products are tested in accordance with these Rules; optional or additional conditions are also to be clearly indicated.

2 Manufacture and quality

1. General

1. Manufacture

Manufacturers and their individual works are to be recognised by RINA for the type of products fabricated.

To this end plants, production and treatment procedures, testing machines, laboratories for analyses, internal control systems and personnel qualification are to be suitable in the opinion of RINA.

Manufacturing procedures and techniques are to be such as to reasonably ensure constant compliance of the product with the requirements.

Where tests and analyses are performed by external laboratories or third parties, these are to be recognised by RINA.

2. Approval

Depending on the type and importance of the products being supplied, the relevant manufacturing process may be required to be approved and approval tests performed for the purpose.

When approval of the manufacturing process is required, such condition is specified in the Rule requirements relevant to the various products.

The provisions for the approval of Manufacturers are given in the “Rules for the approval of Manufacturers of materials”.

3. Responsibility

Irrespective of the interventions of Surveyors, the Manufacturer is entirely and solely responsible for compliance of the supplied products with the stipulated requirements.

RINA assumes no liability by its testing interventions in respect of the compliance of a tested product with the stipulated regulations and requirements.

Where, in the course of manufacture or after supply, a product is found not to be in compliance with the requirements or to present unacceptable defects, it will be rejected, irrespective of any previous satisfactory test results.

2.2 Chemical composition

1. The chemical composition is to be determined and certified, as a rule, by the Manufacturer using ladle sampling analysis. The laboratory is to be adequately equipped and the analyses are to be performed by qualified personnel.

2. The analyses of the Manufacturer are generally accepted subject to occasional checks, if required by the Surveyor. When checks on the product are required, they are to be performed and the results evaluated in accordance with recognised standards.

3. Condition of supply

1. Unless otherwise agreed, the products are to be supplied in the finished condition as per Rules, including heat treatment if required.

Heat treatment is to be carried out in suitable and efficient furnaces, fitted with appropriate means for temperature control and recording.

The furnaces employed are to have a size sufficient to allow a uniform increase in temperature up to the required value of the whole furnace charge to be heat treated. In the case of very large parts, alternative systems proposed are to be agreed by RINA.

Sufficient thermocouples are to be connected to the furnace charge to measure and record its temperature and check that it is adequately uniform, unless the temperature uniformity of the furnace is verified at regular intervals.

4. Identification of products

1. In the course of manufacturing, inspection and testing, the identification of the various products in respect of their origin is to be ensured as required.

To this end the Surveyor is to be given all facilities for tracing the products when required.

3 Inspection and testing

1. General conditions

1. As a rule, the inspections and tests are to be carried out at the Manufacturer's works before delivery.

If the necessary facilities are not available at the Manufacturer's works, the testing is to be carried out at a recognised testing laboratory.

3.1.2 Where the testing is allowed to be carried out or completed at works other than the Manufacturer's it is in any case to be possible to trace back with certainty to the documentation of the origin.

3.1.3 Interested Parties are to apply for inspection in adequate time.

Prior to the inspection and testing, the Manufacturer is to provide the Surveyor with details of the orders, technical specifications and any special condition additional to the Rule requirements.

3.1.4 The Surveyors are to have free access to all departments involved in production, collection of test samples, internal control and, in general, all operations concerning the inspection.

They are to be supplied with the information necessary to assess whether production and tests are performed according to the Rule requirements.

3.1.5 All tests and checks required by the Rules are to be carried out in the presence of the Surveyors or, when expressly agreed with RINA, in the presence of the person responsible for internal control, specially delegated for this purpose.

The inspection and testing activities may be delegated to the Manufacturer under the conditions given in [3.2].

3.1.6 The tests required are to be performed by qualified personnel in accordance with the procedures stated by RINA or, failing this, with recognised national or international standards.

The testing and measuring equipment is to be adequate, maintained in proper condition and regularly calibrated, as required; the record of such checks is to be kept up-to-date and made available to the Surveyor.

2. Alternative inspection scheme

1. Alternative procedures to the systematic intervention of the Surveyor for testing may be adopted by Manufacturers specially recognised by RINA for the purpose.

Such alternative inspection schemes, which are determined by taking into account the type of product, its mass production and the effectiveness of the certified Quality System implemented in the workshop, allow the testing operations indicated in these Rules to be totally or partially delegated to the Manufacturer.

Indications on the field of application of such schemes, along with conditions and procedures for their recognition, are given by RINA in a separate document.

3. Sampling for mechanical tests

1. The test samples are to be selected by the Surveyor or by a responsible person from the Manufacturer's staff, specially delegated, and are to be suitably marked for identification purposes.

3.3.2 The test samples are to be representative of the unit or lot of material which they are relevant to and are therefore also to have been subjected to the same heat treatment as the products, except when a different procedure is agreed with RINA.

3.3.3 For the purpose of test sampling the following definitions apply:

- a) unit: single forging, casting, plate, tube or other single product
- b) rolled unit: product rolled from the same slab or billet or, when rolling proceeds directly from ingots, from the same ingot
- c) batch: number of similar units or rolled units presented as a group for acceptance testing, on the basis of the tests to be carried out on the test sample
- d) sample: a sufficient quantity of material taken from the unit, rolled unit or batch, for the purpose of producing one or more test specimens
- e) test specimens: part of sample with specified dimensions and conditions for submission to a given test.

4. Mechanical tests

1. The mechanical tests are to be carried out in the presence of the Surveyor unless otherwise agreed; see [3.2].
2. For the check of the mechanical properties of the material, test methods and specimens in compliance with the requirements of Sec 2 are to be used.
3. The type of tests, the number and direction of the test specimens and the results of the tests are to comply with the requirements relevant to the type of product, as indicated in the various Articles.

5. Re-test procedures

1. General

Where the unsuccessful outcome of any test is attributable to defective machining of the test specimen and/or to improper test procedure, the negative result is disregarded and the test repeated, in correct conditions, on a substitute test specimen.

Where a test, other than an impact test, gives a result which is not in compliance with the requirements, two additional tests may be allowed to be performed on specimens of the same type taken from the same samples. For the purpose of acceptance, both tests are to comply with the requirements.

For the impact test, performed on a set of three test specimens, where the average value of the set does not comply with the required value, provided that not more than two test results are less than such value, with not more than one less than 70% of it, a second test may be allowed to be performed on three test specimens of the same type taken from the same samples.

For acceptance, the new average, calculated on the basis of the six results of the first and second sets of three test specimens taken together, is to comply with the required value, not more than two individual values are to be lower than the required average and, of these, not more than one is to be less than 70% of it.

2. Rejection or reconsideration

Where unsatisfactory results are obtained from re-tests representative of one lot of material, the unit from which the test specimens are taken is rejected.

The remainder of the lot may, at the discretion of the Surveyor, be reconsidered by performing the required tests on at least two different units; for acceptance, both the results of the new tests are to satisfy the requirements.

Otherwise, upon agreement with the Surveyor, the individual units composing the lot may be tested individually and those found satisfactory may be accepted.

The Manufacturer may resubmit for testing previously rejected material, after a suitable heat treatment or reheat treatment, or resubmit it under a different grade.

The Surveyor is to be notified of such circumstances.

Unless otherwise agreed by the Surveyor, only one new heat treatment is permitted for material which has already been heat treated.

3.6 Visual, dimensional and non-destructive examinations

3.6.1 General

The products are to be subjected to:

- a) visual examination
- b) dimensional check
- c) non-destructive examination, when applicable.

The above operations, to be effected on products in appropriate conditions, are carried out under the responsibility of the Manufacturer and are to be witnessed or repeated in the presence of the Surveyor when required by the Rules or, in any case, when it is deemed necessary by the Surveyor.

When, following examinations and tests, there are grounds for thinking a product may be defective, the Manufacturer is obliged, for the purpose of acceptance, to demonstrate its suitability using procedures deemed necessary.

2. Visual examination

Visual examination, unless otherwise specified, is performed by the Surveyor on each unit, for products tested on individual units and, randomly or on the units submitted to mechanical tests, for products tested by lot.

3. Dimensional check

The dimensional checks and verification of compliance with approved plans are carried out by the Surveyor, as deemed necessary, solely for those parts subject to approval, or where expressly required in Part D or other parts of the Rules.

4. Non-destructive examination

Non-destructive examination is to be performed by skilled and qualified personnel, using calibrated equipment of suitable type and according to approved procedures, recognised standards and the requirements of RINA.

The Manufacturer's laboratory or other organisation responsible for the non-destructive examination is required to issue, on its own responsibility, a certificate illustrating the results and, where requested, an opinion concerning the acceptability of the product; in the latter case, the certificate is to be countersigned by the Manufacturer.

For the radiographic test, suitable means are to be provided in order to identify the zones examined and the relevant radiographic films.

The various steps of the examinations are to be witnessed by the Surveyor when required. In such case the certificates are generally to be countersigned by the witnessing Surveyor.

7. Repairs of defects

1. Small surface defects may be suitably removed by grinding or other appropriate means, provided that the dimensional tolerances, prescribed for the various products in the relevant Articles, are complied with.

The repaired zone is to be found free from defects and to be acceptable in the opinion of the Surveyor.

3.7.2 Repairs by welding may be accepted only where this is not in contrast with the requirements applicable to the product, and provided that they are deemed suitable in connection with the material, extent of defects and welding procedure.

The repair procedure is to be previously agreed upon with the Surveyor.

4 Identification and certification

1. Identification and marking

1. General

During the inspection, a detailed record of the products to be tested is to be submitted to the Surveyor with indication of the necessary data, as applicable:

- a) name of purchaser and order number
- b) hull number or destination
- c) number, size and mass of parts or batches
- d) cast number and chemical composition
- e) part reference number, detail of manufacturing process and heat treatment
- f) condition of supply.

4.1.2 Manufacturer's marking

Products, which have satisfactorily undergone the required inspection and tests are to be appropriately marked by the Manufacturer in at least one easily accessible location.

The marking is to contain all necessary indications, as specified in the Articles relevant to the various products, and is to correspond to the content of the inspection documentation.

The marks are to be stamped, as a rule, by means of brands, except when products could be impaired by such a system. When paints or other reliable alternatives are adopted, adequate duration of marking is to be ensured.

For small pieces contained in effective containers, as well as bars and sections of modest weight, adequately bound in bundles, the marks are transferred to the container, label or top item of each bundle to the Surveyor's satisfaction.

3. Marking with RINA's brand

The products satisfactorily inspected in accordance with the Rules are to be marked with RINA's brand in the presence of the Surveyor unless otherwise agreed between Manufacturer and Surveyor.

All other additional marks required are specified in the applicable Articles depending on the products (e.g. name or initials of Manufacturer, material, grade and cast number, code for calendar year, running file number and code of the local office inspection, Surveyor's personal brand, TP as statement of hydrostatic test).

4. RINA marking for incomplete inspection Whenever a product is dispatched for delivery or is to be marked without undergoing all the inspections and tests required (whether by the provisions of Part D or those of other parts of the Rules), RINA's brand will be replaced by RINA's mark for incomplete inspection.

The testing documents are to contain clear indications of all outstanding inspections and tests and specify the reason why they have not been performed.

Upon satisfactory completion of all required tests, the product is to be stamped with RINA's brand.

5. Invalidation of RINA's brand

When a product already marked with one of RINA's stamps is found during or subsequent to the testing not to be in compliance with the requirements and is therefore rejected, the previously stamped marks are to be invalidated by punching them.

The Surveyors may request to check the invalidation effected.

Any repairs after the product is tested are subject to the prior consent of RINA; failing this, the validity of the original testing will automatically expire and the original testing marks are to be invalidated by the Interested Parties.

4.1.6 RINA's brand for alternative inspection scheme

In the case of admission to an alternative inspection scheme, the marking with RINA's brand may be delegated to the Manufacturer, who will be supplied with the special brand to be used for this purpose.

2. Documentation and certification

1. RINA's inspection certificate

For products tested with satisfactory results, RINA issues an inspection certificate signed by the Surveyor stating that the products have been tested in accordance with RINA's Rules.

This certificate is identified by the letter C for ease of reference in the various parts of the Rules.

An inspection certificate issued by the Manufacturer is to be attached to RINA's certificate and is to include, as applicable, the following particulars:

- a) Manufacturer's name
- b) purchaser's name, order number and hull number
- c) description of the product, dimensions and weight
- d) results of all specified inspections and tests, including non-destructive tests where applicable

e) identification and testing marks stamped on the products.

In the case of testing of materials, the following particulars are also to be included:

- identification of specification or grade of material
- identification of the heat and relevant chemical analysis
- supply condition and the specification of heat treatment, if carried out, including temperature and holding time
- working and manufacturing procedure (for rolled products intended for hull, boilers and pressure vessels only)
- declaration that the material has been made by an approved process, as applicable, and that it has been subjected with satisfactory results to the tests required by the Rules.

By agreement with RINA, the inspection certificate issued by the Manufacturer may be directly confirmed by endorsement with RINA's brand and the signature of the Surveyor.

For products manufactured in large quantities and tested by heats or by lot, the Manufacturer is to further state, for the individual supplies, that the products have been produced according to RINA's Rules.

4.2.2 RINA's inspection certificate for alternative inspection scheme

For products covered by the alternative inspection scheme, unless otherwise stated in the admission to the alternative

inspection scheme, the Manufacturer is to issue a certificate of conformity on the appropriate RINA form.

This certificate is identified by the letter CA (certificate for alternative survey) for ease of reference in the various parts of the Rules.

The inspection certificate issued by the Manufacturer and including all the information required in [4.2.1] is to be attached to the (CA) certificate.

The certificate is to be submitted to RINA for endorsement according to the procedures stated in the agreement for the alternative survey scheme.

4.2.3 Works' certificates

For products which, in accordance with the relevant Rules, may be accepted only on the basis of a certificate of conformity issued by the Manufacturer, stating the results of the tests performed, such certificate is to contain the information required under [4.2.1], as applicable.

This certificate of conformity is identified by the letter W (works' certificate) for ease of reference in the various parts of the Rules.

For particular products it may be accepted that the tests or inspections are carried out by the Manufacturer not on the product supplied, but on the current production.

This particular certificate of conformity is identified by the letter R (report) for ease of reference in the various parts of the Rules.

SECTION 2

TESTING PROCEDURES FOR MATERIALS

1 General

1. Application

1. This Section specifies the requirements for testing procedures, testing machines and test specimens for mechanical and technological tests of materials.

The testing procedures and test specimens relevant to welding are specified in Chapter 5.

The Articles of the Rules dealing with the various products indicate the examinations and tests required together with the results to be obtained.

The general conditions specified in Sec 1 also apply.

2. Testing machines

1. Testing machines are to be of a recognised type, kept in a satisfactory condition and calibrated by RINA, or by a recognised body in accordance with a recognised standard, at approximately annual intervals.

In particular for tensile machines, the permitted indication errors are to be within the values specified in ISO 7500 for class 1.

The records of the calibration are to be made available to the Surveyor and kept in the test laboratory.

3. Preparation of test specimens

1. The samples for test specimens are to be in the same condition as the product from which they have been taken and therefore in the same heat treatment condition, if any.

1.3.2 If the test samples are cut from products by flame cut, when admissible depending on the kind of material, or shearing, a reasonable margin is required to enable sufficient material to be removed from cut or sheared edges during final machining.

Test specimens are to be obtained from samples by mechanical cuts; care is to be taken in their preparation to avoid any significant straining or heating which might alter the properties of the material.

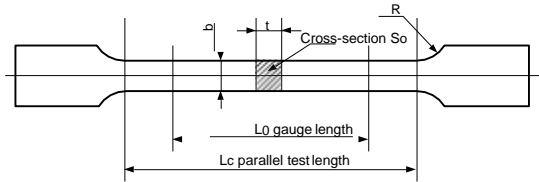
2 Tensile test

1. Test specimens

1. Proportional flat specimen

For flat products, rectangular specimens of proportional type are generally used, having dimensions as shown in Fig 1.

Figure 1 : Proportional flatspecimen



t	: thickness of the considered material
b	: 25 mm
L ₀	: $5,65S_0^{1/2}$ where S is the specimen cross-section. The gauge length may be rounded off the nearest 5 mm provided that the difference between the computed L ₀ and that rounded length is less than 10% of L ₀
L _c	: $L_0 + 2S_0^{1/2}$
R	: 25 mm

For such products the tensile test specimens are to retain the original raw surfaces of the product.

However, for thickness equal to or greater than 40 mm, or, more generally, when the testing machine capacity does not allow testing of specimens of full thickness, this may be reduced by machining one of the raw surfaces.

2. Non-proportional flat specimen

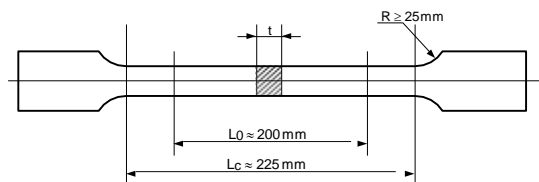
As an alternative to the specimen mentioned above, non-proportional specimens may also be used; in particular a rectangular specimen, having fixed gauge length of 200 mm and other dimensions as shown in Fig 2, may be used.

3. Round specimen

As stated in [2.1.1], for rolled products, excluding bars, the tensile test specimens are to retain the original raw surfaces of the product.

However, for thickness equal to or greater than 40 mm, or, more generally, when the testing machine capacity does not allow testing of specimens of full thickness, this may be reduced by machining one of the raw surfaces.

Figure 2 : Non-proportional flat specimen



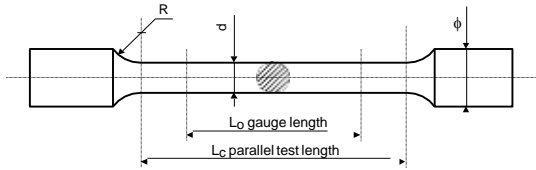
t : thickness of the considered flat material.

Alternatively, a round proportional test specimen, machined to the dimensions shown in Fig 3, may be used.

For long rolled products (bars and profiles), forgings and castings, grey cast iron excluded, cylindrical specimens of

proportional type, having in general diameter of 10 or 14 mm, are to be used.

Figure 3 : Round proportional specimen



4. Round specimen diameter

The proportional round tensile specimens generally have diameter of 10 or 14 mm.

However, other diameters, in general 8 or 6 mm, may be used in specific cases when the selection of normal size test specimens is not possible.

5. Round specimen position

In the case of rolled products (plates), with thickness equal to or greater than 40 mm, the axis of the round test specimen is to be located at approximately one quarter of the thickness from one of the rolled surfaces.

In the case of bars and similar products, the axis of the round test specimen is to be located at one third of the radius from the outside.

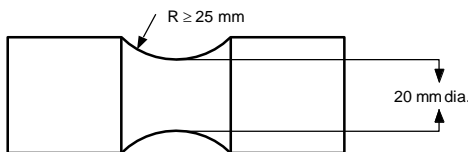
In the case of forged products, unless otherwise agreed, the longitudinal axis of test specimens is to be positioned as follows:

- a) for thickness or diameter up to maximum 50mm, the axis is to be at the mid-thickness or the centre of the cross-section;
- b) for thickness or diameter greater than 50mm, the axis is to be at one quarter thickness (mid-radius) or 80mm, whichever is the lesser, below any heat treated surface.

2.1.6 Specimen for grey cast iron

For grey cast iron, the test specimen as shown in Fig 4 is to be used.

Figure 4 : Specimen for grey cast iron



2.1.7 Specimens for pipes and tubes

For testing of pipes and tubes, the testing specimen may be a full cross-section of suitable length to be secured in the testing machine with plugged ends, as shown in Fig 5.

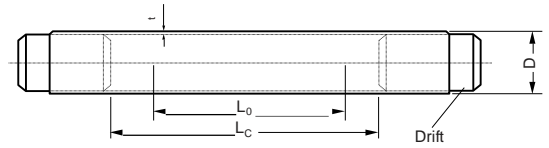
The gauge length L_0 is to be equal to:

$$L_0 = 5,65 S_0 \sqrt{\quad}$$

and the distance between the grips L_t is to be not less than the gauge length plus D , where D is the external diameter of the tube or pipe.

The length of the plugs projecting over the grips, in the direction of the gauge marks, is not to exceed the external diameter D , and the shape of the plugs is not to impede the elongation of the gauge length.

Figure 5 : Full cross-section specimen

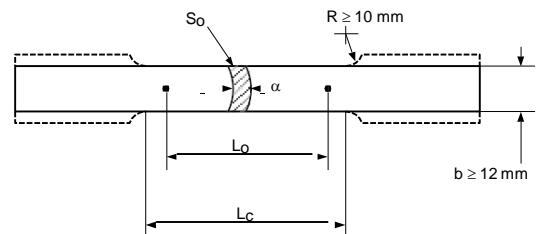


Alternatively, test specimens are to be taken from the tube or pipe wall, as shown in Fig 6, where:

$$L_0 = 5,65 S_0 \sqrt{\quad}$$

$$L_c = L_0 + 2b$$

Figure 6 : Specimen taken from the tube or pipe wall



Where the wall thickness is sufficient to allow machining, the round specimen indicated in Fig 3 may be used, with the axis located at the mid-wall thickness.

8. Specimen for wires

For testing of wires, a full cross-section test specimen of suitable length is to be used.

The gauge length is to be 200 mm and the parallel test length (distance between the grips) is to be 250 mm.

9. Dimensional tolerances

The dimensional tolerances of test specimens are to be in accordance with ISO 6892-84 or other recognised standards as appropriate.

2. Testing procedure

1. General

The following characteristics, as required by the different products, are to be determined by the test:

- a) R_{eH} : Yield stress (yield point), in N/mm^2
- b) $R_{p0,2} - R_{p0,5} - R_{p1,0}$: Proof stress (yield strength), in N/mm^2
- c) R_m : Tensile strength, in N/mm^2
- d) A: Percentage elongation at fracture
- e) Z: Percentage reduction of area.

2.2.2 Yield and proof stress determination

For materials with well defined yield phenomenon, the yield stress R_{eH} is the value corresponding to the first stop or

drop of the index, showing the load applied by the testing machine in the tensile tests at ambient temperature.

This applies, unless otherwise specified, to products of carbon steels, carbon-manganese steels and alloy steels, except austenitic and duplex stainless steels.

For materials which do not present a manifest yield stress, as defined above, the product requirements determine the conventional proof stress R_p to be assumed.

In general, for steels, the conventional stress to be assumed is the 0,2 per cent proof stress or the 0,5 per cent proof stress, designated by the symbols $R_{p0,2}$ and $R_{p0,5}$ respectively, where 0,2 and 0,5 are the percentage of permanent deformation.

For austenitic and duplex stainless steel products and relevant welding consumables, the 1,0 per cent proof stress, designated by the symbol $R_{p1,0}$, may be required in addition or as an alternative.

3. Load application rate

For ductile material, the load application rate, before reaching the actual or conventional yield stress, is not to exceed 30 N/mm² per second, while afterwards, when approaching the rupture stress, it is to be such that the deformation rate does not exceed 40 per cent of the gauge length per minute.

For brittle materials like cast iron and non-ferrous metals, the load application rate, up to the rupture stress, is not to exceed 10 N/mm² per second.

4. Elongation

The per cent elongation is in general determined on a proportional gauge length L_0 .

L_0 is determined by the following formula:

$$L_0 = 5,65 \cdot S_0 \sqrt{A_5}$$

where:

S_0 : Original cross-sectional area of the test specimen.

In the case of round solid specimens, L_0 is 5 diameters.

The per cent elongation is also defined as short proportional elongation or A_5 .

When a gauge length other than L_0 is used, the equivalent per cent elongation A_x required is obtained from the following formula:

$$A_x = 2A_5 \left(\frac{L_0}{L} \right)^{0,4}$$

where:

A_5 : Minimum elongation, in per cent, required by the Rules for the proportional specimens illustrated in Fig 1, Fig 3 and Fig 6

S : Area, in mm², of the original cross-section of the actual test specimen

L : Length, in mm, of the corresponding gauge length actually used.

The above conversion formula may be used only for non-cold formed ferritic products with tensile strength not exceeding 700 N/mm².

The extension of the formula to other applications, such as cold worked steels, austenitic steels or non-ferrous materials is to be agreed upon with RINA's Surveyors.

In the case of disagreement, the value of elongation computed on the proportional specimen is to be taken.

The gauge length to which the elongation is referred is to be indicated in the test reports.

For non-proportional test specimens with gauge length of 50 mm and 200 mm, the equivalent elongation values indicated in ISO 2566 apply.

The elongation value may be considered valid if the fracture position is at a distance from the ends of the gauge length of at least 1,25 times the specimen diameter, for a circular cross-section, or at least the sum of the width and thickness of the specimen, for a rectangular section.

The appearance of the fracture of test specimens after the tensile test is always to be examined. The appearance of the fracture section is to be sound and free from defects and irregularities.

2.2.5 Testing at elevated temperature

For testing at elevated temperature, the determination of 0,2 per cent proof stress is to have a gauge length for strain measurement not less than 50 mm and a cross-sectional area not less than 65 mm². However, if the dimensions of the product or the available test equipment do not allow such conditions, the largest possible dimension is to be used.

As yield stress the conventional value of 0,2 per cent proof stress is generally taken; the deformation rate immediately prior to reaching the yield stress is to be in the range between 0,1 and 0,3 per cent of the gauge length per minute.

The intervals between deformation measurements to assess the above-mentioned rate are not to exceed 6 seconds.

The equipment is to permit a test temperature control within a tolerance range $\pm 5^\circ\text{C}$.

3 Bend test

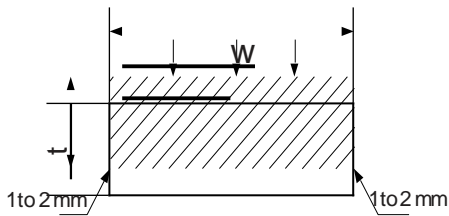
1. Flat bend test specimen

1. A flat bend test specimen as shown in Fig 7 is to be used.

The edges on the tension side are to be rounded to a radius of 1 to 2 mm.

The length of the specimen is to be at least 11 times the thickness or 9 times the thickness plus the mandrel diameter, if this value is higher.

Figure 7 : Flat bend specimen



2. For castings, forgings, and half rough products, the other dimensions are to be as follows:

thickness: $t = 20 \text{ mm}$,

width: $w = 25 \text{ mm}$.

3. For rolled products the other dimensions are to be as follows:

thickness: $t = \text{thickness of product}$,

width: $w = 30 \text{ mm}$.

If the thickness of the rolled product is greater than 25 mm, the thickness of the specimen may be reduced to 25 mm by machining the surface of the specimen that is to be in compression during the test.

2. Testing procedure

1. The bend test is to be performed, as a rule, by applying a continuous mechanical compressive action on one of the surfaces of the test specimen.

The required mandrel diameter and the minimum bend angle are specified in the Articles dealing with the various products.

The test is satisfactory if the required bend angle is reached without incipient fracture.

4 Impact test

1. Sampling

1. The impact test is, in general, to be determined on a set of 3 notched specimens.

The longitudinal axis of the notched test specimens can be:

- parallel to the rolling direction of the plate, of the section, or of the piece (longitudinal direction L)
- perpendicular to the rolling direction of the plate or of the piece (transverse direction T)
- parallel to other directions of selection.

The test specimens are to be of the V-notch or U-notch type, as required in the specifications of the various products, and are designated KV and KU, respectively.

Depending on whether the Charpy test specimens have been taken in the lengthwise direction (L) or in the crosswise direction (T), the symbol L or T is added, respectively, to the Charpy designation.

4.1.2 The axis of the notch is to be perpendicular to the faces of the plate, section or piece.

The position of the notch is to be not nearer than 25 mm to a flame cut or sheared edge.

4.1.3 For rolled products, the impact test specimens are to be taken, in the case of thickness not higher than 40 mm, retaining the original raw surface of the product or within 2mm from it.

In the case of thickness higher than 40 mm, the test specimens are to be taken with their longitudinal axis located at a position lying 1/4 of the product thickness, or as near as possible to such position.

For forged products, the longitudinal axis of the specimens is to be located in the way of the external third of the distance between the centre (or the inside surface) of the piece and its external surface, considering a typical section of the forging.

2. Charpy V-notch specimens

1. The specimens are to be fully machined at the dimensions and tolerances shown in Fig 8 and Tab 1.

Figure 8 : Charpy V-notch specimen

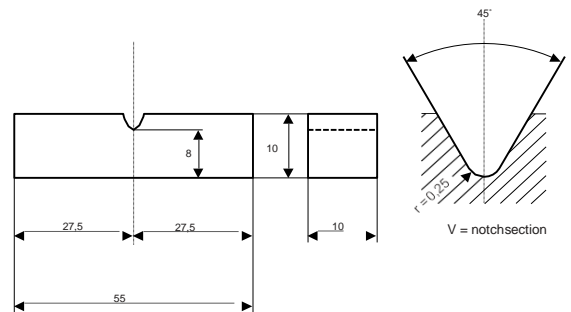


Table 1 : Charpy V-notch specimen

Dimensions	Nominal	Tolerance
Length	55 mm	$\pm 0,60 \text{ mm}$
Width		
• standard specimen	10 mm	$\pm 0,11 \text{ mm}$
• subsize specimen	7,5 mm	$\pm 0,11 \text{ mm}$
• subsize specimen	5,0 mm	$\pm 0,06 \text{ mm}$
Thickness	10 mm	$\pm 0,06 \text{ mm}$
Depth below notch	8 mm	$\pm 0,06 \text{ mm}$
Angle of notch	45 °	$\pm 2^\circ$
Root radius	0,25 mm	$\pm 0,025 \text{ mm}$
Distance of notch from end of test specimen	27,5 mm	$\pm 0,42 \text{ mm}$
Angle between plane of symmetry of notch and longitudinal axis of test specimen	90°	$\pm 2^\circ$

4.2.2 Specimens with reduced sectional area 10x7,5 or 10x5 may be used when the product thickness does not permit machining of the standard size.

The required energy values are given in Tab 2.

Table 2 : Average energy value for reduced specimens

Sectional area of V-notch specimens (mm ²)	Minimum average energy (1)
10 x 10	KV
10 x 7,5	5/6 KV
10 x 5	2/3 KV

(1) KV is the required value on standard size specimens, as per the Rules.

3. Charpy U-notch specimens

1. The specimens are to be fully machined at the dimensions and tolerances shown in Fig 9 and Tab 3.

Figure 9 : Charpy U-notch specimen

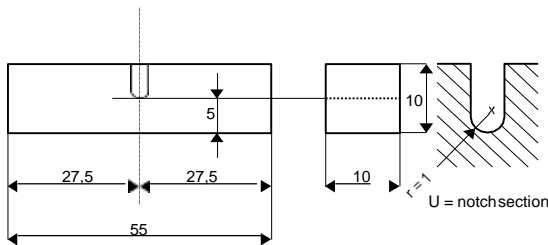


Table 3 : Charpy U-notch specimen

Dimensions	Nominal	Tolerance
Length	55 mm	± 0,60 mm
Width	10 mm	± 0,11 mm
Thickness	10 mm	± 0,06 mm
Depth below notch	5 mm	± 0,09mm
Root radius	1 mm	± 0,07 mm
Distance of notch from end of test specimen	27,5 mm	± 0,42 mm
Angle between plane of symmetry of notch and longitudinal axis of test specimen	90°	± 2°

4. Testing procedure

1. Unless otherwise specified, tests on U-notch type specimens are to be carried out at ambient temperature.

The term "ambient temperature" means any temperature within the range 18 to 28°C.

Tests on V-notch type specimens are to be carried out at or below ambient temperature, in compliance with the

requirements of the parts of the Rules relevant to the individual products and uses.

Where the test temperature is lower than ambient, the temperature of the specimen at the moment of the breaking is to be the specified test temperature, within plus minus 2°C.

The test temperature is to be clearly specified in the testing documents.

4.4.2 For impact tests carried out on a set of three specimens, the Charpy impact toughness is the average adsorbed energy, expressed in Joule (J), resulting from the set.

The average of the results on the three specimens is to comply with the value required for the product in question, and one individual test result may be less than the required average value, provided that it is not less than 70% of it.

5 Ductility tests for pipes and tubes

1. Flattening test

1. The specimen consists of a ring cut with the ends perpendicular to the axis of the pipe or tube.

The length of the specimen is to be equal to 1,5 times the external diameter of the pipe or tube, but is to be neither less than 10 mm nor greater than 100 mm; alternatively, a fixed length of 40 mm may be accepted.

The edges of the test pieces are to be rounded by filing before the test.

2. The test consists of compressing the specimen between two rigid and parallel flat plates in a direction perpendicular to its longitudinal axis; the plates are to cover the whole specimen after flattening.

It is to be continued until the distance Z between the two plates, measured under load, reaches the value specified.

In the case of welded pipes or tubes, the test is to be carried out with the welded seam positioned at 90° and at 0° to the flattening force.

After flattening, the specimen is not to present any cracks or other flaws; however, small cracks at the ends may be disregarded.

2. Drift expanding test

1. The specimen consists of a tube section having the ends perpendicular to the tube axis; the edges of the end to be tested may be rounded by filing.

2. For steel tubes the length of the specimen is to be equal to twice the external diameter of the tube, if the angle of the drift is 30°, or equal to the external diameter of the tube if the angle is 45°, 60° or 120°.

In any case the length of the specimen is to be not less than 50 mm.

3. For copper and copper alloy tubes, the length of the specimen is to be not less than twice but not more than three times the external diameter of the tube.

4. For aluminium and light alloy tubes the length of the specimen is to be not less than twice the external diameter.

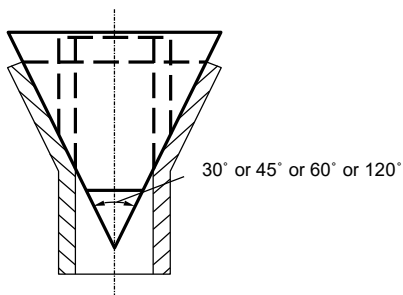
5.2.5 The test consists of flaring the end of the specimen at ambient temperature and symmetrically, by means of a truncated-cone shaped mandrel of hardened steel having the included angle specified in [5.2.2] (Fig 10).

The mandrel is to be lubricated but is not to be rotated in the pipe during the test.

The mandrel penetration is to continue until the increase in external diameter of the end of the expanded zone reaches the value specified in the requirements relevant to the various products.

The expanded zone of the specimen is not to present any cracks or other flaws.

Figure 10 : Drift expanding test



3. Flanging test

1.The specimen consists of a tube section cut with the ends perpendicular to the tube axis and length at least equal to the external diameter of the tube; the edges of the end to be tested may be rounded by filing.

5.3.2 The test is carried out in two stages and consists of symmetrically forming a flange at one end of the specimen by means of a special mandrel of hardened steel; the mandrel is to be lubricated but is not to be rotated in the tube during the test.

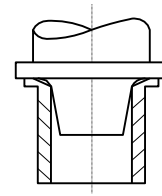
During the first stage of flanging, the end of the specimen is expanded by means of a truncated-cone shaped mandrel having an included angle of 90°; the test is then continued during the second stage using a special forming mandrel to complete the flange.

The test is to be continued until the expanded zone forms a flange perpendicular to the longitudinal axis of the specimen, with an increase in the external diameter of the end of the specimen not less than the value specified (Fig 11).

The cylindrical and flanged portion of the specimen is not to present any cracks or other flaws.

After testing, the remaining cylindrical portion is to be not less than half the external diameter of the tube.

Figure 11 : Flanging test



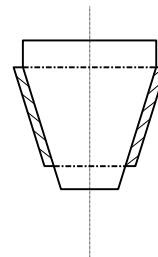
4. Ring expanding test

1.The specimen consists of a tube section cut with the ends perpendicular to the tube axis and the length between 10 and 16mm.

5.4.2 The specimen is to be expanded to the prescribed diameter or until fracture occurs (Fig 12).

The expanded specimen is not to reveal unacceptable defects such as cracks, grooves or laminations and is to reach the prescribed expansion.

Figure 12 : Ring expanding test



5. Ring tensile test

1.The specimen consists of a tube section with plain and smoothed ends cut perpendicular to the tube axis and with a length of about 15 mm.

5.5.2 The specimen is to be drawn to fracture in a tensile testing machine by means of two mandrels having diameter equal to at least three times the wall thickness of the pipe.

In the case of welded pipes the weld seam is to be at 90° to the direction of the tensile load.

The specimen after fracture is not to reveal unacceptable defects such as cracks, groves or laminations and is to show visible deformation at the point of fracture.

6. Bend test on pipes and tubes

1.Where feasible, the test specimen consists of full thickness strips not less than 40 mm in width (which may be machined down to 20 mm width for large thickness pipes) cut perpendicular to the pipe axis.

Pt D, Ch 1, Sec 2

The edges of the specimen may be rounded to 1,5 mm radius.

The result is considered satisfactory if, after being bent through the required angle in the direction of the original curvature, the specimen is free from cracks and laminations; however, small cracks on the edges may be disregarded.

5.6.2 For small diameter tubes, in general not exceeding 50 mm, the specimen consists of a tube section of sufficient length.

The specimen is to be bent on a cylindrical mandrel with appropriate procedures as follows, depending on the specification of the product:

- a) on a mandrel having a diameter 12 times the nominal diameter of the tube until an angle of 90° is reached
- b) on a mandrel having a diameter 8 times the nominal diameter of the tube, until an angle of 180° is reached.

The specimen after bending is not to present any cracks or other flaws.

Bibliografia

- Barrass, C.B. and Derrett, D.R. (2006) *Ship Stability for Masters and Mates* .
- Barrass, C.B. (2004) *Ship Design and Performance for Masters and Mates* .
- Bertram, V. (1998) *Practical Ship Hydrodynamics* .
- Biran, A.B. (2003) *Ship Hydrostatics and Stability* .
- Carlton, J.S. (2007) *Marine Propellers and Propulsion* , 2nd Edition.
- Christ, R.D. and Wernli, R.L. (2007) *The ROV Manual* .
- Eyres, D.J. (2007) *Ship Construction* , 6th Edition
- Jensen, J.J. (2001) *Load and Global Response of Ships* .
- Kobylinski, L.K. and Kastner, S. (2003) *Stability and Safety of Ships* .
- Kristiansen, S. (2004) *Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis* .
- McGeorge, H.D. (1999) *Marine Auxiliary Machinery* , 7th Edition.
- Molland, A.F. and Turnock, S.R. (2007) *Marine Rudders and Control Surfaces* .
- Pillay, A. and Wang, J. (2003) *Technology and Safety of Marine Systems* .
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001) *Basic Ship Theory* , 5th Edition.
- Schneekluth, H. and Bertram, V. (1998) *Ship Design for Efficiency and Economy*
- Sheno, R.A. and Dodkins, A.R. (2000) *Design of Ships and Marine Structures Made from FRP Composite Materials* , in Kelly. A. and Zweben, C.(eds),
- Comprehensive Composite Materials, Vol. 6,
- Elsevier Science Ltd, Oxford, UK.
- Taylor, D.A. (1996) *Introduction to Marine Engineering* .
- Tupper, E.C. (2004) *Introduction to Naval Architecture* , 4th Edition.
- Watson, D.G.M. (1998) *Practical Ship Design* .
- Woodyard, D.F. (2004) *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines* , 8th Edition.
- Vittorio Bucci, *Imbarcazioni da diporto. Università di Trieste*
- Paolo Lodigiani, *Capire e progettare le barche* (2015).
- Massimo Gregori Grgic, *Yacht design handbook* (2015).
- Pictures by www.boatdesign.net