

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA  
SEZIONE DI INGEGNERIA NAVALE

---



VITTORIO BUCCI

PROGETTAZIONE DI IMBARCAZIONI DA DIPORTO

DISPENSA DEL CORSO

**BOZZA**

TRIESTE, 25 FEBBRAIO 2013



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Dipartimento di Ingegneria e Architettura  
Sezione di Ingegneria Navale

*Il mare non è mai stato amico dell'uomo.*

*Tutt'al più è stato complice della sua irrequietezza.*

***Joseph Conrad***



## **Premessa**

*L'industria nautica rappresenta uno dei settori produttivi di eccellenza del nostro paese riconosciuto e apprezzato in tutto il mondo. In passato le unità da diporto venivano costruite artigianalmente senza quasi ricorrere alla progettazione, oggi per mantenere i traguardi raggiunti non si può più prescindere da un'accurata conoscenza dei processi, delle tecnologie e dei linguaggi tipici di questo mondo. Il corso di "Progettazione imbarcazioni da diporto" cerca di rispondere a questo radicale cambiamento offrendo agli aspiranti ingegneri navali una formazione specifica, aggiornata e calibrata ai reali bisogni del mercato diportistico. In particolare, si mira ad arricchire le conoscenze degli studenti fornendo attitudini e capacità volte ad affrontare i diversi livelli dell'industria nautica (progettuale, gestionale e costruttiva), integrando sinergicamente ingegneria e design, firma caratteristica dell'italian style.*



## Sommarario

1. DEFINIZIONE DI UNITÀ DA DIPORTO .....	7
1.1 Il concetto del diporto .....	7
1.2 Definizione di unità da diporto .....	11
1.3 La velocità delle unità da diporto .....	11
1.4 La compartimentazione delle unità da diporto .....	12
1.5 La stabilità delle unità da diporto .....	12
1.6 La governabilità delle unità da diporto .....	13
1.7 La tenuta al mare delle unità da diporto .....	13
1.8 La genesi del progetto .....	14
1.8.1 Il progetto di unità da diporto destinate alla produzione in serie .....	16
1.8.2 Il progetto di unità da diporto esemplare unico .....	21
1.9 L'impostazione del progetto .....	30
1.9.1 L'analisi dei desiderata .....	34
1.9.2 Il design .....	35
1.9.3 Definizione del dislocamento e delle dimensioni principali .....	67
1.9.4 Forme di carena .....	70
1.9.5 La scelta della propulsione .....	92
1.9.6 Definizione dei piani generali .....	116
1.9.7 Definizione e controllo dei costi .....	134
1.9.8 Metodologie progettuali innovative .....	144
2. LA CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ DA DIPORTO .....	151
2.1 Criteri di classificazione .....	151
2.1.1 Dimensioni .....	151
2.1.2 Propulsione .....	151
2.1.3 Profilo operativo .....	151
2.2 Classificazione in base alle dimensioni .....	152
2.2.1 Premessa .....	152
2.2.2 Natante .....	152
2.2.3 Imbarcazioni da diporto .....	153
2.2.4 Nave da diporto .....	153
2.3 Classificazione in base al sistema propulsivo .....	153
2.3.1 Unità da diporto a motore .....	153



2.3.2 Unità da diporto a vela .....	154
2.4 Classificazione in base al profilo operativo .....	154
2.4.1 Open .....	154
2.4.2 Walk-around .....	154
2.4.3 Day-cruiser.....	155
2.4.4 Cruiser.....	155
2.4.5 Fly.....	155
2.4.6 Lobster-Boat .....	156
2.4.7 Trawler.....	156
2.4.8 Exploration yacht.....	156
2.4.9 Explorer.....	157
2.4.10 Sailer-Cruiser .....	157
2.4.11 Sailer-Racer .....	157
2.4.12 RIB.....	157
2.4.13 Multiscafo .....	158
3. I RIFERIMENTI NORMATIVI.....	159
3.1 I Regolamenti Statuali.....	159
3.1.1 Direttiva Comunitaria 2003/44/CE .....	159
3.1.2 Decreto Legislativo 18 luglio 2005, n. 171.....	160
3.1.3 Decreto Ministeriale 29 luglio 2008, n. 146 .....	160
3.1.4 MCA - Small Yacht Code .....	160
3.1.5 MCA - LY2 Large Yacht Code.....	161
3.1.6 SOLAS.....	161
3.2 I Regolamenti di Classe .....	161
3.2.1 Le norme CE.....	162
3.2.2 RINA - Rules for the Classification of Pleasure Yachts .....	163
3.2.3 RINA - Rules for the Classification of Yachts Designed for Commercial Use .....	163
3.2.4 ABS - Guide for Building and Classing Motor Pleasure Yachts .....	163
3.2.5 ABS - Guide for Building and Classing Offshore Racing Yachts.....	164
3.2.6 Germanisher Lloyd - Rules for Classing and Construction Yachts and Boats up to 24 m.....	164
3.2.7 Germanisher Lloyd - Rules for Classing and Construction Yachts $\geq$ 24 m .....	164
3.2.8 Germanisher Lloyd - Guidelines for Design and Construction of Large Modern Yacht Rigs .....	165
3.2.9 DNV - High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft .....	165



3.2.10 Lloyd's Register - Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft.....	165
3.2.11 I software di ausilio alla progettazione .....	165
3.2.11 Il programma Leonardo Hull 2D del RINA .....	169
3.3 Ulteriori riferimenti normativi.....	169
3.3.1 Raccolta delle leggi dello Stato Italiano inerenti la nautica da diporto.....	169
3.3.2 Convenzione sul regolamento internazionale per prevenire gli abbordi in mare.....	170
3.3.3 Load Lines Convention.....	170
3.3.4 Tonnage Measurement of Ships.....	170
3.3.5 Regolamento di stazza nazionale per le unità da diporto .....	170
4. LA STABILITÀ DELLE UNITÀ DA DIPORTO.....	172
4.1 Criteri di stabilità per unità con lunghezza inferiore a 24 m .....	172
4.2 Criteri di stabilità per navi da diporto .....	172
4.2.1 Criteri di stabilità per navi da diporto con stazza lorda inferiore a 3000 GT.....	172
4.2.2 Criteri di stabilità per navi da diporto con stazza lorda superiore a 3000 GT .....	172
5. L'APPARATO DI PROPULSIONE SULLE UNITÀ DA DIPORTO .....	174
5.1 Motori primi .....	174
5.2 Propulsori .....	174
5.3 Trasmissioni .....	174
5.4 Tecnologie ibride .....	174
5.5 Vele.....	175
6. VERIFICHE STRUTTURALI SULLE UNITÀ DA DIPORTO .....	176
6.1 Richiami sui materiali .....	176
6.2 Il programma RINA STR-DIP.....	176
6.3 Il programma Lloyd's Register SSC .....	176
6.4 Dimensionamento di strutture particolari .....	176
6.4.1 Oblò e finestre .....	177
6.4.2 Il programma RINA STW .....	177
6.4.3 Alberi e sartieme .....	177
6.4.4 Derive.....	178
6.4.5 Lande .....	178
6.4.6 Ponte elicotteri .....	178
7. GLI IMPIANTI A BORDO DELLE UNITÀ DA DIPORTO.....	179
7.1 Impianto di sentina.....	179
7.2 Ventilazione locali apparato motore .....	179



---

7.3	Impianto del combustibile.....	179
7.4	Impianto elettrico.....	179
7.5	Impianti sanitari.....	180
7.6	Protezione antincendio .....	180
7.7	Servizi di coperta .....	180
7.8	Manuale del proprietario .....	181
8.	ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE .....	182
8.1	Approccio generale alla produzione.....	182
8.1.1	La variabilità della domanda nel mercato navale.....	182
8.1.2	La complessità del prodotto e la sua mobilità.....	182
8.1.3	Il grado di specializzazione dei cantieri navali.....	183
8.2	La strategia della produzione navale.....	184
8.2.1	Costruzione di strutture off-shore.....	184
8.2.2	Group Technology .....	186
8.2.3	Produzione in serie .....	190
8.3	Organizzazione dei cantieri navali .....	191
8.3.1	Cantieri piccoli .....	193
8.3.2	Cantieri medi .....	193
8.3.3	Cantieri grandi .....	194
8.3.4	Cantieri di riparazione e trasformazione .....	194
8.3.5	Cantieri per navi da diporto.....	195
8.3.6	Organici.....	196
8.3.7	Il flusso delle lavorazioni .....	197
ALLEGATI.....		200
Allegato 1.....		201
Allegato 2.....		204
A2.1	La gestione del programma.....	204
A2.2	I manuali d'uso .....	205
A2.3	La subroutine "Basic Ship Data" .....	205
A2.4	La subroutine "Section".....	214
A2.5	La subroutine "Rule" .....	237

## 1. DEFINIZIONE DI UNITÀ DA DIPORTO

### 1.1 Il concetto del diporto

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. Come noto, la costa del Paesi Bassi è caratterizzata da bassi fondali e notevoli escursioni di marea, perciò gli *jaght* erano unità di piccole dimensioni, con pescaggio ridotto, capaci di imbrigliare il vento anche in condizioni di costa sottovento ed estremamente manovriere, risultati ottenuti con l'adozione di carene piuttosto larghe rispetto alla lunghezza dotate di deriva mobile laterale (per ridurre lo scarroccio) e grandi timoni; sicuramente visto il profilo operativo che dovevano espletare non era previsto che avessero grande autonomia e sistemazioni tali da permettere navigazioni d'altura, tuttavia dovevano essere sufficientemente capienti da permettere di imbarcare cannoni e un piccolo drappello militare in modo che l'unità fosse in grado di abbordare e catturare le navi nemiche.

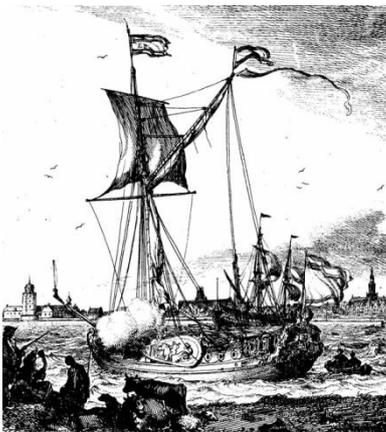


Figura 1 - Stampa d'epoca di un tipico jaght olandese del XVI secolo



Figura 2 - Ricostruzione del 1999 della stessa unità riportata nella figura precedente "Half Moon"

L'opera morta dello *jaght* era perciò caratterizzata da un vistoso castello di poppa all'interno del quale veniva sistemato il quadrato e la cabina del comandante. Le dimensioni di queste unità erano estremamente variabili dai 12 ai 20 m e l'armo era caratterizzato generalmente da un albero di maestra, un albero di mezzana, un albero di trinchetto e dal bompresso. Le vele erano tutte vele quadre salvo la mezzana e i fiocchi.

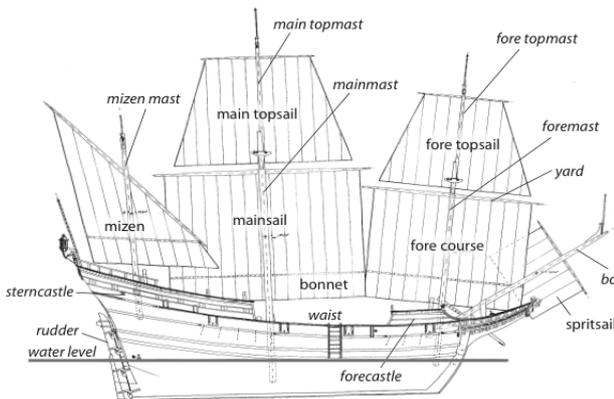


Figura 3 - Piano velico di uno jaght olandese del XVII secolo

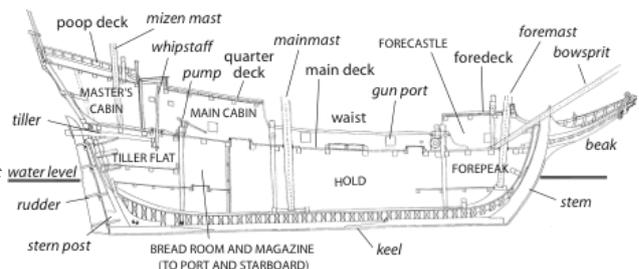


Figura 4 - Sezione longitudinale di uno jaght olandese del XVII secolo

Oltre che per gli scopi militari di cui si è discusso gli *jaght* venivano utilizzati per servizi governativi quali la riscossione delle tasse direttamente a bordo delle navi e per il trasporto veloce dei piloti dei diversi porti. I ricchi mercanti intuirono che questo veloce e affidabile mezzo poteva essere utilizzato anche per scopi commerciali: lo *jaght* poteva raggiungere in poco tempo le navi che si avvicinavano in rada e scoprire così il prima possibile il carico trasportato di modo da stabilire in anticipo rispetto alla concorrenza il prezzo delle merci.

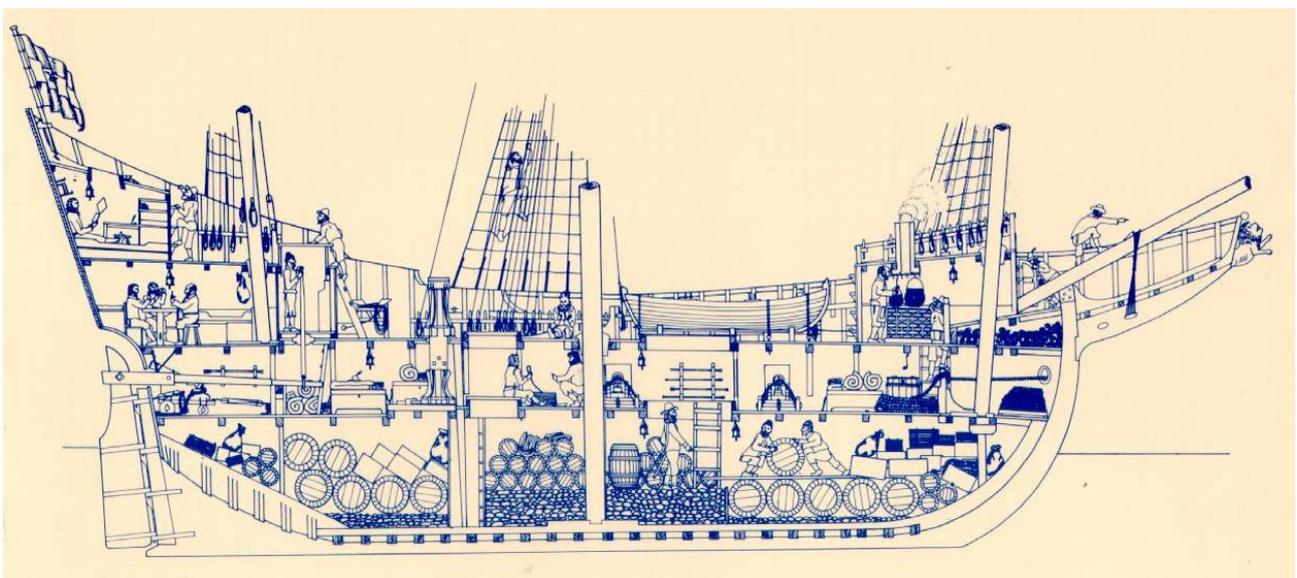


Figura 5 - Sezione longitudinale di uno Jaght mercantile del XVII secolo

Parallelamente, questi ultimi apprezzarono per primi la possibilità offerta dagli *jaght* di essere essi stessi un simbolo della propria ricchezza e perciò iniziarono a farne un uso "privato" modificandone le forme e adattandone le sistemazioni ai nuovi scopi. Al posto delle stive vennero realizzati piccoli saloni illuminati da tughe e riscaldati da camini.

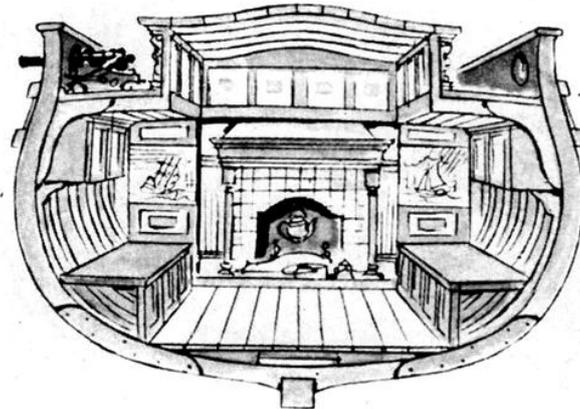


Figura 6 - Sezione a centro nave che mostra un salone dotato di camino

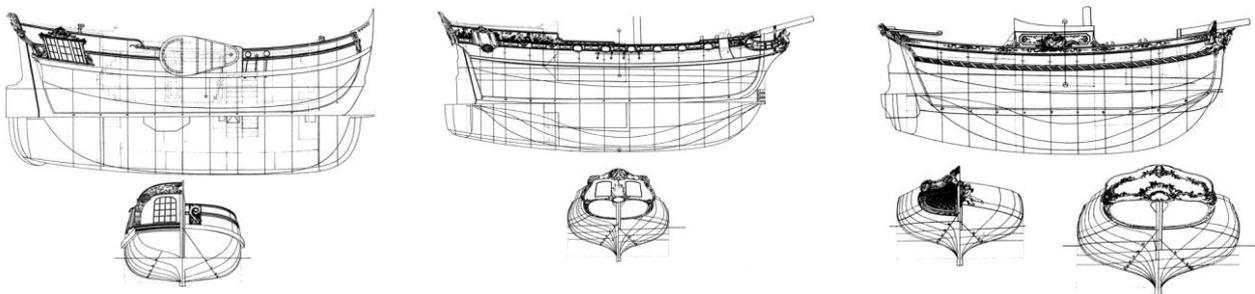


Figura 7 - Evoluzioni dello jaght olandese

Essendo divenute imbarcazioni di prestigio gli *jaght* vennero sempre più riccamente decorati, basta pensare che lo stile dell'arte barocca fece sbizzarrire gli allestitori nell'utilizzo di polene, statue e fregi sempre più elaborati e colorati. Elementi caratteristici dell'estetica di queste barche erano in particolare il giardinetto illuminato da elaborati fanali e le bandiere che per la prima volta garrivano al vento colorate.

Intorno alla metà del XVII secolo sempre gli olandesi iniziarono a distinguere gli *jaght* in *speel-jaght* destinati a scopi diportistici e sportivi dagli *oorlog-jaghts* che invece venivano impiegati in attività lavorative (militari, governative e commerciali). Nello stesso periodo vennero organizzati i primi raduni di queste imbarcazioni in prossimità delle coste olandesi in corrispondenza di particolari occasioni, gettando le basi di quelle che in futuro sarebbero diventate le regate.

La consacrazione ufficiale dello yacht avvenne da parte di re Carlo II di Inghilterra che durante il suo esilio nei Paesi Bassi apprezzò le qualità e le emozioni date dalla pratica del diporto al punto che nel 1660 al suo ritorno in Inghilterra utilizzò il HMY Mary donatogli dai governanti olandesi. Questa splendida barca, la prima di una serie di 27, era lunga 16 m, larga 5.80 m e dislocava 100 t. Il suo equipaggio era composto da 74 persone ed era armata con 8 cannoni.



Figura 8 - L'arrivo di re Carlo II di Inghilterra a Rotterdam a bordo del HMY Mary

Come si poteva immaginare la moda dello yachting si diffuse all'interno dell'aristocrazia inglese che per attirare su di sé il favore della corona e dare sfogo all'innata voglia di competizione si organizzò in yachting club che gareggiavano tra di loro in competizioni sportive: le regate.

L'invenzione ed adozione di nuove tecnologie ha aggiunto agli originali jaght nuove tipologie di unità che di seguito verranno analizzate in dettaglio, il cui unico denominatore comune è quello di divertire armatori ed ospiti offrendo loro la possibilità di vivere esperienze uniche a stretto contatto con la natura.



### 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.

Con unità da diporto si intende quindi qualunque tipo di mezzo navale, indipendentemente dalla sua propulsione, destinato alla navigazione da diporto, ovvero una navigazione effettuata a scopi sportivi o ricreativi senza fini di lucro.

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:

1. Natante da diporto;
2. Imbarcazione da diporto;
3. Nave da diporto.

Come è facile intuire ognuna delle tre categorie può essere ulteriormente suddivisa (secondo opportuni criteri dettati dai legislatori) in funzione della propulsione principale adottata ed al tipo di navigazione che l'unità è capace di effettuare in termini di stato del mare. Tale suddivisione, tuttavia, non del tutto immediata e necessita di essere approfondita nell'opportuna sezione.

### 1.3 La velocità delle unità da diporto

Le unità da diporto rientrano decisamente nella categoria delle carene veloci: infatti, facendo riferimento al numero di Froude  $\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)$  questo, almeno per quanto concerne la velocità massima ha sempre valori prossimi a 0.4, valore critico di passaggio da una carena lenta ad una veloce.

Va però precisato che nel caso delle unità da diporto, a meno che non siano destinate alle competizioni (regate o offshore), 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

Come per tutte le unità galleggianti anche per le unità da diporto si dovrà prevedere un'opportuna compartimentazione per contrastare gli effetti di instabilità ed al tempo stesso garantire un bordo libero residuo sufficiente in condizione di falla.

In particolare 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.

In entrambe le situazioni, l'obiettivo ed il presupposto per la compartimentazione sarà garantire la sopravvivenza dell'unità nelle condizioni più gravose che è possibile immaginare, basti pensare che molte unità da diporto vengono classificate come inaffondabili. Tale requisito può sembrare eccessivo, ma occorre considerare che non sempre la formazione delle competenze nautiche dei conduttori delle unità da diporto avviene attraverso corsi specifici: un natante al di sotto dei 10 m di lunghezza con una potenza inferiore ai 40 CV può essere guidato senza patente.

### 1.5 La stabilità delle unità da diporto

La stabilità nelle unità da diporto anche per i motivi di cui si è discusso in precedenza 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. Un'unità da diporto ferma in rada o in navigazione oltre ad essere capace di resistere a tutte le cause sbandanti (rispetto dei criteri di stabilità) non dovrà rispondere con momenti raddrizzanti eccessivamente elevati (non dovrà essere "dura") altrimenti i passeggeri potrebbero facilmente vedere il loro divertimento finire a causa del "mal di mare". Di conseguenza a fronte di una notevole stabilità iniziale, corrispondente ad un'altezza metacentrica trasversale  $\overline{GM}$  (e longitudinale) relativamente elevata, si dovrà cercare di contenere le accelerazioni trasversali (dipendenti dalla stessa grandezza!!!!) per migliorare il confort a bordo: la bravura del progettista sarà quindi il trovare il miglior compromesso tra queste due necessità.

Ancora una volta 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.

Un'unità da diporto dovrebbe possedere certamente un'ottima governabilità a tutte le velocità, sia perchè può essere pilotata da conduttori non particolarmente abili, sia perchè deve essere capace di manovrare in specchi d'acqua veramente ristretti. Questa caratteristica non è sempre soddisfatta basti pensare alle imbarcazioni a vela che generalmente non hanno un buon comportamento in manovra. La bravura del progettista sarà proprio quella di ottimizzare le forme di carena, la superficie degli organi di governo e la velocità di risposta degli stessi in modo da rendere il più efficiente possibile il funzionamento di tutta l'unità.

### 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. Quest'ultimo concetto, come si è avuto modo di approfondire in altri corsi, è correlato alla risposta del mezzo ai moti che lo caratterizzano. Il comportamento in navigazione dell'unità da diporto dovrà essere tale da ridurre gli effetti indesiderati legati ai moti oscillatori di beccheggio, sussulto e rollio in modo che la permanenza a bordo risulti il più piacevole possibile nella più ampia rosa di condizioni meteo-marine. In fase di progetto dovranno essere specificati e verificati valori limite dei parametri di moto (accelerazioni) in relazione alle condizioni ambientali più severe che si ritiene l'unità debba incontrare nel corso della sua vita.



### 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.

Sia il progetto che la costruzione della barca saranno, infatti completamente diversa se il committente è un armatore privato o un cantiere costruttore. L'armatore privato avrà ben in mente cosa vorrà fare con l'oggetto che realizzerà i suoi sogni, controllerà la spesa, ma non ne farà un criterio fondamentale di scelta, affronterà in prima persona le questioni critiche e salvo in rari casi non possiederà una conoscenza tecnica specifica, pretenderà attenzione a dettagli di secondaria importanza trascurandone invece altri fondamentali. Un cantiere costruttore, invece, nella maggior parte dei casi sarà guidato nelle sue scelte dall'ovvia necessità di ottenere il maggior guadagno possibile a fronte del suo investimento, cercherà di realizzare imbarcazioni di serie in cui all'armatore finale saranno concesse solo alcune piccole personalizzazioni che però non potranno impattare nella sostanza del progetto e soprattutto possiederà un ufficio tecnico che fornirà al progettista specifiche tecniche ben definite soprattutto nell'ottica della futura costruzione.

In ogni caso la scelta che dovrà essere compiuta è certamente il *tipo di barca* che meglio soddisferà le richieste del cliente. Per appurare le reali necessità del cliente può essere utile porre e/o porsi le seguenti domande compilando 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?

Interpretando le risposte ricevute a queste banali domande sarà possibile circoscrivere il raggio d'azione del processo progettuale, sia questo rivolto ad un armatore privato o a un

cantiere costruttore, anche perchè in diverse occasioni si può anche pensare e suggerire la conversione o l'ammodernamento di una barca esistente piuttosto che una nuova costruzione.

In realtà dalla risposta alle prime due domande si ha già un notevole aiuto, infatti viene definito così il profilo operativo dell'unità ovvero quello sportivo che può essere indicato con il termine *racing* o in alternativa quello da crociera che invece verrà indicato con *cruising*.

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. Il compito del progettista consisterà quindi, nell'inventare, all'interno di vincoli progettuali molto ben determinati, soluzioni vincenti che porteranno la sua barca di vittoria in vittoria. In questo caso la tecnica progettuale più conveniente si baserà, a partire da un progetto di base praticamente comune a tutte le barche della stessa classe, sulla ricerca di piccole modifiche che possano portare ad un effettivo incremento delle prestazioni: materiali di costruzione alleggeriti (se il peso non è un vincolo di classe), particolari forme di carena (a parità di dimensioni), geometria delle vele, tecnologie innovative nei motori endotermici, etc.



Figura 9 - Alfa Romeo



Figura 10 - Offshore racing yacht

Per il *cruiser*, il processo progettuale è ben più complicato, soprattutto perchè soggetto ad un numero minore di vincoli. In questo caso le dimensioni principali dell'unità e la sua propulsione principale sono definite in base al tipo di navigazione a cui sarà destinata ed alla velocità con cui si vuole affrontarla. Un aspetto molto importante sarà costituito dal design e dalle sistemazioni interne e di coperta che di conseguenza sarà possibile sviluppare. Più grande sarà la barca più semplice sarà riuscire a trovare il migliore compromesso tra velocità, confort, qualità nautiche e... prezzo. La migliore strategia sarà proprio quella di chiarire e fissare con il cliente la scala delle priorità che dovrà costituire l'ossatura del progetto. È

sbagliato pensare di riuscire a massimizzare tutte le variabili in gioco, tuttavia la risposta alle domande della prima "checklist" sarà quindi di indubbio ausilio, sicuramente di più rispetto al *racer*.



Figura 11 - Cruising yacht a vela



Figura 12 - VZ 18 cruising yacht a motore

In conclusione indipendentemente dal tipo di imbarcazione che ci si accinge a progettare e costruire chiarire lo scopo per cui deve essere destinata è di cruciale importanza per la riuscita del lavoro. Non si deve però commettere l'errore di confondere lo scopo con caratteristiche di estremo dettaglio quali le prestazioni, l'autonomia o il design, lo scopo può essere definito come: "chi deve usare la barca e in quali condizioni". Paradossalmente il concetto di scopo è in realtà sinonimo di peso, più si vorrà una barca confortevole più peserà, più la si vorrà da competizione più dovrà essere leggera.

### 1.8.1 Il progetto di unità da diporto destinate alla produzione in serie

Il mercato della nautica da diporto ha subito una notevole crescita a partire dagli anni 60 del secolo scorso, quando la pratica del navigare per diletto ha iniziato ad essere un fenomeno di costume molto diffuso quasi come il vivere il mare andando in spiaggia. Le tecniche costruttive hanno necessariamente dovuto subire un profondo mutamento essendo la richiesta aumentata quasi esponenzialmente. Inizialmente la richiesta di natanti era cresciuta a tal punto da trovare impreparata l'industria e le maestranze. Al momento del boom anche rinomati e storici cantieri tuttora in attività hanno dovuto mutare integralmente la loro logica produttiva ricorrendo all'adozione di concetti presi in prestito dall'automotive ed in particolare alla costruzione in serie fornendo al tempo stesso ai neo-armatori la possibilità di qualche piccola personalizzazione.

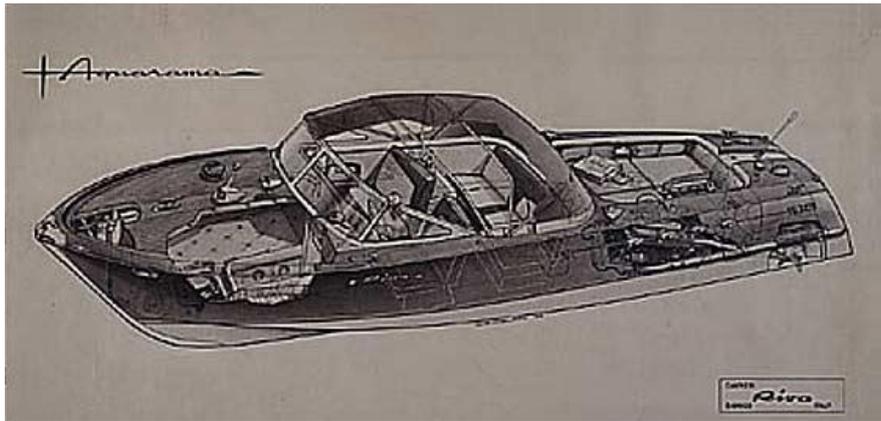


Figura 13 - Riva Aquarama in mogano 1962

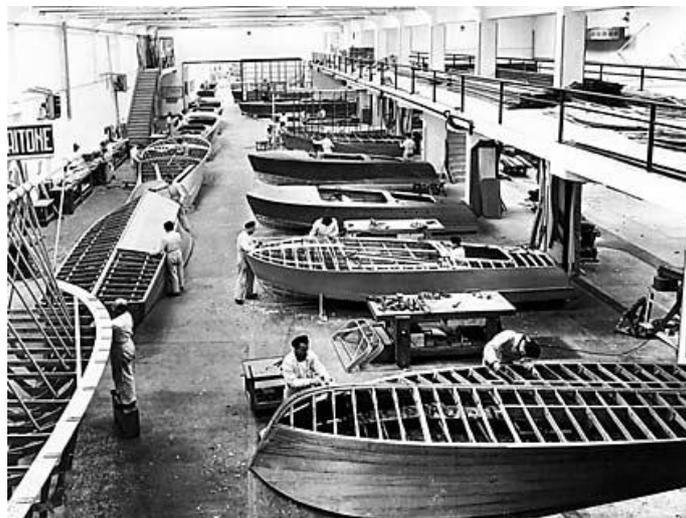


Figura 14 - Fotografia d'epoca del Cnatiere Riva di Sarnico anni 1950

La tecnologia tradizionale delle costruzioni in legno doveva necessariamente essere sostituita con altre più economiche e soprattutto più veloci e versatili. Per prima venne adottata la tecnologia del compensato marino che rispetto alla metodologia tradizionale non modificava radicalmente le tecniche costruttive, tuttavia faceva ricorso ad un materiale di base, il compensato marino appunto, molto economico e di estrema facilità di reperimento, taglio e incollaggio. Il compensato marino, infatti, è ottenuto attraverso l'incollaggio di diversi fogli di legno a fibre incrociate in maniera bilanciata in modo da ottenere un materiale quasi meccanicamente isotropo. A fronte di un basso costo, un'ottima lavorabilità e la quasi totale assenza di dilatazioni nella direzione della fibra che il legno tradizionale aveva, il compensato marino aveva la pecca di non potersi adattare a forme di carena a doppia curvatura.

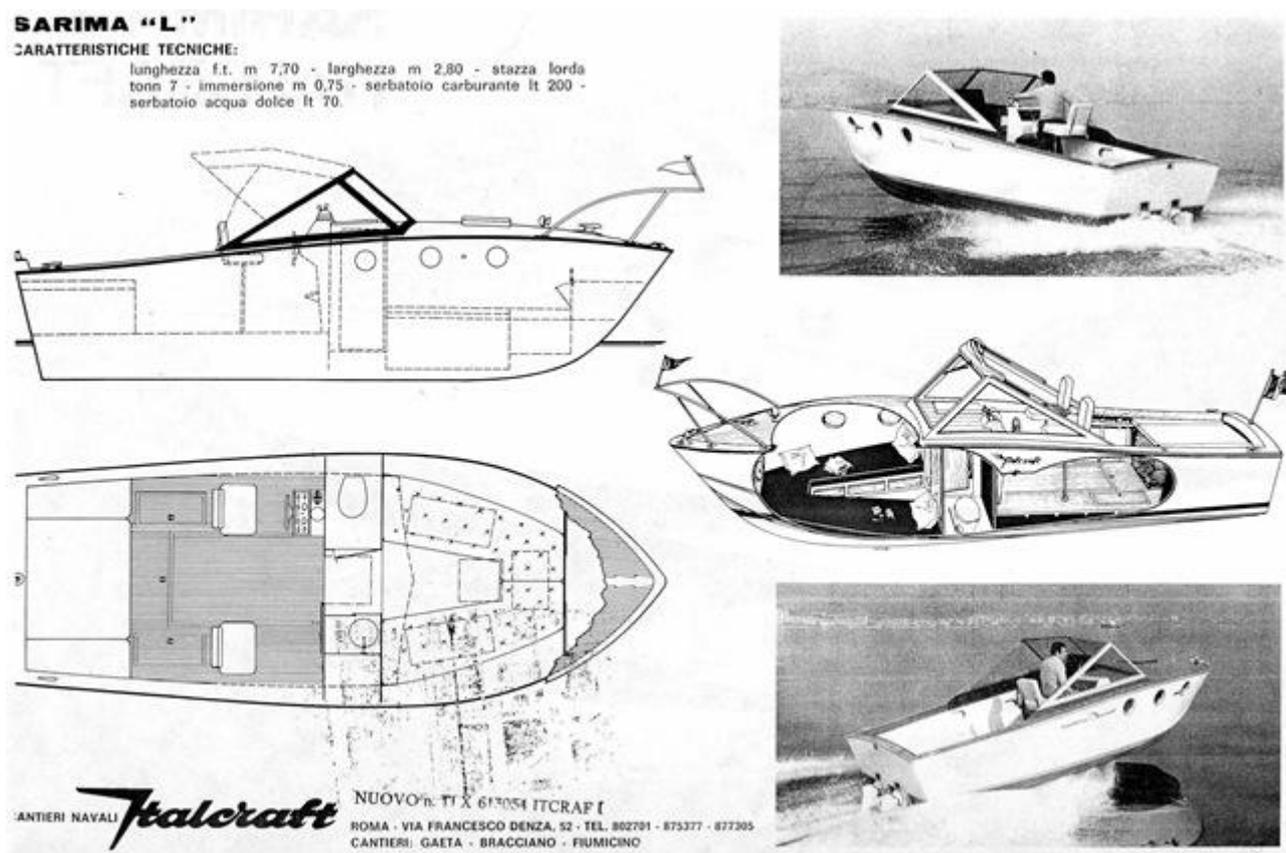


Figura 15 - Pubblicità d'epoca del Sarima Italcraft tra i primi motoscafi in compensato marino 1965

Quasi parallelamente i Cantieri Riuniti dell'Adriatico applicavano la tecnologia dei compositi nella realizzazione dei motoscafi della famiglia Bora. Questa tecnologia rivoluzionaria è tuttora la più diffusa perchè oltre a risolvere tutte le criticità del sistema che sfruttava il compensato marino offre la possibilità di realizzare veramente una produzione in serie nella reale accezione industriale del termine.



Figura 16 - Alcune immagini d'epoca della Sala D del Cantiere di Monfalcone del 1960

In conclusione è doveroso osservare che sia la tecnologia del compensato che quella del composito hanno profondamente modificato il disegno delle unità da diporto permettendo di



conciliare sempre più le necessità tecniche e idrodinamiche con quelle architettoniche e abitative. L'approccio al progetto ed alla costruzione della barca non è più vincolato dalla tecnologia tradizionale del legno, ma solo (!?!?!?) dalla soddisfazione del cliente e dalle capacità degli addetti del settore.

Con l'affermarsi della produzione in serie la figura quasi romantica del maestro d'ascia che girava per i boschi a procacciarsi i materiali con cui dare forma e sostanza allo pseudo-progetto che custodiva geloso nella sua mente doveva necessariamente essere sostituita da un'organizzazione aziendale che fosse capace di far fronte alle pressanti richieste del mercato ed alla concorrenza. Lo squero doveva diventare cantiere, le seste un progetto, un cantiere artigianale un'industria. Il tempo diventava la moneta più preziosa da guadagnare e da spendere, solo l'implementazione di sistemi gestionali avanzati e flessibili poteva garantire il continuo alimento della produzione ed il raggiungimento di elevati standard qualitativi dei prodotti.

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.).

La prima versione dell'*ERP* metteva in collegamento diretto le aree di gestione contabile con l'area di gestione logistica (magazzini ed approvvigionamento); successivamente si sono iniziate ad implementare le relazioni interne anche con le aree di vendita, distribuzione, produzione, manutenzione impianti, gestione dei progetti ecc. Di grande importanza è il sistema di *MRP - Materials Requirements Planning* (Pianificazione Fabbisogno Materiali) che permettono di programmare logiche di ordini automatici ai fornitori veramente sofisticate, tanto da tener conto dei tempi di consegna e di messa in produzione del prodotto; questa metodologia permette di ottimizzare la rotazione dei materiali nei magazzini e la minimizzazione delle giacenze che impattano a livello contabile e fiscale.

Da un punto di vista pratico possono essere distinti due ambiti operativi dei sistemi *ERP*:

- Ambito istituzionale: riguarda la gestione dei rapporti dell'azienda con l'esterno con particolare riferimento all'adempimento delle prescrizioni di legge (contabilità, retribuzioni, previdenza) ed all'amministrazione delle risorse (personale, beni e capitali) secondo la regolamentazione nazionale e internazionale vigente;



- Ambito operativo: riguarda la gestione interna dell'azienda, dall'amministrazione alla progettazione, dalla logistica alla garanzia.

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

- Contabilità
- Controllo di gestione
- Gestione del personale
- Gestione Acquisti
- Gestione dei magazzini
- Pianificazione del fabbisogno dei materiali
- Gestione della produzione
- Gestione Progetti
- Gestione Vendite
- Gestione della Distribuzione
- Gestione della manutenzione impianti
- Gestione degli asset finanziari.

Con l'aumento della popolarità dell'*ERP* e la riduzione dei costi per l'*ICT - Information and Communication Technology*, si sono sviluppate applicazioni che aiutano i business manager ad implementare questa metodologia nelle attività di business come: controllo di inventari, tracciamento degli ordini, servizi per i clienti, finanza e risorse umane. Questi software riescono indipendentemente dall'area applicativa ad adattarsi in maniera estremamente calzante a tutte le procedure delle aziende che li adottano, i più comuni dei quali (*SAP, Oracle, MS*) trovano ampia e capillare diffusione nel settore navale e della nautica. Solitamente i pacchetti di cui si compone un software ERP sono:

- *MRP - Material Requirements Planning*: sistema automatizzato di calcolo del fabbisogno di materiali;
- *MRP II - Manufacturing Resource Planning*: sistema per la pianificazione delle risorse di produzione: materiali, macchinari e manodopera;
- *SCM - Supply Chain Management*: sistema di gestione dell'intera fase di approvvigionamento;



- *MES - Manufacturing Execution System*: sistema di gestione e controllo dell'avanzamento della produzione;
- Controllo magazzino;
- *CRM - Customer Relationship Management*: sistema di supporto per le attività commerciali.

La versatilità di questi strumenti è tale da supportare ogni livello gerarchico dell'organigramma aziendale, fornendo a ciascuno l'opportuno livello di gestione. In particolare all'aumentare del livello decisionale all'interno dell'azienda aumenta il livello di astrazione dei processi gestiti dal sistema, vale a dire che sarà molto dettagliato a livello produttivo per assecondare tutte le esigenze della manodopera e via via più ampio e generico al salire del livello decisionale. 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.

### 1.8.2 Il progetto di unità da diporto 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*.

Il *gigantismo* è certamente connesso con l'innata necessità umana della competizione e quella riguardante le dimensioni è la più antica. Gigantismo che nella nautica non colpisce solo le grandi navi, ma anche i natanti per le gite della domenica. Gigantismo che porta con se come effetto secondario la necessità di personalizzare, decorare, stupire fare della propria barca un esemplare unico che possa essere riconosciuta tra migliaia di altre.

L'altra tendenza, l'*ibridizzazione*, non è nient'altro che la presa di coscienza del fatto che per andare per mare, affrontando navigazioni impegnative, anche per diletto, c'è bisogno di



prendere in prestito dalle barche da lavoro soluzioni adottate per quanto riguarda le forme di carena, la propulsione e la distribuzione dei volumi e degli spazi interni.

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".

Una commessa navale è l'insieme di tutte le attività che un cantiere deve programmare ed organizzare al fine di realizzare una singola nave, compatibilmente con tutte quelle che ha già in costruzione e quelle che sa già avrà nel futuro.

I cantieri che lavorano a commessa nella quasi totalità adottano il sistema di produzione *group technology-based construction* che permette di costruire contemporaneamente o in immediata successione unità molto diverse dotate ciascuna di un elevatissimo grado di personalizzazione. I presupposti su cui si basa questo sistema di organizzazione sono essenzialmente due:

- 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;
- 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.

Su questi principi il cantiere è organizzato logisticamente in officine che realizzino una linea produttiva per ciascuna famiglia di prodotti intermedi (*work cell*) ognuna dotata di diverse postazioni di lavoro per la costruzione di tutti i semilavorati necessari. Per ogni famiglia il materiale si muove seguendo un preciso percorso in modo da poter essere lavorato secondo una ben determinata sequenza di operazioni. È naturale che l'efficienza del cantiere viene implementata rilevando il numero ottimale di famiglie di lavorati: un numero eccessivo



renderebbe difficile l'organizzazione logistica delle officine, un numero troppo ridotto allungherebbe eccessivamente i tempi di produzione e imporrebbe l'utilizzo di aree troppo estese. Una siffatta organizzazione consente di ridurre notevolmente i tempi e i costi della produzione in particolare:

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

All'interno di ogni commessa navale possono essere identificate tre attività fondamentali: l'attività commerciale, quella tecnica e quella amministrativa.

L'*attività commerciale* deve individuare il mercato e quindi gli armatori a cui il cantiere deve proporre i propri prodotti. Le strategie solitamente seguite sono due: la prima, più frequente, prevede che l'ufficio commerciale ricerchi attraverso la partecipazione a gare internazionali i nuovi clienti garantendo la disponibilità da parte del cantiere di realizzare l'unità desiderata dall'armatore, la seconda, caratteristica solo di quei siti produttivi che costruiscono prodotti di nicchia in cui si trovano in una posizione di quasi monopolio (vedi Perni Navi), propone sul mercato unità pre-allestite in cui il contributo di personalizzazione da parte dell'armatore è piuttosto ridotto. Gli argomenti di principale discussione commerciale sono essenzialmente:

- Il prezzo: è intuitivo che in una gara vince chi offre la nave più ricca al minor prezzo;
- 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;
- 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. Una buona progettazione comporta una buona costruzione nei tempi e nei costi previsti. Tale paradigma



può risultare banale, ma spesso una progettazione non all'altezza è la causa del fallimento del cantiere tanto quanto una costruzione distratta. Gli attributi che deve possedere una buona progettazione possono essere riassunti in:

- **Tempestiva:** deve essere eseguita nei tempi previsti per non condizionare la produzione;
- **Completa:** non deve mai essere lasciata agli esecutori della costruzione alcuna libertà di scelta;
- **Accurata:** nel momento in cui un documento viene inviato in produzione deve possedere tutte le informazioni necessarie;
- **Coerente:** deve essere pienamente soddisfacente le richieste contrattuali;
- **Corretta:** tutti i documenti, soggetti ad approvazione o meno, devono rispettare tutti i regolamenti e le leggi vigenti;
- **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. Solitamente le costruzioni navali richiedono un notevole indebitamento dei cantieri nei confronti delle banche per un tempo che non si può certamente considerare breve, da qui la necessità di prevedere all'interno della propria struttura uffici competenti e dedicati alla cura dei rapporti con enti istituzionali e bancari. La gestione della singola commessa prevede un continuo controllo tecnico, economico e programmatico. Solitamente a questa funzione è preposta una singola persona che viene in gergo indicata come capo-commessa.

Nelle strutture produttive più complesse ed avanzate la tecnica gestionale di riferimento è il Project Management. Tale sistema prevede che all'interno del cantiere a ciascuna commessa acquisita venga affidata ad un *Project Manager*, unico responsabile economico-programmatico a cui viene assegnato il più alto potere decisionale su tutte le attività riguardanti la commessa. Visto il numero e la complessità delle attività che vedono coinvolto il *PM*, questo solitamente è affiancato da una squadra di stretti collaboratori che costituiscono il *PM team*. Nel dettaglio le attività di cui il *PM* si occupa assieme al suo *team* sono:

1. *Coordinamento di tutte le attività produttive della commessa:* come già chiarito le attività produttive relative ad una commessa sono la progettazione e la costruzione. Il



*PM* può essere affiancato nella supervisione delle attività di ingegneria dal *Lead Project Engineer (LPE)* il cui compito consiste nel fare da tramite con gli uffici tecnici interni ed esterni coinvolti nelle attività di ingegneria della commessa. Per quanto concerne la costruzione, il più stretto collaboratore del *PM* è il *direttore di produzione* degli stabilimenti in cui viene realizzata la costruzione che ovviamente controlla localmente l'avanzamento della commessa. L'attività economico-programmatica di acquisto dei materiali viene curata da un altro membro del team del *PM*, il *coordinatore acquisti*.

2. *Stesura del programma della commessa*: in questa attività il *PM* viene affiancato dal *Planner*. Partendo dalla conoscenza delle capacità produttive dello stabilimento in cui verrà realizzata la commessa e dall'analisi della documentazione progettuale necessaria il *Planner* redige il *Master Plan* della commessa che stabilisce la tempistica di esecuzione di tutte le attività produttive per rispettare le scadenze contrattuali con l'armatore. Nel caso in cui talune attività vengano esternalizzate a terze parti il *Planner* raccoglie i programmi dei diversi fornitori esterni e li integra con il *Master Plan*, generando il *Programma Generale Integrato di Commessa (PGIC)*. Nel caso in cui, durante l'avanzamento della commessa, il *PM* rilevi dei ritardi provvede alla riprogrammazione.
3. *Gestione dei rischi*: è un'attività in cui l'esperienza e le capacità professionali del *PM* vengono esaltate ed è di sua assoluta responsabilità. Consiste nell'affrontare le situazioni di crisi che si possono presentare durante la vita della commessa, da errori o modifiche nella progettazione a extra-costi di costruzione relativi a ritardi o penali. Questa gestione deve avvenire in due fasi una preventiva e una attuativa. Nello sviluppo di una commessa navale è assai probabile che qualcosa non vada nel verso giusto, basandosi sulla sua esperienza il *PM* individua quali attività sono più a rischio e valuta in anticipo per ciascuna di esse dedicate strategie di recupero. Nello specifico accantonerà nel suo budget le cosiddette *contingency* ovvero dei fondi a cui attingerà per saldare gli extra-costi conseguenti ad azioni di riallineamento programmatico. L'entità di questi fondi dipenderà dalla gravità delle conseguenze che ciascuna attività a rischio presenterà. La gestione delle *contingency* è dinamica, cioè nel caso in cui un rischio programmato non si verifichi le *contingency* accantonate per la soluzione di quella crisi vengono ridestinate alla copertura di altri rischi. Ogni rischio evitato o risolto andrà ad aumentare il guadagno del cantiere.



4. *Cura dei rapporti con l'armatore*: è un'attività in cui devono emergere le *soft skills* del *PM* in prima persona, perchè spesso dalla qualità di questa attività dipende molto della soddisfazione del cliente. In particolare, in questo contesto vengono curate le ispezioni a bordo, le riunioni e gli incontri con gli incaricati dell'armatore. La riuscita nell'instaurazione di una cortese prassi professionale gioca un ruolo importante nella stipula di commesse future garantendo continuità produttiva del cantiere.
5. *Organizzazione e gestione delle riunioni di Phase Review*: le riunioni di *Phase Review* costituiscono il processo di verifica e di indirizzo sullo stato di avanzamento della commessa. È in questa sede che si verifica la coerenza e l'allineamento di ogni funzione con il programma generale integrato ed in caso di disallineamento vengono decise ed attuate le azioni correttive; vengono previste e ridotte le eventuali cause di inefficienza sulla base della documentazione disponibile; vengono individuate le aree di miglioramento tecnico ed economico e soprattutto vengono individuati per tempo eventuali rischi predisponendo al tempo stesso interventi volti a contenerne gli effetti. Nello specifico le riunioni di *Phase Review* vengono indette circa un mese prima di eventi chiave della commessa, quali ad esempio la chiusura dell'offerta operativa, l'inizio dei lavori, l'impostazione, il varo, la consegna e la fine del periodo di garanzia contrattuale. Partecipano alle *Phase Review*:
  - Il *PM* che si occupa dell'organizzazione e della gestione dell'intero processo;
  - Il *Chairman*, rappresentante dell'alta direzione aziendale, che funge da moderatore nelle riunioni, convalida il processo, presiede alle riunioni e ne stabilisce gli esiti;
  - I *Suppliers*, che rappresentano i vari enti del cantiere, ed hanno il compito di approntare i *deliverable*, ovvero i documenti descrittivi relativi all'attività di cui sono stati incaricati di eseguire la valutazione. La lista dei *deliverable* dipende strettamente dal tipo di unità che si considera e viene stabilita dal *PM* in fase preventiva;
  - L'*Assessor*, è colui che per mezzo di un documento detto *assessment* certifica che ciascuna attività analizzata dai *deliverables* rispetti i requisiti previsti. Per garantirne l'imparzialità viene scelto tra la dirigenza non coinvolta direttamente nella commessa.



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. Se nell'*assessment* viene certificata la corrispondenza tra i dati riportati nei *deliverables* e i requisiti standard imposti dal PM, il Chairman può dichiarare *superata* la PR. In caso contrario la PR viene dichiarata *non superata* e i partecipanti alla riunione sono tenuti a definire le azioni correttive da attuare e tempi necessari per sopperire alle problematiche. Al termine del tempo concesso ai vari enti per attuare le manovre correttive, che ovviamente non possono protrarsi oltre la data della scadenza effettiva dell'attività in esame per non compromettere la puntualità di quelle successive, viene indetta una nuova riunione per esaminare l'esito dato dagli interventi correttivi. In entrambi i casi di esito, il Chairman elabora un certificato di Phase Review che ufficializza e certifica il risultato della stessa.

6. *Controllo della spesa*: in questa attività il Pm viene aiutato da un membro del suo team, il cost controller appunto che si occupa nella totalità della parte economica della commessa collaborando con gli uffici finanziari del cantiere. Il cost controller, quindi, gestisce la spesa relativa alla progettazione, ai materiali, alle forniture e alla costruzione elaborando in concerto con il PM le previsioni di budget e la parte economica del Report di Commessa valutati nelle Phase Review.
7. *Stesura e controllo del Report di Commessa*: il Report di Commessa è un documento gestionale che viene aggiornato con cadenza mensile attraverso cui viene valutato lo stato di avanzamento della commessa e l'andamento dei costi da essa generati. Costituisce l'ossatura del Report di Fine Commessa che a sua volta risulterà essenziale per la gestione delle future commesse aiutando nella preparazione dei preventivi e delle offerte. All'interno del Report viene sempre riportata una parte introduttiva in cui viene fornito un quadro generale sullo stato della commessa, evidenziando criticità e tutta la documentazione commerciale, amministrativa e tecnica prodotta fino al momento della compilazione. Lo stato di avanzamento è descritto dai tipici diagrammi ad S, di cui si discuterà in dettaglio in seguito, che confrontano le curve di preventivo con quelle di consuntivo entrambe costruite ponendo in ascissa il tempo e in ordinata costi, numero elaborati prodotti, etc.

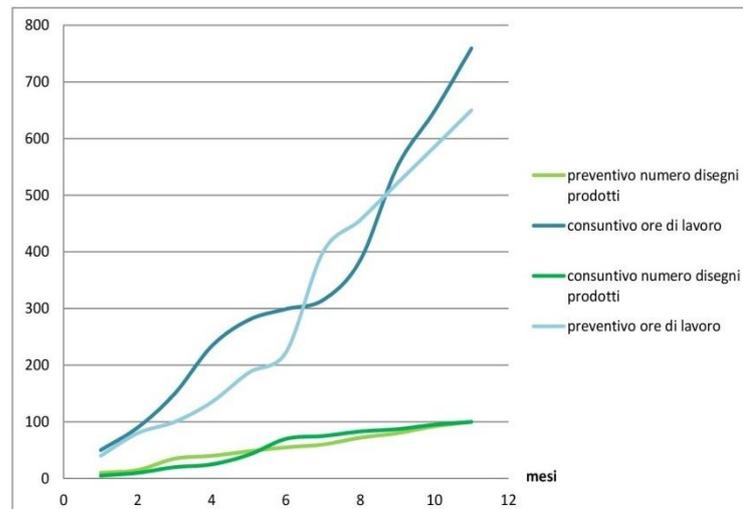


Figura 17 - Curve di avanzamento della commessa

Solitamente questi diagrammi vengono tracciati in automatico dai software *ERP* di cui sono dotate tutte le aziende che adottano il modello gestionale del Project Management. Nel caso in cui nell'analisi del report di commessa emergano delle problematiche, viene redatto un verbale che le descrive e vengono immediatamente prese le prime contromisure senza ricorrere alla delibera della Phase Review. Nel caso in cui queste non risultassero sufficienti oppure la loro entità fosse tale da compromettere in modo estremamente significativo l'avanzamento della commessa verranno predisposte misure straordinarie, quali la riprogrammazione o l'utilizzo delle contingency.

In conclusione, appare evidente che un cantiere nell'adottare una struttura gestionale basata sul Project Management dovrà al tempo stesso scegliere in maniera responsabile ed oculata il Project Manager, ma al tempo stesso dovrà dotarsi di una struttura interna capillare che sia in grado di supportarlo e di rispondere con la necessaria velocità a tutte le sue esigenze. In poche parole il PM deve essere solo l'apice (illuminato) di una struttura organizzativa molto complessa che coinvolga l'intero cantiere. La scelta del PM non deve essere solamente basata su un criterio di conoscenza tecnica approfondita di tutti i processi concernenti la commessa, ma deve tenere anche (e talvolta soprattutto) conto delle doti carismatiche del soggetto dato che la capacità di gestire le relazioni interpersonali riveste in questo tipo di struttura un ruolo fondamentale. Analogo ragionamento può essere fatto nella composizione del team di supporto del PM, in particolare tutti i componenti devono sentirsi partecipi della responsabilità connesse con il successo della commessa ed in tal senso è bene che ogni PM abbia un team a lui dedicato in maniera esclusiva per evitare intromissioni, sovravoro o più



## 1. Definizione di unità da diporto

semplicemente l'insorgere di rapporti antagonisti con altri PM. Lo schema organizzativo ideale può essere riassunto nella figura seguenti, per cui considerando tre commesse contemporanee si propone che ad ogni PM vengano assegnate delle risorse umane provenienti da ciascun ente del Cantiere.

commessa	1 - PM 1	2 - PM 2	3 - PM 3	...
UFFICIO FINANZIARIO	team 1	team 2	team 3	
UFFICIO TECNICO	team 1	team 2	team 3	
UFFICIO ACQUISTI	team 1	team 2	team 3	
...				

 risorsa disponibile

**Figura 18 - Composizione ideale del PM team**

Nel caso in cui la situazione di cui sopra non possa essere realizzata per il sovrapporsi di più commesse (ben oltre la capacità dei singoli uffici) si può adottare, con non poco rischio, un'organizzazione del tipo riportato in figura.

commessa	UFFICIO FINANZIARIO					UFFICIO TECNICO					UFFICIO ACQUISTI					...
1 - PM 1																
2 - PM 2																
3 - PM 3																
...																

 risorsa non disponibile

 risorsa disponibile

**Figura 19 - Composizione alternativa di un PM team**

## 1.9 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, come già accennato in precedenza. Partendo quindi da una serie di assunzioni attraverso il percorso progettuale si dovrà verificare se queste risultino concordi alle richieste ed alle specifiche tecniche. In particolare, si dovranno eseguire sempre le stesse verifiche con livello di dettaglio sempre maggiore tenendo conto di tutte le modifiche che di volta in volta si eseguono. Un modello che si presta bene a descrivere graficamente questo processo è quello della spirale che dovrà essere percorsa attraverso una sequenza di passi che corrisponderanno sempre le stesse verifiche ed alla fine di ogni giro si sarà completata un'intera revisione del progetto. Dopo qualche giro della spirale il progetto si potrà considerare concluso. È importante osservare che non tutte le operazioni vengono ripetute ad ogni revisione tuttavia appare ovvio che se condotte manualmente e cioè senza il ricorso a software di progettazione integrata le verifiche possono richiedere molto tempo per essere sviluppate aggiornando via via i diversi elaborati.

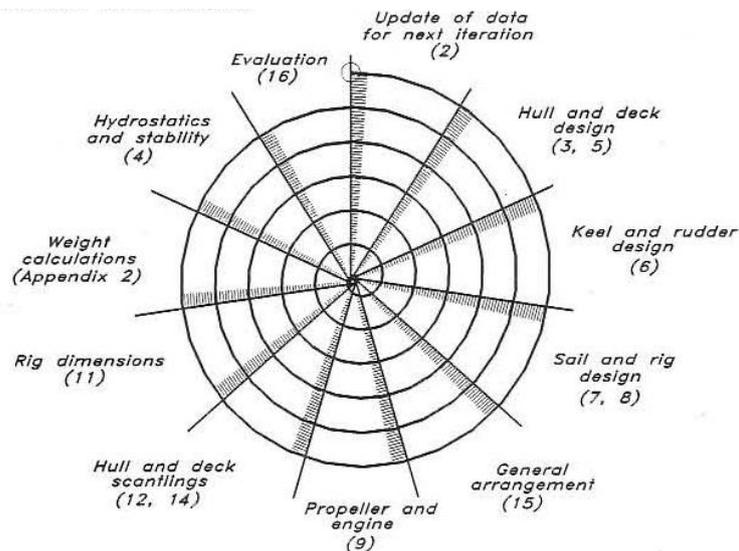


Figura 20 - La tradizionale spirale di progetto

Un buon riferimento metodologico tradizionale riferito specificatamente alle unità da diporto è dato dal "*Principles of yacht design*" di Lars Larsson e Rolf Eliasson. Nello specifico viene presentata una spirale progettuale semplificata rispetto a quella utilizzata per il naviglio maggiore che è riportata nella figura sovrastante.



Vengono considerati undici step di verifica per ogni revisione completa del progetto di un'unità a vela, ovviamente il progetto di una a motore non avrà bisogno della definizione di deriva, alberi e vele. Come riportato nei paragrafi precedenti dopo aver compilato la prima checklist il progettista avrà definito il tipo di barca su cui si appresta a lavorare ed una specifica tecnica iniziale con tutte le caratteristiche di base che gli sono state richieste. 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. Spesso, come è consuetudine, si ricorre 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 che servirà a stabilire l'ordine di grandezza dei motori primi e dei propulsori. 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.

Il secondo giro della spirale inizia con una definizione più dettagliata delle forme di carena, delle appendici e se presenti delle vele. Avendo creata la scatola la si riempie con una prima stesura del piano generale e della vista longitudinale che sarà accompagnata anche dal piano di capacità e da un primo dimensionamento delle strutture. A questo punto è possibile raffinare l'esponente di carico della barca che fornirà un primo peso ed un primo baricentro, dati necessari per una prima verifica della portata, della stabilità e della robustezza



longitudinale se necessaria. 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 (ragionevolmente da 1 a 3) porteranno allo sviluppo della *progettazione funzionale* che si concluderà con l'approvazione della documentazione progettuale da parte del Registro di Classifica e dell'Autorità di Bandiera. Gli elaborati prodotti conterranno tutte le informazioni ed i dimensionamenti necessari a stabilire la bontà della barca che in un immediato futuro verrà costruita, quindi oltre ad un arricchimento della *documentazione di 0-point* verranno inseriti il piano completo delle strutture, gli schemi unifilari di tutti gli impianti presenti a bordo e le sistemazioni di allestimento marinaresco, arredamento e relative alla sicurezza della navigazione. Sempre in questa fase verranno eseguiti calcoli di verifica diretta (FEM o simili) sia per lo scafo che per strutture particolari quali ad esempio alberi, lande, portelloni, ponti di volo etc. Per unità di dimensioni più elevate si realizzeranno anche studi relativi al rumore, alle vibrazioni ed alla tenuta al mare con lo scopo di fornire una valutazione oggettiva e quantitativa del confort fornito a bordo. Vale la pena sottolineare che nel tradizionale iter progettuale la fase funzionale prevede una precisa sequenzialità degli elaborati principali che può essere sintetizzata in:

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. Come è lecito pensare durante la progettazione costruttiva, salvo non si rilevi qualche madornale errore delle fasi precedenti, non tutti gli step della spirale verranno ripercorsi.

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 *margin del progettista* e che al massimo può essere del 10%.

Ogni componente della barca una volta determinato avrà un suo peso e un suo baricentro che dovrà essere calcolato e riportato all'interno del *WBS*. Il diagramma di controllo del *WBS* pone in ascisse il tempo e in ordinate il peso, si considera un asintoto orizzontale in corrispondenza del dislocamento finale presunto. Alla fine di ogni giornata viene aggiornato il "peso" di ciò che è stato progettato determinando (si spera) un andamento crescente. Alla conclusione di ogni fase di progettazione si rileva a consuntivo quanto pesa l'unità, aggiornando il valore limite posto in asintoto per il *WBS* della fase successiva e riducendo il margine del progettista



di qualche punto percentuale dato che man mano che si progetta le incertezze sono sempre minori. Se il peso rilevato non si discosta dall'errore previsto si procede alla fase successiva, nel caso in cui la differenza sia eccessiva dovranno essere intraprese azioni correttive anche molto significative fino a modificare la forma della carena o le dimensioni principali. Stesso sistema può essere seguito, terminata la progettazione, per la costruzione, con la piccola e delicatissima differenza che qualunque discrepanza rispetto al valore preventivato di dislocamento può essere corretta solo attraverso interventi drammatici.

### 1.9.1 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*. L'affermazione precedente può quasi sembrare banale se non addirittura ridicola, ma tutti i clienti del mercato del diporto hanno ben in mente tutto ciò che il proprio nuovo yacht dovrà essere e dovrà essere capace di fare, ciò che però non tutti i futuri armatori comprendono è il numero di scatole cinesi che il progettista dovrà costruire per riuscire a contenere tutti i loro sogni. L'abilità del progettista, che naturalmente è destinata a crescere con la sua esperienza, sarà data dalla capacità di fornire l'esatto ordine di priorità ai *desiderata*, rintracciando fin dall'inizio del concept design tutti quelli che possono influenzare in maniera significativa il progetto e la costruzione. 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 principali *vincoli operativi*.

Ciò che può sconvolgere è che il più delle volte le scelte personali dell'armatore governeranno l'avanzamento del progetto molto più della logica e della scienza. In quest'ottica, il metodo più efficace per affrontare il primo approccio concettuale al progetto di una nuova unità da diporto è il tradizionale disegno a mano su carta (con la matita e la gomma!!!). Questo metodo se pur inizialmente approssimativo e forse anacronistico garantisce l'immediatezza e continuità del processo di ideazione e verifica necessario nella prima fase del lavoro.



### 1.9.2 Il design

Realizzare il design di uno yacht è un'attività che oggi può essere praticata efficacemente solo da un gruppo di teste che lavorano insieme, specialmente sui grandi yacht dove tutto è dilatato, comprese le difficoltà.

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. Controllare le proporzioni significa che lo yacht dovrà avere lo stesso impatto visivo e comunicare le stesse impressioni, da qualunque lato lo si osservi; potrebbe sembrare ovvio eppure il mare è pieno di yacht sproporzionati e la spiegazione del perché questo accada è semplice: è progettualmente molto difficile, ci vuole un tocco d'arte e la capacità di mediare fra esigenze tecniche e costruttive irrinunciabili ed elementi puramente architettonici. Pochi lo sanno fare con eleganza.

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

Spesso accade il contrario soprattutto nel disegno della prua. Una prua alta, slanciata, aggressiva è perfetta, sinonimo di potenza, soddisfa le esigenze dell'ingegnere navale, la vanità del designer e si raccorda facilmente con la vista di fianco dello yacht che assomiglia a una auto sportiva.

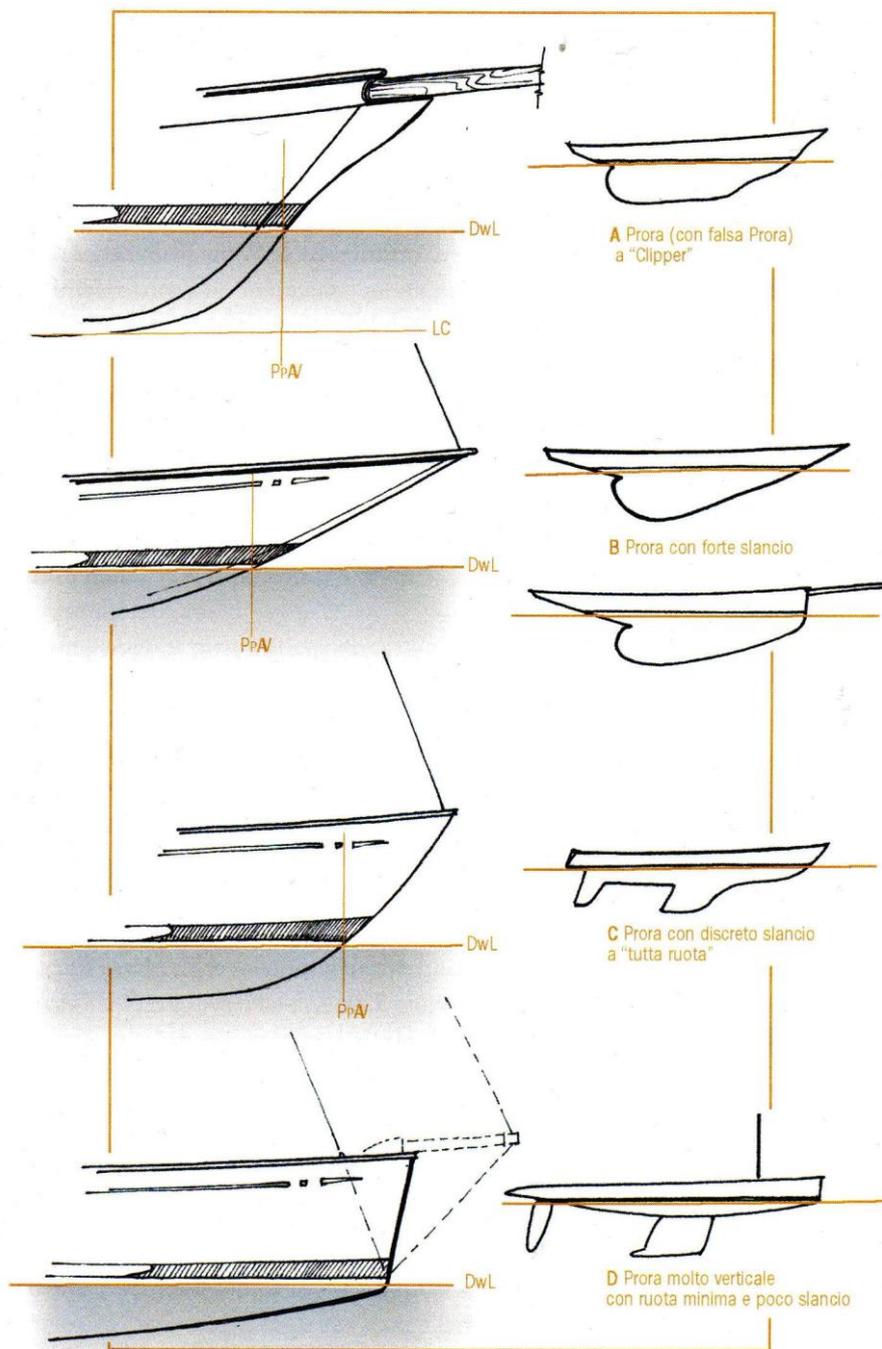


Figura 21 - Prore di imbarcazioni a vela

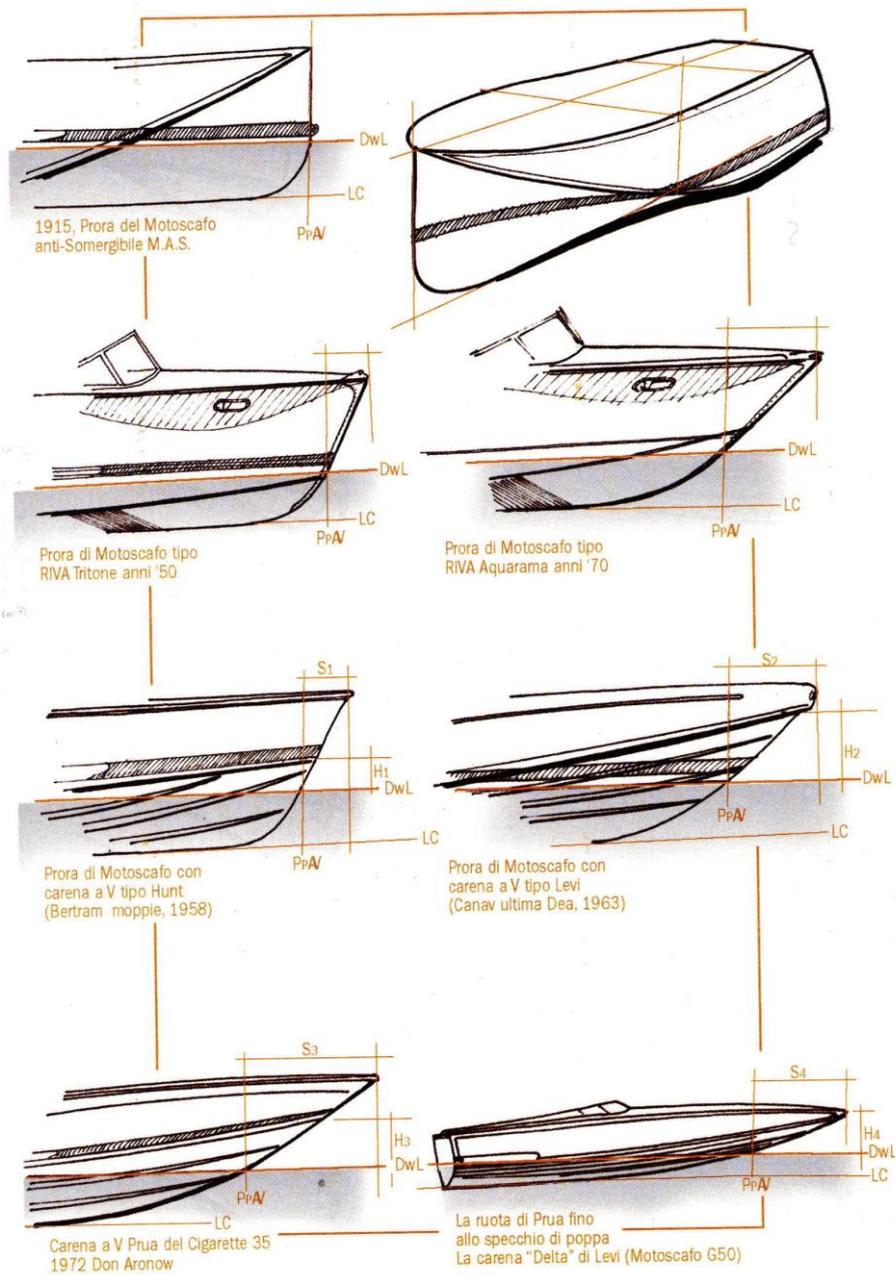


Figura 22 - Prore di motoscafi plananti

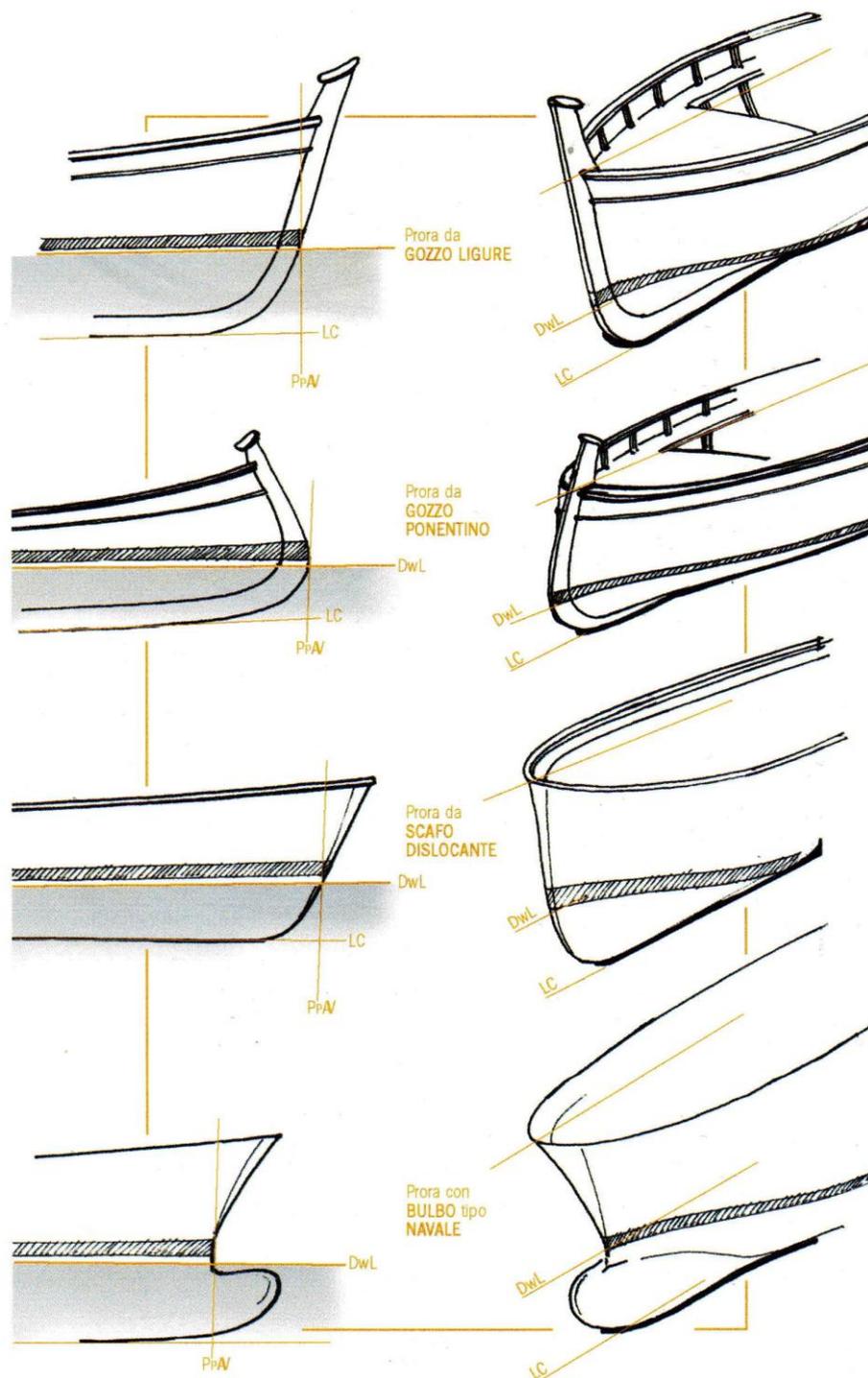


Figura 23 - Prore di imbarcazioni tradizionali

È necessario non lasciarsi tentare troppo per non intrappolarsi nella poppa. La vista di poppa è generalmente la più difficile da rendere bella perché gli yacht di grandi dimensioni sono molto alti per esigenze strutturali e sebbene siano in realtà molto larghi, possono dare la sgradita impressione di essere delle cattedrali gotiche. Inoltre la zona di poppa è un

condensato di esigenze funzionali: portelloni, scale, passerelle, linee di ormeggio, tutti elementi che stridono con l'armonia delle forme richiesta dagli armatori. Una brutta poppa o semplicemente una poppa poco equilibrata è uno dei difetti più fastidiosi, toglie aggressività e genera una sensazione di insicurezza; quindi la peggiore cosa che si può fare in una barca è sbagliarne la poppa non riuscendo a mascherarne l'altezza.

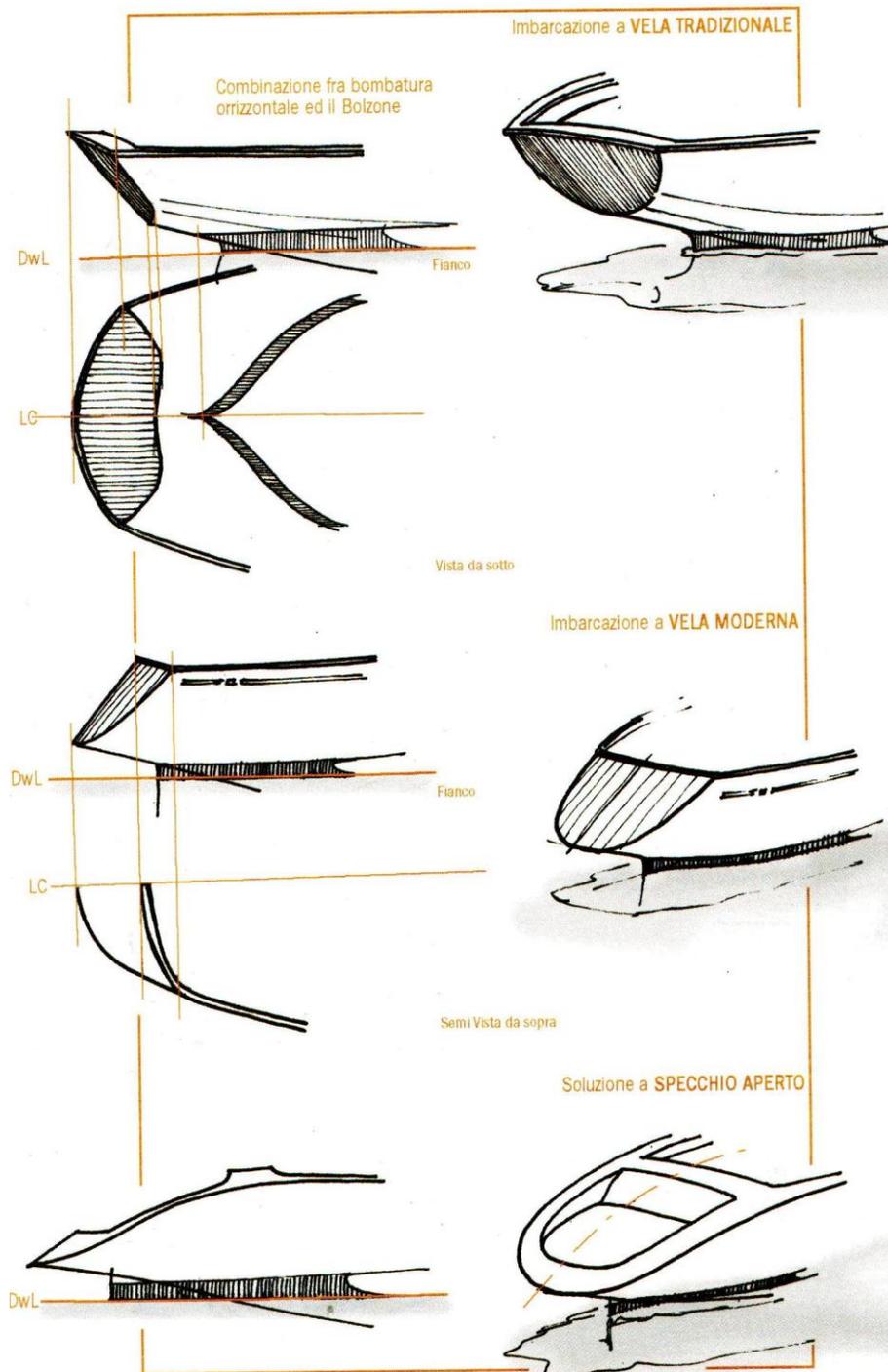


Figura 24 - Specchi di poppa di unità a vela

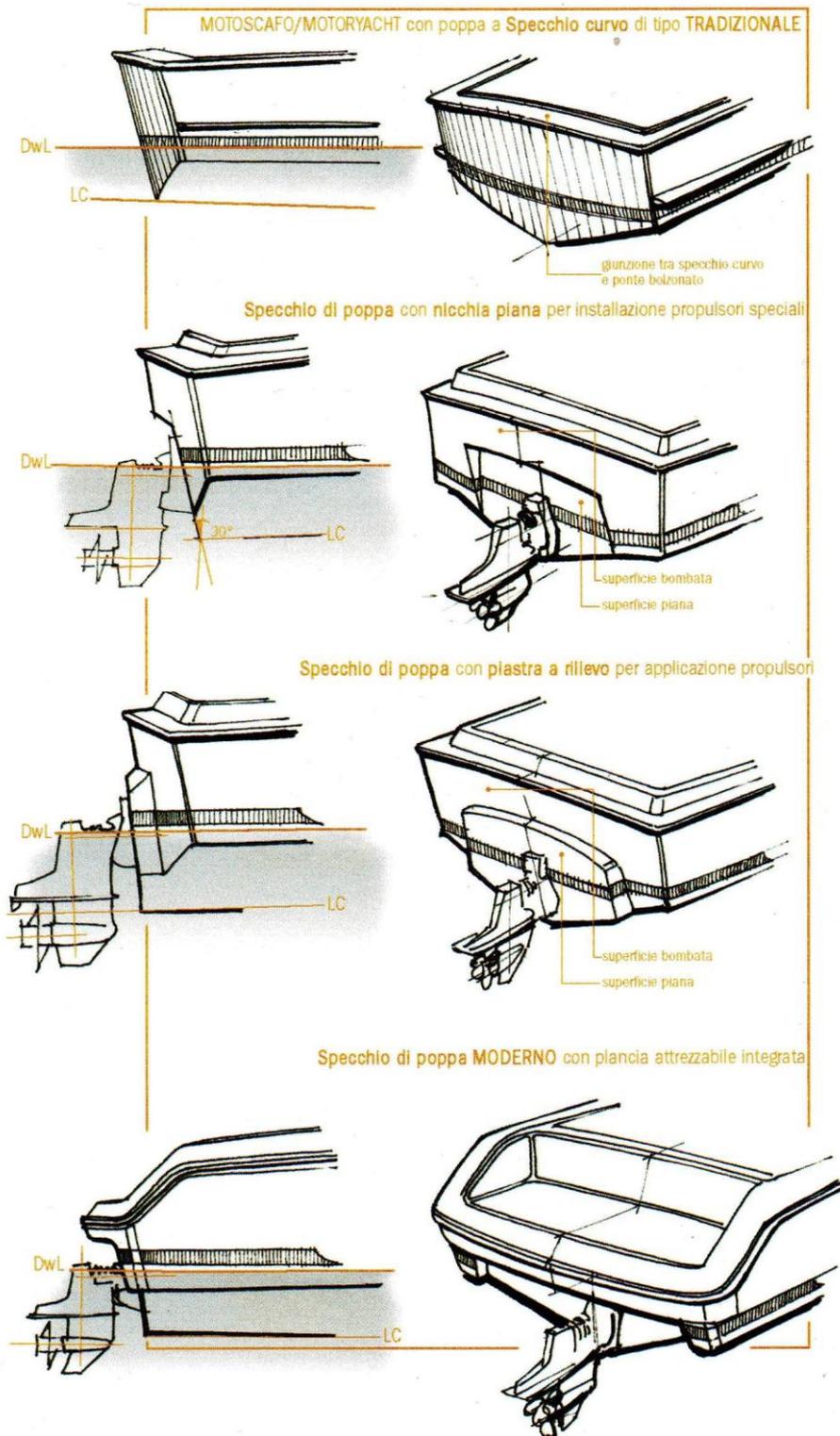


Figura 25 - Specchi di poppa di unità a motore entrofuoribordo

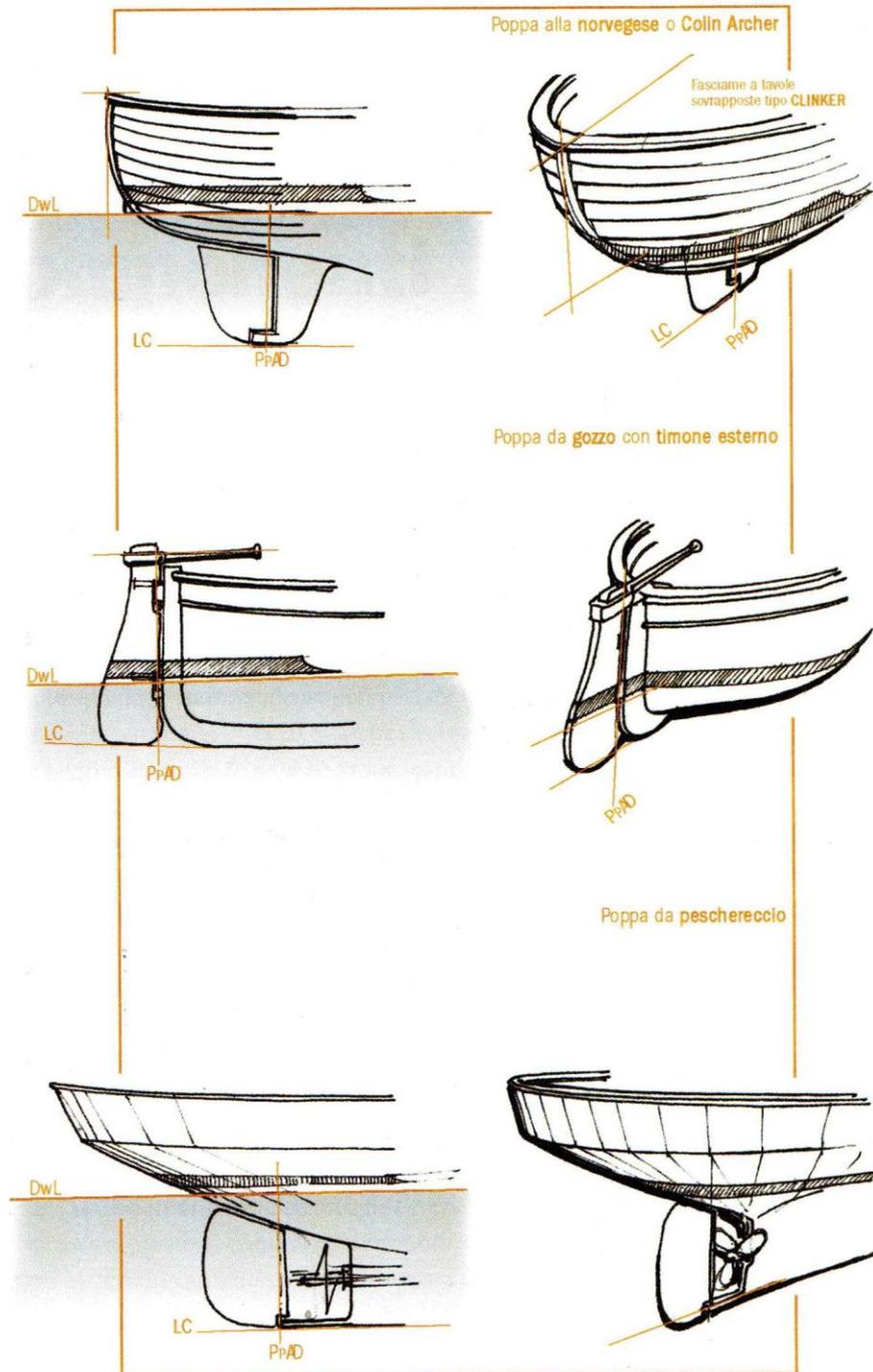


Figura 26 - Specchi di poppa di unità tradizionali

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". Si ricorre ai fascioni



colorati e alle finte finestre quando, in mancanza di altre idee e di capacità di generare forme interessanti, il designer prova a far diventare "filante" una modesta barca che spesso assomiglia ad un autobus. Le parti scure sono importantissime perché controllano la impressione di altezza dello yacht, lo rendono appunto più "sportivo" e ne fanno percepire le rotondità allontanando l'effetto "parete" di condominio che talvolta si percepisce camminando di fianco a un grande barca. Queste parti scure così importanti per dare carattere alla barca, sono da generare con l'uso delle ombre e quindi delle forme e non certo della pittura.

Tutta questa attenzione per le forme esterne potrebbe sembrare eccessiva, in fondo tutti i grandi yacht appaiono belli e luccicanti. Quando sono nuovi. Esiste un filtro speciale e potentissimo che rivela implacabilmente se un disegno è di successo o è solo un modesto yacht. Questo filtro è il tempo. Molto impietosamente il tempo mette a nudo i difetti delle vecchie barche e allontana inesorabilmente quelle belle da quelle brutte: le belle saranno sempre più belle e ricordate come "classici" e quelle brutte sempre più brutte e nominate in banchina come "difficili da vendere" o "per amatori" o "di nicchia", ma in realtà semplicemente passate. Ciò accade invariabilmente sia per i grandi yacht che per le barche piccole, quindi la preoccupazione principale nel disegnare le forme di uno yacht è di chiedersi: cosa penserà il mercato di questa barca fra dieci anni. E ciò non per vanità personale ma per proteggere il valore della barca e l'investimento di chi la costruisce. Nello specifico, i megayacht hanno raggiunto prezzi molto elevati ed una componente importantissima del progetto, che va oltre la pura bellezza, la solidità, le buone caratteristiche marine e il pedigree del cantiere costruttore, è senza dubbio la longevità dell'unità sul mercato, cioè la sua capacità di non perdere troppo valore e rimanere un classico. Se per proteggere l'investimento nell'acquisto di una barca di piccole dimensioni si sfrutta il famoso effetto "assegno circolare" (che spesso circolare non è), acquistando le grandi marche, nei megayacht il nome del costruttore ha una rilevanza inferiore: si valuta ciò che si compra, si valuta veramente lo yacht. Ecco dunque spiegato il fatto che nei megayacht spesso ci si imbatte in barche nuove ma dal disegno un poco volutamente datato. Vengono indicate come classiche. Il loro disegno dovrebbe in teoria assicurare il mercato di fatto però il più delle volte risultano anonimi e senza personalità o peggio ancora repliche mal riuscite. Ogni nuova barca deve essere bella e avanzata perché il vero successo del progettista sta nel riflettere la personalità di chi la compra anzi, nel riuscire a conferire alla sua creazione una propria personalità e questa personalità va creata



fino in fondo senza esitazioni. Certamente non bisogna cadere nella stravaganza ma è proprio questo che distingue i buoni disegni da quelli mediocri. Se proprio l'armatore desidera un yacht che si rifà al classico, lo si dovrà concepire in modo che dia una "impressione" di classico, non che ne sia una brutta copia. In fondo tutti quei begli yacht degli anni passati che oggi vengono chiamati classici, erano ai loro tempi giudicati modernissimi e avanzati.

Citando il prof. arch. Romano Boico (allegato xx) dal suo "l'uomo e la nave":

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

*Tale massa visuale viene percepita in una sovrapposizione di immagini simultaneamente raccolte. Immagini cromatiche, formali e, di potenza. Di fronte alla massa visuale talvolta enorme di una nave, l'occhio spontaneamente cerca di individuare il centro di massa per ragioni di necessità "interna" più sentita nell'osservatore di percezione più sensibilizzata. 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.*

*Questo, di fronte all'oggetto reale, ma le condizioni di atmosfera, di luce e colori circostanti possono contribuire non poco ad aumentare il tenore di certe caratteristiche e a deprimerlo in altre. Tale fenomeno non si avvera nei confronti del modello della nave per la mancanza delle su esposte condizioni ambientali, ma più ancora per un fatto di immaginazione o "simpatia di scala".*

*Il modello di una nave è di indiscutibile aiuto alla progettazione delle diverse parti nei raccordi tra scafo e soprastrutture e nella disposizione di queste.*

*È d'aiuto sia all'ingegnere navale che all'architetto, solamente, l'esperienza dimostra che certe scale (rapporti) "aiutano" la traduzione dimensionale del modello alla realtà mentre altre oppongono resistenza all'immaginazione. Si tratta di un alfabeto o per dire con più proprietà di una capacità di percezione che deriva dall'esperienza e che connette il giusto valore della traduzione con la realtà tramite la familiarità con una determinata scala, con la quale usualmente si opera, più di altre utile a sensibilizzare l'immaginazione.*



*Scale desuete non solo impediscono la traducibilità del piano alla realtà, ma alterano percettivamente i rapporti nei piani stessi. Un tipo di piano che risulta armonico, poniamo in scala 1:200, può apparire disarmonico nel rapporto 1:300. Ne consegue che tanto più corrispondente sarà il risultato conseguito nella realtà quanto più il pensiero progettistico sarà stato preventivamente trascritto vergando piani di scala stimolanti l'immaginazione dimensionale della realtà stessa.*

*Un altro aspetto non meno importante attiene alla visualizzazione. Un modello si può osservare da una moltitudine di punti di vista che la realtà non sempre consente.*

*In particolare la vista dall'alto solo occasionalmente è offerta all'osservatore, ma ciò ci interessa solo parzialmente, in quanto a visuali armoniche di fianco di prua e di poppa corrispondono immancabilmente visioni armoniche pure dall'alto.*

*Ci preme soprattutto formulare alcune considerazioni di fondo che si possono rapportare alla funzione percettiva del profano.*

*Vi è uno stimolo emozionale che è strettamente legato alla mole (grandezza) cui soggiacciono sia esperti che profani, che si associa automaticamente alla sensazione della potenza.*

*Un giudizio su una nave conviene esprimerlo osservandola da una certa distanza perchè solamente così si è in grado di afferrare simultaneamente e nel suo complesso quella somma di tutti i valori che qualificano la nave e danno la possibilità di un giusto apprezzamento.*

*La fiancata è la parte che esprime meglio delle altre visuali la grandezza della nave e che infonde il senso immanente della massa.*

*Le tre viste: della fiancata, della prua, della poppa, possono considerarsi di "definizione"; ci sono però, ruotando orizzontalmente intorno alla nave una infinità di altri punti di vista illustrativi della nave, nella sequenza dei quali le diverse parti assumono valori che si traducono in altrettante percezioni di variabile emozionalità.*

*Se è vero che la visuale di fiancata genera la sensazione della mole, della potenza, della stabilità; le visuali di prua e di poppa sono più statiche e in particolare in quella di prua le sovrastrutture possono apparire dure e la funzione plastica del camino insignificante. Nella visuale da prua le sovrastrutture si snodano con meno scioltezza mentre nella visuale prua-fianco-prua la sensazione dell'interezza è più evidente che mai.*



*Con ciò l'aspetto esterno di una nave non è riducibile ad una immagine sul piano, perchè al pari dell'architettura terrestre, è legata al tempo di un percorso; e cioè una immagine temporale.*

*Vediamo ora di rinvenire fra le caratteristiche, quelle più atte ad infondere sollecitazioni emozionali.*

*È la nostra inconscia ricerca della sicurezza che ci porta a cercare seppure inavvertitamente il centro visuale della nave, che giace sempre basso, poco sopra la linea dell'acqua. Se le sovrastrutture sono troppo alte e male dislocate, il centro visivo si sposta verso l'alto e talvolta lateralmente conseguentemente all'orditura delle sovrastrutture. Ciò viene esteticamente rifiutato perchè, intuito contrario alla sicurezza. Alla valutazione concorrono evidentemente elementi di giudizio influenzati dalla condizione psicologica.*

*Quanto detto non tiene in considerazione il movimento della nave sull'onda, ma è ovvio che le considerazioni permangono valide pure durante il moto.*

*Vale analizzare due movimenti: il moto sul piano orizzontale e quello sul piano verticale, determinato dalle rotazioni intorno agli assi longitudinale e trasversale della nave. Questi movimenti originano rispettivamente oscillazioni intorno agli assi menzionati definiti movimenti di rollio e di beccheggio.*

*Si può considerare lo scafo data la preminenza della lunghezza sull'altezza un rettangolo. Tale forma in navigazione con mare calmo non infonderebbe alcuna sensazione di movimento, ma alzando il ponte verso prua si sposta il centro visuale in conseguenza, e la sensazione dinamica comincia a manifestarsi.*

*Questa si accentua ancora con lo sbalzo di prua e la ruota di poppa e rialzando il ponte anche a poppa. Tali accorgimenti soddisfano le visuali estetiche. Infatti, quanto alle prime, uno scafo senza cavallino (curva concava lungo asse nave) darebbe la sensazione di degradare a prua e a poppa verso il mare, e nei movimenti di rollio uno scafo del genere nella successione dei diversi rettangoli dal massimo al minimo (massimo di rollio) il difetto si pronuncerebbe maggiormente. Quanto minore è la lunghezza della nave, tanto più accentuato deve essere il bolzone e il cavallino del ponte.*

*Se lo scafo ha una grande importanza quanto ad impressione dinamica, questo può essere ancora rimarcato dalla collocazione delle sovrastrutture nel senso già avvertito di tendere allo spostamento del centro visivo di massa verso prua. Nel concetto di massa visuale le*



*soprastrutture assumono importanza proprio nel valore unificante implicito nel termine, per cui tali strutture potranno essere considerate come parte per una particolare indagine, tenendo ben presente l'unicità dell'oggetto nave e la continuità che pone ogni parte come prolungamento di un'altra. Quindi soprastrutture quali il prolungamento dello scafo.*

*Le soprastrutture, contribuiscono in varie graduazioni alla determinazione della sagoma, dove per sagome intendiamo la susseguenza degli involucri fino all'ultima soprastruttura, e precisiamo ancora che la sagoma avoca e assorbe tutto: dai particolari alle articolazioni anche di rilievo, in forza della sua immanenza. È chiaro quindi che particolarità anche ottime di un dettaglio perdono ogni significato in una sagoma sbagliata. Quanto sopra intende sottolineare l'importanza fondamentale della sagoma che si rivela già in lontananza quando ancora non si riescono a distinguere con precisione le diverse parti.*

*Le soprastrutture nel loro svilupparsi a monoblocco o per parti staccate incidono nel fenomeno percettivo con singolare informazione; vi è quindi una tendenza spontanea che promana dalla sfera psicologica ed una necessità tecnica di ordine scientifico che pertiene all'ingegnere navale, a mantenere le strutture più basse possibile.*

*Bisogna però porre dei limiti, in quanto, esagerando il raggiungimento dei fini sopra precisati si potrebbero valicare i termini che separano il congruo, l'equilibrato dal caricaturale. Tuttavia noi dobbiamo avvalerci, nel postularci più avanzate prospettazioni nel caricaturale proprio per quanto già detto in merito al rapporto tra fruizione e consumo, ma anche perchè proprio a mezzo del caricaturale in quanto carica di imprevedibilità, riusciremo probabilmente a individuare possibilità di sviluppo certe e verificabili attraverso il tempo, sfrondatore e filtro della caricatura stessa.*

*Esiste a difesa del congruo certamente una curva di involuppo armonica corrente da prua a poppa, capace di contenere entro i suoi limiti i gradi di compatibile equilibrio fra scafo e soprastrutture. I limiti di arcuazione e di tensione della curva condizionati dalla sagoma dello scafo. Questo involuppo configura un'area di contenimento allo sviluppo e snodarsi dalle soprastrutture. La curva d'involuppo non è specifica per le navi passeggeri, interessa i tipi, e poichè lo scafo qualifica in particolare i caratteri differenziali fra i tipi, conseguentemente varieranno le curve d'involuppo e le aree di contenimento.*

*La linea armonica d'inviluppo riveste importanza maggiore nei confronti della vista laterale, ma è necessario pensare sempre in senso spaziale alla distribuzione in generale e, pur nella visione dell'assetto laterale significarsi immaginativamente tutti gli altri aspetti nella nave.*

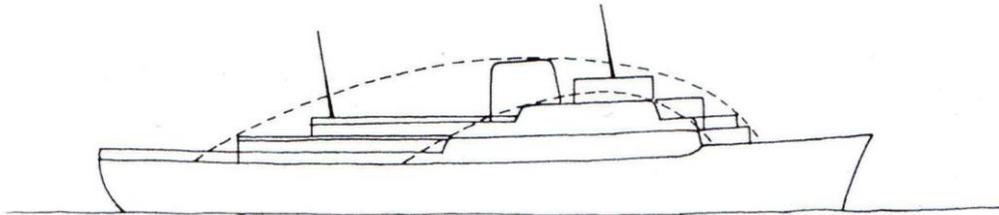


Figura 27 - Linee di inviluppo

*Sarà certamente necessario ricorrere ad arretramenti efficaci in chiaroscuri e alla graduazione altimetrica degli interponti. Con tali accorgimenti la massa plastica dello sbalzo di prua risulterà più incidente.*

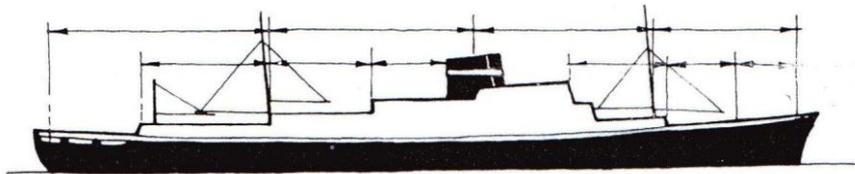


Figura 28 - La forma aerodinamica è ottenuta aumentando le distanze fra i singoli elementi

*In realtà si determinano comunque per ovvie ragioni di carattere distributivo, la maggior massa delle sovrastrutture al centro nave, per cui sarà difficile che il centro visuale laterale non riesca a collocarsi in una posizione che non sia armonicamente accettabile come avviene di fatto per la nave stereotipica.*

*La tendenza attuale è di recuperare ai fini della strutturazione dello spazio sia interno che esterno la parte centrale della nave, per la sua più disponibile fruizione rispetto alle altre zone.*

...

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

- *L'insieme scafo + sovrastrutture, non è una somma di due entità, bensì una continuità strutturale più possibilmente coerente ed omogenea;*
- *Mantenere una direzione di sviluppo dal basso all'alto da prua a poppa o viceversa, per quanto neanche questa indicazione possa essere istituzionalizzata;*
- *Le strutture devono caratterizzarsi secondo l'uso, la destinazione e il materiale;*



- *Le strumentazioni, le vetrate, finestrate, oblò devono aderire al massimo ai punti sopra elencati.*

*Grande importanza assume ancora la campitura dei colori per larghe dimensioni e direzioni significanti ma con la minima varietà cromatica e tonale in quanto, una nave monocroma garantisce un risultato sicuro e già lungamente sperimentato.*

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. Tale vista preliminare deve essere intesa come una prospettiva del fianco vista dall'infinito per permettere di apprezzare la plasticità delle forme. In particolare, 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.

L'andamento delle tughe ed il proporzionamento dei vari componenti della sovrastruttura sono particolarmente evidenti dalla vista del profilo: rapporti proporzionali tra superfici opache e trasparenti, tra rilievi in aggetto e recessi scavati, trovano in questa rappresentazione la verifica più realistica.

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. Per disegnare queste viste è molto importante partire dal piano di simmetria conformato con le linee principali della barca (linea di costruzione, dritto di prora, insellatura...). Si associano a questo le semilarghezze notevoli, tracciate simmetricamente rispetto al piano diametrale. In questa maniera si ottiene un elaborato grafico completato con la traccia della sezione maestra e se presente dello specchio di poppa. Successivamente si arricchisce l'elaborato con la linea di cinta, che delimita la coperta, con le tracce della sovrastruttura ed eventualmente del pozzetto.

È bene fare due osservazioni tra di loro strettamente connesse. La prima: le risposte ad un problema complesso come il progetto di un'imbarcazione non sono mai univoche e prima di passare a fasi successive è opportuno non fermarsi mai alla prima idea, ma sforzarsi di produrne un numero ragionevole di varianti in modo da verificare la migliore soluzione di ogni componente. La seconda: l'idea della barca si sviluppa considerando anche il taglio

distributivo degli interni e quindi i volumi di bordo, soggetti in seguito a ben più approfondite analisi dimensionali, devono essere abbozzati già in questa fase come iniziale verifica dei desiderata contrattuali.

Soddisfatto il primo stadio, che prevede la verifica critica del solo progettista, prima di proseguire nel lavoro, è sempre opportuno incontrare armatore e costruttore: con il primo si valuterà il gradimento delle soluzioni proposte (mai più di tre), con il secondo la soddisfazione delle esigenze produttive. Spesso da questa dialettica possono scaturire vere e proprie rivoluzioni del progetto e proporre troppe varianti può costituire un errore fatale.

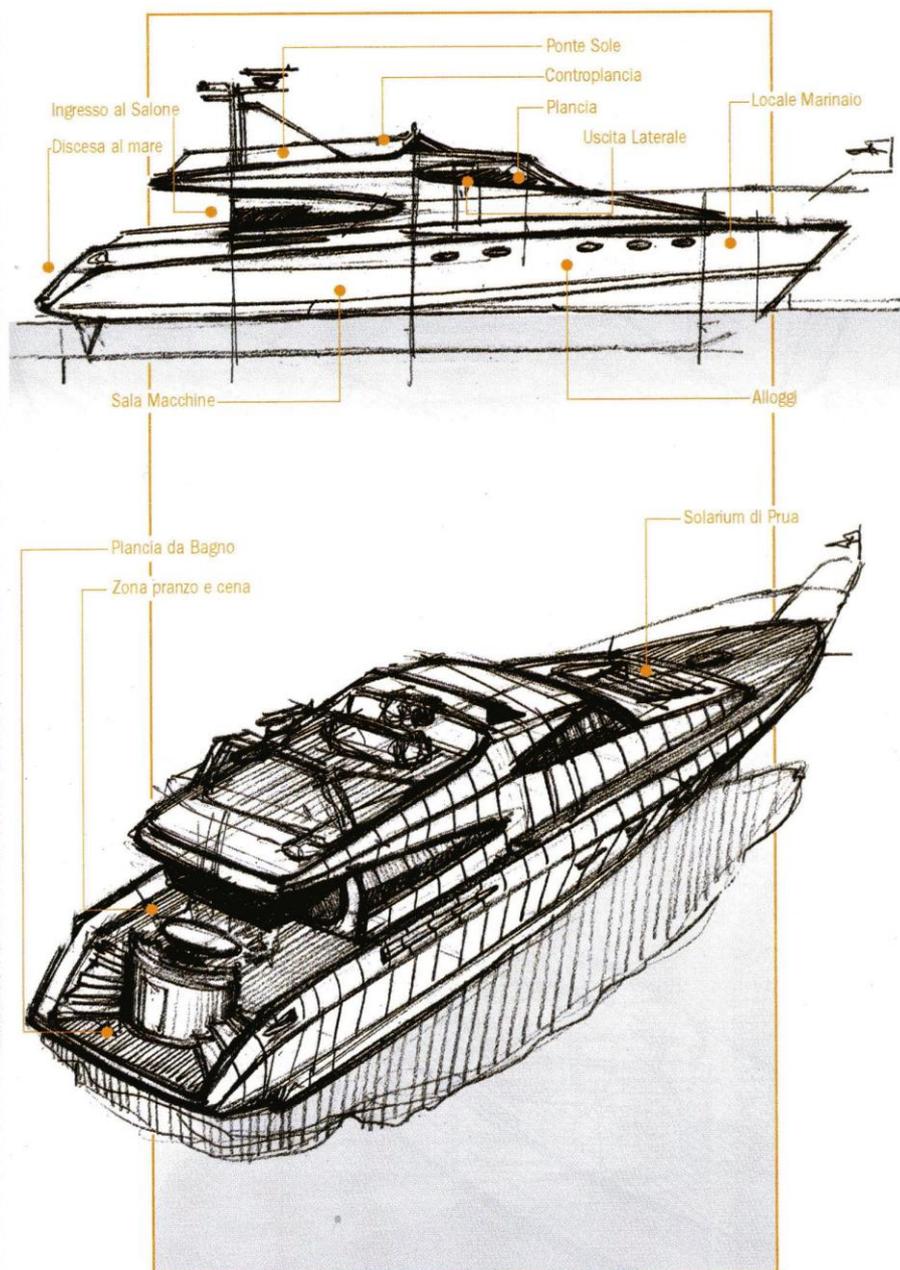


Figura 29 - Schizzi di ideazione

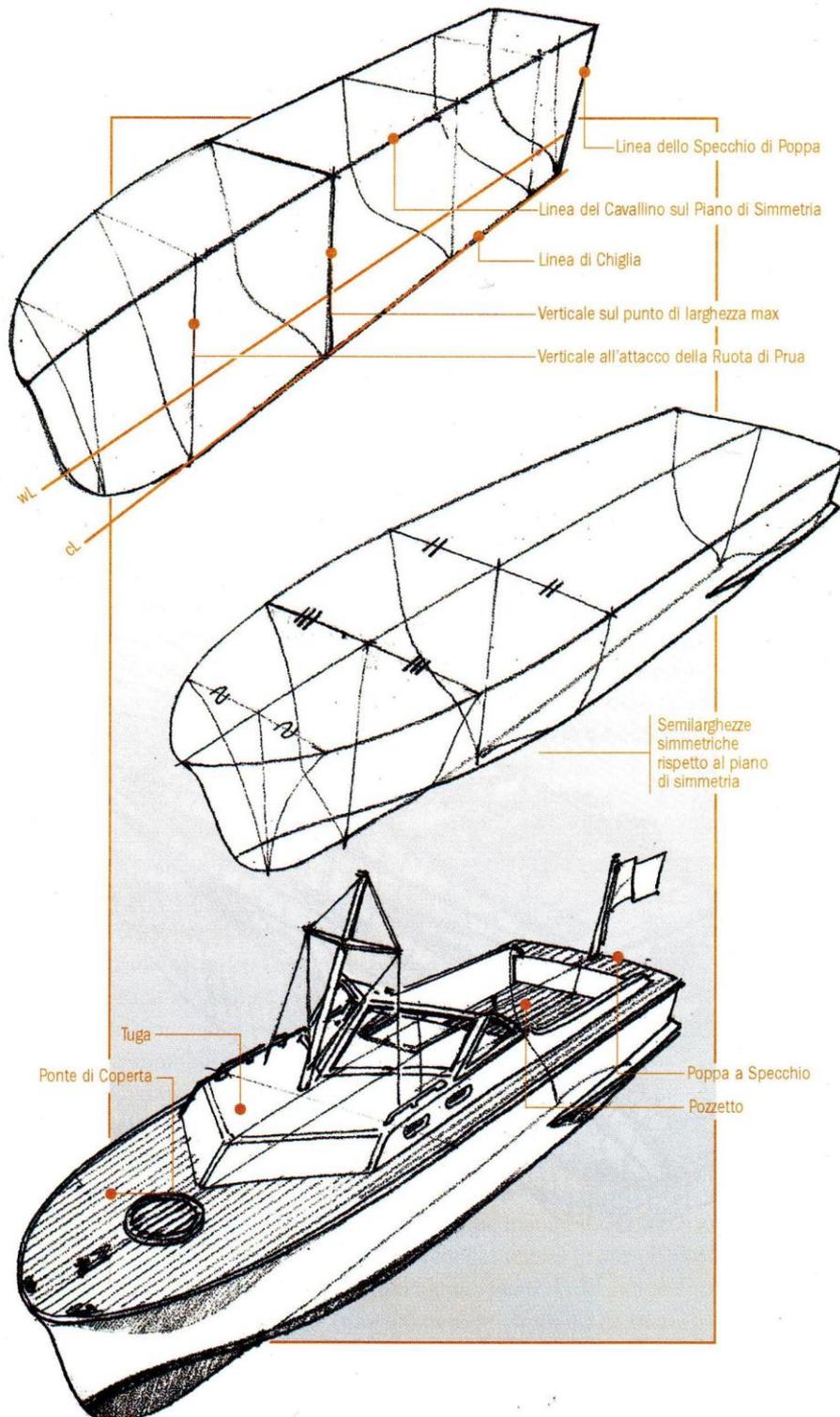


Figura 30 - Schizzo di ideazione di una vista prospettica

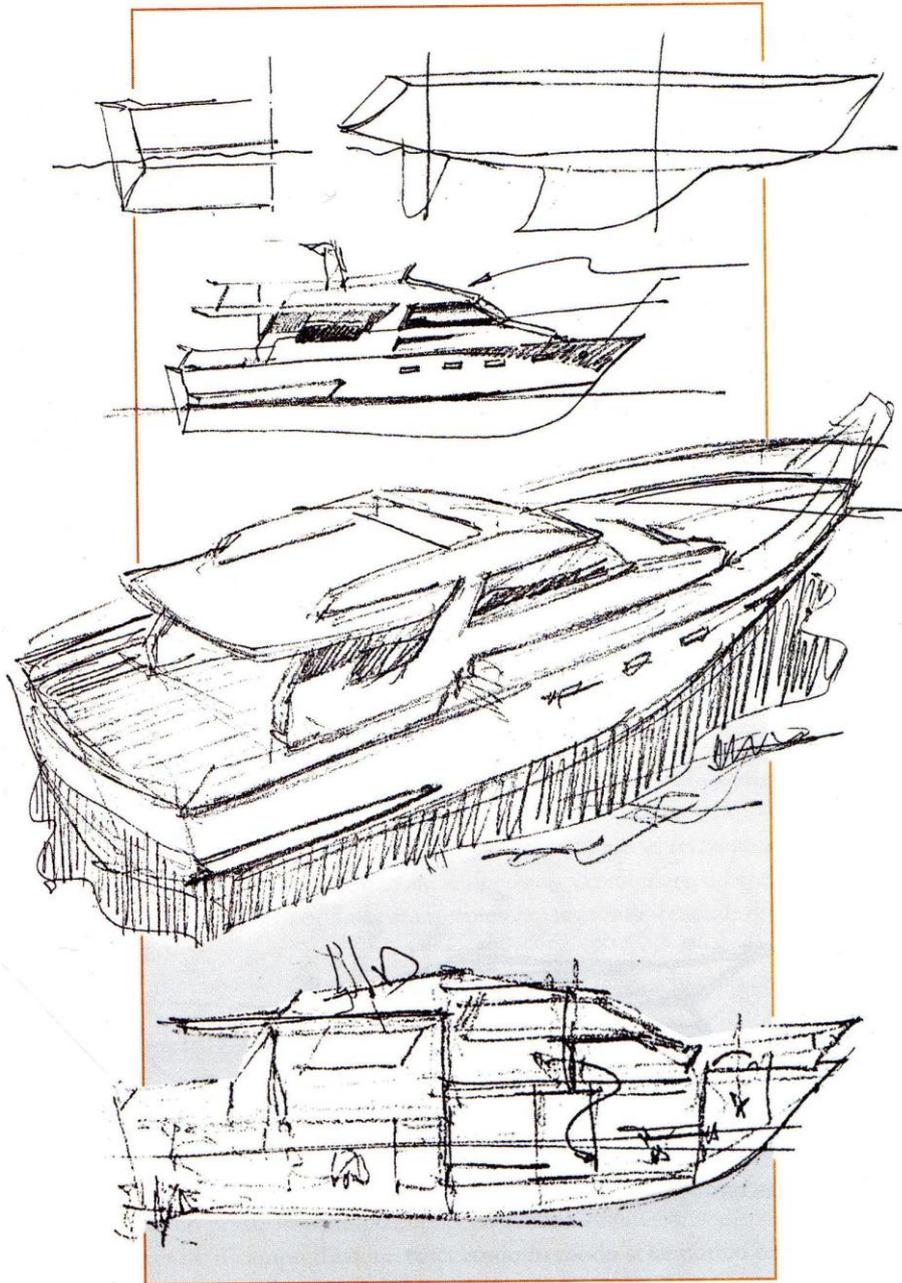


Figura 31 - Schizzo di ideazione esterno/interno

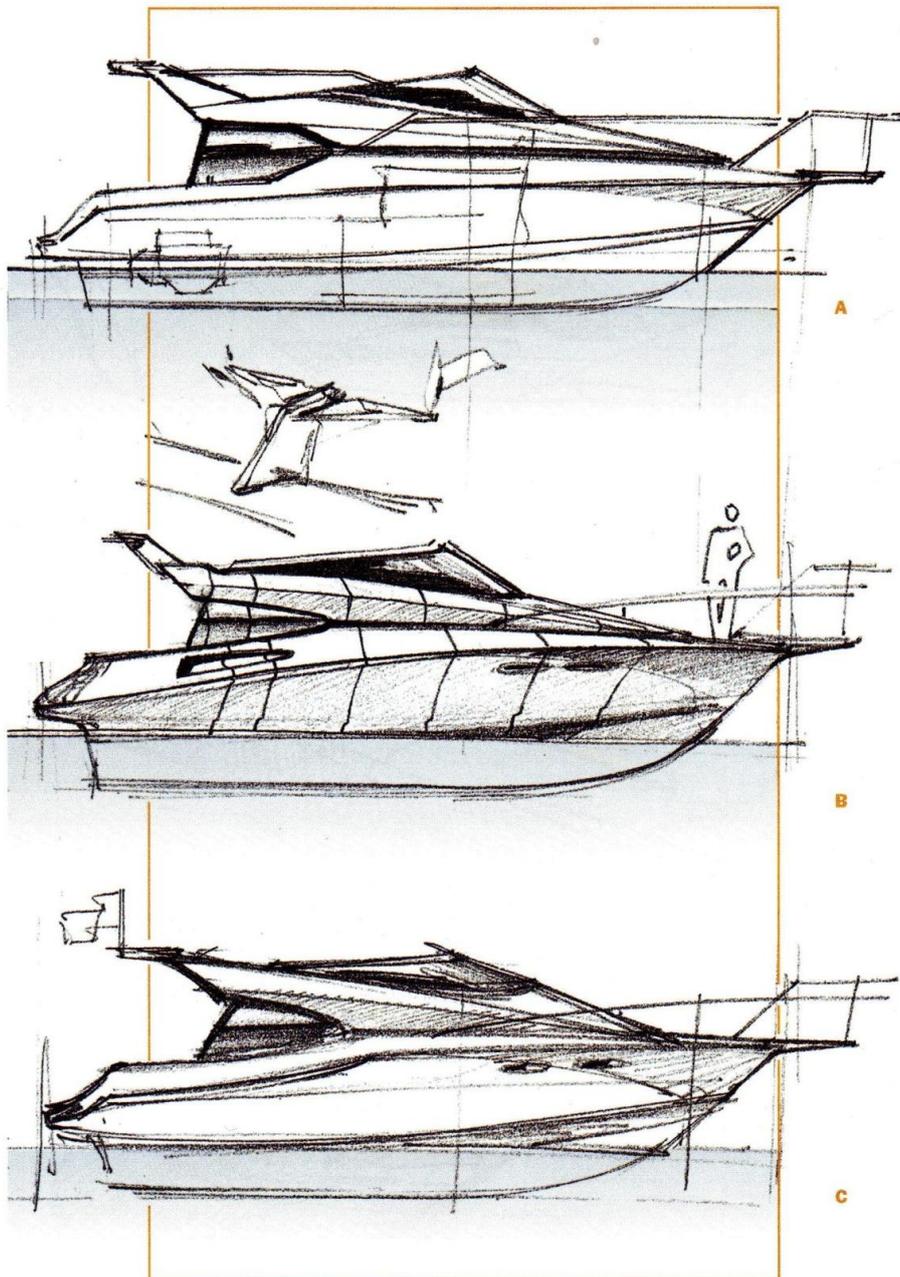


Figura 32 - Concept design dei dettagli

La fase successiva del processo creativo del design di un'imbarcazione prevede la verifica dei volumi interni. In altre parole per ogni locale si dovrà verificare l'effettiva possibilità di installazione dei componenti ivi contenuti. Lo scafo di un'imbarcazione, per sua natura, tende ad offrire volumi sempre più angusti mano a mano che si procede verso le estremità e verso il basso. Se tale affermazione può essere quasi trascurata nelle grandi navi, negli yacht costituisce uno degli assiomi su cui basare la progettazione. Nello specifico si deve sempre considerare che lo spazio disponibile per il calpestio coincide per difetto con la linea d'acqua

alla medesima quota e le pareti coincidenti con porzioni di scafo divergono esternamente con l'altezza. Il fenomeno di svasamento dello scafo spesso può essere sfruttato per meglio disporre l'arredamento soprattutto nelle zone di estremità. Le zone di passaggio o in generale dove si prevede che i passeggeri stiano in posizione eretta è sempre bene siano individuate a centro nave.

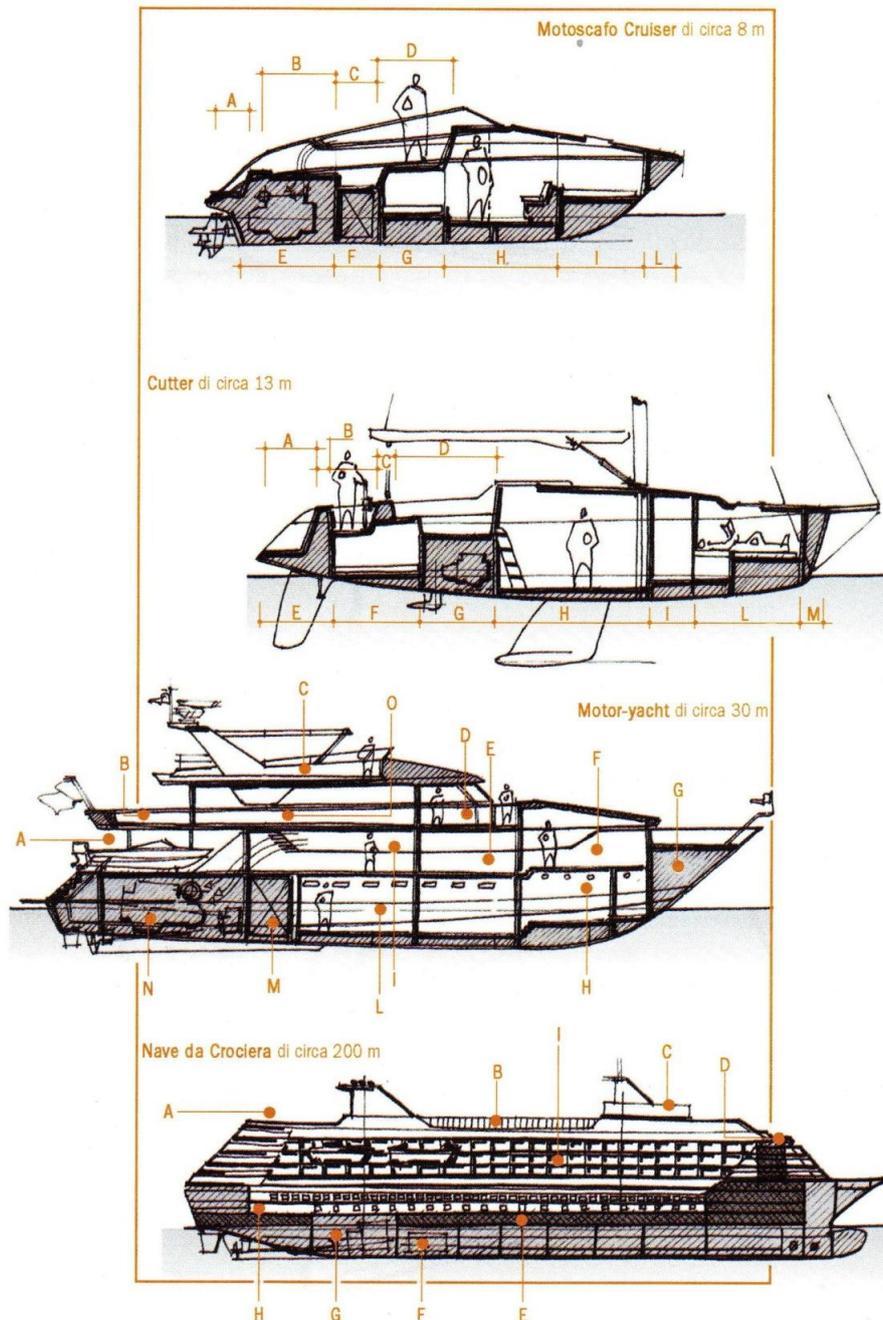


Figura 33 - Verifiche del profilo e delle altezze

Generalmente a questo livello di sviluppo del progetto si analizzano i diversi ponti della barca e partendo dal piano di calpestio, quota 0, si individuano le linee d'acqua corrispondenti a

sedute e letti, rispettivamente quota +450 mm e +600 mm, poi quelle dei piani di lavoro, quota +800 mm ed infine quella del soffitto, da +1700 mm a +2100 mm.

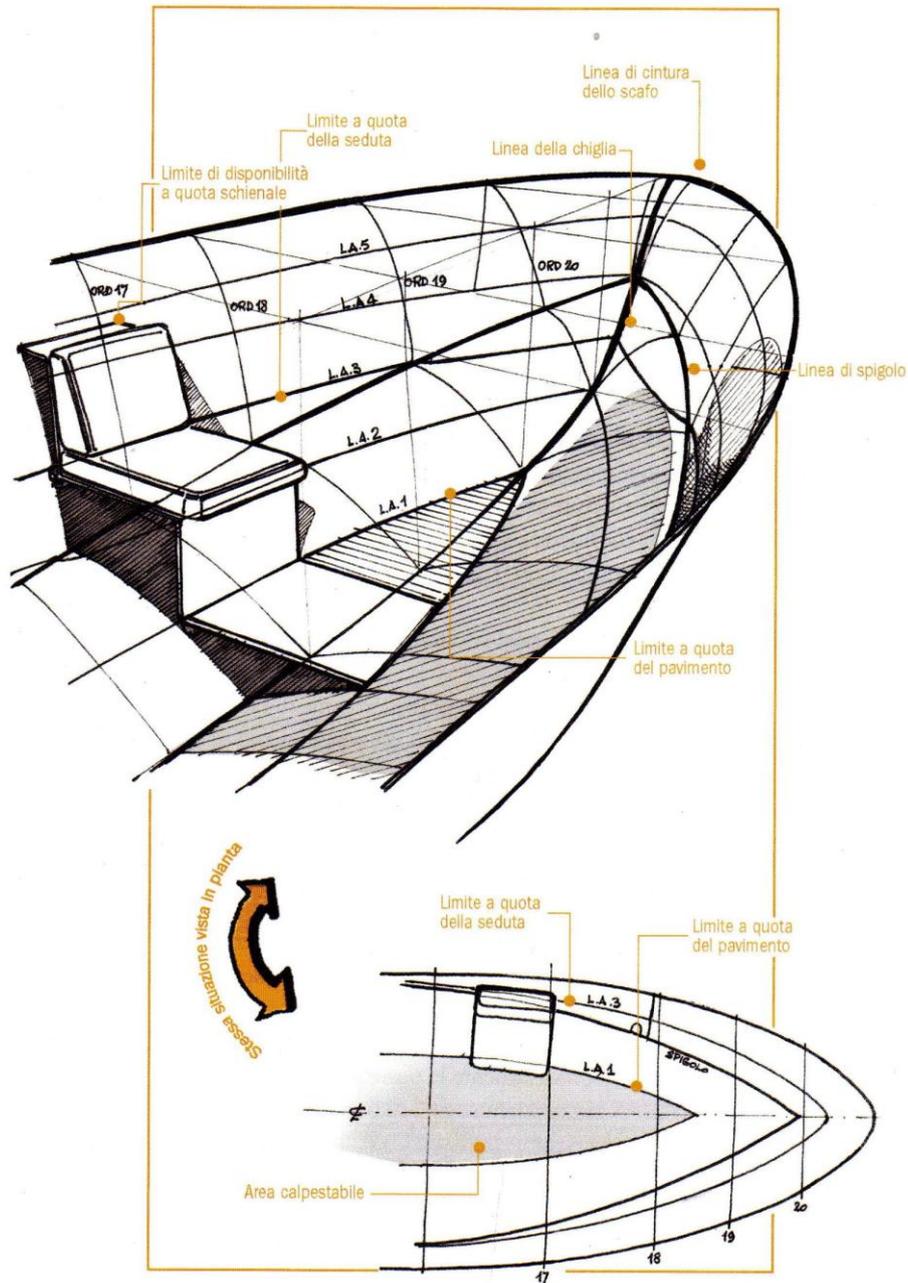


Figura 34 - Verifica dei volumi

Per i ponti più bassi, a contatto con il cielo del doppio fondo, si dovranno considerare la presenza dei serbatoi e delle strutture. Per quest'ultime un buon riferimento è costituito dai Regolamenti di costruzione che fissano altezze minime, mentre le dimensioni dei serbatoi dovranno essere tali da soddisfare l'autonomia richiesta in fase contrattuale. Queste analisi vengono raccolte sinteticamente nel piano delle altezze.

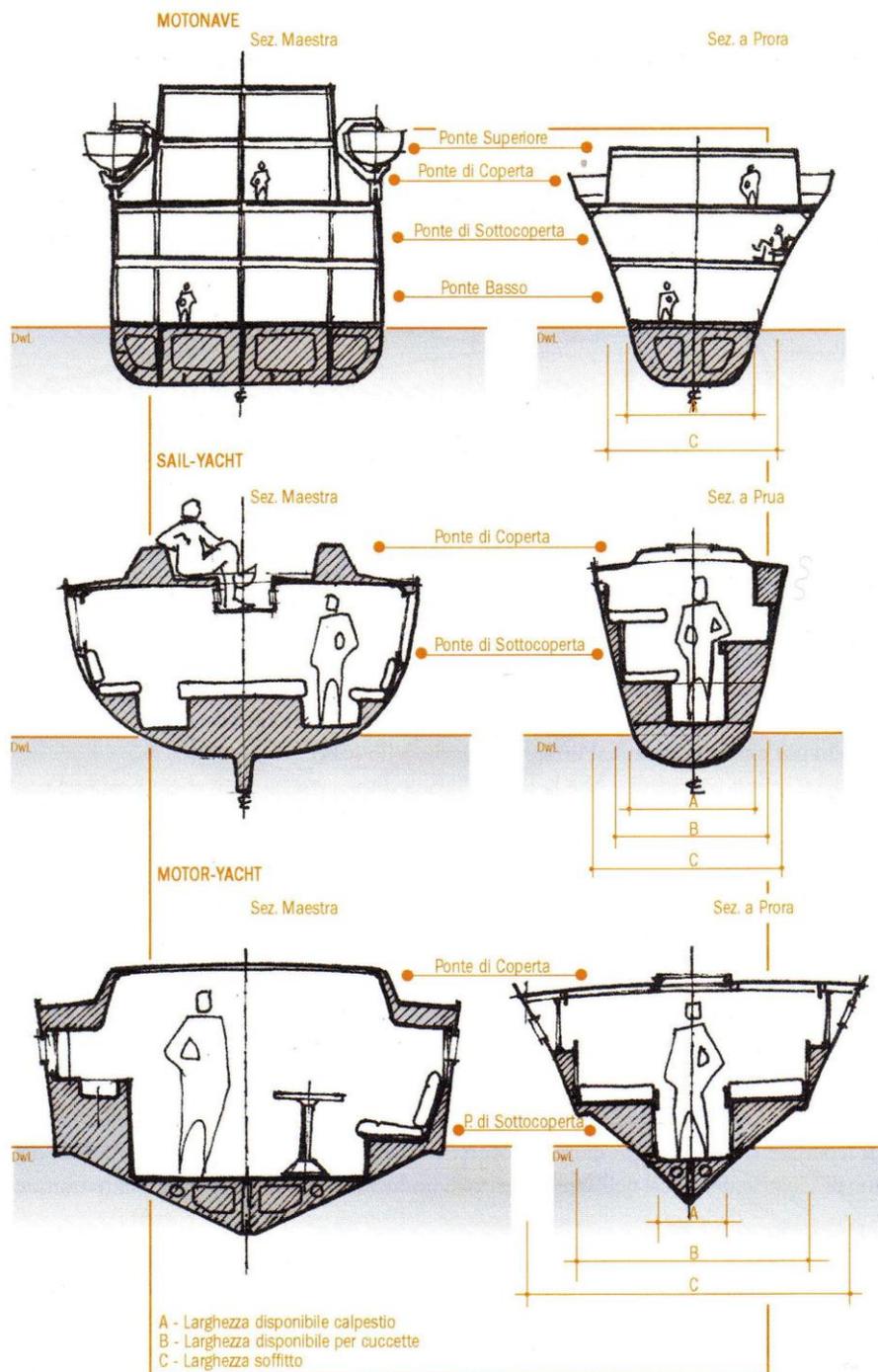


Figura 35 - Sezioni di verifica dell'abitabilità

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, distintiva di figure professionali non improvvisate, 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).

Sistematiche tutte le eventuali problematiche connesse con gli argomenti precedenti possono partire la fase di renderizzazione globale e di dettaglio, entrambe strettamente connesse a quella di definizione dei piani generali.

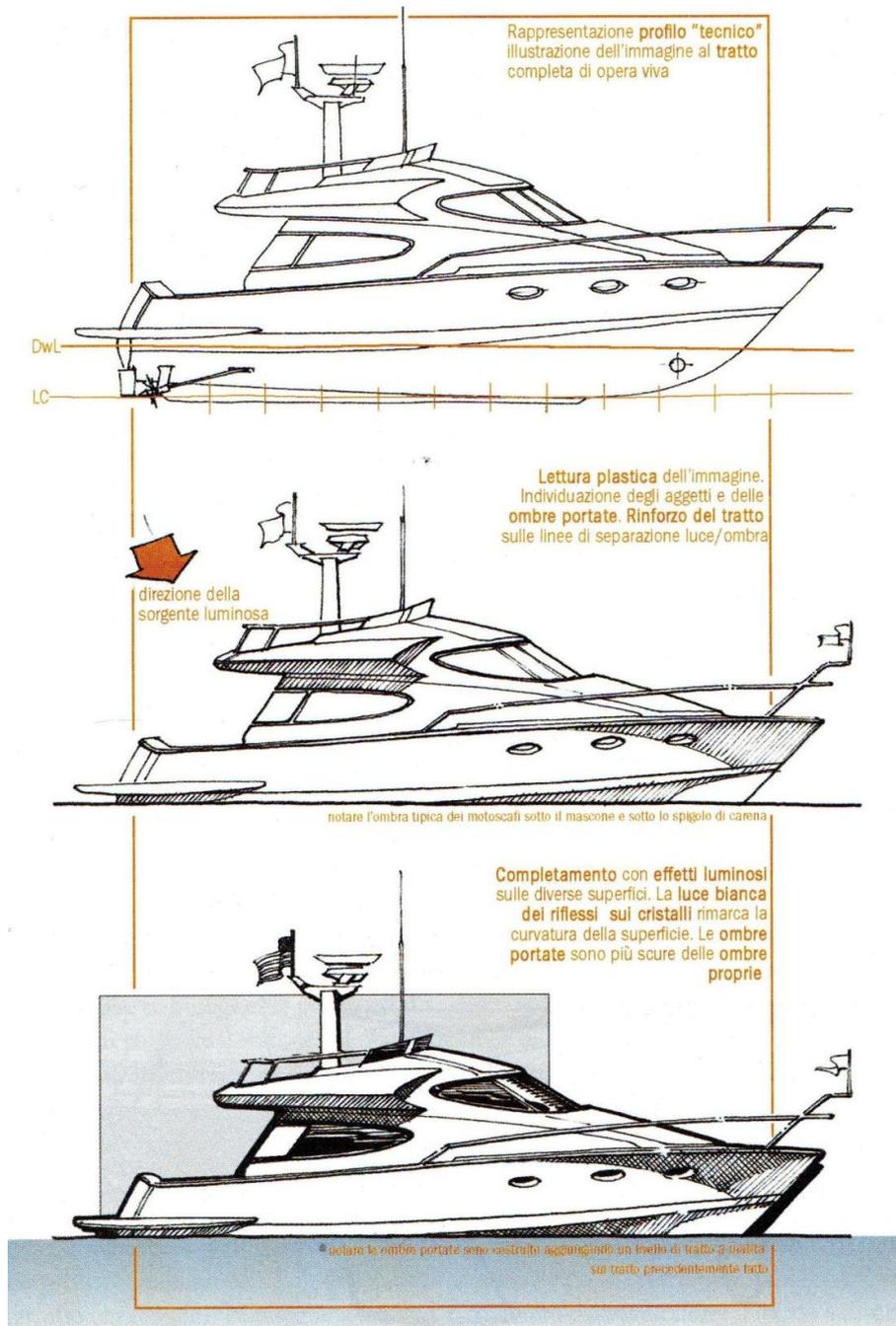


Figura 36 - Evoluzione del render del profilo di un motoryacht

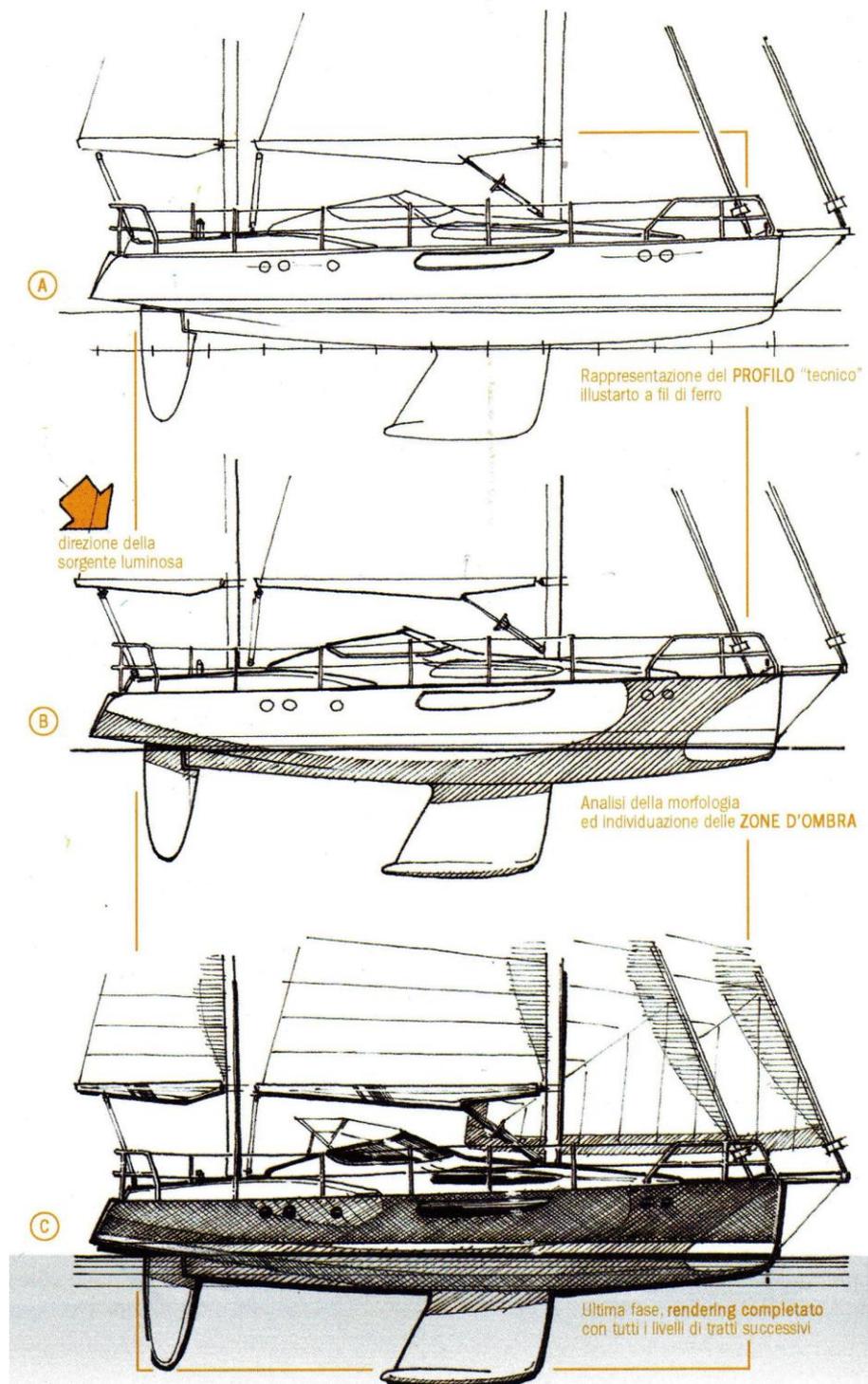


Figura 37 - Evoluzione del render del profilo di un sailing yacht

Nella fase di renderizzazione globale dell'unità vengono solitamente prodotti bozzetti delle viste principali e delle prospettive di poppa e di prora, costruiti a partire da un modello tridimensionale e successivamente colorati a mano con tecniche diverse.

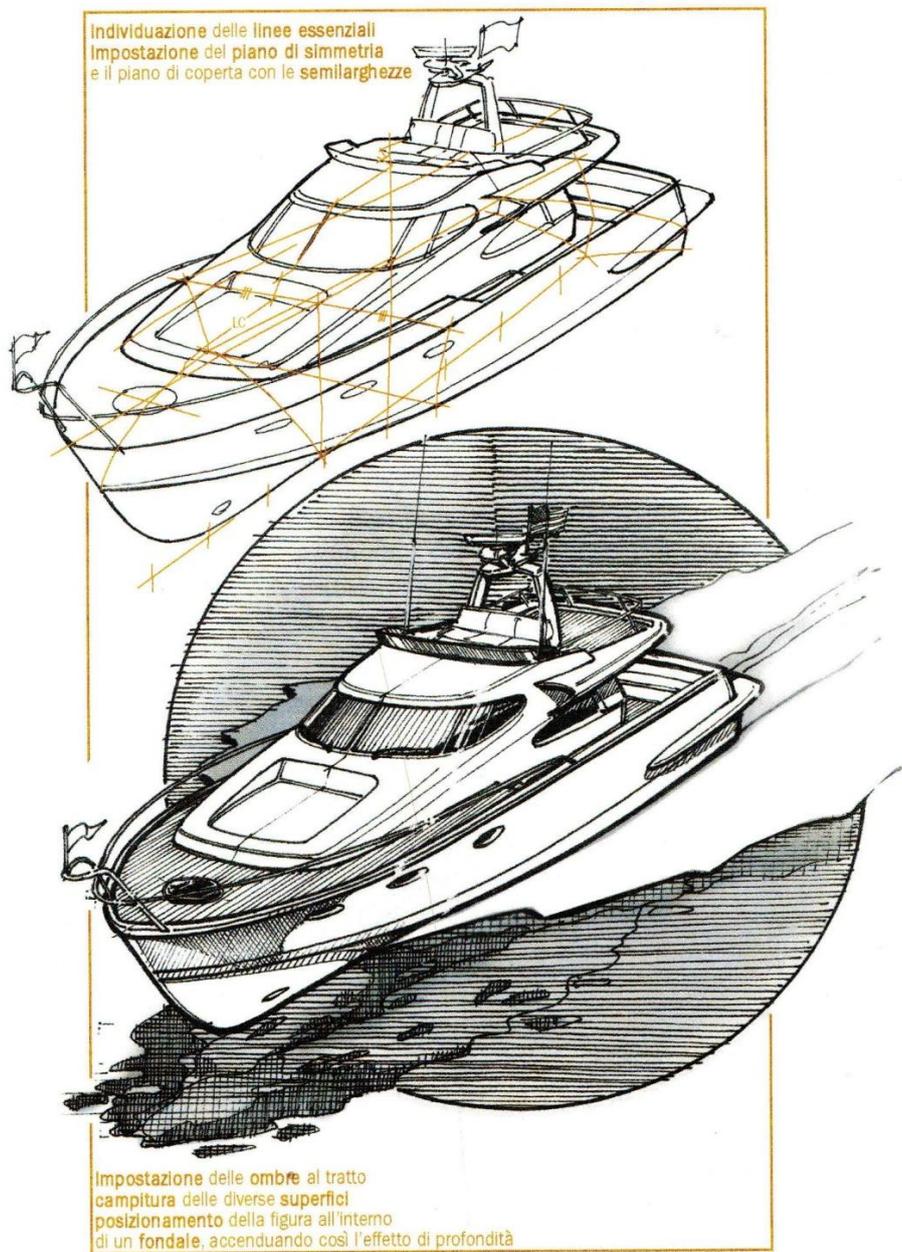


Figura 38 - Rendering in prospettiva di un motoryacht



Figura 39 - Rendering in prospettiva di un sailing yacht

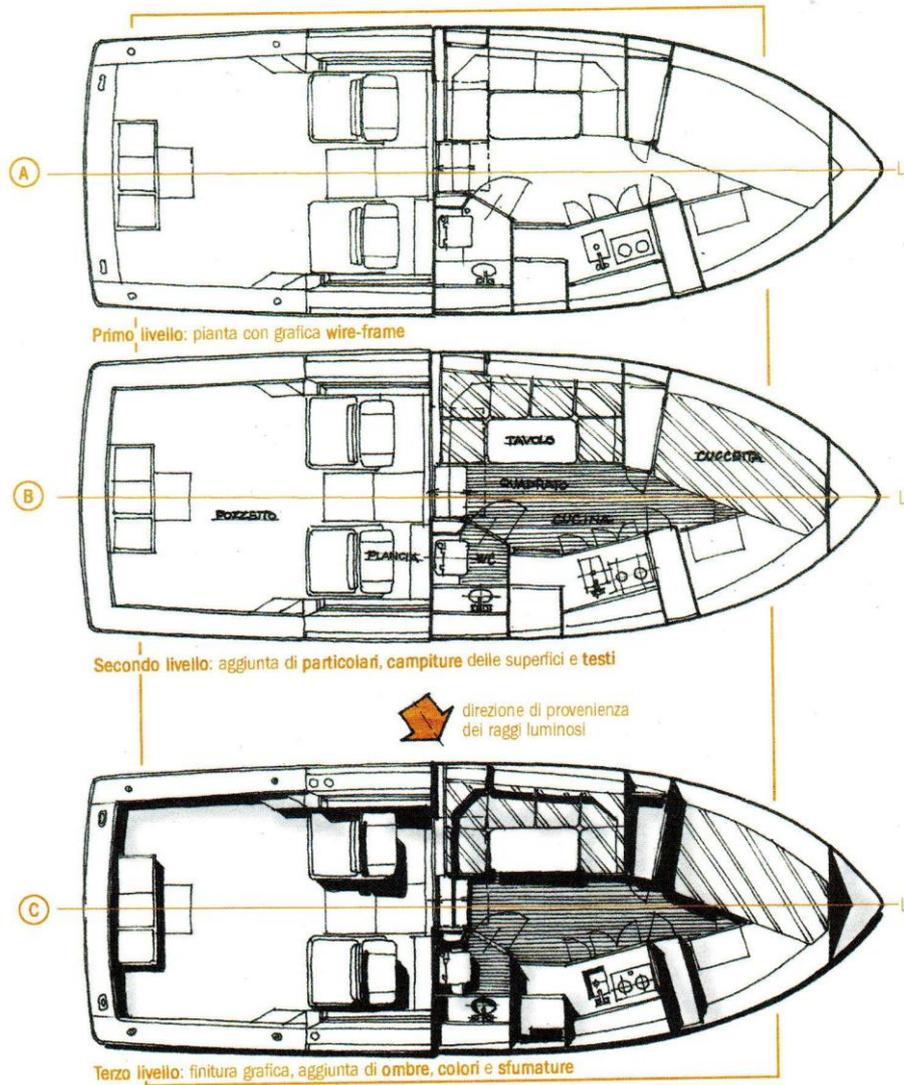


Figura 40 - Evoluzione del render del piano generale

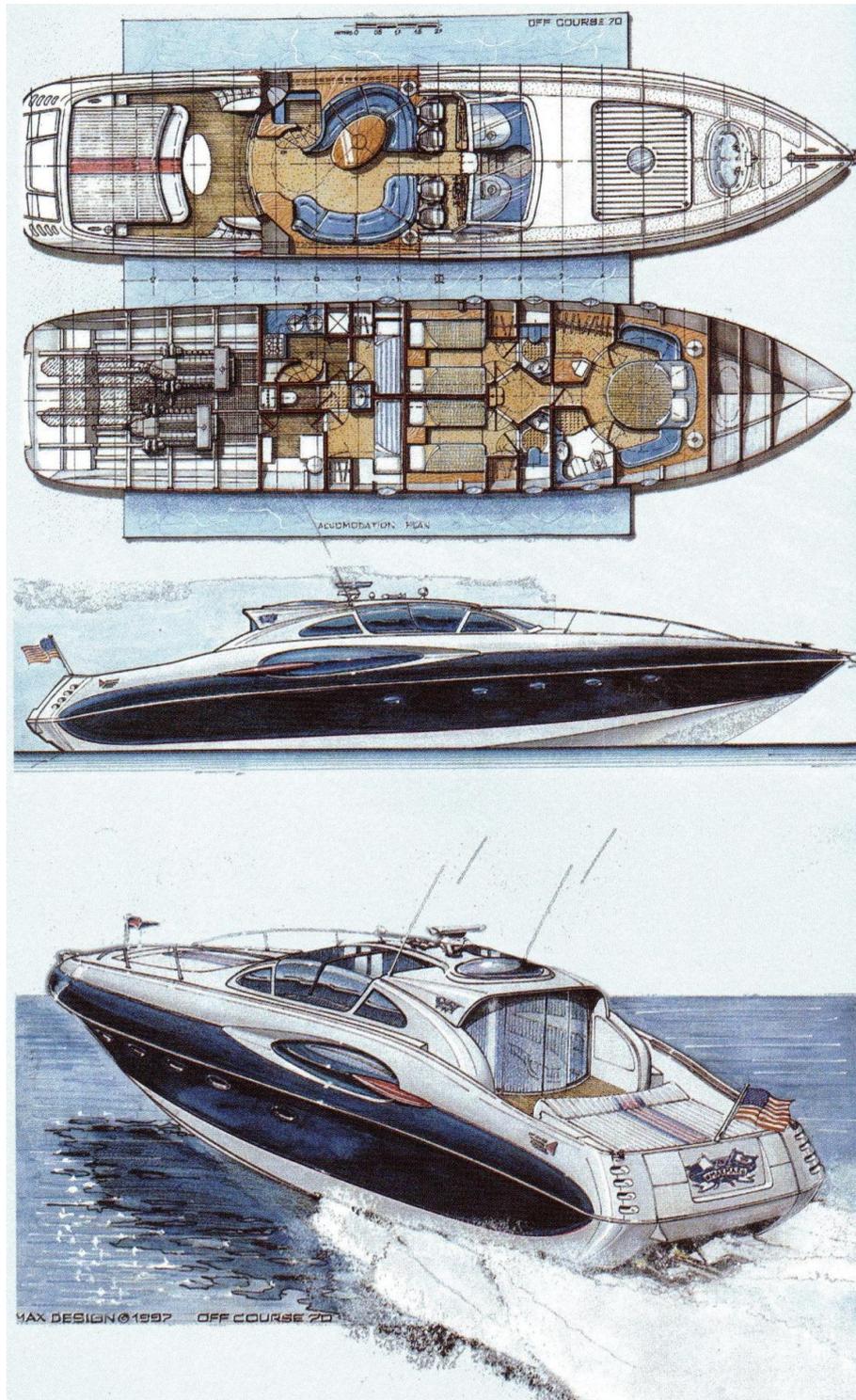


Figura 41 - Render manuale di un cruiser

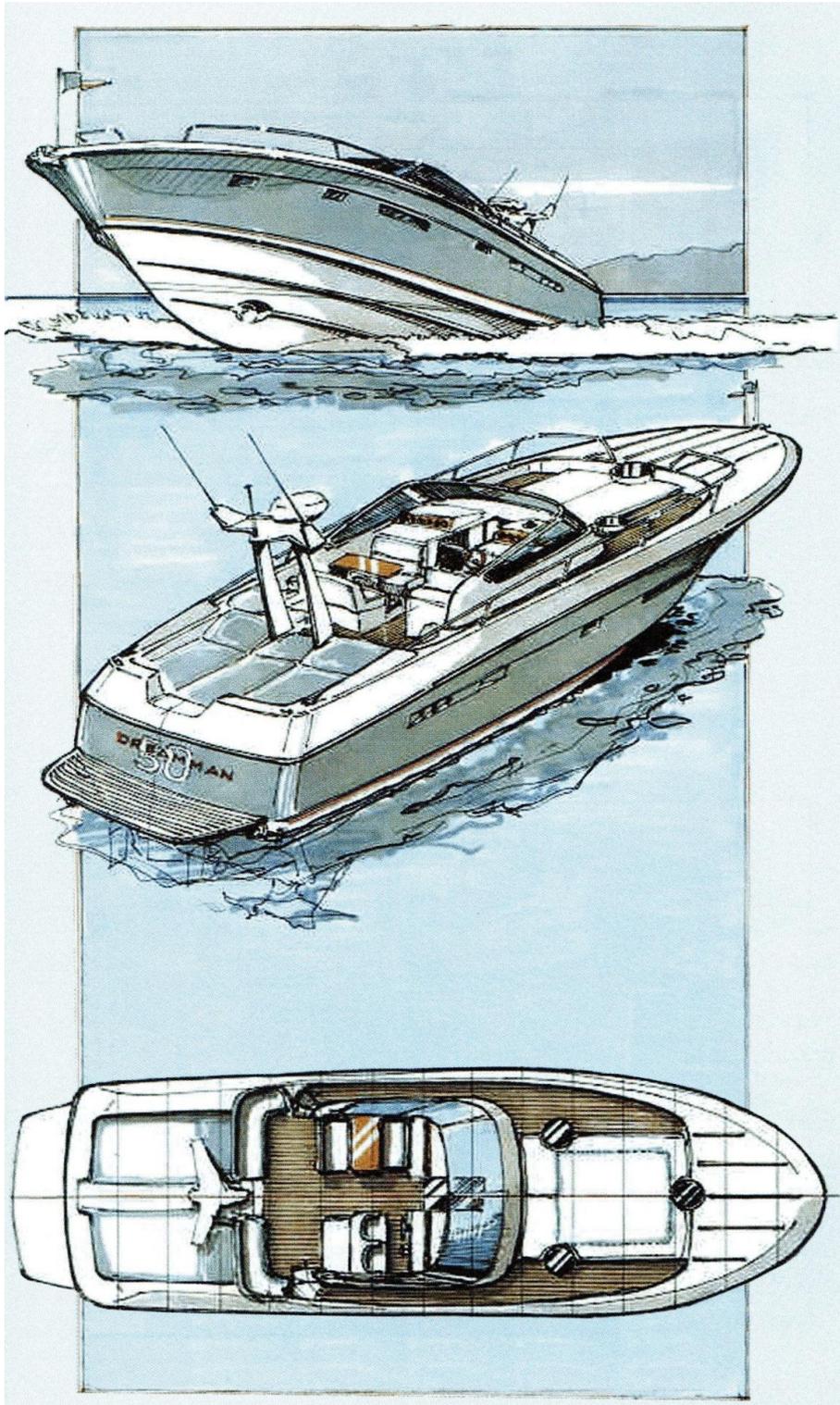


Figura 42 - Render manuale di un motoscafo

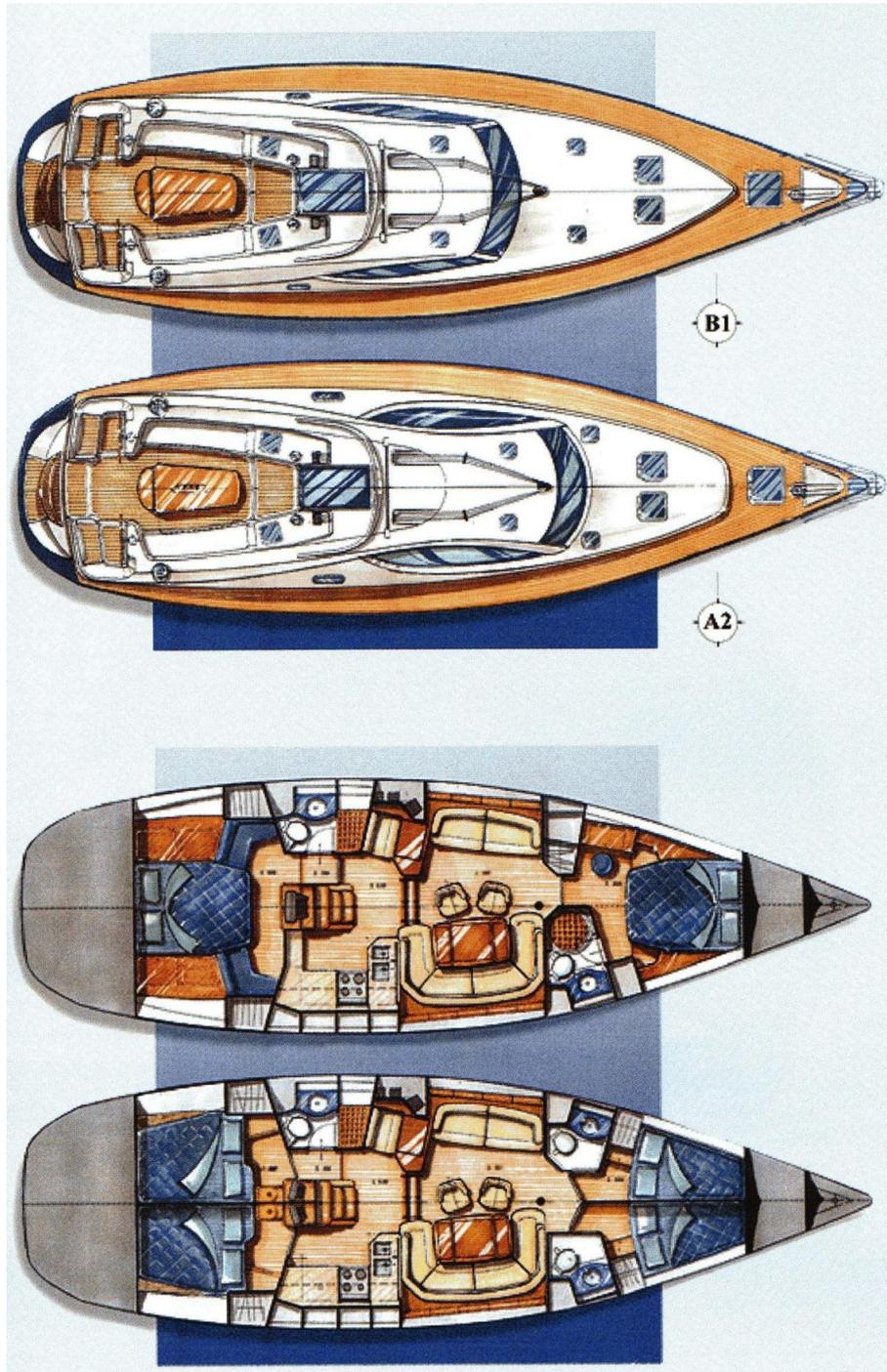


Figura 43 - Render manuale del piano generale di uno yacht a vela

La renderizzazione dei dettagli invece prevede l'elaborazione di altri bozzetti in cui si propone lo stile degli accessori di coperta (alberi, bitte, oblò...) e dell'arredo interno. La tecnica utilizzata è sempre la stessa, ma cambia la scala, solitamente 1:20.

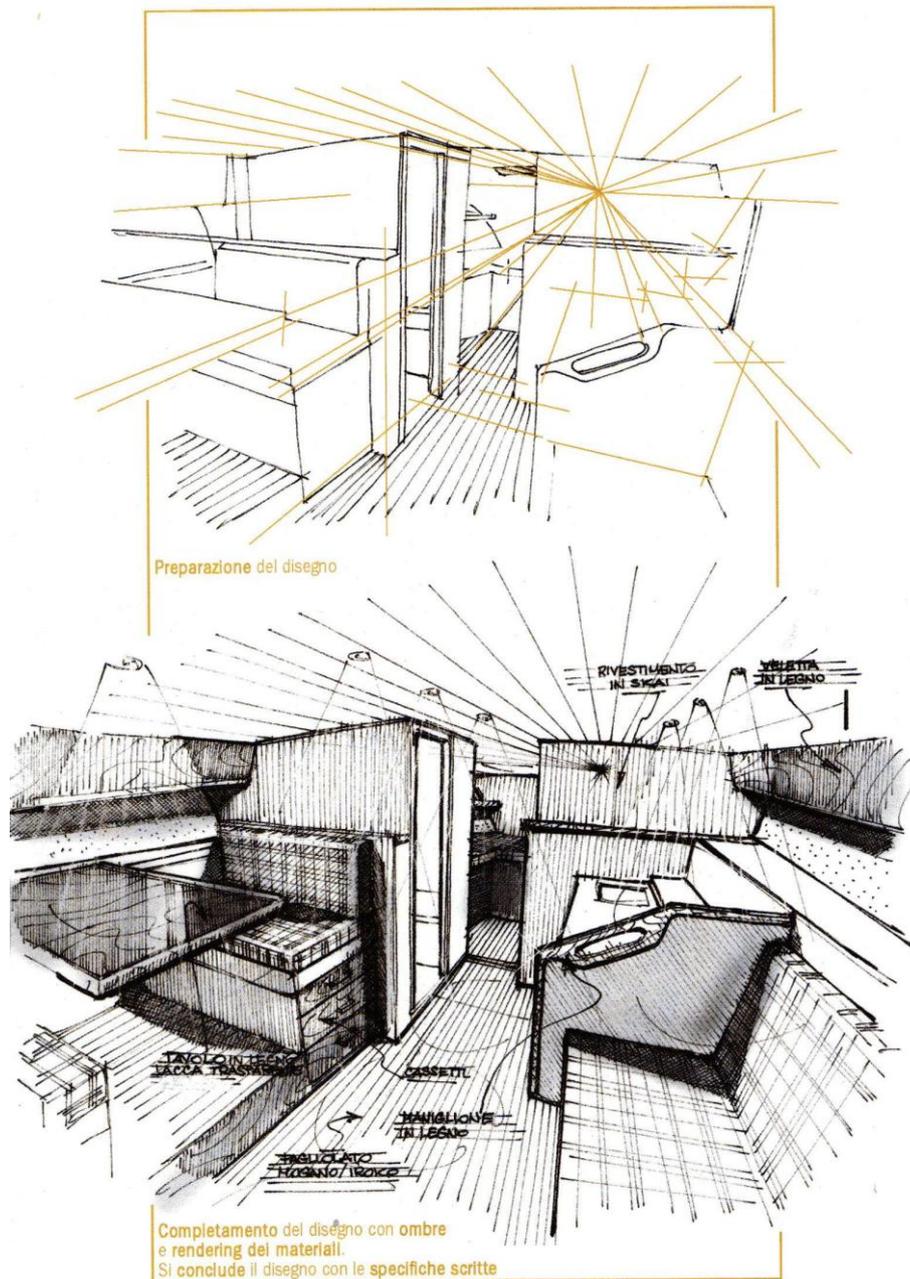


Figura 44 - Renedering manuale in prospettiva degli interni

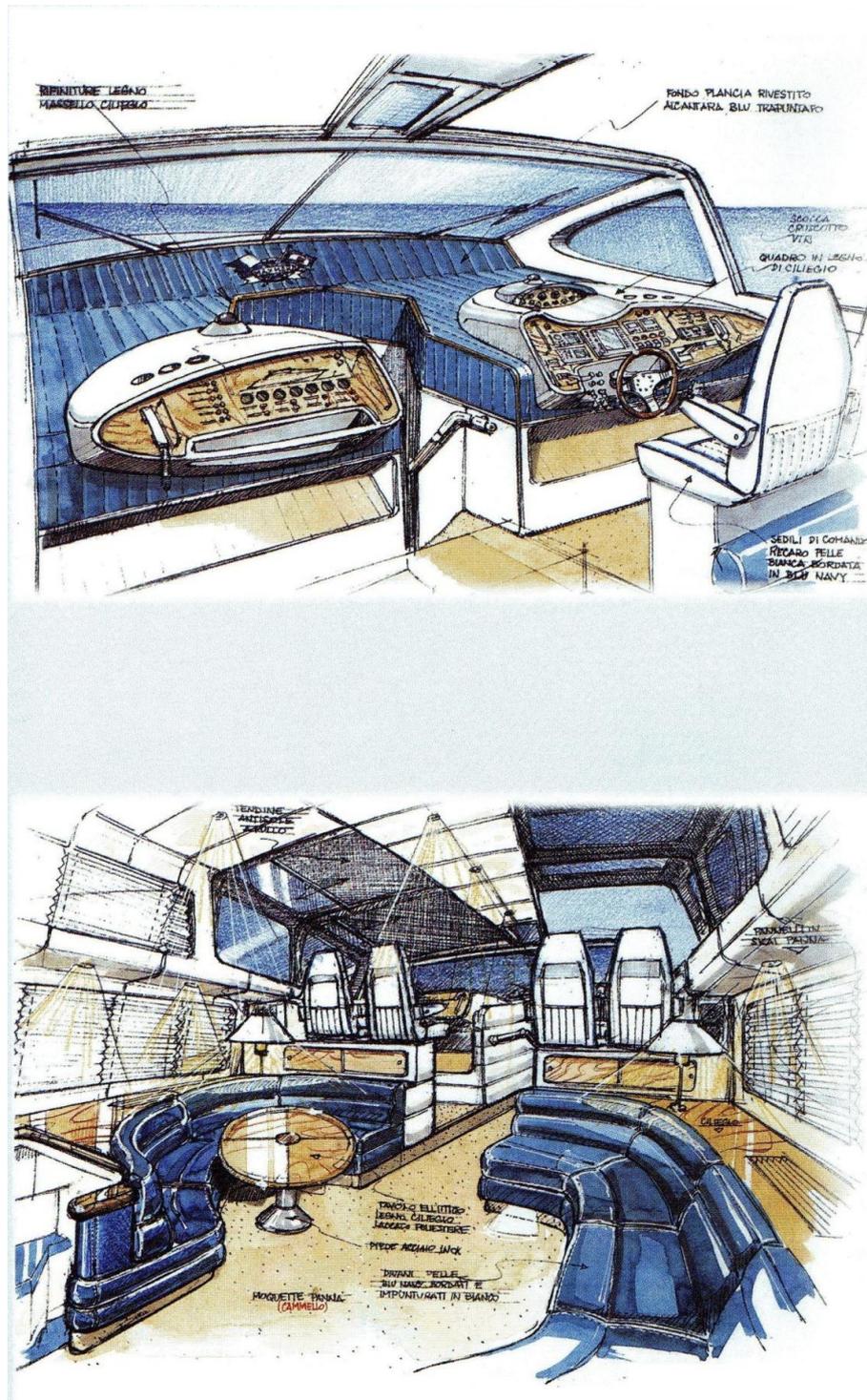


Figura 45 - Renedering manuale degli interni di un cruiser

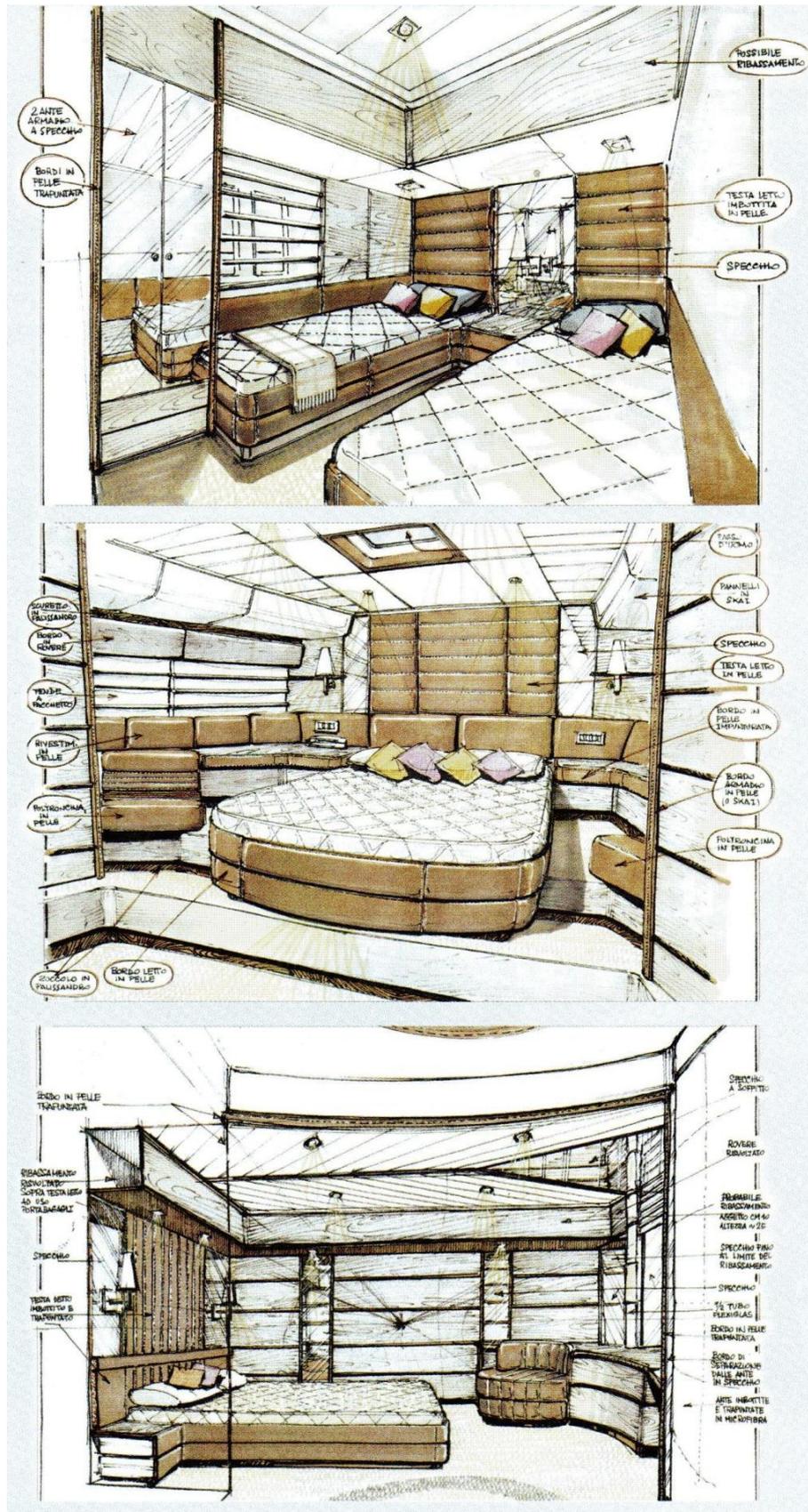


Figura 46 - Render architettonici degli interni di un superyacht

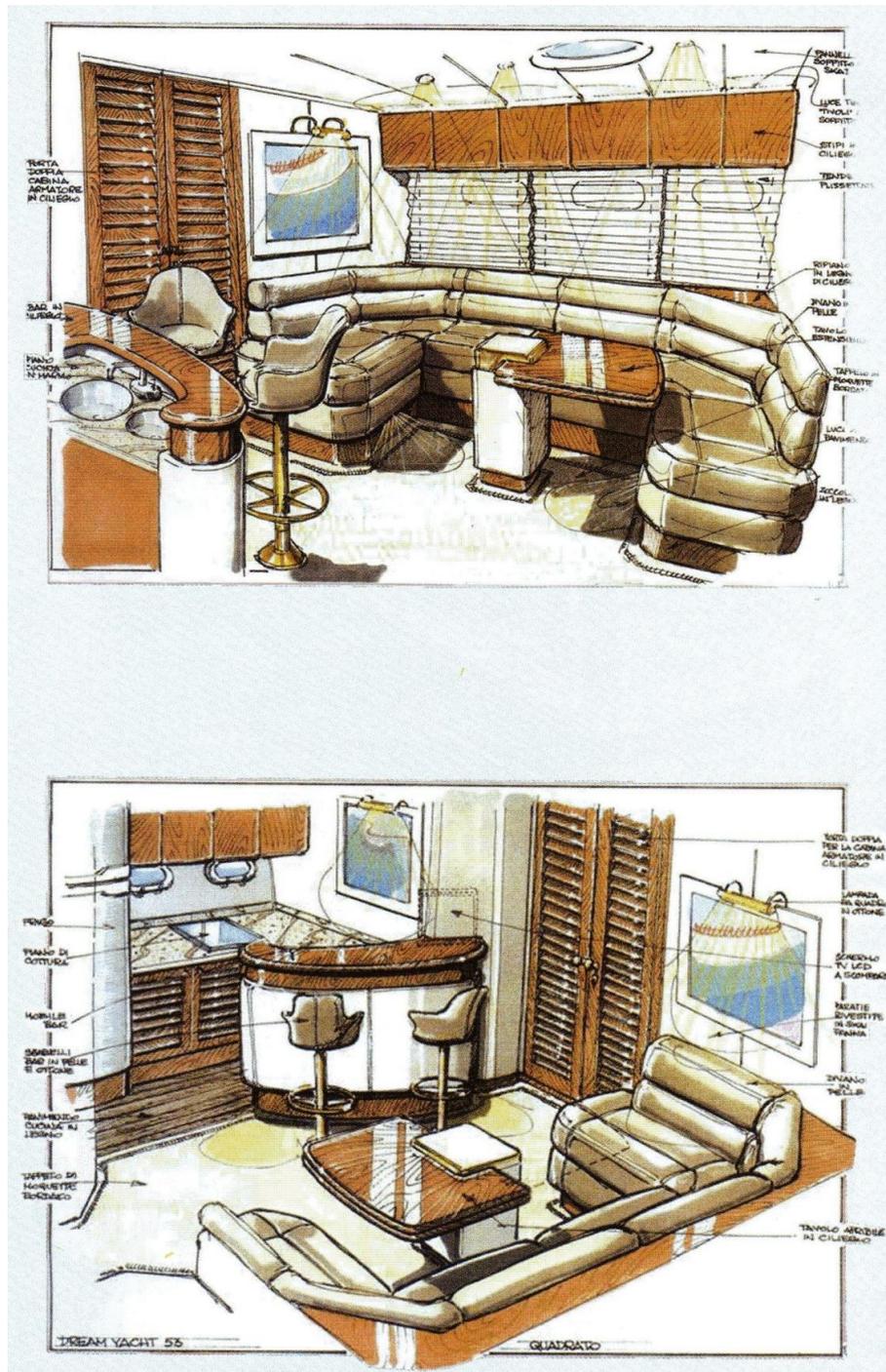


Figura 47 - Render architettonici degli interni di uno yacht

### 1.9.3 Definizione del dislocamento e delle dimensioni principali

Prima di affrontare questa sezione vale la pena di osservare che 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. Al tempo stesso più grande è l'imbarcazione



più difficile è condurla e più costa. Le dimensioni sono poi anche strettamente connesse con il tipo di navigazione che dovrà affrontare: naturalmente una barca destinata alla navigazione d'altura dovrà necessariamente essere più grande di una che invece accompagnerà il suo armatore a fare il bagno in prossimità della costa. Ancora una volta una dettagliata definizione del futuro profilo operativo della barca è fondamentale per calibrare correttamente il progetto, soprattutto perchè i vincoli conseguenti a questa scelta non si limitano solo alle dimensioni dello scafo, ma anche alla portata che dovrà essere assicurata in termini di combustibile, acqua dolce e provviste e alla sistemazione generale degli spazi interni ed esterni.

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. Basti pensare che l'input principale di tutti i metodi approssimati di previsione di potenza e velocità è il rapporto tra la lunghezza e il dislocamento, così come la stabilità è strettamente legata al rapporto tra larghezza e dislocamento.

Indubbiamente non è immediato collegare il dislocamento ad un ben determinato set di dimensioni principali, studi eseguiti da H. M. Barkla hanno prodotto una serie di relazioni applicabili a qualunque tipologia di yacht (vela e motore) con lunghezza fuori tutto compresa tra 7 m e 19 m. In particolare, analizzando un corposo database di barche esistenti ha ricavato le formule riportate nella tabella seguente che, per semplicità a partire da un'analisi preliminare condotta sui relativi dislocamenti, legano tutte le dimensioni principali esclusivamente alla lunghezza. Va sottolineato il fatto 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;



## 1. Definizione di unità da diporto

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.

<u>RELAZIONI PRINCIPALI - STEP 4</u>	<u>FATTORE DI SCALA</u>
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)	$L^{1.85}$
<u>GRANDEZZE DIRETTAMENTE DIPENDENTI</u>	
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	$L^{3.70}$
<u>RELAZIONI SECONDARIE - STEP 5</u>	
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 $SA/\nabla_{totale}^{2/3}$	$L^{0.26}$
Posizione verticale del centro di carena dal galleggiamento	$L^{0.64}$
$\overline{BM}$	$L^{0.72}$
$\overline{GM}$	$L^{0.45}$
Braccio di stabilità iniziale	$L^{2.83}$
Distanza tra i centri di spinta (vela)	$L^{0.86}$

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

#### 1.9.4 Forme di carena

Nel parlare di yacht si è portati in genere a illustrare quelle che sono le loro caratteristiche di stile e design e si trascura la parte squisitamente tecnica, che è, invece, basilare per consentire a queste unità di effettuare traversate in serena e sicura navigazione. 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.

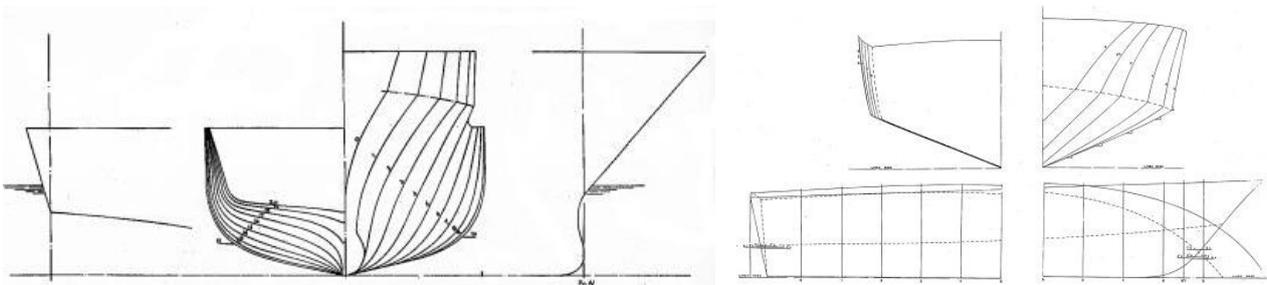


Figura 48 - Piani di costruzione di carene dislocanti

La carena è, com'è noto, la parte immersa dello scafo, detta, con essenziale ed efficacissima definizione opera viva, in quanto con le sue forme influenza direttamente la resistenza e il comportamento dell'imbarcazione durante il suo moto e rappresenta la parte vitale di ogni barca.

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 di Reynolds  $R_n = \frac{vL}{\nu}$ ;

$\rho$  è la densità dell'acqua;

$S$  è la superficie bagnata;

$V$  è la velocità;

$L$  è la lunghezza al galleggiamento;

$\nu$  è la viscosità cinematica.

La resistenza residua è invece funzione del numero di Froude

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$



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:

- Il criterio ponderale;
- Il criterio volumetrico;
- 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).

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.

Comunque il problema, nella sua formulazione più generale, sarà quello di far viaggiare un certo dislocamento ad una certa velocità, realizzando o una carena di minima lunghezza possibile o di minima potenza. Come sempre in un'imbarcazione, va individuato un compromesso tra le varie esigenze, che soddisfi le priorità dell'armatore.

Il primo caso, che interessa gli armatori di navi, ha vantaggi nei costi di costruzione: nave più corta però con un peggiore comportamento con mare mosso, certamente più costosa nell'esercizio, in quanto l'apparato motore richiede maggiore potenza per raggiungere la stessa velocità rispetto ad un'imbarcazione più lunga.

Il secondo caso delle volte può essere più dispendioso nella costruzione, per la maggiore lunghezza, ma sensibilmente meno caro nell'esercizio e con una migliore tenuta al mare.

Il terzo caso, interessa ad esempio 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. Se la velocità diventa il dato primario del progetto, cioè si ha un numero di Froude  $F_n > 0.6$  o un quoziente di Taylor  $T_q = \frac{V}{\sqrt{L}}$  si devono prendere in considerazione le forme di carena a spigolo che permettono di avere una spinta dinamica e raggiungere elevate velocità.

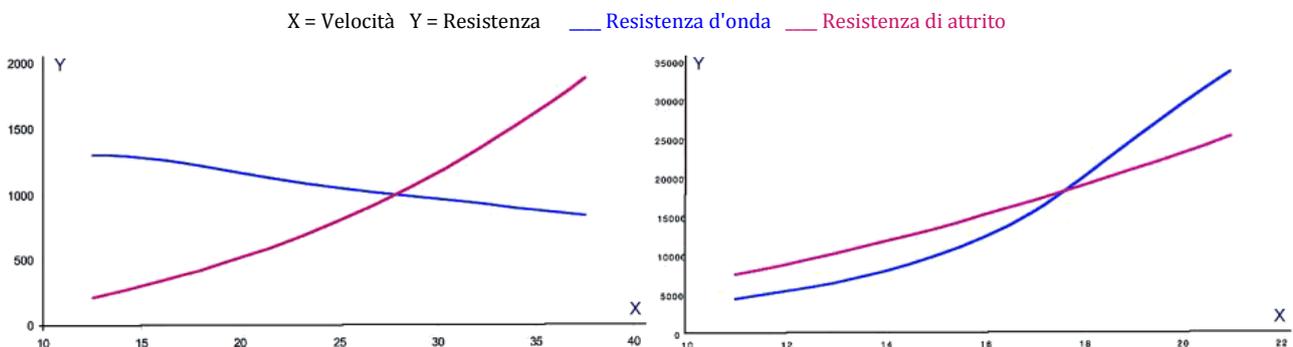


Figura 49 - Curva resistenza/velocità di una carena planante

Figura 50 - Curva resistenza/velocità di una carena dislocante

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 di cui si parlerà in seguito. 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.

Tuttavia, indipendentemente dalle forme di carena, una nave deve mantenere la capacità operativa in condizioni di mare mosso. Tecniche sperimentali e teoriche sui movimenti della nave sono state sviluppate e applicate.

Il risultato di questo sviluppo della tecnologia del seakeeping è un più razionale approccio al progetto di una carena. Il termine seakeeping, tenuta di mare, è usato per descrivere i movimenti e i fenomeni a essi correlati che interessano la nave in mare agitato. Ma un'imbarcazione per avere una buona capacità operativa, oltre a quanto detto, deve avere una buona manovrabilità e stabilità di rotta.



Figura 51 - Carena dislocante con bulbo

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:

- far raggiungere una certa velocità, posta tra i dati di partenza del progetto, con la minima "spesa" di potenza possibile;
- assicurare buone qualità di tenuta di mare (seakeeping);
- 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.

Si deve fare attenzione a non equivocare e/o ritenere quanto meno ovvia, se non oziosa, la precedente affermazione. "Soddisfare la richiesta" significa procedere con equilibrio, proporzionare con giusto respiro, calcolare con i dovuti margini di sicurezza. "Minore dislocamento possibile" è il compromesso tra le varie esigenze, spesso contrastanti, poste dal tema, senza che da questo compromesso risulti un impegno di volumi e di macchinari che male, o nulla, servono a soddisfare le richieste del tema stesso.

Limitare il dislocamento non vuol dire "risparmiare" nella realizzazione del progetto, ma non "sprecare" volumi, aree e pesi, ovviamente senza ridurre la sicurezza, qualità fondamentale in mare. Infatti, per ridurre il peso di un'imbarcazione, ai fini della resistenza all'avanzamento (velocità) e/o ai fini dei costi, a volte si diminuiscono gli spessori del fasciame o delle strutture, pur rimanendo vicini o, addirittura, raggiungendo il limite massimo delle sollecitazioni ammissibili, sia ha di conseguenza un minore margine di sicurezza strutturale, cosa di gran lunga più grave che avere un poco di peso in più, il che non è sinonimo di "spreco". Quindi, stabilito il peso e il volume, il progettista deve ottimizzare gli elementi da cui dipende il comportamento idrodinamico della nave, cioè la carena (scafo nudo e appendici) e l'elica, rendendo la loro combinazione la migliore possibile.

La previsione del comportamento idrodinamico di una nave presenta ancora oggi notevoli difficoltà. La scelta della carena per la nave in progetto può essere eseguita con diversi metodi.

*Facendo ricorso a carene delle Serie Sistematiche sperimentate da alcune Vasche Navali come:*

- Serie di Taylor, eseguita dall'ammiraglio Taylor all'Experimental Model Basin di Washington
- Serie 60 di F. N. Todd
- Serie 64
- Serie NPL
- Serie Nordstrom
- Serie 63
- Serie SSPA

La serie di Taylor ancora oggi si ritiene la più completa ricerca degli effetti sulla  $P_e$  (potenza effettiva) al variare di alcuni coefficienti e rapporti significativi di una carena madre. I dati furono presentati come curve di resistenza residua, misurata in libbre per tonnellate di dislocamento, in funzione del coefficiente di finezza longitudinale  $C_p$ , del rapporto di dislocamento-lunghezza  $\frac{\Delta}{(0.01 L_{wl})^3}$ ; ciascun diagramma è valido per rapporti di larghezza-immersione e velocità-lunghezza. Taylor esaminò ottanta modelli e dai valori di resistenza totale ottenuti dalle prove di questi modelli, sottrasse la resistenza di attrito calcolata secondo la formula di Tideman.

*Con disegno diretto della stessa, facendo ricorso a sistemi matematici, come l'analisi di regressione.* Si ricorre a questo metodo quando bisogna risolvere un problema molto particolare o non si può fare riferimento a una carena affine. In questo caso, tuttavia, è quasi necessario, certo dipende dall'abilità del progettista, partire da una serie sistematica.

*Facendo ricorso a carene di navi già esistenti e riportandole al dislocamento e alla lunghezza desiderati.*

Come noto, un corpo che si muove sulla superficie indisturbata dell'acqua produce un sistema d'onde. Questo sistema è generato dal campo di pressioni intorno al corpo e l'energia posseduta dalle onde è ceduta dal corpo stesso. Questo trasferimento di energia, dal corpo al sistema circostante, genera una forza di direzione opposta a quella del moto, che è appunto la resistenza d'onda.

Il sistema di onde generate dalle navi sono di due tipi, quelle divergenti, che si formano lateralmente alla nave e che hanno creste inclinate rispetto al piano di simmetria nave, e quelle trasversali, che si formano sulla murata della nave e che hanno le creste perpendicolari alla mezzeria.

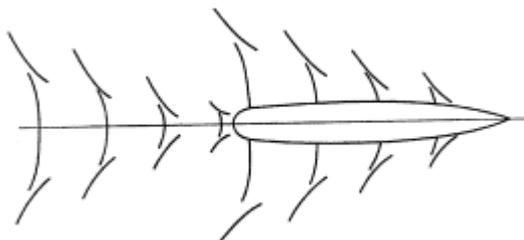


Figura 52 - Diagramma schematico delle onde

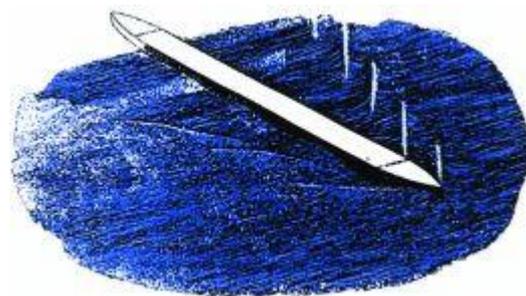


Figura 53 - Storico disegno di William Froude

Tale sistema di onde, divergenti e trasversali, è generato sia dalla poppa che dalla prora. L'interferenza tra questi sistemi d'onda crea, nella curva di resistenza d'onda, le caratteristiche gobbe e cavi in funzione del rapporto velocità-lunghezza  $V/\sqrt{L_{wl}}$ . Considerando solamente le onde trasversali, in modo semplicistico, ma indicativo, si può dire che la resistenza d'onda è data dalla differenza fra le pressioni che si hanno nella zona prodiera, dirette nel senso prora-poppa, e le pressioni che si hanno nella zona poppiera, che hanno risultante opposta nel senso poppa-prora. Mentre il sistema di pressioni prora-poppa cresce costantemente al crescere di  $V/\sqrt{L_{wl}}$  il sistema di pressioni poppa-prora è oscillante (cioè può essere positivo o negativo) a seconda dell'interferenza fra i sistemi d'onda di prora e di poppa. Si avrà, quindi, una gobba della resistenza d'onda quando a poppa vi è un cavo (d'onda) e, viceversa, un cavo quando a poppa vi è una cresta (d'onda) (vedi Fig. 6).

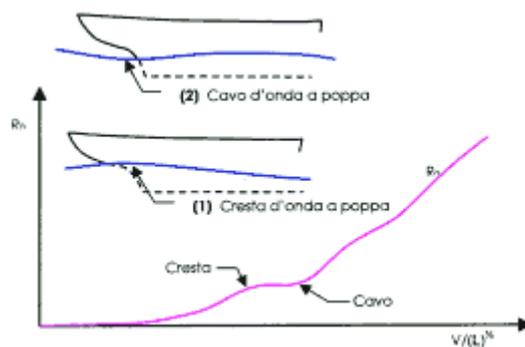


Figura 54 - Grafico dell'andamento della resistenza d'onda

In base a quanto detto notiamo che la resistenza d'onda di una nave dipende dalla velocità, dalla lunghezza e dalla forma della carena, cioè dall'angolo di penetrazione delle linee d'acqua e dalla distribuzione del volume in senso longitudinale, trasversale e verticale.

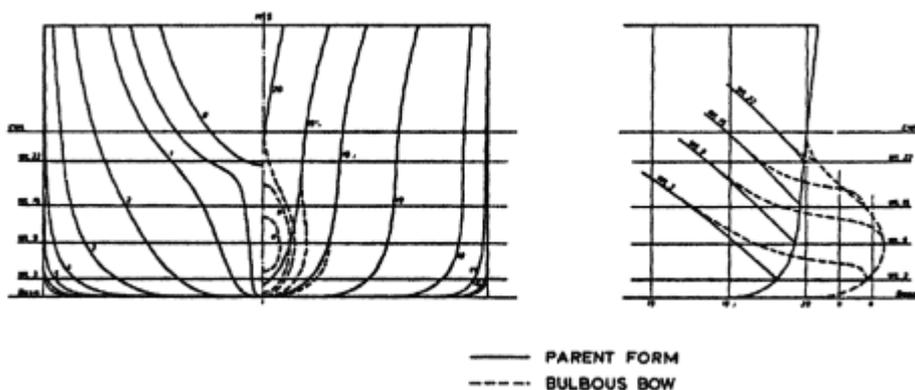


Figura 55 - Inserimento di un bulbo prodiero in una carena originariamente sprovvista

I bulbi di prora, poiché modificano gli angoli di penetrazione e la distribuzione del volume, rappresentano un efficace mezzo per ridurre la resistenza d'onda. Perciò il sistema d'onde



proprio del bulbo interferisce con il sistema d'onde proprio della nave. La posizione in senso longitudinale del bulbo definisce la fase dell'interferenza, mentre il volume determina l'ampiezza del suo sistema d'onda.

Una determinata forma di carena con bulbo è ottima soltanto nelle condizioni di progetto. Di norma, a bassa velocità l'effetto del bulbo è negativo, mentre con l'aumentare del numero di Froude  $F_n$  diventa positivo e aumenta fino a un valore massimo, da questo punto in poi, per  $F_n$  che tende a infinito, l'effetto del bulbo tende a zero. Perciò la decisione favorevole o contraria all'adozione del bulbo dipende dall'analisi dei costi e dei benefici. Tuttavia si può affermare che, solitamente, una buona forma idrodinamica di una carena con moderata formazione ondosa non richiede la presenza del bulbo, mentre questa è necessaria in presenza di una notevole formazione ondosa dovuta al cattivo "avviamento" delle forme di carena. Ovviamente per "avviamento" non s'intende quello geometrico ma quello idrodinamico. Infatti, se l'avviamento geometrico fosse bastato, il computer, con i programmi di avviamento delle carene, avrebbe risolto tutti i problemi. Ma purtroppo un buon avviamento idrodinamico dipende dalla bravura e dall'esperienza del progettista o dello specialista in architettura navale (materia che riguarda lo studio della statica e dinamica di un galleggiante).

Infatti, l'avviamento delle forme crea delle componenti di pressione e depressione agenti sulla carena, che generano un innalzamento oppure un abbassamento del livello dell'acqua, quando il valore della pressione subisce una variazione positiva oppure negativa. Le linee d'acqua che delimitano il bulbo verso prora devono avere un profilo idrodinamico ben avviato, per evitare la separazione dei filetti fluidi. La parte superiore del bulbo deve essere ben raccordata con il corpo della nave in modo tale che l'acqua, scorrendo sopra il corpo del bulbo stesso, possa interferire in modo favorevole con l'onda residua di prora. Per ogni carena con bulbo esiste una condizione ottimale, corrispondente a una velocità che si può determinare sperimentalmente. Da tutto ciò è evidente che l'influenza del bulbo non deve ritenersi limitata alla formazione ondosa di prua, ma che si estende alla cosiddetta resistenza di separazione o di forma, cioè la resistenza di tipo viscoso che, assieme alla resistenza d'onda, è inglobata nel termine resistenza residua, comprendente la resistenza viscosa di pressione, la resistenza dovuta a vortici, cavitazione ecc.

Inoltre, un bulbo opportunamente avviato, per le sue elevate caratteristiche di smorzamento, riduce in maniera sensibile le accelerazioni di prua dovute al beccheggio e quindi incide

positivamente sulla tenuta al mare. La scelta ottimale di una carena tonda dipende dalla capacità del progettista nel realizzare il miglior compromesso tra peso, volume e velocità.

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. Il continuo miglioramento delle caratteristiche dei motori, l'intensificarsi delle esperienze, degli studi e dei rapidi progressi, non si può dire che abbiano risolto tutti i problemi inerenti agli scafi plananti, ma certamente hanno consentito di trovare migliori soluzioni per unità non solo di piccolo dislocamento. Infatti, oggi scafi parzialmente plananti di grandi dimensioni sono utilizzati per il trasporto veloce in mare.

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. L'azione di una superficie planante è simile a quella di un cuneo forzato al di sotto di un peso allo scopo di alzarlo. Una superficie planante inclina il suo piano forzando l'acqua in basso, e questa forza crea un campo di pressione che fa aumentare il livello dell'acqua ai lati della superficie stessa. Quindi è la spinta dinamica che ad alta velocità sostiene quasi l'intero peso delle unità plananti.

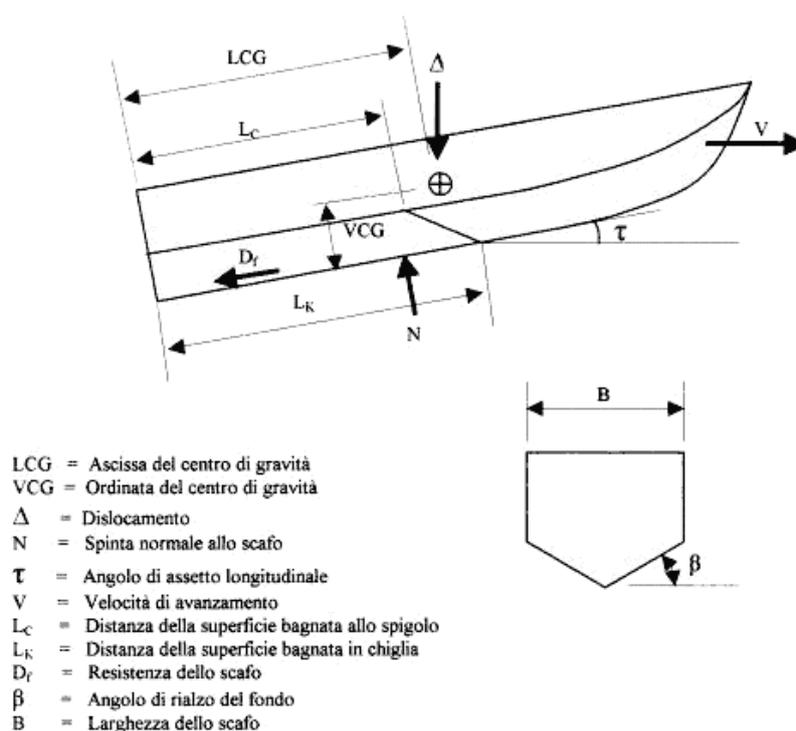


Figura 56 - Caratteristiche geometriche rilevanti di una carena planante

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.

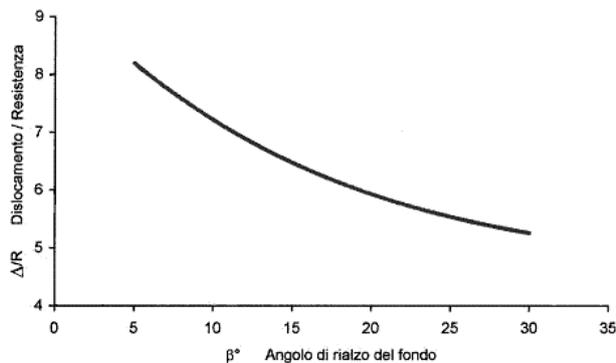


Figura 57 - Dipendenza delle prestazioni dall'angolo di rialzo trasversale del fondo

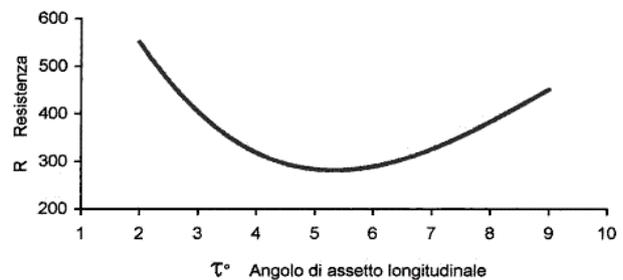


Figura 58 - Dipendenza delle prestazioni dall'angolo di assetto longitudinale

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

- 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.
- 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 progetto della carena di uno scafo planante costituisce dunque non solo un problema notevolmente diverso da quello di una nave a dislocamento, ma anche un problema più intricato e complesso data la interdipendenza e la interazione dei più importanti fattori che lo governano. In nessun'altra branca del progetto navale esiste una così profonda, mutua dipendenza dei vari fattori. Un aumento del 10% nel peso di un'unità a dislocamento significa che quest'ultima s'immerge un poco di più, naviga ad una velocità più ridotta ma conserva circa le stesse forme di carena ed il suo comportamento rimane essenzialmente lo stesso. Il medesimo aumento di peso in uno scafo planante può impedire a quest'ultimo di planare e/o modificare le sue caratteristiche di stabilità dinamica e quindi di tenuta al mare.

Per cui si potrebbe verificare il paradosso di avere a che fare con problemi sempre più grandi man mano che si progettano scafi più piccoli. Sono stati fatti molti studi e prove in vasca con carene aventi vari angoli di rialzo (che è l'angolo realizzato dal fondo della carena con il piano orizzontale passante per la chiglia) e vari rapporti tra la lunghezza e la larghezza di spigolo. Le varie prove eseguite nelle vasche hanno dimostrato che l'aumento di resistenza non solo è dovuto all'aumento del peso o a quello della velocità, ma in modo particolare all'angolo di rialzo del fondo e all'angolo di assetto longitudinale in corsa, che è determinato dalle rispettive posizioni del centro di spinta e del baricentro.

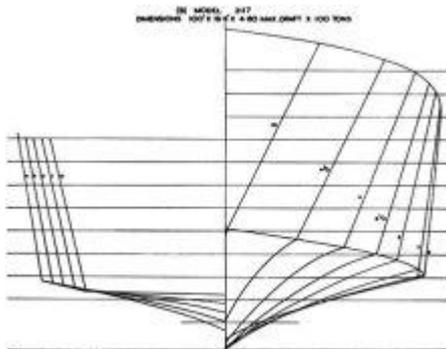


Figura 59 - Verticale di una carena planante a spigolo

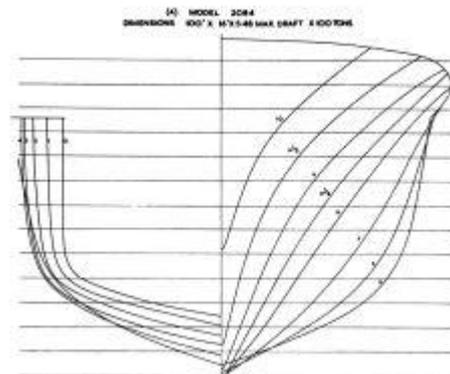


Figura 60 - Verticale di una carena planante tonda

Si è visto che, all'aumentare dell'angolo di rialzo, aumenta la resistenza (Figura 57), ma migliora la tenuta al mare, anche perché si riducono sensibilmente le accelerazioni d'impatto, per cui è possibile avere, con mare mosso, una maggiore velocità rispetto ad una carena con stesse dimensioni, ma con angolo di rialzo più basso. Quindi la scelta dell'angolo di rialzo è condizionata dalla velocità e da una navigazione confortevole. Quest'ultima qualità richiede, inoltre, una cura particolare nello studio delle forme di prora che nell'impatto con l'onda, riducendo le accelerazioni, proteggono le strutture da forti sollecitazioni. Purtroppo le forme

di scafo più idonee per la navigazione in planata mal si conciliano con quelle classiche per la navigazione in dislocamento. Quindi a bassa velocità, o per meglio dire, prima che si raggiunga la velocità di planata, lo scafo è soggetto generalmente a forti resistenze d'onda, di vortici ed a noiosi spruzzi d'acqua. Prima di raggiungere la velocità di planata la prora rimane sospesa nell'aria, la resistenza aumenta sensibilmente e, se non si dispone di una riserva di potenza, la barca si trova di fronte ad una barriera per la sua velocità che non potrà superare. Se, viceversa, c'è ancora potenza disponibile, lo scafo potrà superare la "gobba" della curva di resistenza, la sua velocità aumenterà sensibilmente e la cresta dell'onda di prora si sposterà verso poppa.

Con un'espressione indovinata si può dire che, a questo punto, l'imbarcazione sale sulla sua onda di prora, l'angolo di assetto longitudinale diminuisce e la velocità aumenta. Lo scafo aumenta sensibilmente la velocità senza richiedere ulteriore aumento di potenza; si dice che è stata raggiunta la velocità di planata che, certamente, non è la massima velocità raggiungibile. Un'imbarcazione è in planata quando l'acqua è a contatto con il fondo solamente all'interno degli spigoli.

Quanto maggiore è la distanza fra la massima velocità e la velocità di planata, tanto migliore sarà il comportamento dell'imbarcazione, perché l'aumento di resistenza dovuto all'aumento della sporcizia di carena, al mare mosso, ad un eventuale supplemento di carico, al vento contrario, non sarà tale da impedire la planata. Quindi quando si acquista un'imbarcazione è importante conoscere la velocità massima e la velocità di planata alla condizione di pieno carico massimo.



Figura 61 - Carena planante in navigazione



Esiste un fattore che spesso è dimenticato e che riguarda proprio le piccole navi: il periodo di rollio. Una piccola imbarcazione stabile ha un periodo di rollio che si aggira tra i 2÷3 secondi. Questo significa che, per un vasto campo di condizioni di mare, il periodo proprio dell'onda sarà maggiore di quello della barca. Il periodo di un'onda di 30 metri, infatti, è di circa 4,5 secondi, il periodo di un'onda di 85 metri è di circa 7 secondi. Con mare di poppa o di prora, il periodo naturale del battello non è influenzato dal periodo dell'onda, con mare al traverso, invece, o al giardinetto, il periodo d'incontro tra quello del battello e dell'onda dipenderà anche dalla velocità della nave. Quando questo periodo d'incontro, che può essere pensato come il tempo intercorrente tra due successivi impatti d'onda, è superiore a quello proprio del battello, quest'ultimo tenderà a saltare con il periodo proprio dell'onda. Per cui, se l'imbarcazione ha lo stesso periodo dell'onda, si può avere la sincronizzazione dei periodi naturali di scafo e d'onda, quindi, si incorre in disagi molto più seri di quelli derivati da un periodo proprio corto di oscillazione, non in sincronia con quello delle onde. Le piccole navi, quindi, si troveranno in condizioni di rollio forzato e le loro oscillazioni saranno governate dal mare piuttosto che dallo loro forma di scafo, molto più spesso delle grandi, il cui periodo naturale di rollio è di gran lunga maggiore. Per molte condizioni di mare, pertanto, la barca con  $\overline{GM}$  (indice di stabilità statica) maggiore sarà più stabilizzata che non quella con  $\overline{GM}$  minore. È importante che la stabilità, in particolare quella trasversale, venga ricercata attraverso corrette proporzioni di scafo, adeguata larghezza, e non con l'empirico correttivo della zavorra.

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.

Quando lo scafo è a regime si deve avere, ovviamente, l'equilibrio fra tutte le forze orizzontali, le forze verticali e i momenti sul piano longitudinale. Succede, però, che una causa perturbante, anche piccola, può modificare momentaneamente questo equilibrio. Se, per esempio, la risultante delle pressioni dinamiche agenti sul fondo passa alternativamente da una posizione a poppa ad una posizione a prora del centro di gravità, lo scafo è soggetto a beccheggio, e questo beccheggio è associato con un "sali e scendi" che può sfociare in una serie di oscillazioni cicliche, che si mantengono automaticamente, e che la scuola



anglosassone chiama "porpoising". Si può dire con un termine che sembra rispecchi bene il fenomeno, che lo scafo "galoppa" o "delfina", cioè imita il modo di nuotare dei delfini.

La posizione del centro di gravità è un elemento basilare nel progetto di una scafo planante, in quanto a questa posizione è legato l'intero comportamento dell'unità in mare, sia nei riguardi della resistenza al moto, sia nei riguardi delle qualità nautiche. Come noto, il centro del galleggiamento è il fulcro per cui passa l'asse di rotazione quando la barca cambia assetto a causa d'imbarco, sbarco e spostamento di pesi. Di conseguenza, l'imbarco dei pesi mobili (combustibile, acqua e materiale di consumo) deve essere effettuato in modo tale che il relativo centro di gravità cada in corrispondenza del centro di galleggiamento della zona di sovraimmersione, che si trova vicino al centro di gravità dell'imbarcazione.

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, e che, come molte precedenti, causò discussioni accanite. La richiesta fu di realizzare un'imbarcazione di circa venti metri con una velocità superiore a 50 nodi, con molto volume per l'abitabilità e con la possibilità di mantenere anche basse velocità di crociera.

Un'imbarcazione molto veloce ha un fondo con una figura geometrica bagnata più stretta di una carena simile, ma progettata per basse velocità, e quindi, oltre ad avere meno volume, ha una velocità di planata più alta. Infatti, un'imbarcazione veloce non è adatta a velocità di crociera basse.

In una carena planante la resistenza d'attrito va aumentando rapidamente con l'aumentare della velocità, mentre la resistenza d'onda aumenta fino alla velocità di planata e dopo va sempre diminuendo, poiché, aumentando la portanza, l'imbarcazione esce sempre di più dall'acqua, riducendo la forma di carena che penetra nell'acqua. Quindi, per ridurre la resistenza all'avanzamento di un'imbarcazione, conviene sicuramente ridurre la resistenza

d'attrito, cioè la superficie bagnata. Un modo certamente più vantaggioso per ridurre tale superficie bagnata è ridurre la larghezza dello spigolo, cioè la larghezza della figura geometrica bagnata dello scafo. Questo comporta anche un minor volume da poter utilizzare, per cui si ha una riduzione del dislocamento dell'imbarcazione, tutto a vantaggio della velocità.

Tuttavia ci sono tre parametri fondamentali che limitano l'arbitraria riduzione della larghezza dello spigolo, e quindi anche della figura del galleggiamento:

- la stabilità statica;
- la stabilità dinamica;
- il porpoising o galoppo.

Quindi la richiesta fatta aveva degli obiettivi in contrasto tra loro. Lo stimolo delle richieste esasperate portò alla soluzione del problema: la "Carena a Geometria Variabile". Cioè una carena formata da due carene sovrapposte, con angoli di rialzo del fondo diversi tra loro, fatti in modo tale che, raggiunta una certa velocità, la carena superiore potesse emergere completamente dall'acqua, per cui sarebbe rimasta bagnata solo la carena inferiore, che avrebbe avuto uno spigolo più stretto, come nella Figura 62, e quindi minore resistenza all'attrito.

L'angolo del fondo della carena superiore è una funzione dell'angolo del fondo della carena inferiore e della velocità dell'imbarcazione. Questo perché i filetti fluidi si staccano e si allontanano dalla carena inferiore in funzione dell'angolo del fondo e della velocità dell'imbarcazione come in Figura 63.

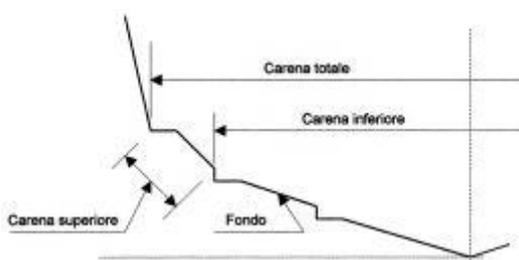


Figura 62 - Identificazione delle due carene

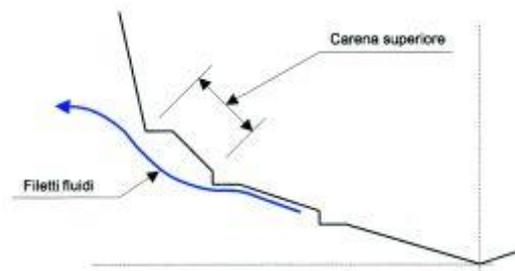


Figura 63 - Andamento dei filetti fluidi

Vista la validità in linea di principio dell'idea, venne iniziato lo studio della carena. Il risultato finale, dopo diversi tentativi, fu una carena con lunghezza fuori tutto pari a 20,10 m ed una larghezza massima di 5,25 m. Il calcolo della resistenza risultò tuttavia più complesso.



## 1. Definizione di unità da diporto

Prima si procedette al calcolo della resistenza della carena inferiore, ottenendo una resistenza d'attrito, una resistenza d'onda ed una potenza effettiva per campi di velocità tra 0 e 60 nodi, come riportato nel grafico in Figura 64. In seconda battuta venne calcolata la carena accoppiata, assimilandola ad una carena con larghezza allo spigolo pari a quella della carena superiore, e angolo al fondo calcolato in funzione dell'influenza del fondo delle due carene con i loro rispettivi angoli di rialzo, in un campo di velocità compreso tra 0 e 60 nodi, come evidenziato dal grafico in Figura 65.

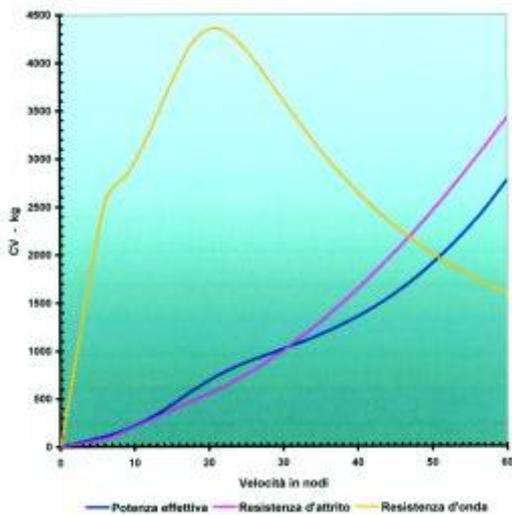


Figura 64 - Previsioni relative alla carena inferiore

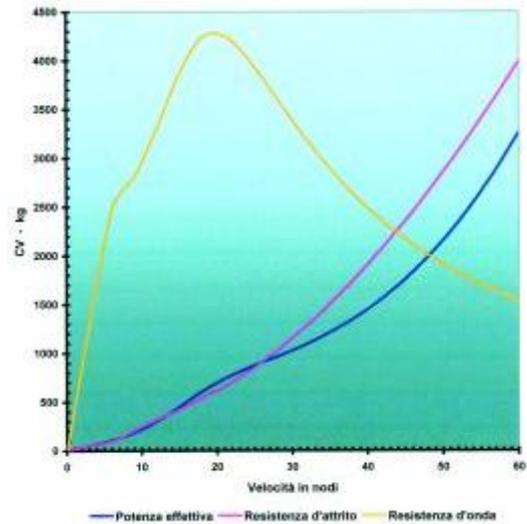


Figura 65 - Previsioni relative alla carena "totale"

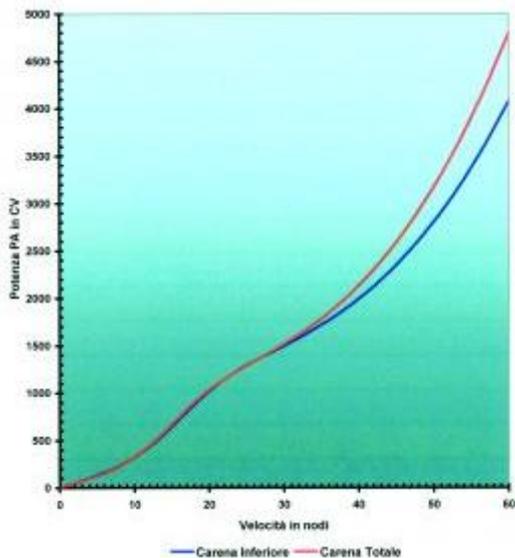


Figura 66 - Curve di previsione di potenza motore ricavate dalle precedenti

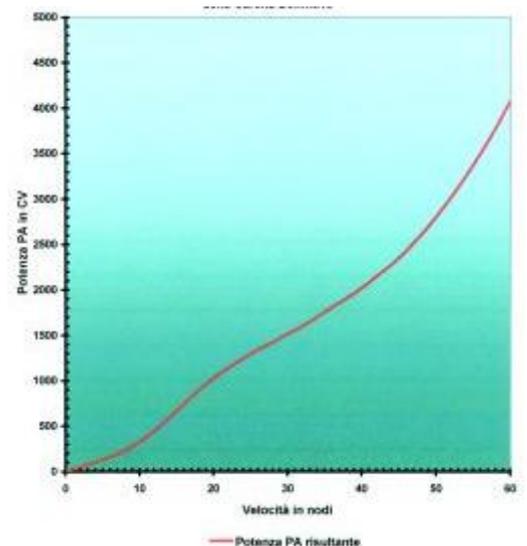


Figura 67 - Curva di previsione di potenza finale

Nel grafico in Figura 66 è riportata la potenza motore PA, ottenuta trasformando le potenze effettive PE, presenti nelle Figure 64 e 65. La Figura 67, invece, rappresenta la curva della potenza PA della carena risultante, che fu ricavata tenendo presenti i seguenti punti:

- Nel campo di velocità tra 0 e 30 nodi si sarebbe sovrapposta perfettamente alle curve in Figura 66;
- Nel campo di velocità dai 45 (velocità alla quale la carena superiore si sarebbe dovuta sicuramente staccare dall'acqua) ai 60 nodi si sarebbe sovrapposta perfettamente alla curva della carena inferiore della Figura 66;
- Nel campo di velocità dai 30 ai 45 nodi avrebbe mantenuto un andamento quasi intermedio tra le due curve della Figura 66.

La curva della potenza risultante ottenuta in seguito alle successive prove in vasca navale, come riportato in Figura 68, confermarono la curva della potenza riportata in Figura 67, come si può constatare mettendo a confronto i due andamenti appena menzionati. Si poté verificare, inoltre, che alla velocità di 42 nodi la carena superiore non veniva più bagnata dall'acqua.

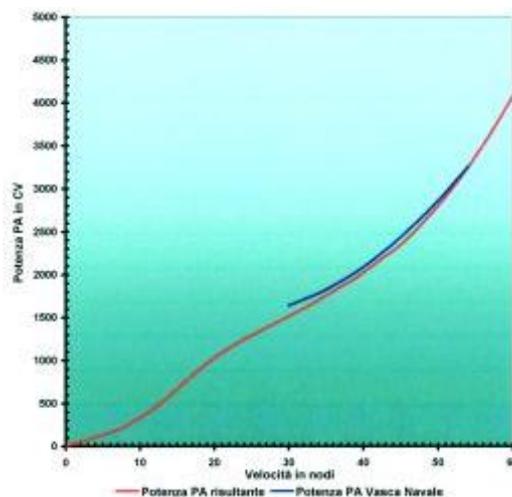


Figura 68 - Confronto fra la curva di previsione di potenza e i risultati sperimentali della vasca

Ulteriore conferma del vantaggio di una simile carena, alla velocità di 55 nodi, è una riduzione della potenza motore PA del 14% circa, come è evidente dalla Figura 66.

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

Lo spirito di ricerca e di stimolo, che i fratelli Mario e Sergio Sonnino Sorisio hanno sempre messo nella conduzione dei Cantieri Navali Italcraft, hanno spinto tutti i collaboratori, in ogni settore del cantiere, a dare vita sempre a nuove idee.



Figura 69 - Italcraft, la prima unità da diporto con la carena a geometria variabile



Figura 70 - Unità con carena semiplanante

Si è parlato della carena dislocante, cioè di quel galleggiante il cui sostentamento dinamico è dato completamente dalla spinta idrostatica, e della carena planante, il cui sostentamento dinamico, funzione della velocità, è dato per la maggior parte dalla spinta dinamica, che si genera sul fondo per effetto dell'inclinazione dello stesso con l'acqua, e per la minima parte rimanente dalla spinta idrostatica.

Se si ottimizza la forma di una carena dislocante, ovviamente, si ottiene una carena tonda, perché è la forma che offre minore resistenza totale all'avanzamento, e si otterrà una velocità massima consentita da tutti i coefficienti idrodinamici relativi alle forme della carena. Altrettanto, ottimizzando la forma di una carena planante si ottiene una carena a spigolo.

Da ricordare che una carena è in planata quando i fianchi non sono bagnati, cioè quando la velocità dell'acqua sotto il fondo è tale da spingere il flusso dell'acqua lontano dai fianchi.

Queste due forme di carena, quindi, 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 ondosata 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.

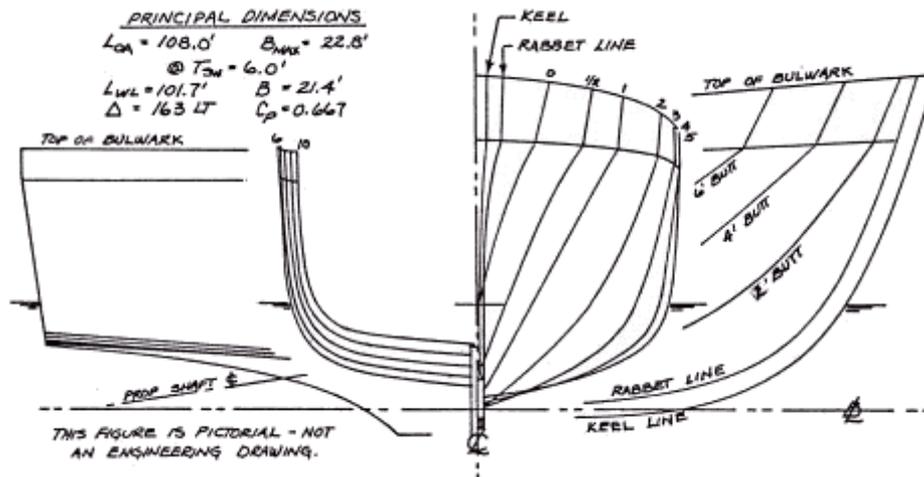


Figura 71 - Piano di costruzione di una carena semidislocante

Poiché il maggior effetto di depressione è a poppavia, sarà necessario modificare le forme di poppa in modo tale da aumentare la spinta verticale, fino a raggiungere un assetto orizzontale dello scafo alla velocità desiderata. Ma certamente, anche le forme di prua subiranno delle modifiche, in maniera tale da affrontare in modo confortevole e sicuro le onde, stabilite dal progetto operativo, alla velocità più elevata che il mezzo può raggiungere. Quindi le forme di una carena semidislocante saranno a prua più penetranti, mentre a poppa più piatte, con il ginocchio della carena che avrà un raggio piccolo e molte volte sarà anche a spigolo, per avere una maggiore spinta verticale, tale da permettere un assetto il più possibile isocarenico in navigazione.

Lo scafo semiplanante, invece, 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.

Da quanto detto, sotto l'aspetto idrodinamico, queste carene potrebbero sembrare delle pessime forme. Invece se sono frutto di una ricerca, per soddisfare delle richieste operative ben precise, queste forme di carena richiedono un maggior lavoro d'indagine per trovare quei coefficienti idrodinamici, certamente fuori o ai limiti del campo d'utilizzazione delle carene sistematiche.

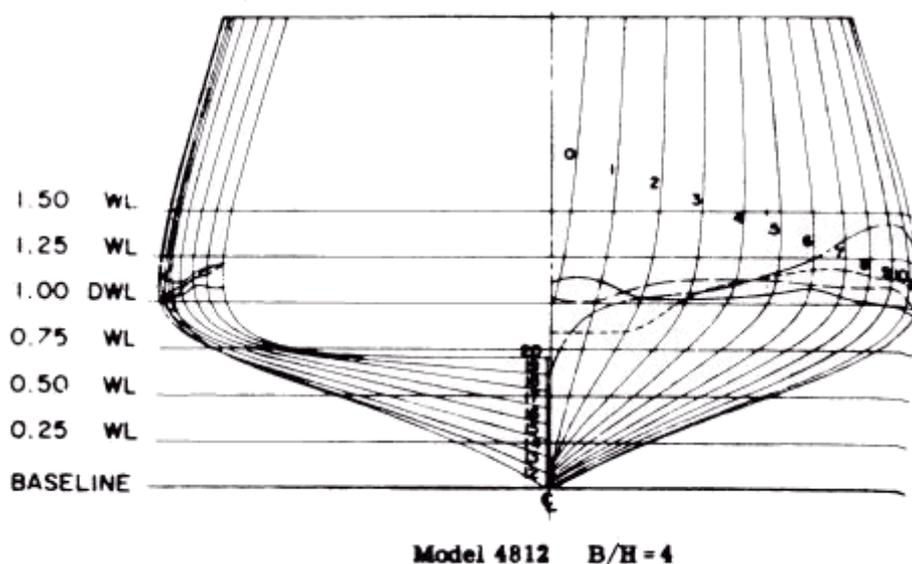


Figura 72 - Verticale di una carena della serie sistematica 64

Per le carene semidislocanti i principali componenti della resistenza totale, come per le carene tonde, sono la resistenza d'attrito o viscosa e quella residua o d'onda.

La resistenza viscosa è relativa alla superficie bagnata, alla lunghezza e alla velocità della nave, mentre la resistenza residua o si calcola tramite le serie sistematiche tipo NPL, serie 63 e 64, oppure tramite l'approccio statistico che permette un'analisi di regressione condotta su un campione di carene non sistematiche.

La caratteristica saliente di una serie sistematica è quella di ottenere un notevole numero di carene "simili" a partire da una carena madre, di cui si è avuto un compromesso ottimale tra i parametri geometrici e resistenza al moto.

Mentre per le serie sistematiche ci si discosta dall'ottimo man mano che ci si allontana dalle carene madri, con le equazioni di regressione si può ottenere per ogni caso l'ottimo tra le carene già realizzate, purché ci si mantenga nei limiti d'applicabilità delle equazioni stesse.

La carena semiplanante, date le sue forme, può sfruttare una maggiore portanza dinamica, per cui può raggiungere velocità più elevate della carena semidislocante. Inoltre, la carena semiplanante, data la forma della carena a spigolo, rispetto alla carena semidislocante, a parità di dimensioni caratteristiche principali di carena 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".

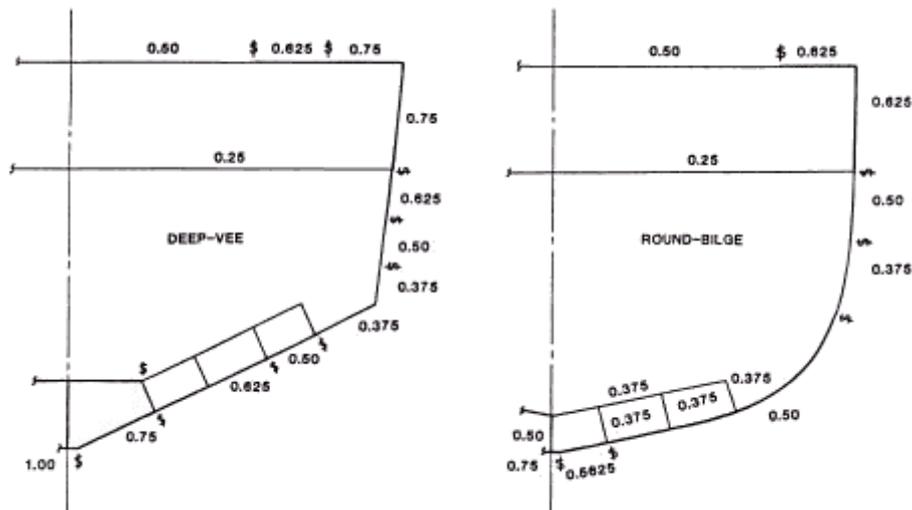


Figura 73 - Confronto fra la sezione maestra di una carena semiplanante deep-V ed una carena semidislocante tradizionale

Rimane comunque la considerazione fondamentale che il progetto navale, a cominciare dalla scelta della carena e le primissime previsioni di potenza, non è soltanto uno studio rigorosamente matematico, determinato e definito, ma costituisce una grossa sfida intellettuale proprio perché la nave viaggia sul confine di due fluidi molto diversi per densità e viscosità cinematica, e sarà sempre il risultato di un grande compromesso. Pertanto, la buona riuscita di un progetto è anche frutto di intuizione e di arte. Si possono dare delle indicazioni, non stabilire regole.



### 1.9.5 La scelta della propulsione

Come precedentemente riportato la definizione dell'apparato propulsivo in un'unità da diporto è un processo estremamente delicato. Innanzi tutto 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  $m^2$  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  $m^2$  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.

Vale la pena osservare che 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. Ciò è principalmente dovuto alla disciplina delle patenti nautiche: infatti se l'unità è riconosciuta dalla legge come unità a vela può essere condotta solo da chi è in possesso dell'opportuna abilitazione (molto più difficile da conseguire e decisamente più costosa).

Da un punto di vista progettuale 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:

- Carena planante: Holtrop-Mennen;
- Carena planante in planata: Savitsky;
- Carena di unità a vela: Delft;
- 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.

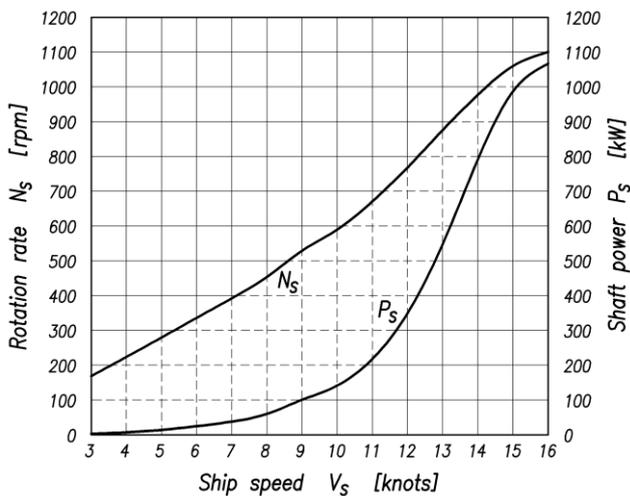


Figura 74 - Tipica previsione di autopropulsione

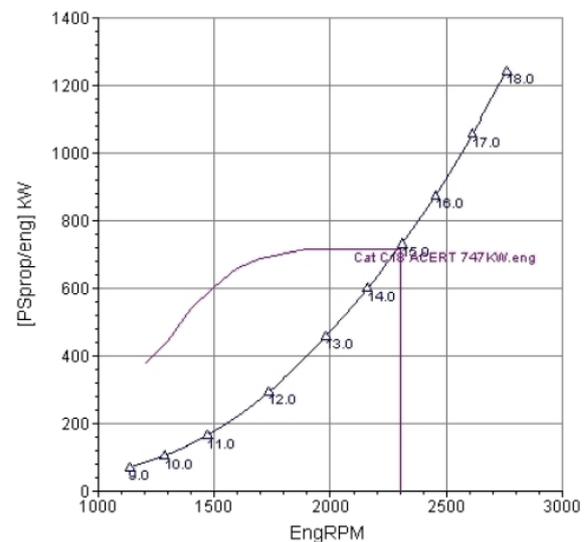


Figura 75 - Tipico matching con il motore

Nel caso della propulsione velica esistono metodi pseudo-empirici, di cui in parte si è già fatto cenno per determinare a partire dai dati della previsione di potenza/velocità la superficie velica necessaria e la composizione e il numero delle vele. Per il dettaglio si rimanda alla sezione apposita.

Nelle imbarcazioni a motore possono essere individuate 3 tipologie di gruppo propulsivo di seguito riportate in ordine di complessità crescente:

1. *Gruppo propulsivo fuoribordo*: è caratteristico di unità di dimensioni più contenute solitamente plananti. Costruttivamente sarà opportuno predisporre uno specchio di poppa piano, inclinato verso l'esterno di circa  $13^\circ$  (dalle istruzioni di montaggio dei principali produttori) 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. In pratica si prevede la costituzione, interna allo specchio di poppa, di un pozzetto autosvuotante collocato molto vicino alla linea di galleggiamento. Questo pozzetto consente tutti i movimenti del fuoribordo, separando la zona dei propulsori da quella abitativa con secondo bordo più alto e protettivo. Recentemente, per motorizzazioni fuoribordo di grossa potenza (>200 CV) si è diffusa l'applicazione di un tipo di installazione totalmente al di fuori dello specchio di poppa strutturale della barca. Tramite un sistema di staffe a braccio si interfaccia l'attacco a morsetti del fuoribordo, con la superficie dello specchio di poppa della barca. Si ottiene un notevole vantaggio: si può sfruttare l'abitabilità della barca per tutta la sua lunghezza, l'unità avrà una struttura più solida, l'elica si troverà a lavorare più lontano dallo scafo risentendo meno degli effetti del flusso di carena.



Figura 76 - Yamaha F350



Figura 77 - Mercury 300 Verado

Salvo alcuni casi (piccolissime potenze) in cui questo tipo di propulsori sfrutta motori elettrici, i motori sono a benzina di derivazione motociclistica e automobilistica. Il combustibile viene stoccato in serbatoi in acciaio inox che possono essere strutturali o portatili. Ovviamente non è necessaria l'installazione di organi di governo dato che la timoneria (solitamente a cremagliera idraulica) opera direttamente sulla posizione del

propulsore. Nel caso in cui l'installazione di un solo motore non sia sufficiente al raggiungimento della potenza necessaria è possibile accoppiarne diversi uno accanto all'altro, il massimo ad oggi conosciuto è 8. I principali marchi di riferimento in ordine di affidabilità crescente e costo decrescente sono: Yamaha, Suzuki, Mercury, Johnson, Evinrude, Honda, Selva e Tohatsu.

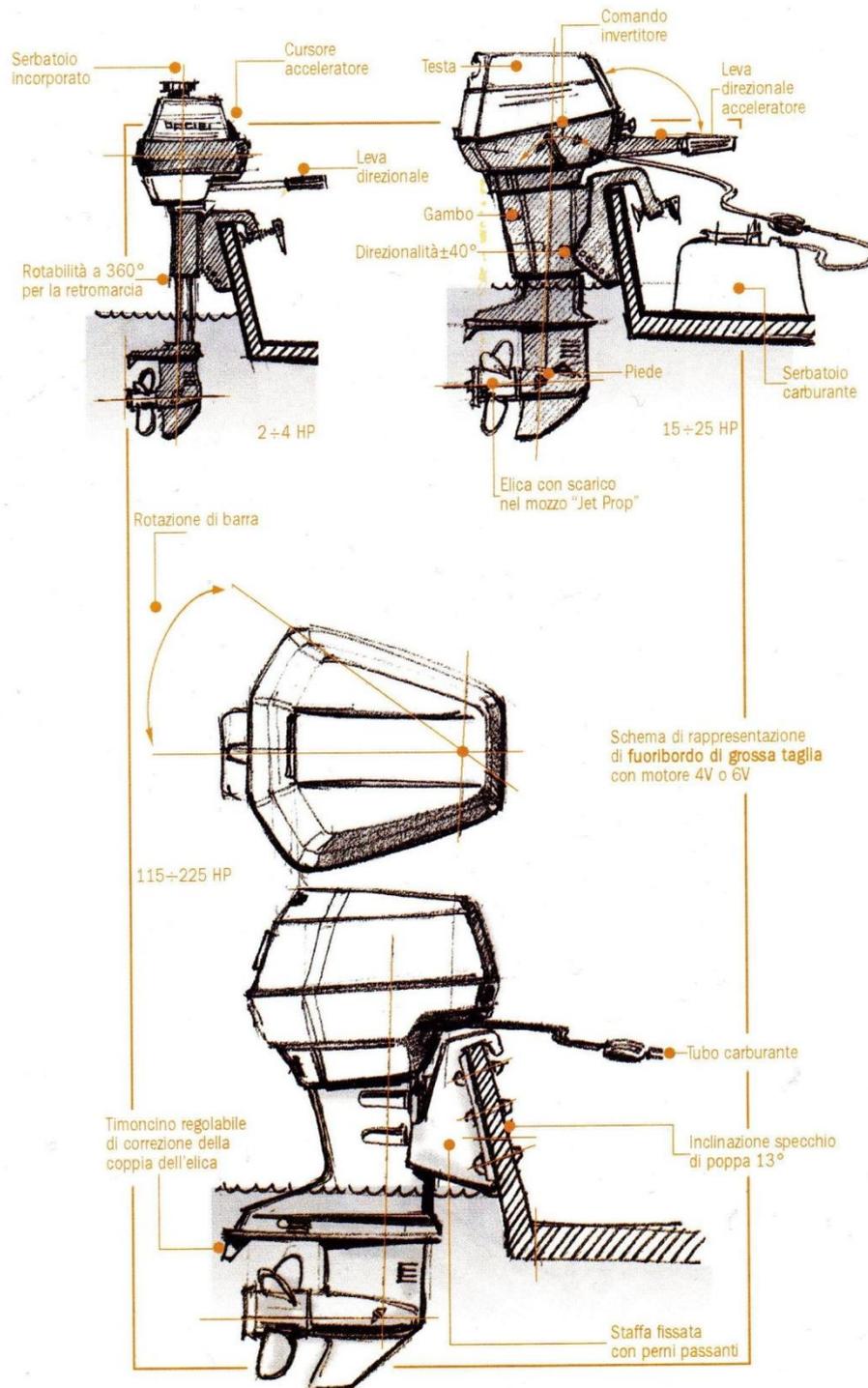


Figura 78 - Sistemazione dei motori fuoribordo

2. *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  $13^\circ$  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*, mentre per unità particolarmente performanti possono essere impiegate trasmissioni snodate con eliche supercavitanti *Arneson* o idrogetti. 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.

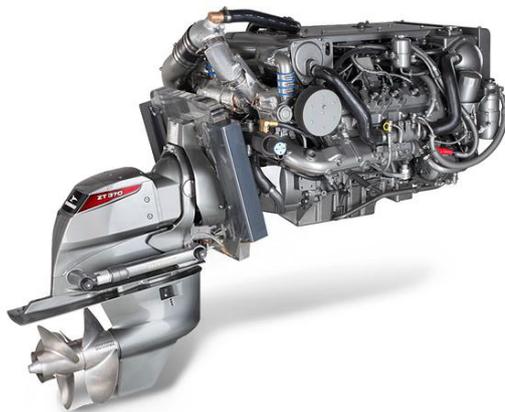


Figura 79 - Z-drive ZF accoppiato a motore Yanmar

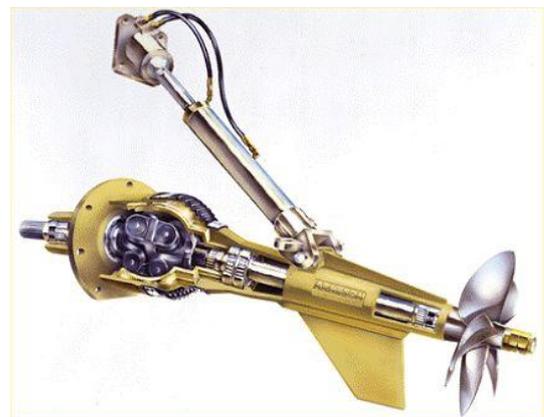


Figura 80 - Trasmissione snodata Arneson

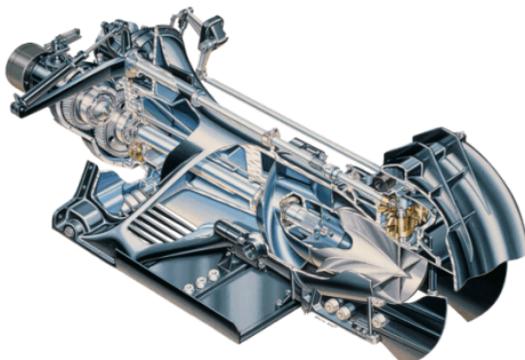


Figura 81 - Idrogetto Castoldi Jet



Figura 82 - Sistema IPS Volvo Penta

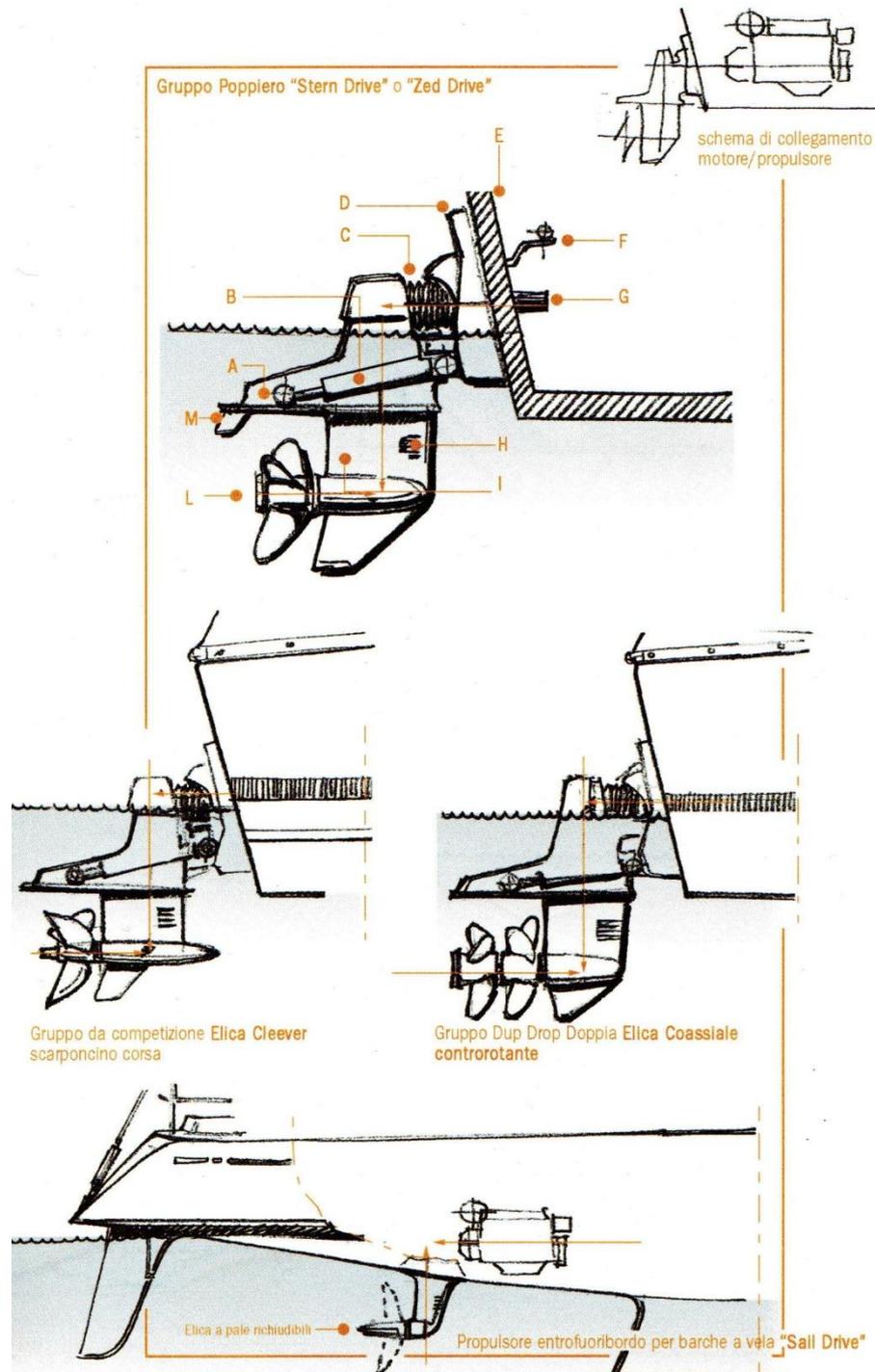


Figura 83 - Alcune sistemazioni entrofuoribordo: (A) piastra anticavitazione, (B) pistoni idraulici per regolazione trim, (C) cuffia di protezione del giunto cardanico, (D) piastra di attacco, (E) specchio di poppa, (F) attacco flessibile della timoneria, (G) presa di forza, (H) presa d'acqua raffreddamento motore, (I) scarponcino, (L) elica con scarico nel mozzo, (M) timoncino correttivo

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.

I gruppi propulsivi che adottano eliche di superficie hanno pressoché le stesse necessità di sistemazione dei tradizionali Z-drive, anche in questo caso, infatti, sarà necessario prevedere una sala macchine nella zona poppiera dell'unità ed uno specchio di poppa strutturale inclinato di  $13^\circ$ . Rispetto agli Z-drive, si deve osservare che questo tipo di trasmissione sporge molto più dallo specchio di poppa e quindi deve essere protetta con maggiore efficacia.

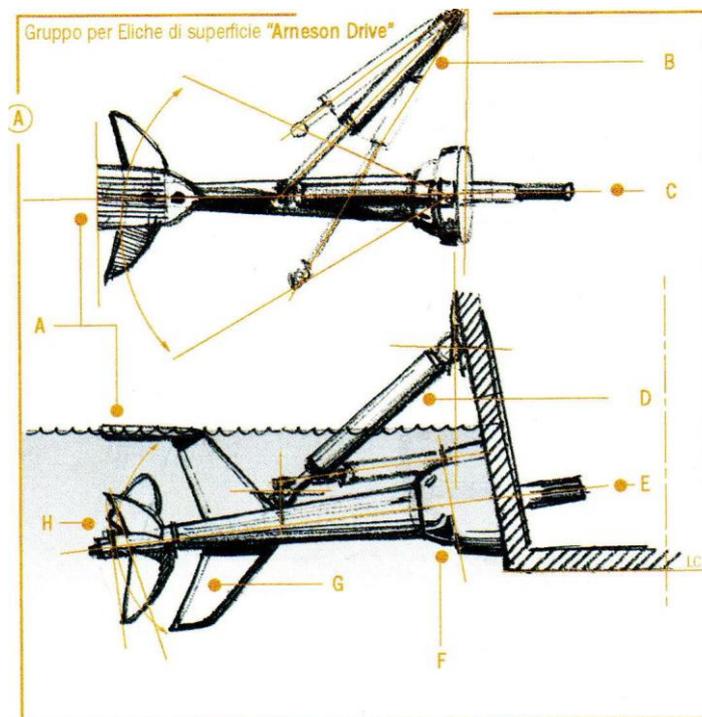


Figura 84 - Trasmissione con elica di superficie: (A) piastra di contenimento scia, (B) pistone di comando timoneria, (C) presa di potenza, (D) pistone di regolazione del trim, (E) presa di potenza, (F) giunto di trasmissione omocinetico, (G) pinna di deriva, (H) elica di superficie

L'applicazione dei gruppi propulsivi a idrogetto è molto più ampia e varia dei precedenti. I vantaggi sono principalmente da ricercarsi nel raggiungimento di elevate prestazioni, nella maggior sicurezza rispetto alla speronamento di corpi semisommersi (tra cui i bagnanti...), nella scarsa immersione richiesta per un corretto funzionamento e nel miglioramento generale delle caratteristiche di manovrabilità del mezzo. I principi di applicazione di questi propulsori in linea di massima non differiscono molto

dai precedenti, tuttavia il condotto propulsivo degli idrogetti si sviluppa invadendo buona parte del fondo poppiero dell'imbarcazione ed impone perciò forme particolari anche allo specchio di poppa diverse per ciascuna sistemazione.

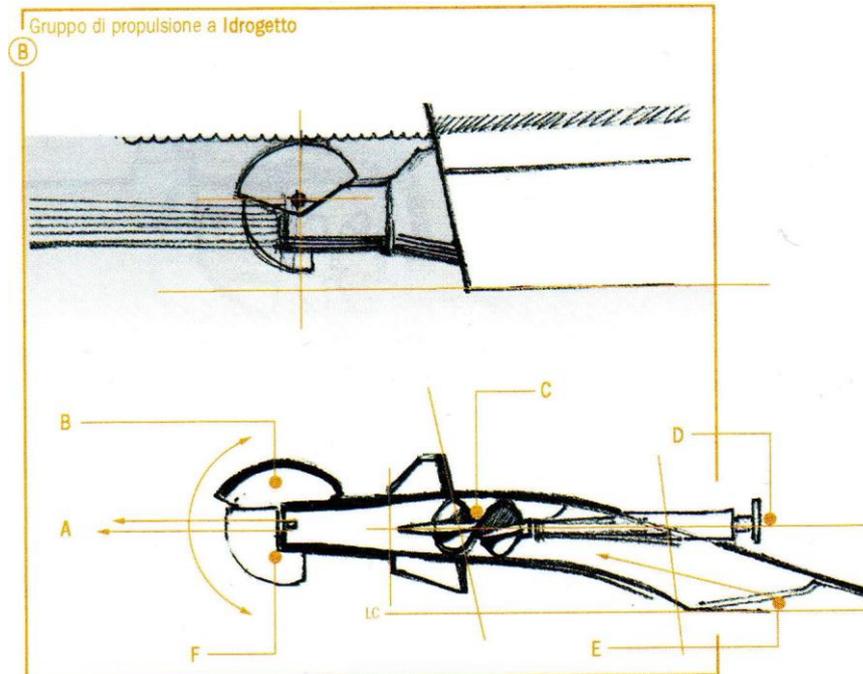


Figura 85 - Propulsore a idrogetto: (A) ugello di uscita, (B) celata abbassabile per retromarcia, (C) girante di propulsione, (D) presa di forza, (E) presa d'acqua, (F) timoncino direzionale

La trasmissione IPS (Inboard Performance System) è un brevetto nato dalla collaborazione di Volco Penta e ZF. Coniuga due eliche coassiali controrotanti traenti per ciascun motore con un piede azimutale capace di ruotare teoricamente di 360°. Con questo tipo di trasmissioni si riesce perciò a governare molto bene le barche soprattutto perchè il controllo può essere attuato attraverso un unico comando a joystick. Attualmente l'unico svantaggio di questo sistema sta oltre che nel costo iniziale, nella delicatezza dell'insieme dato che le eliche risultano esposte ad eventuali (piuttosto frequenti) collisioni con oggetti galleggianti (legni, sacchetti etc.).

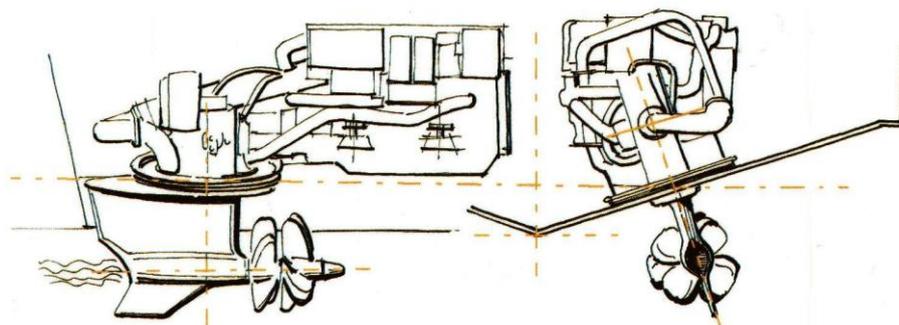


Figura 86 - Sistemazione di una trasmissione IPS

3. *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 (per grosse potenze ed unità di davvero importanti dimensioni), 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). Generalmente sono presenti per ragioni di ridondanza dettate da una implicita sicurezza almeno due motori, ognuno dei quali deve essere sistemato in modo da permettere una sufficiente accessibilità per gli interventi di manutenzione. Le linee d'assi possono essere inclinate sul piano orizzontale ( $2^\circ$  o anche meno) e sul piano verticale ( $0^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $10^\circ$  e  $14^\circ$ ) a seconda del riduttore utilizzato. Un componente la cui progettazione solitamente è molto complessa è il sistema di scarico. I gruppi propulsivi entro bordo sono i più diffusi, i più economici e sicuramente i più affidabili, tuttavia presentano una notevole criticità in fase di montaggio perchè l'allineamento della linea d'assi è un'operazione molto complessa che va eseguita con competenza ed attenzione.

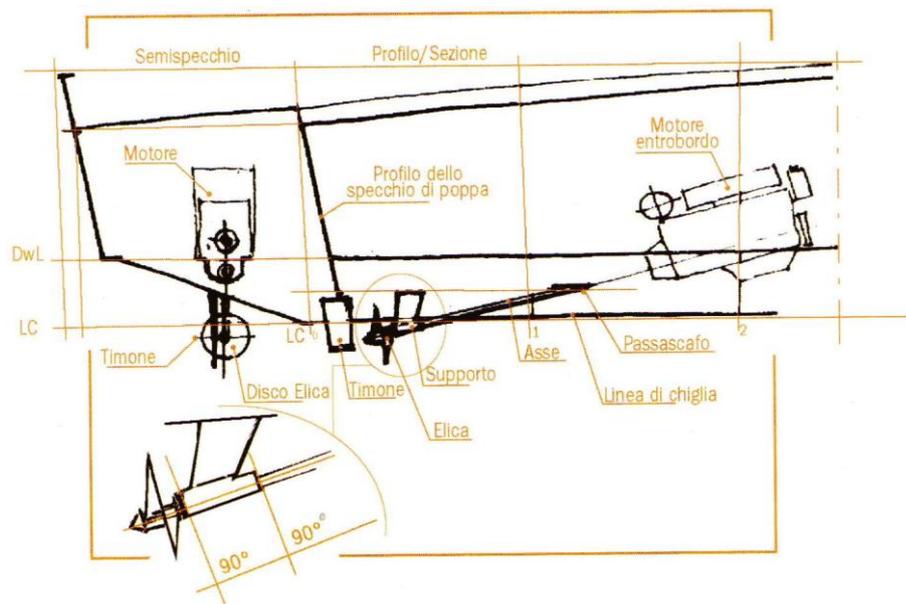


Figura 87 - Schema di sistemazione entro bordo

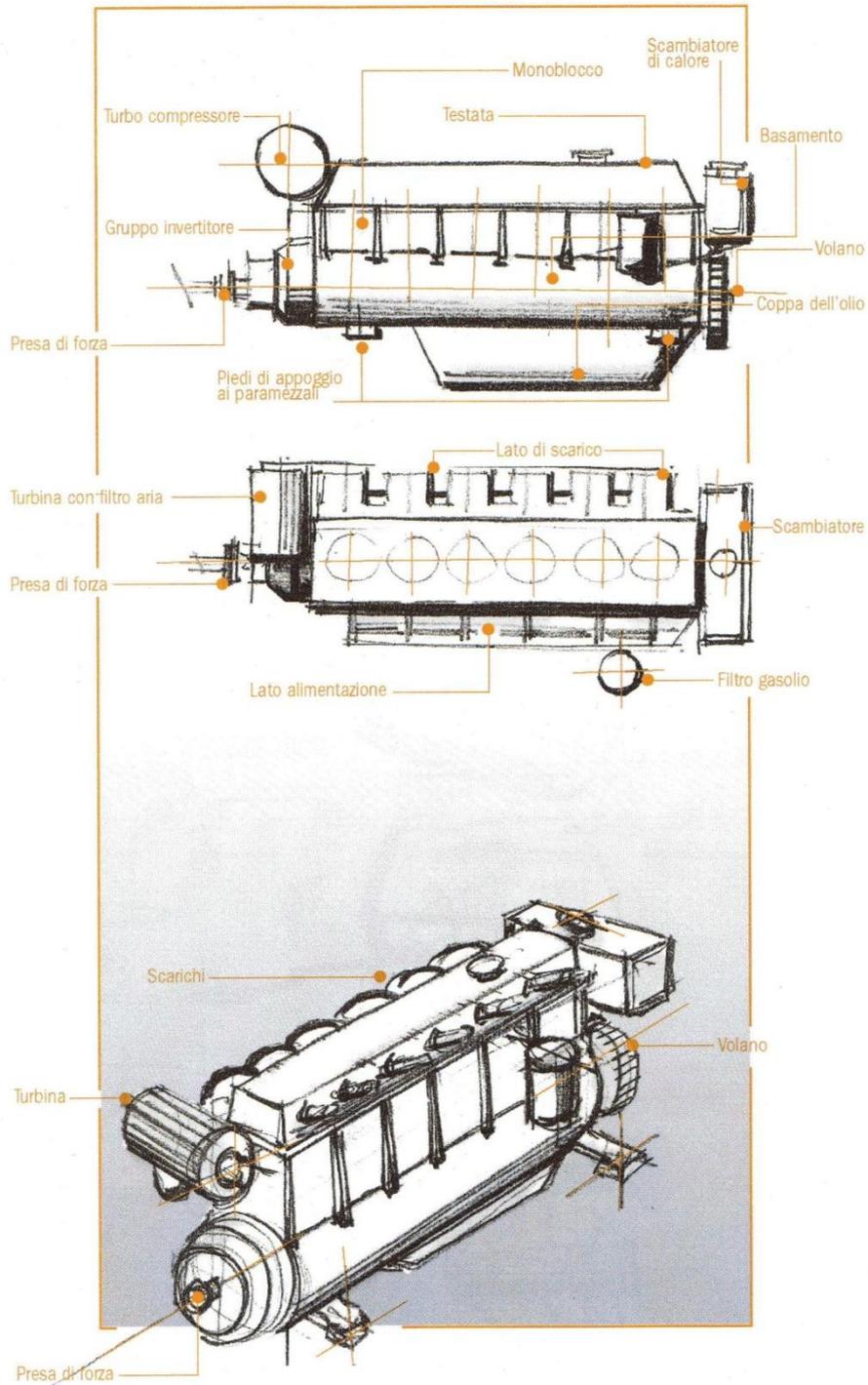


Figura 88 - Componenti di un motore entroborlo

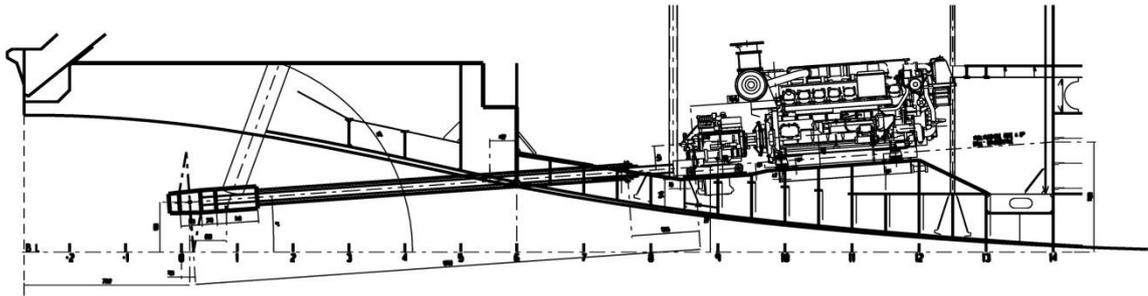


Figura 89 - Vista longitudinale di una sistemazione di linea d'assi

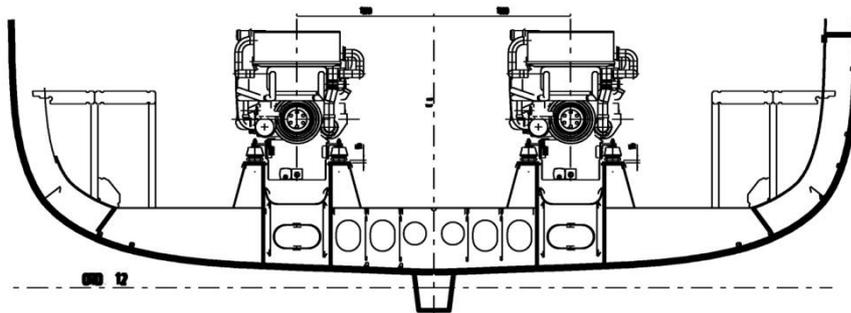


Figura 90 - Sezione trasversale di una sistemazione di macchina

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. In precedenza, si è visto come il Normatore e il Legislatore interpretano tale definizione. 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. I principali componenti dell'armo velico sono:

- *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.

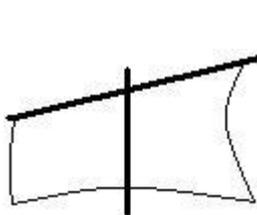


Figura 91 - Vela quadra

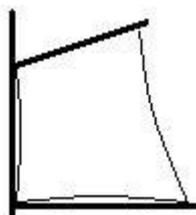


Figura 92 - Vela aurica

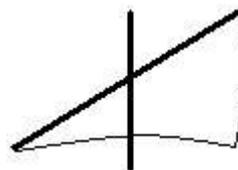


Figura 93 - Vela latina

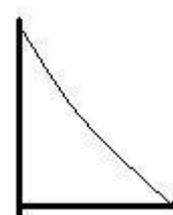


Figura 94 - Vela bermudiana

In base alla loro posizione e funzione le vele possono invece essere distinte in:

- *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*. Nell'armatura velica contemporanea (*bermudiana*), la randa è di forma triangolare, posizionata a poppavia dell'albero di maestra e sostenuta ad esso mediante inferitura o canestrelli inferiti nell'apposita canaletta dell'albero. La base della randa è mantenuta tesa dal boma. In condizioni di normale navigazione la randa viene usata per risalire il vento in combinazione (quando presente) con il fiocco, vela issata a prua della randa, o con il genoa, un fiocco di maggiori dimensioni che a volte è anche più grande della randa stessa. Nelle andature portanti si preferisce in genere ammainare il fiocco o il genoa (in particolar modo durante le regate ma molto più raramente in occasione di navigazioni a puro scopo ricreativo) per impiegare la randa in associazione a vele più adatte a tali andature, come lo (spinnaker o il gennaker), tipicamente più grandi, di forma semisferica e in genere di tessuti più leggeri e spesso brillantemente colorate.



Figura 95 - Confronto fra differenti forme di randa

- *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.



Figura 96 - Fiocco

- *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. La sovrapposizione determinata dalla dimensione del genoa è variabile e viene misurata con il rapporto tra la lunghezza della perpendicolare allo strallo tracciata dalla bugna di scotta (LP) e la corrispondente dimensione relativa al triangolo prodiero, espressa come percentuale:
  - fiocco,
  - genoa 110% LP della vela pari al 110% della LP del triangolo prodiero
  - genoa 135% LP della vela pari al 135% della LP del triangolo prodiero
  - genoa 150% LP della vela pari al 150% della LP del triangolo prodiero

Come per il fiocco, il genoa consente di mantenere il controllo della prua dell'imbarcazione e contribuisce alla capacità dell'imbarcazione di bordeggiare (di risalire il vento), anche se con minor efficienza del fiocco, e maggiore difficoltà in virata. La presenza di maggiore superficie velica consente al genoa di essere versatile per andature intermedie, *di bolina larga*, *al traverso* e anche *al lasco*. Questo determina uso del genoa come equipaggiamento standard nelle imbarcazioni a vela da diporto.



Figura 97 - Genoa

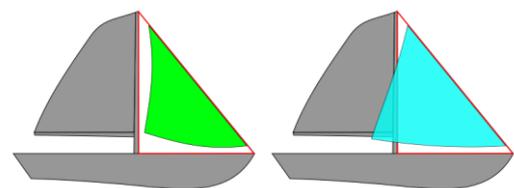


Figura 98 - Confronto tra fiocco e genoa

Il nome genoa deriva dal fatto che si crede che questo tipo di vela sia stato usato per la prima volta in regata a Genova (Genoa, in inglese) e a Copenaghen nel

1926 da Raimondo Panario. Altri attribuiscono l'invenzione del genoa a Sven Salen, armatore e skipper svedese.

- *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. Nelle andature comprese tra il lasco e il traverso conviene però il MPS. Lo spinnaker di norma è costruito con materiale molto leggero ed è molto grande rispetto a randa e fiocco.



Figura 99 - Spinnaker

Quando viene issato deve essere mantenuto fuori dalla prua della barca. Affinché questo avvenga bisogna montare un "braccio" supplementare. Il termine tecnico per indicare questo braccio è tangone. Lo spinnaker ha la forma di un triangolo isoscele con delle spalle alla sommità, con una grande "pancia" al centro, i suoi vertici sono chiamati: penna (quella che va verso la testa dell'albero a mezzo della drizza) e bugne (quelle che vanno attaccate a scotta e braccio). Per issare lo spinnaker si usa la drizza, mentre per regolarlo si usano due cime. La cima che va dalla barca al tangone è chiamata braccio, mentre la

cima che va dalla barca all'altro vertice è chiamata scotta; tale tipo di circuito viene utilizzato su barche fino a 30 piedi, oltre tale lunghezza se ne utilizza uno chiamato "a doppia scotta" che prevede un braccio ed una scotta attaccati su ciascuna bugna; tale modifica prevede anche una modifica della strambata.

- *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. Infatti il genoa fornisce la massima spinta portante quando il vento apparente è compreso fra i 35 e 60 gradi; lo spinnaker invece raggiunge la massima spinta con vento apparente compreso fra 100 e 140 gradi. Per la sua geometria è meno portato a collassare su sé stesso. Il gennaker è però sempre più diffuso anche sulle barche da crociera come alternativa allo spinnaker. Infatti è molto più semplice da utilizzare per un equipaggio inesperto, poiché non richiede il tangone, ed essendo murato a prua è più stabile. Nel contempo con andature portanti e vento leggero dà risultati migliori del genoa. Anche nelle imbarcazioni con poco equipaggio e molto acrobatico (catamarani, skiff, derive) è utilizzato per la sua facilità di manovra.



Figura 100 - Gennaker

- *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 rinvio in pozzetto e usato come manovra corrente. È issato, e non ingarrociato, con il punto di scotta manovrato come uno spinnaker. Lo si utilizza per le andature da lasco a gran lasco e vien detto anche spi da lasco. È molto più grasso del gennaker, ma più magro e meno spallato dello spinnaker. Può assumere anche altri nomi, a seconda della veleria che lo produce. Sta lasciando il posto al gennaker.



Figura 101 - MPS

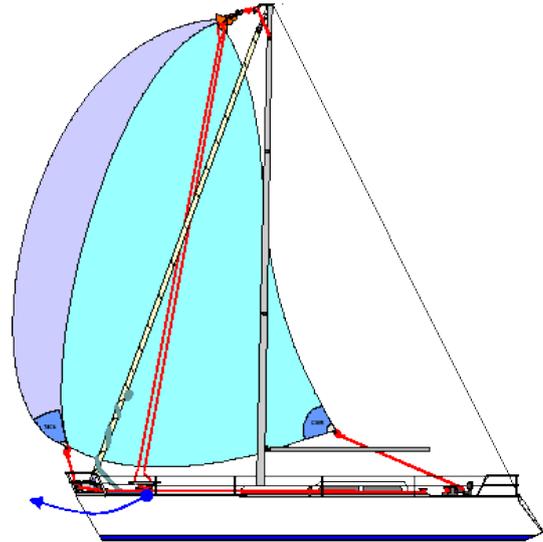


Figura 102 - Schema MPS

Attualmente nella pratica del diporto salvo rarissimi casi si utilizzano vele bermudiane.

- *Boma*: è l'asta, costruita in lega leggera, legno o fibra di carbonio che sostiene la base della randa.

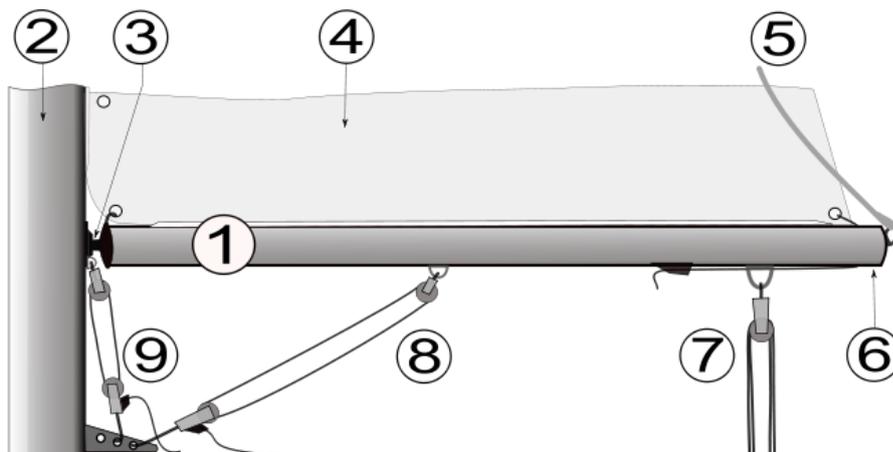
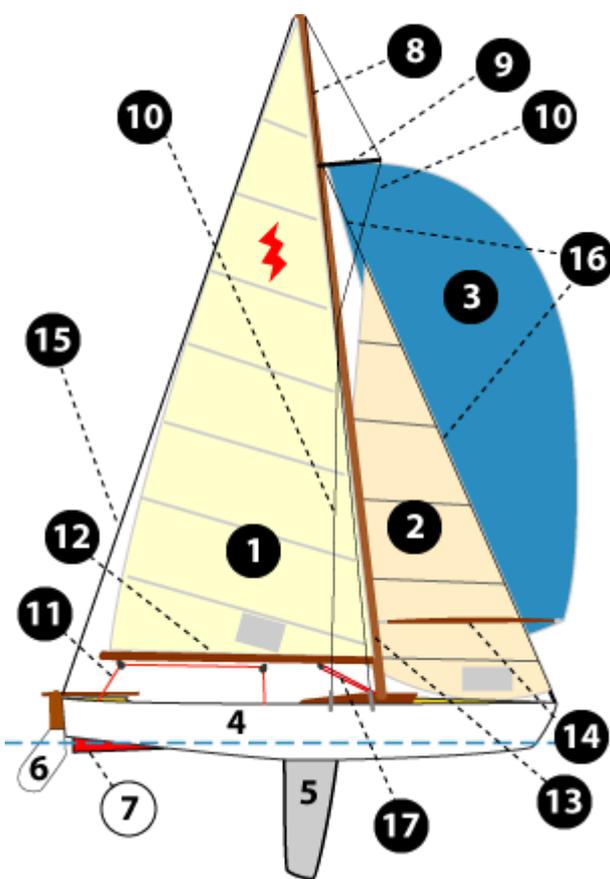


Figura 103 - Boma e suoi componenti

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:

1. Il *tesabase* (6) che viene fissato all'angolo di scotta della vela e regola la tensione della base della randa.
  2. 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.
  3. Il *vang* (8), un paranco regolabile che consente di regolare l'inclinazione verticale del boma, modificando la forma della vela.
  4. 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.

Nella figura seguente è riportato l'elenco delle principali componenti dell'armo velico tradotte nelle lingue che è più frequente incontrare nel mondo della vela.



	<b>Italiano</b>	<b>Inglese</b>	<b>Francese</b>
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 dé 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

Figura 104 - Componenti dell'armo velico

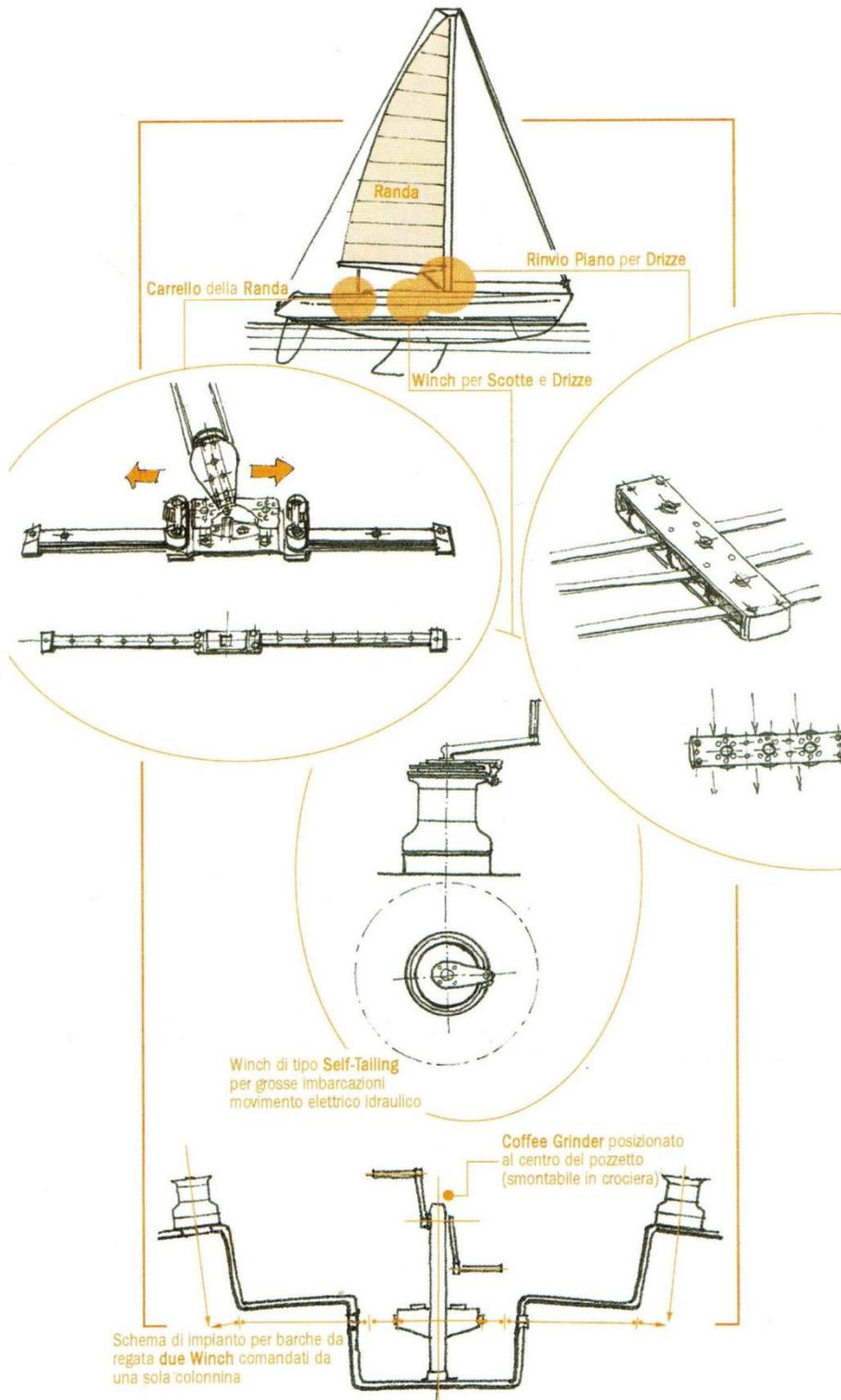


Figura 105 - Manovre (1)

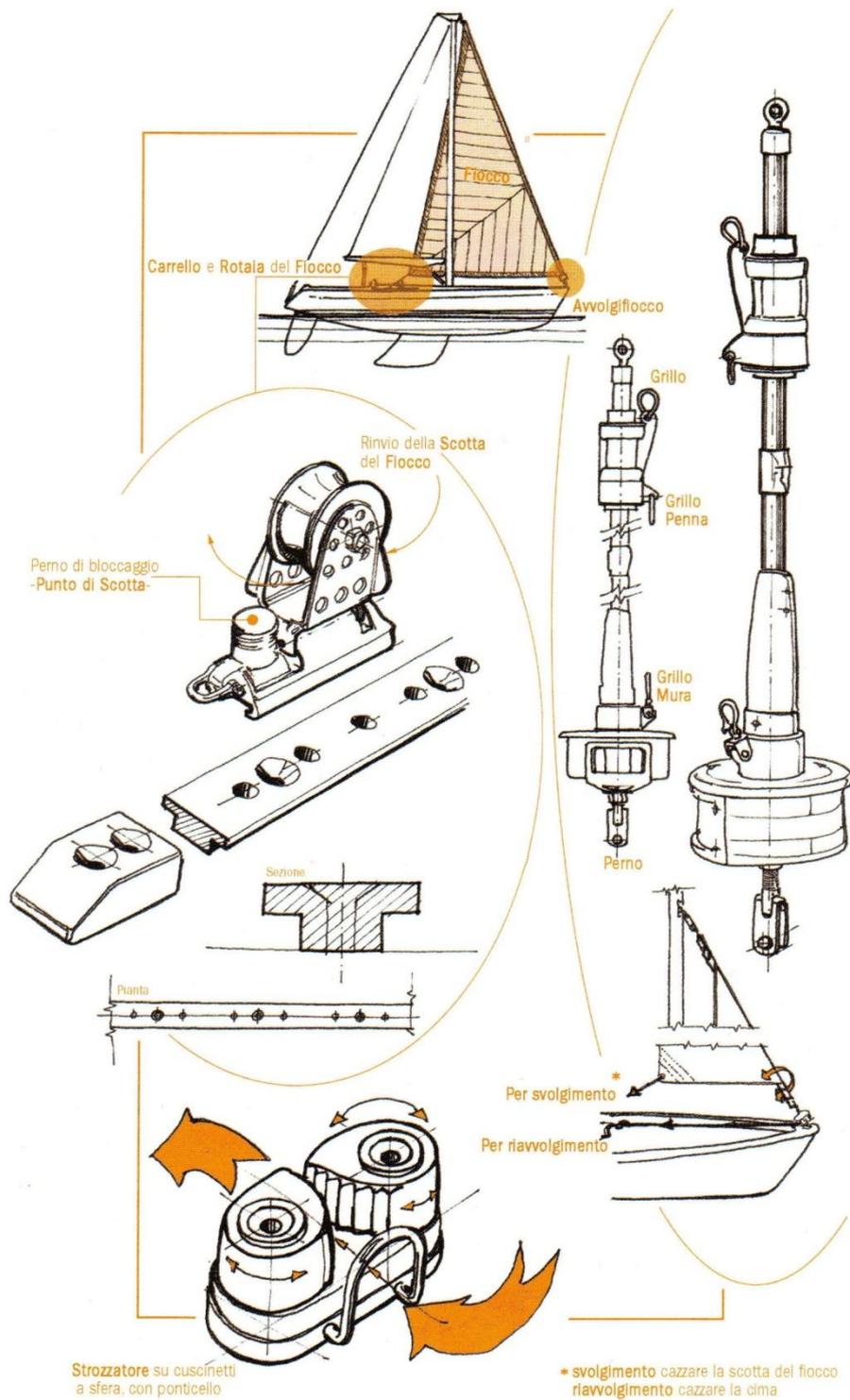


Figura 106 - Manovre (2)



Esistono diversi tipi di armo che sono stati sviluppati durante la lunga storia della navigazione in un numero molto consistente di varianti. Gli armi che oggi trovano più ampia diffusione sono:

- *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, ovvero: stiva, corridoio e batteria. Questa unità, tra la metà del XVIII secolo e gli inizi del XIX secolo sostituì i pesanti galeoni nei lunghi viaggi transoceanici e per gli usi militari. Utilizzato estesamente nelle flotte di tutti i paesi marinari sia per utilizzi commerciali che per utilizzi militari per la composizione delle flotte della marina militare. Oggi questo tipo di armo è utilizzato per le navi scuola delle Marine Militari e raramente nel diporto; un esempio di tutto rispetto è il Maltese Falcon costruito da Perini Navi.

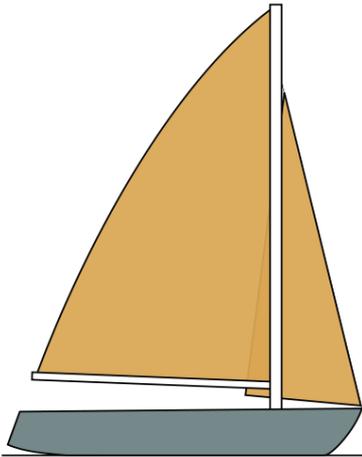


Figura 107 - Piano velico di uno sloop

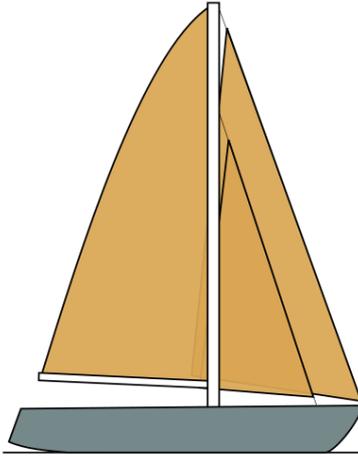


Figura 108 - Piano velico di un cutter

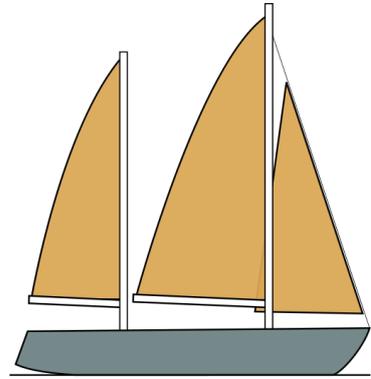


Figura 109 - Piano velico di un ketch

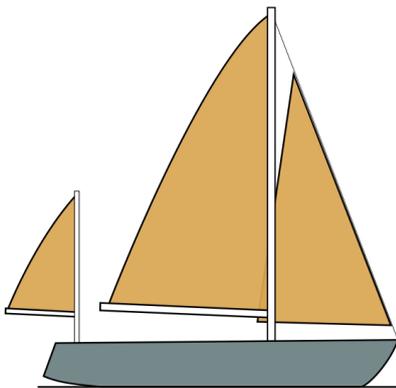


Figura 110 - Piano velico di uno yawl

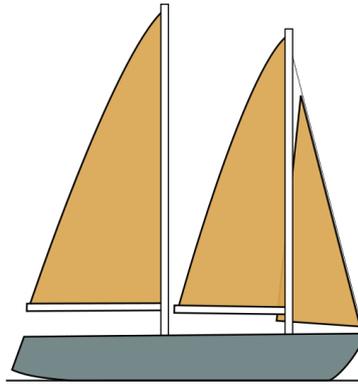


Figura 111 - Piano velico di una goletta

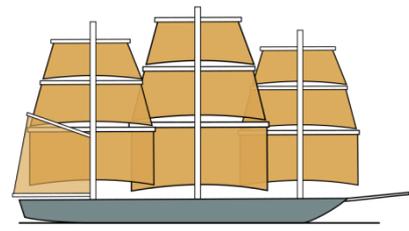


Figura 112 - Piano velico di un vascello

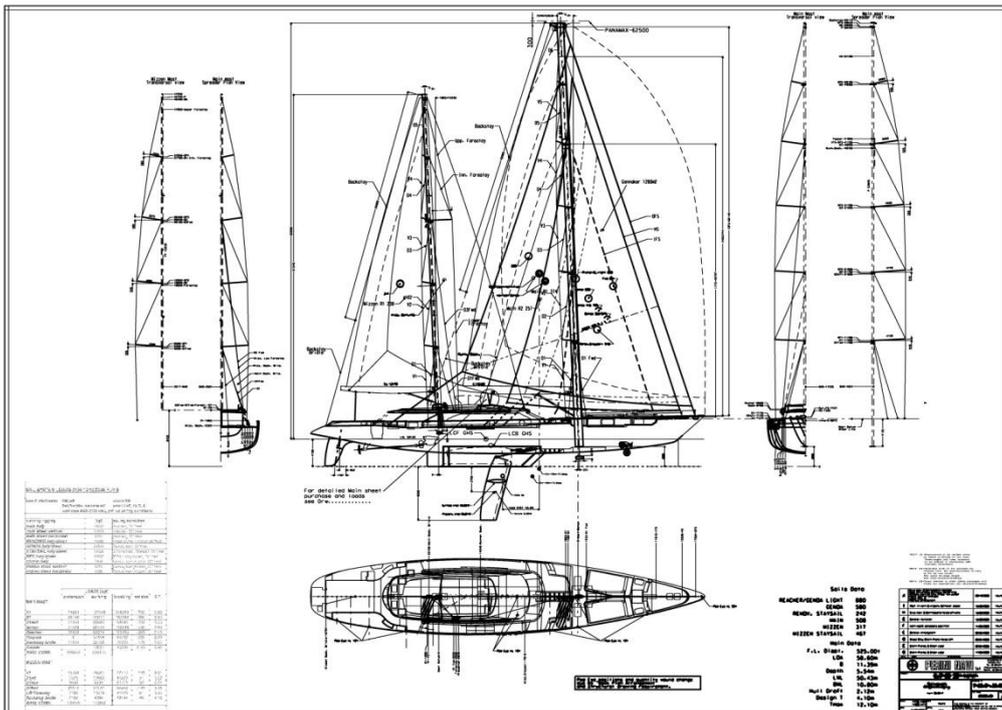


Figura 113 - Piano velico di un ketch di 60 m

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.

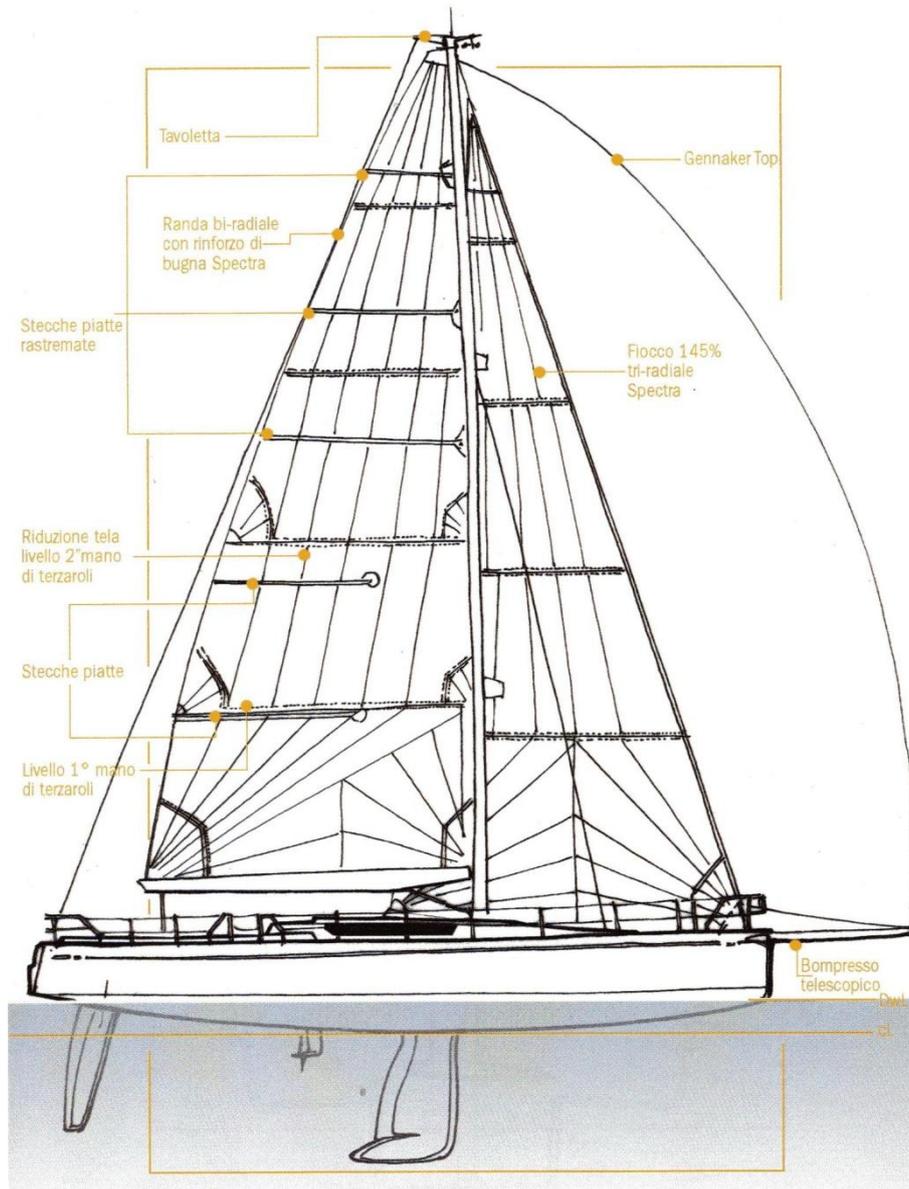


Figura 114 - Piano velico di un'imbarcazione da crociera

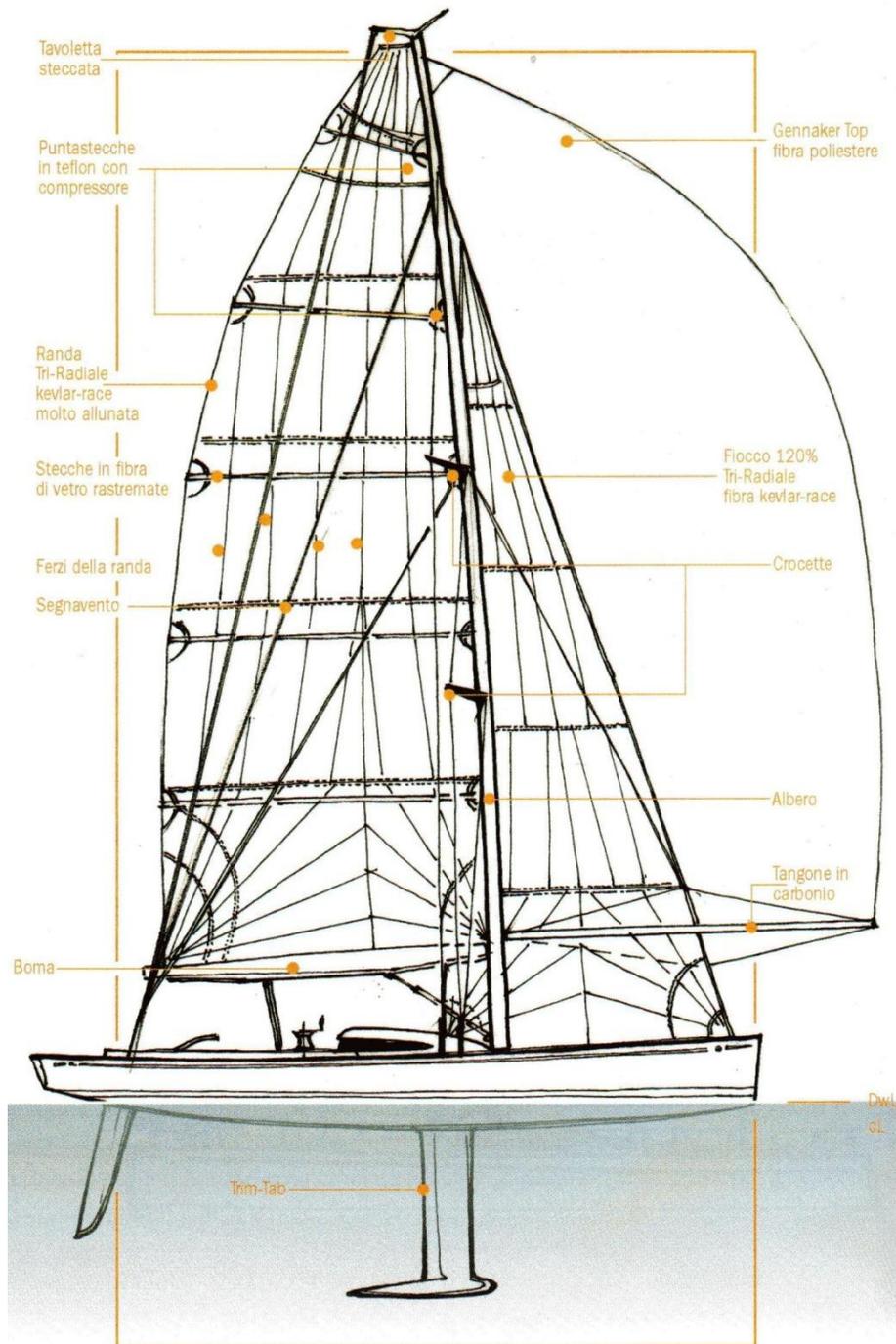


Figura 115 - Piano velico di un'imbarcazione da regata con randa allunata



### 1.9.6 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. Esistono migliaia di valori dimensionali e di rapporti che interessano l'antropometria, ma come sostiene Albert Damon (*Harvard University*) "*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*".

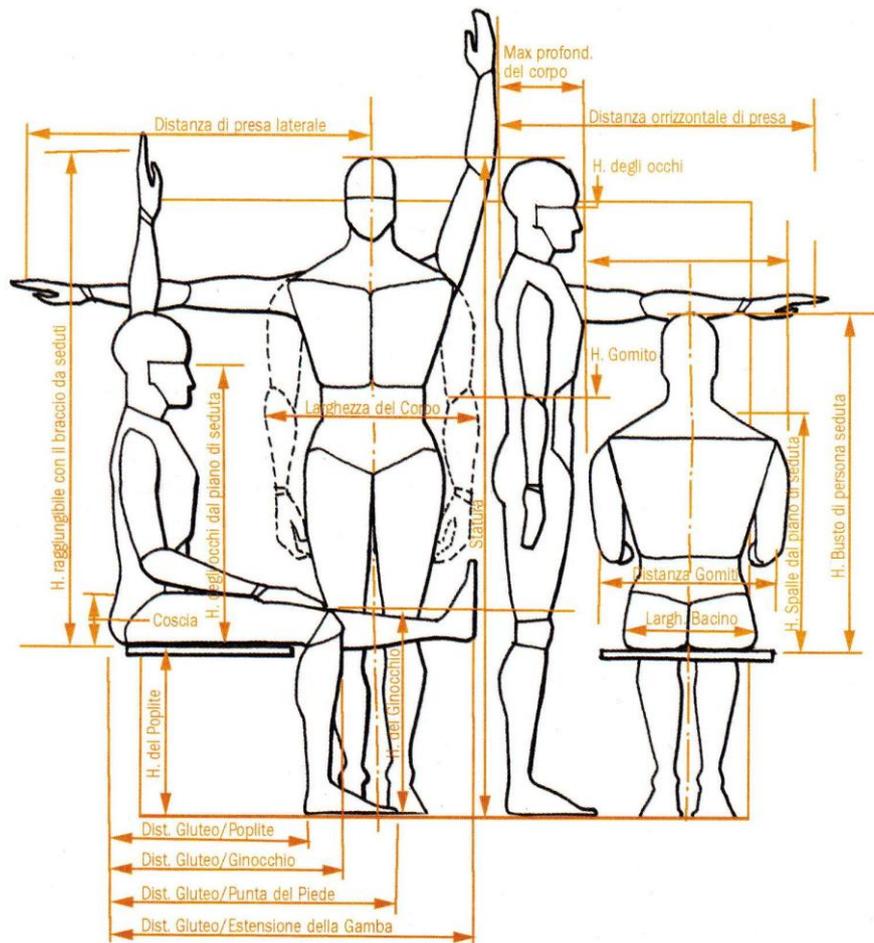


Figura 116 - Riferimenti ergonomici dimensionali

Grazie ad una serie di analisi statistiche è oggi possibile eseguire una progettazione standardizzata di tutto ciò che interagisce con l'uomo. Il problema è però qual è l'uomo medio? I riferimenti universalmente riconosciuti sono almeno tre quello europeo, quello americano e quello giapponese. La più semplice e tangibile conferma dell'esistenza di diversi uomini medi si può ottenere confrontando le dimensioni e le proporzioni degli abitacoli delle automobili: i giapponesi molto compatti, gli americani molto ampi, gli europei una via di mezzo. Un ulteriore parametro che può imporre una differenza volumetrica delle persone è il sesso: la figura maschile assume una conformazione più imponente rispetto a quella femminile. Alla base di tutte le statistiche, dopo aver considerato i due criteri discriminanti fondamentali (razza e sesso), 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: ad esempio 95° per l'altezza in posizione eretta (così quasi tutti riescono a fruire del locale) o 5° per l'altezza dei ripiani a paratia.

Per agevolare il lavoro del progettista può risultare utile avvalersi di uno strumento grafico che permetta di apprezzare l'ottimizzazione ergonomica di un ambiente: il manichino snodato. In particolare sarà bene verificare ogni ambiente con il manichino corrispondente al 95° percentile dell'uomo e quello corrispondente al 5° percentile della donna. Di seguito è riportata la figura che confronta il manichino dell'uomo con alcune altezze di frequente utilizzo.

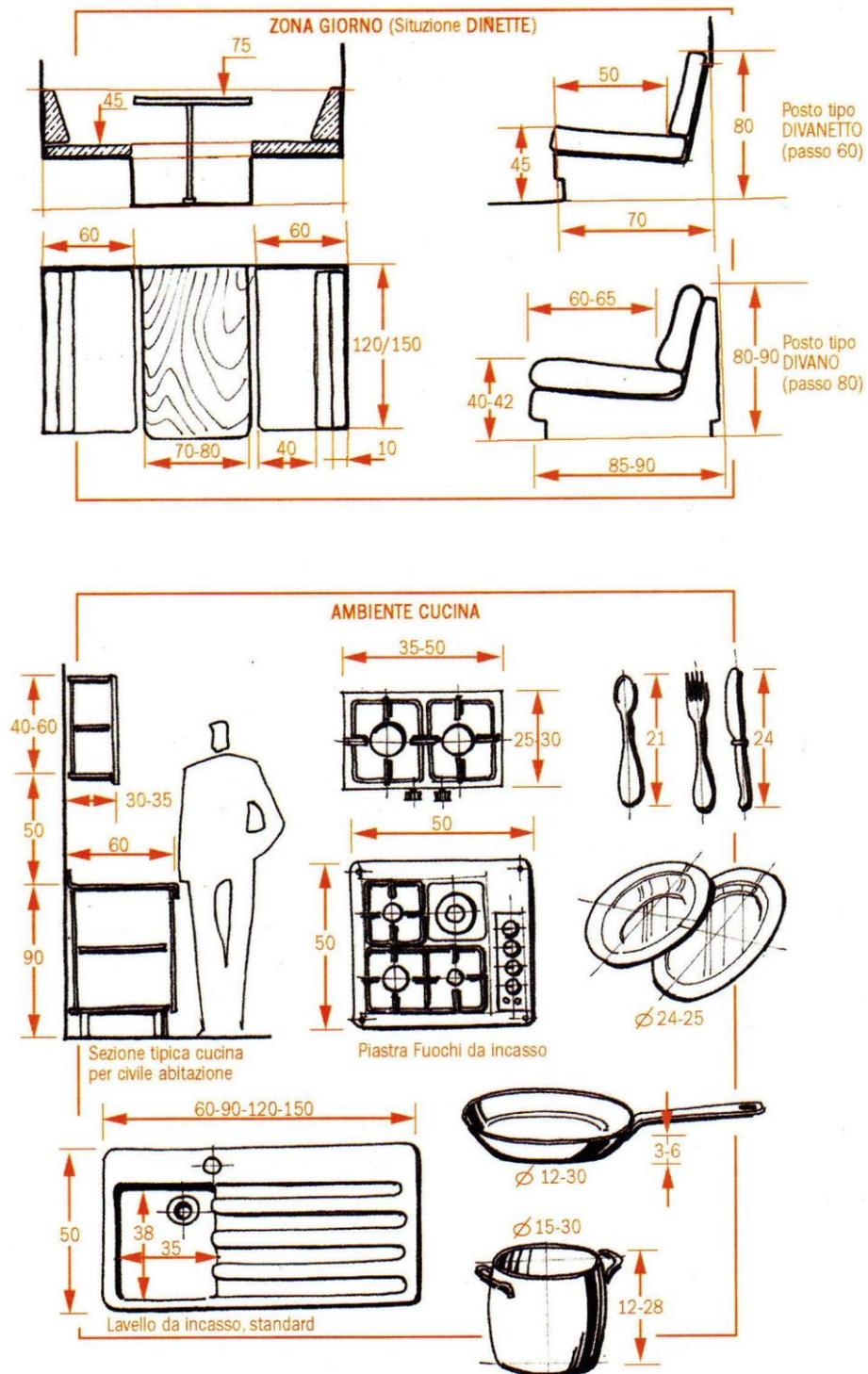
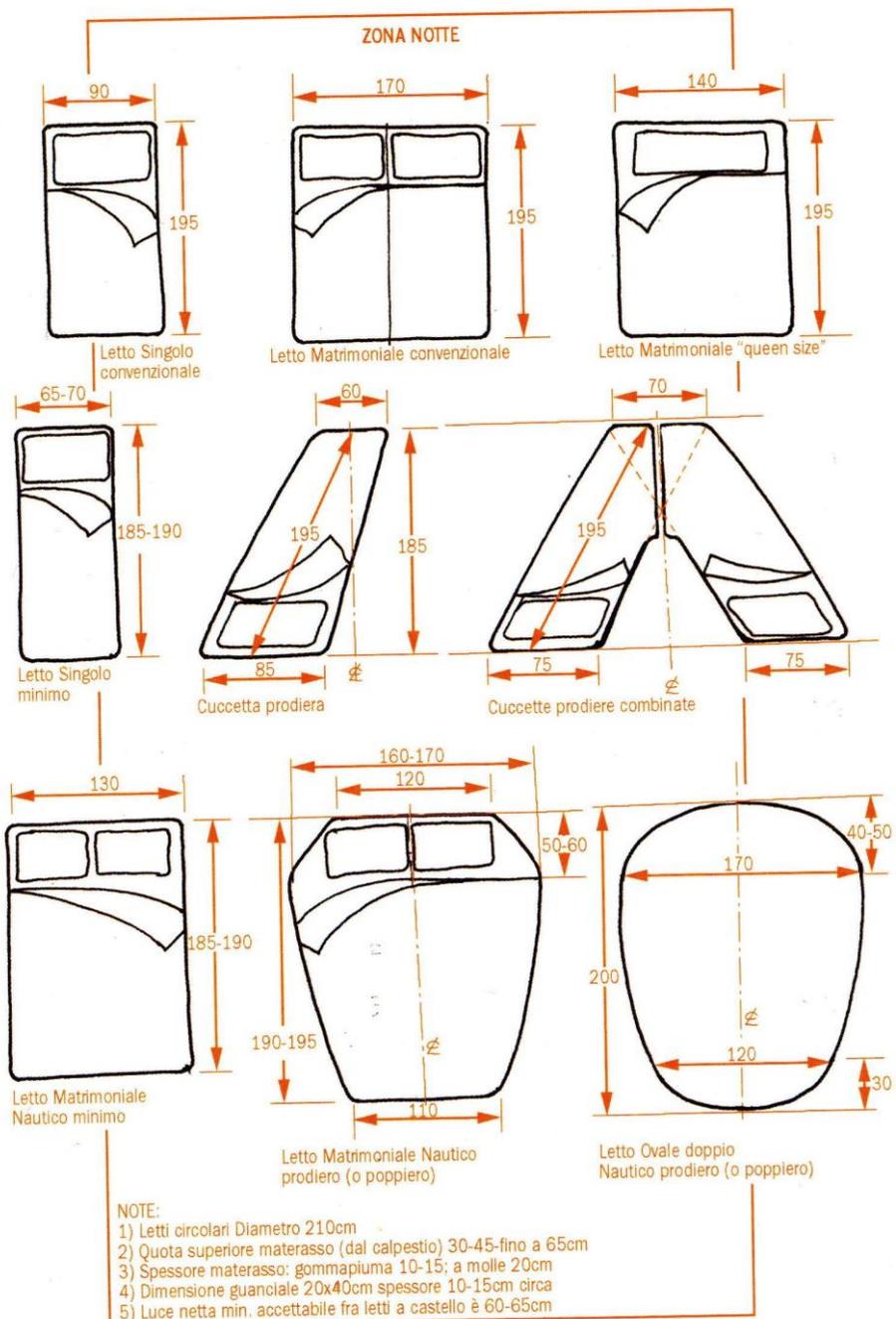


Figura 117 - Dimensioni fondamentali degli arredi: zona giorno



**Figura 118 - Dimensioni fondamentali degli arredi: zona notte**

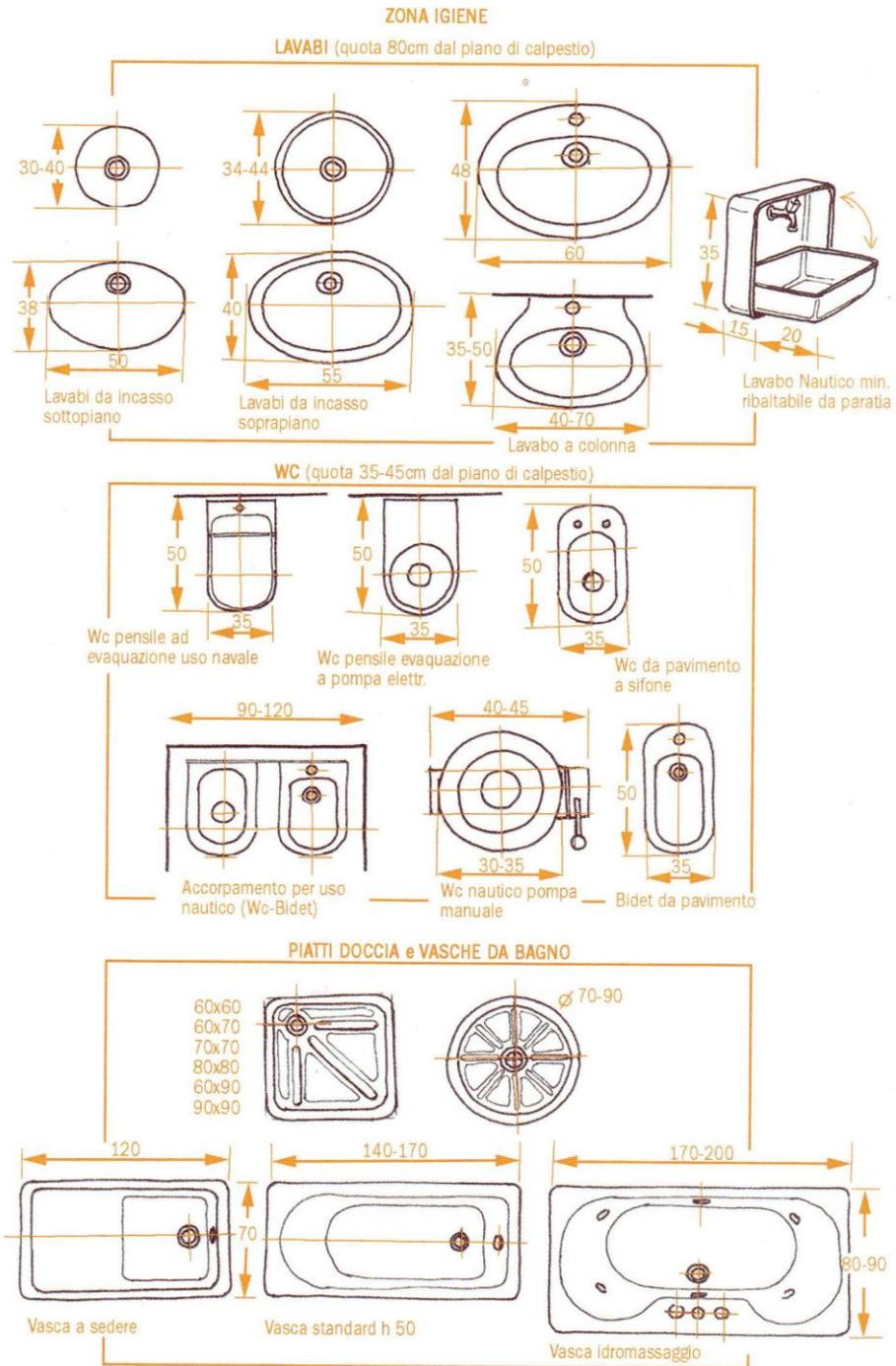


Figura 119 - Dimensioni fondamentali degli arredi: zona igiene

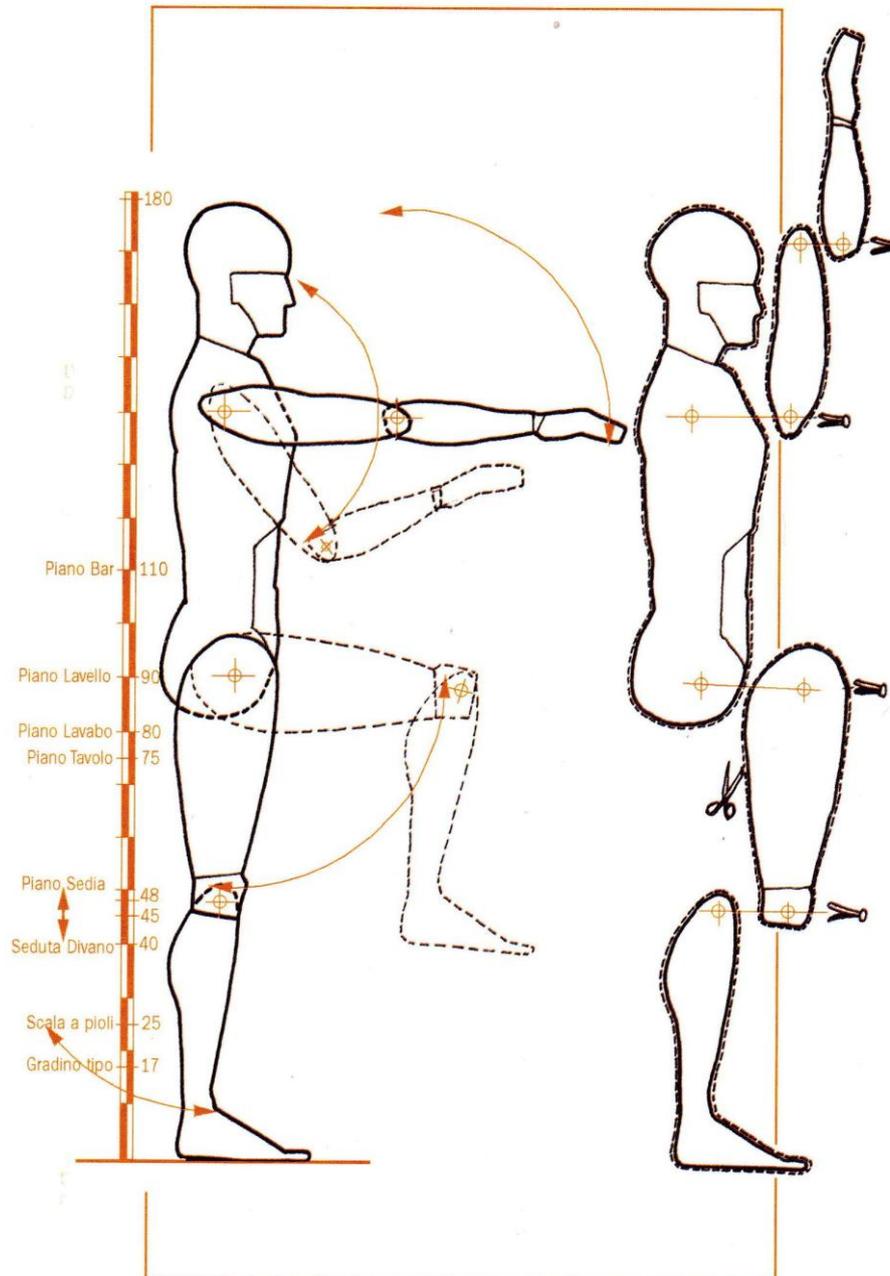


Figura 120 - Il manichino

Come più volte detto, 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:

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

Volendo chiarire l'applicazione dei concetti contenuti nelle norme di cui sopra si possono distinguere i seguenti ambiti:

- *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.

MODIFICHE ALTERATIONS					
	01	15/06/2010	VB		Aggiornato logo
	REV. N.	DATA DATE	NOME NAME	FIRMA SIGN	
DISEGNATO DRAWN	19/01/2010	VB		 <b>UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE</b> 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 <b>1:100</b>	<b>QUALITÀ STANDARD</b>			COSTRUZIONE HULL -	
SCALE	<b>DISEGNI NAVALI</b>			PROGETTO PROJECT -	
FORMATO <b>A1</b>				DISEGNO N. DRAWING N. <b>IST 13 02 Allegato</b>	
SIZE				FOGLIO N. SHEET N. <b>1 / 1</b>	
COPIA N. -	L'UNIVERSITÀ DI TRIESTE SI RISERVA A TERMINI DI LEGGE LA PROPRIETÀ 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 -	

Figura 121 - Un tipico cartiglio di un disegno navale

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.

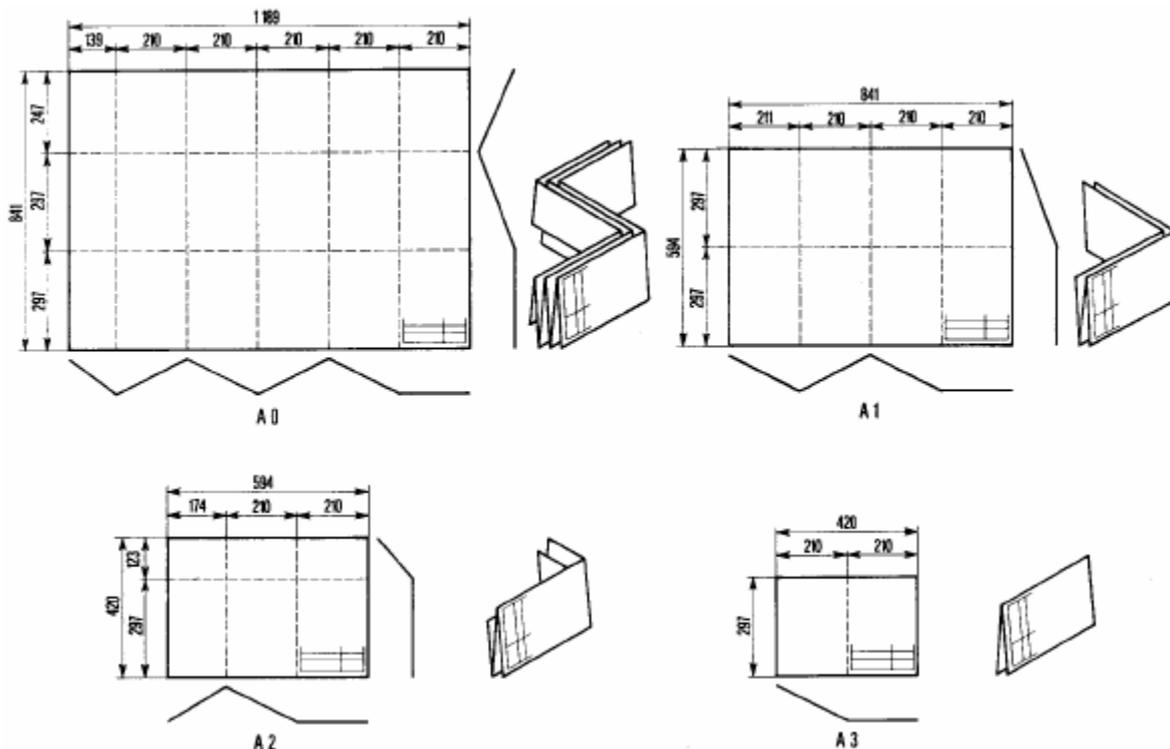


Figura 122 - Procedura di piegatura dei formati principali.

- *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. Spessori particolarmente sottili vengono utilizzati per le linee di costruzione geometrica, in particolare a tratto 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	continua fine irregolare	C1 e D1 interruzioni di viste e di sezioni non coincidenti con un asse di simmetria
D	continua fine regolare zig-zag	
E	a tratti grossa	E1 o F1 contorni nascosti E2 o F2 spigoli nascosti
F	a tratti fine	
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		

Figura 123 - Tabella riassuntiva dei tipi di linea usati nei disegni navali

Come principio basilare nella rappresentazione del piano generale di un'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.



- *Simbologie grafiche convenzionali*: bisogna precisare innanzi tutto che spesso 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 ponte 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 riportato 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:

1. *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.

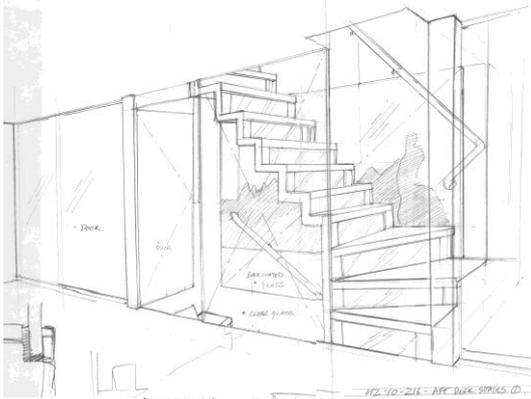


Figura 124 - Concept di una scala

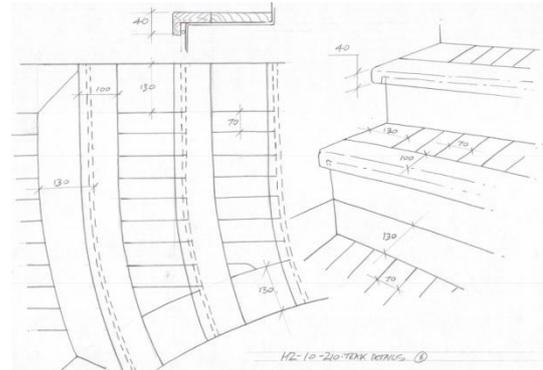


Figura 125 - Dettaglio teak di una scala(1)

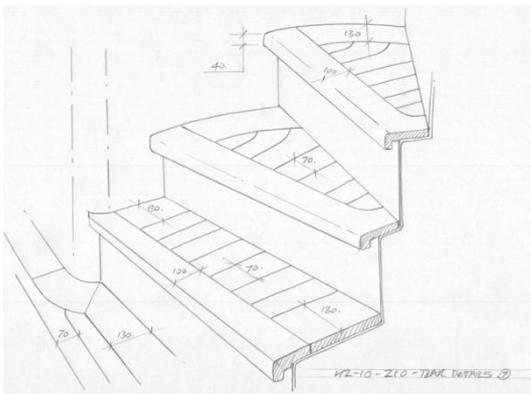


Figura 126 - Dettaglio teak di una scala (2)

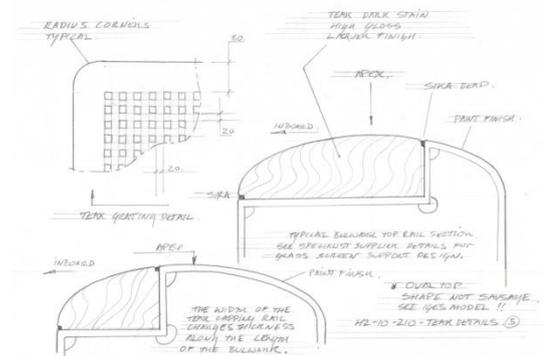


Figura 127 - Dettagli corrimano in teak

2. *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 tridimensionale descrittivo. In realtà questa fase è integrata nel processo di stesura del piano generale e non costituisce un'attività a se stante.



Figura 128 - Render di base di un salone



Figura 129 - Render di base di una cabina

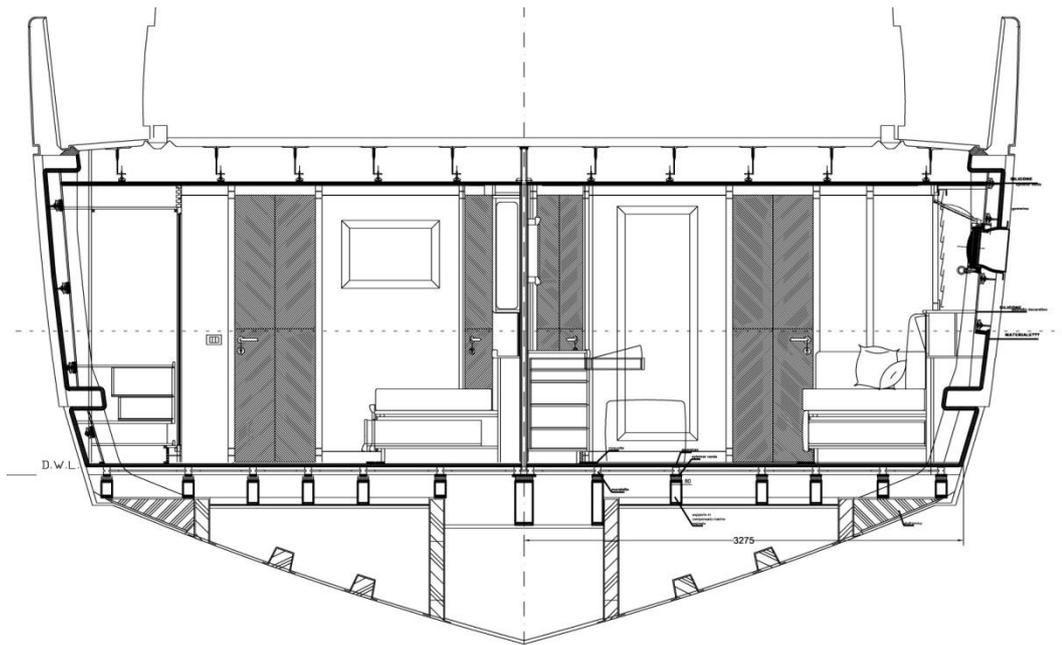


Figura 130 - Sezione tipica che riporta i dettagli di pareti e ciellini

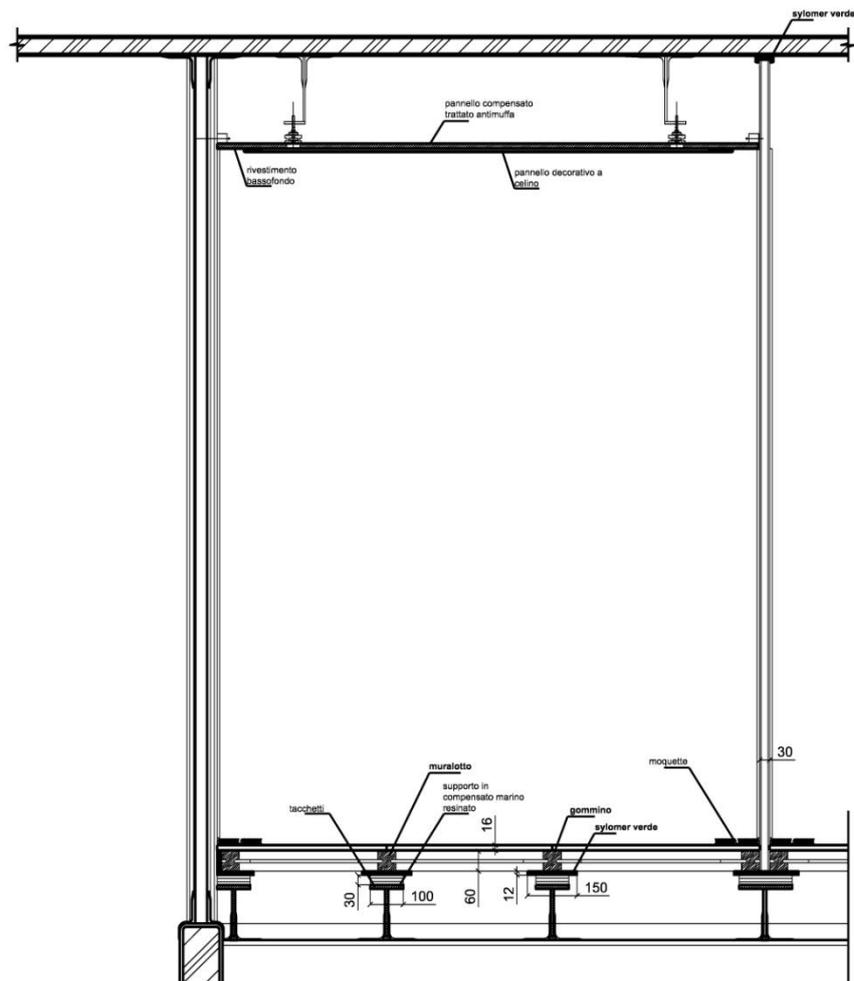


Figura 131 - Sezione tipica che evidenzia la composizione del telaio del soffitto e del pavimento

3. *Architettonica*: in questa fase i piani generali funzionali sono stati già definiti ed approvati da parte di tutte le parti coinvolte, perciò lo scopo di 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.

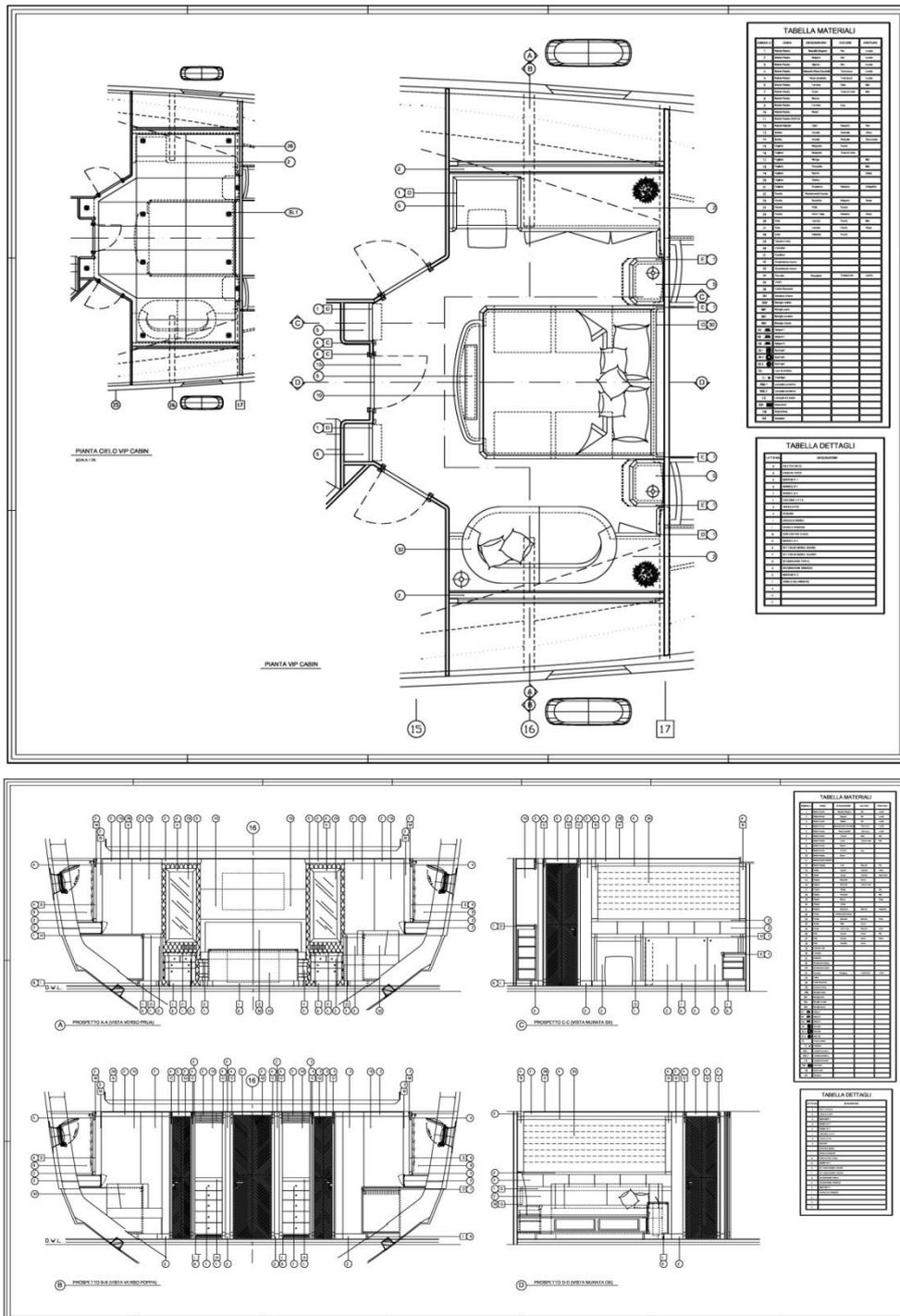


Figura 132 - Tavole architettoniche di una cabina

4. *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. La progettazione esecutiva si sviluppa in due momenti: il primo prevede l'aggiornamento con le dimensioni rilevate dei disegni architettonici, il secondo consiste nello sviluppo dei disegni costruttivi di tutti i componenti dell'arredo in scala 1:2 o più frequentemente in scala 1:1.

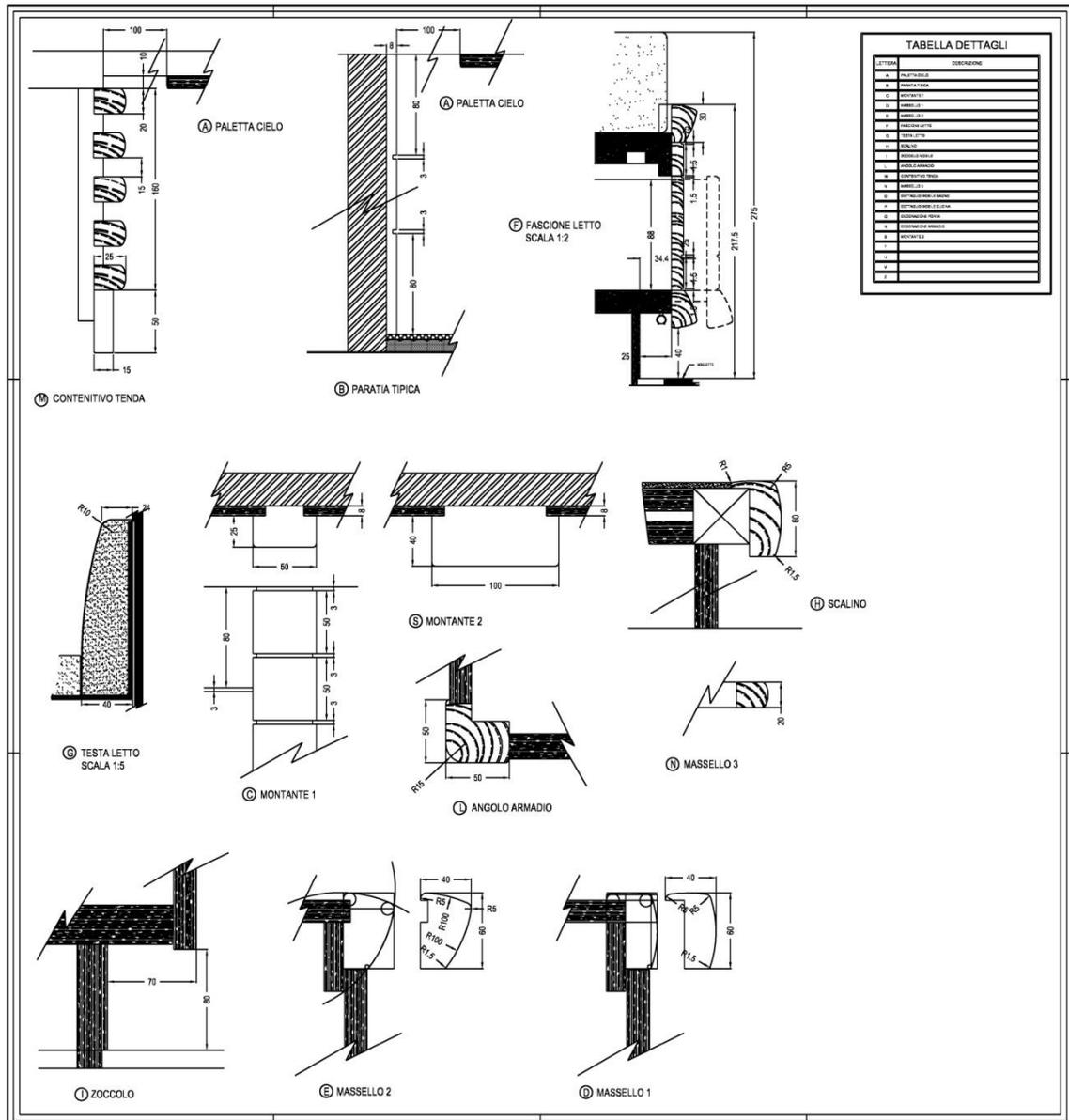


Figura 133 - Dettagli costruttivi



Figura 134 - Interni di uno yacht pronti per i rilievi (1)



Figura 135 - Interni di uno yacht pronti per i rilievi (2)

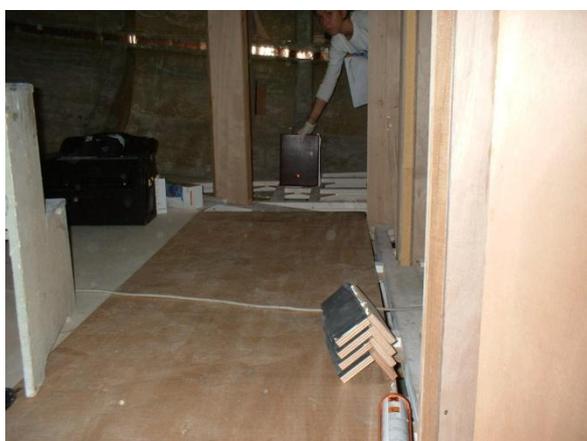


Figura 136 - Rilievo (1)



Figura 137 - Rilievo (2)

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.

Generalizzando non poco, 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.

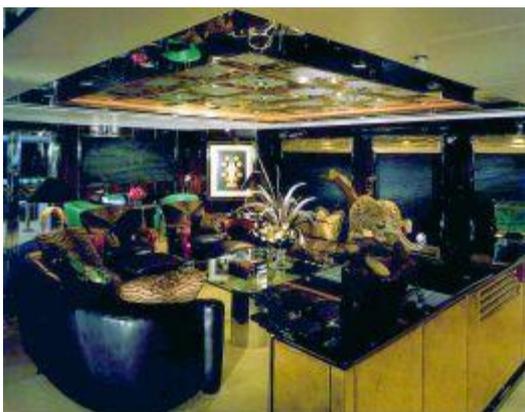


Figura 138 - Interni chic anni '80

Figura 139 - Interni in stile *minimal*

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.

Figura 140 - Interni in stile *modern contemporary*Figura 141 - Interni in stile *classic contemporary*

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. È uno stile che può essere interpretato anche in chiave moderna in modo stupendo ed elegante o scadere un poco nell'opulenza fine a se stessa ma pur sempre conservando personalità. I materiali più usati sono senza dubbio il mogano, ampie



## 1. Definizione di unità da diporto

pannellature in tessuto, divani e sedute dalle forme comode e classiche. Non è certo un tuffo coraggioso nel futuro, ma forse per questo legame con il passato, con la tradizione dello yachting classico e con l'aspirazione di chiunque vada per mare a rifugiarsi in un comodo e accogliente interno, è uno degli approcci più diffusi nel disegno di interni e diffusissimo fra l'altro nello yachting anglosassone, che rappresenta la maggior parte degli armatori di grandi barche.



Figura 142 - Interni in stile *classic contemporary*



Figura 143 - Interni in stile *classic contemporary*

Sicuramente è possibile progettare qualsiasi interno per una barca, ma indubbiamente c'è un profondo legame fra il carattere esterno dello yacht e il suo interno, legame che se evidenziato nel modo giusto non può che accrescere il valore dello yacht stesso, il suo successo e la soddisfazione di chi lo usa.



### 1.9.7 Definizione e controllo dei costi

Nelle costruzioni navali ed in particolare nel diporto il controllo dei costi di costruzione è estremamente importante. Come poche altre attività industriali le costruzioni navali impongono una notevole esposizione finanziaria e per un periodo relativamente lungo. 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. Un riferimento di prima approssimazione per stabilire il prezzo finale di un'unità da diporto può essere ricavato dalla tabella di seguito riportata in funzione delle dimensioni e della propulsione principale.

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	

In base a quanto precedentemente esposto verrebbe da pensare che la migliore barca che soddisfa i desiderata armatoriali sia quella con le dimensioni più piccole (lunghezza e quindi dislocamento). In realtà tale affermazione può essere condivisa solo in parte perché affrontando un progetto con l'obiettivo della "miniaturizzazione" si può incorrere nell'errore di concepire un'imbarcazione difficile da vivere e apprezzare e che soprattutto venga a costare molto più del necessario. La maniacale ricerca di riduzione del peso e delle dimensioni dell'unità (se non si sta affrontando il progetto di un racer) può portare a scelte che implicano ingiustificatamente l'utilizzo di materiali e tecnologie eccessivamente costose. Al tempo stesso non devono essere adottate forme (esterne e interne) che nell'ottica dell'economicità prevedano spigoli vivi o ancora peggio sistemazioni sacrificate. L'errore, se possibile, ancora più grave può essere quello di affrontare il progetto senza alcuna attenzione al peso, semplicemente perché una barca più pesante avrà bisogno di una maggiore potenza propulsiva per raggiungere una data velocità rispetto ad una più leggera, potenza propulsiva



che si traduce in motori, riduttori ed eliche più grandi (e più costosi anche nel normale utilizzo per via dei consumi) nel caso di unità a motore, o vele più grandi e alberi più alti (che possono mettere in crisi non solo i costi, ma anche la più vitale stabilità) per le unità a vela.

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.

Progettisti e cantieri (come già visto fanno per il controllo dei pesi) devono in ogni caso approntare ed utilizzare strumenti volti al controllo della spesa utili sia alla preventivazione che alla commercializzazione dell'unità. Questi strumenti possono ovviamente essere molto diversi a seconda delle dimensioni e del valore finale dell'unità, tuttavia devono tutti basarsi sull'assunto che 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 margine percentuale di sicurezza nei confronti dell'imprevisto, scaturirà il costo dell'unità. Determinato il margine 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.

Come indicato nei paragrafi precedenti (1.8) la gestione della commessa sarebbe bene venga sempre affidata ad un'unica figura professionale, il *capo-commessa*. Nel caso di strutture industriali organizzate solitamente è il *Project Manager*, mentre per costruzioni più semplici può essere lo stesso progettista (anche se in realtà è meglio che non lo sia). In entrambe le situazioni (ed in tutte quelle intermedie!!) 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*. Le macrovoci che generalmente compongono l'ossatura di tale schema sono la progettazione e la costruzione: nella prima, a fronte di un elenco di elaborati necessari a tutte le fasi della costruzione, la voce di costo è costituita dalle ore necessarie allo sviluppo di tutta la documentazione; nella seconda le voci di costo sono date dall'acquisto dei materiali e dalle ore di manodopera. L'importanza di questa codifica è tale da essere la base su cui viene sviluppato tutto il software di gestione *ERP* delle grandi aziende che operano industrialmente nel settore navale. In realtà, come già evidenziato, la stessa metodologia di lavoro può essere utilizzata da qualunque capo-commessa con la compilazione e l'aggiornamento di fogli elettronici opportunamente organizzati attraverso software commerciali (Excel) e pertanto la trattazione seguente non farà alcuna distinzione con riferimento alle dimensioni della commessa.

In sintesi, 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. In pratica viene stimata la quantità di lavoro necessaria a produrre tutta la documentazione progettuale dal concept design al workshop. Per quanto riguarda invece il preventivo della fase di costruzione questo è composto da due parti la prima corrispondente al costo dei materiali necessari, la seconda alle ore di manodopera. I materiali vengono calcolati in base alla documentazione progettuale disponibile, mentre per 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/m<sup>2</sup> 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. Nella figura seguente è riportato un esempio di curva di preventivo della progettazione.

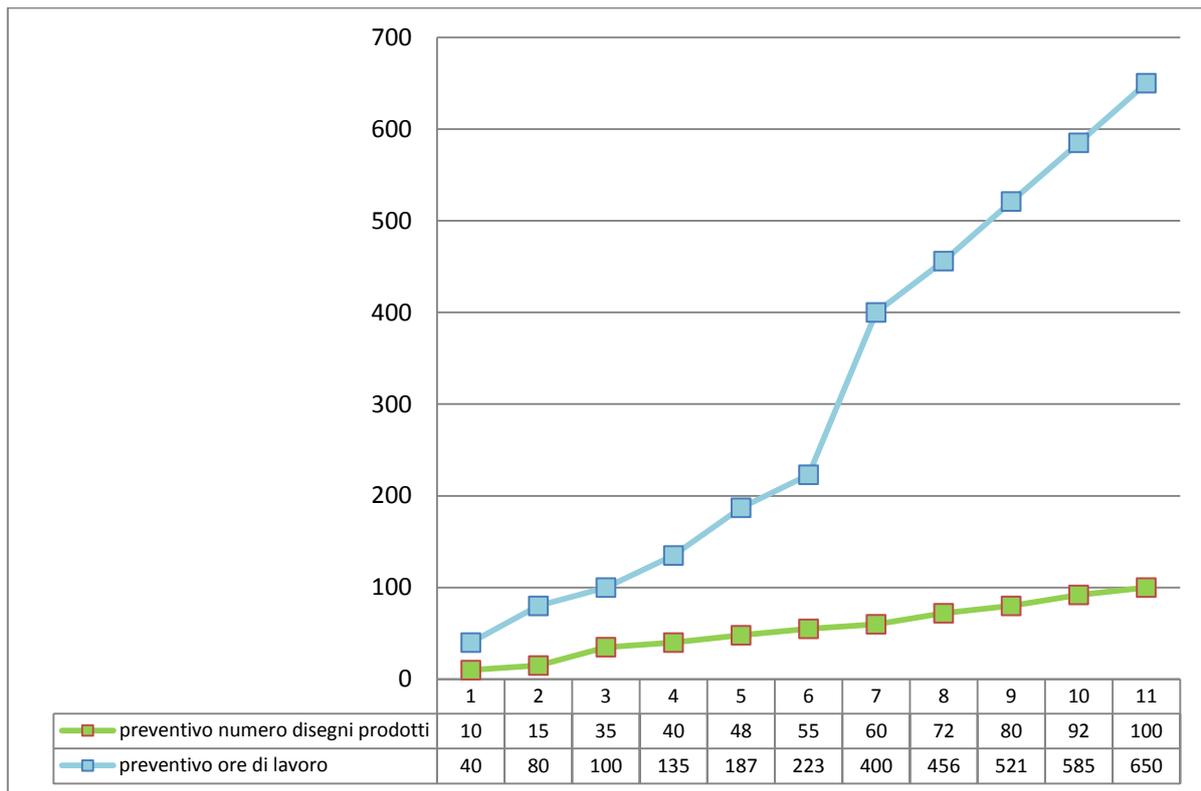


Figura 144 - Curve di preventivo dell'attività di progettazione

Prima di affrontare le tecniche di gestione della commessa è opportuno definire il sistema adottato nella consuntivazione di tutte le attività, siano esse progettuali o costruttive.

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. L'andamento tipico delle curve di consuntivo del *Weight Breakdown System* è quello riportato nelle seguenti curve.

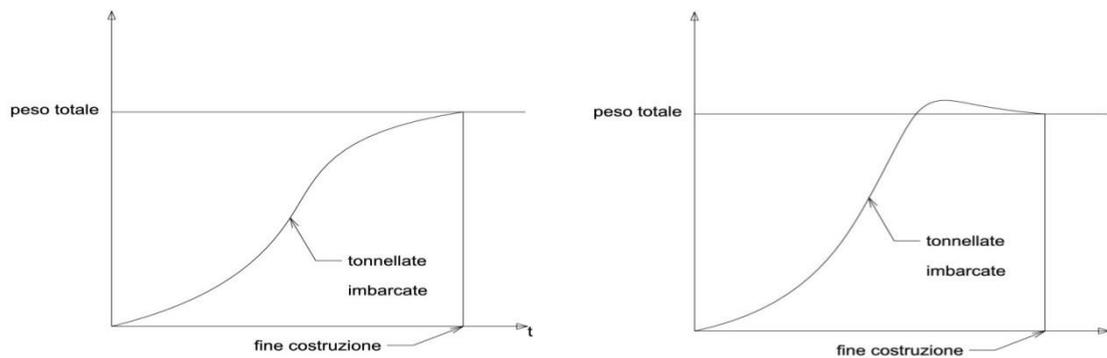


Figura 145 - Andamento tipico delle curve di consuntivo nel *Weight Breakdown System*.

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 può essere quello riportato in figura.

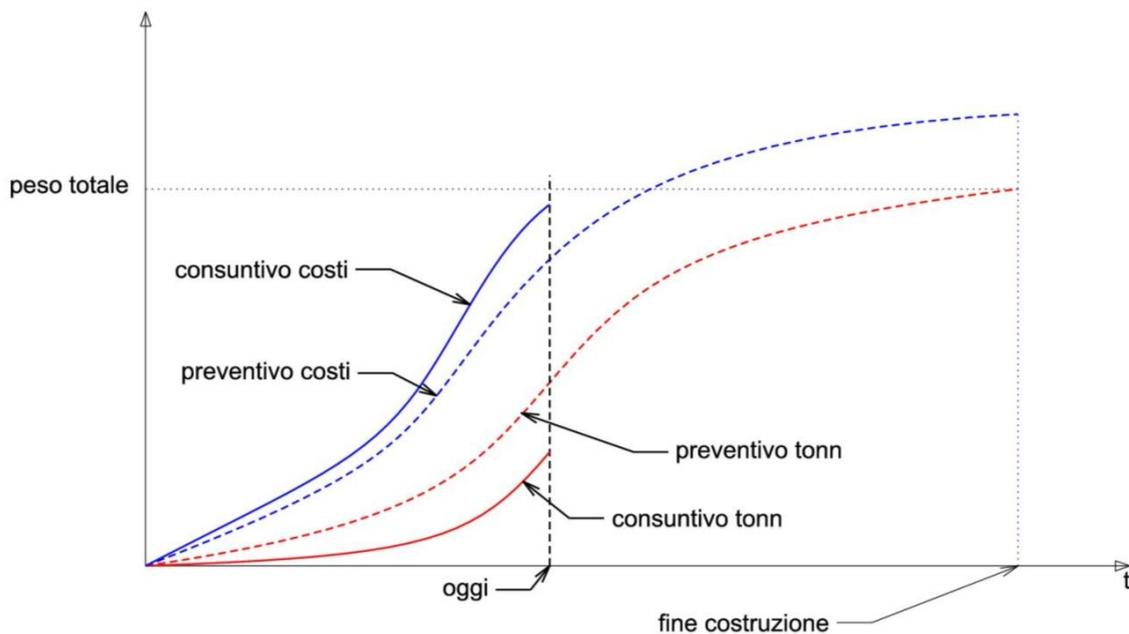


Figura 146 - Esempio di un diagramma di gestione di una commessa

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 ottenendo intersecando la

curva di preventivo e quella di consuntivo del *Weight Breakdown System* con una retta orizzontale passante per il valore consuntivo attuale.

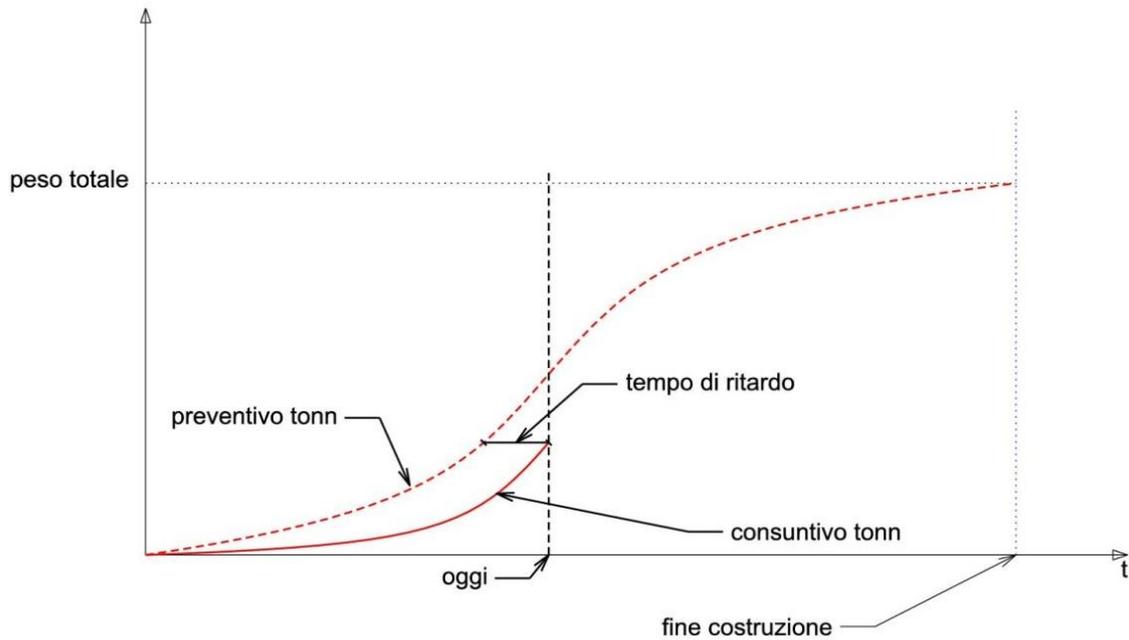


Figura 147 - Valutazione del ritardo nella produzione

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

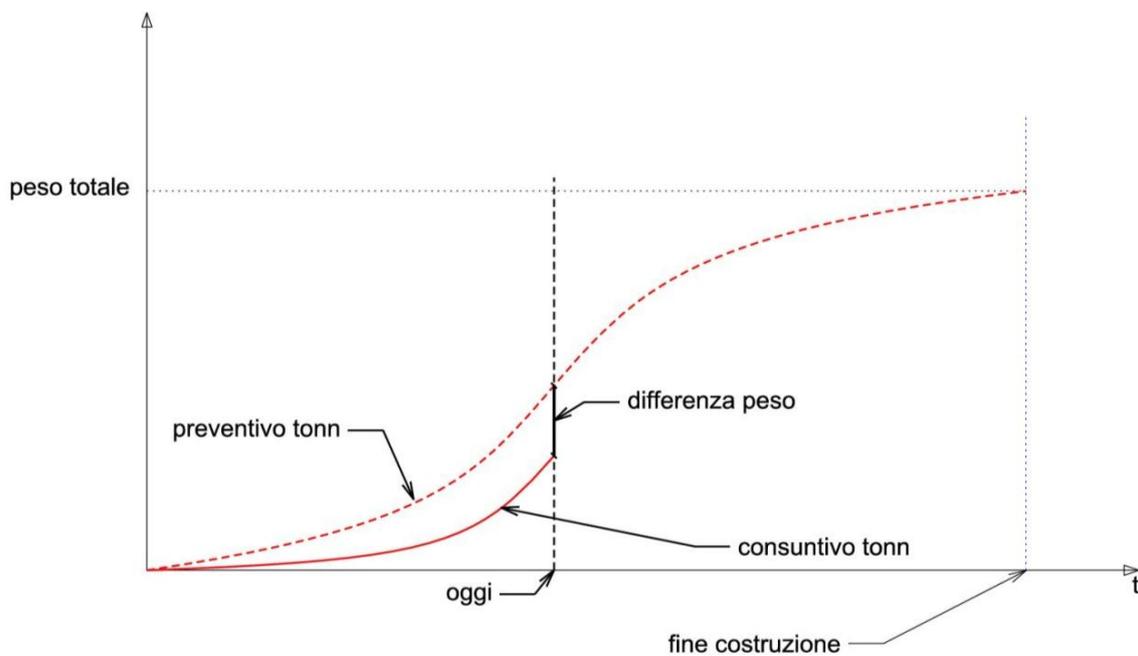


Figura 148 - Valutazione della differenza di peso

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 della *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.

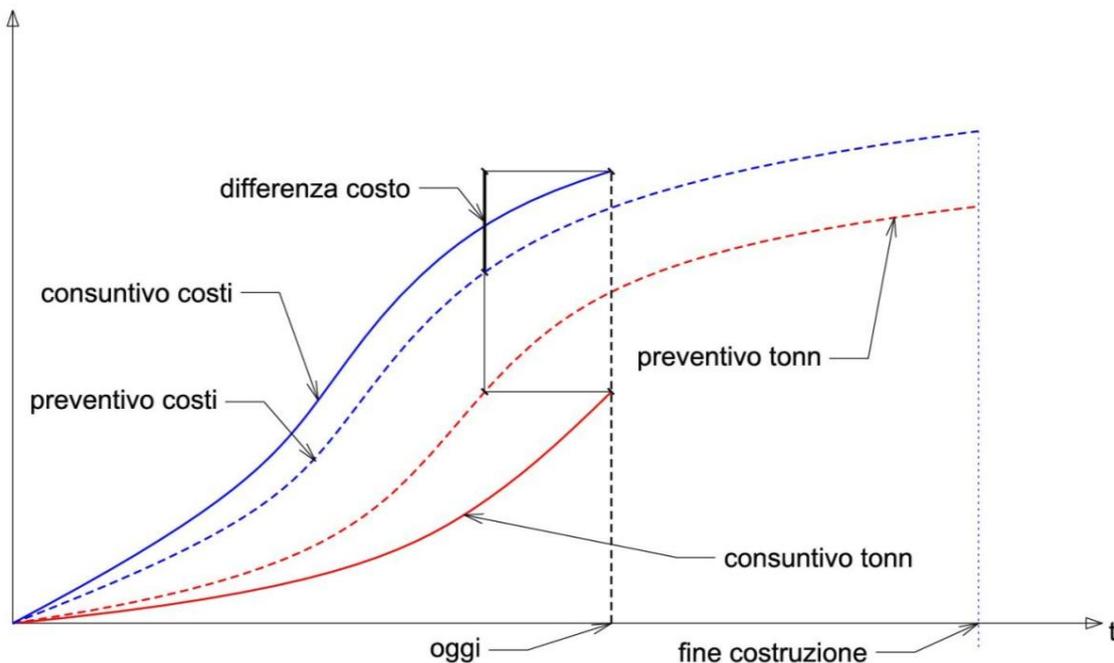


Figura 149 - Valutazione della determinazione dell'extra-costo.

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 intercetti 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-costo 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.

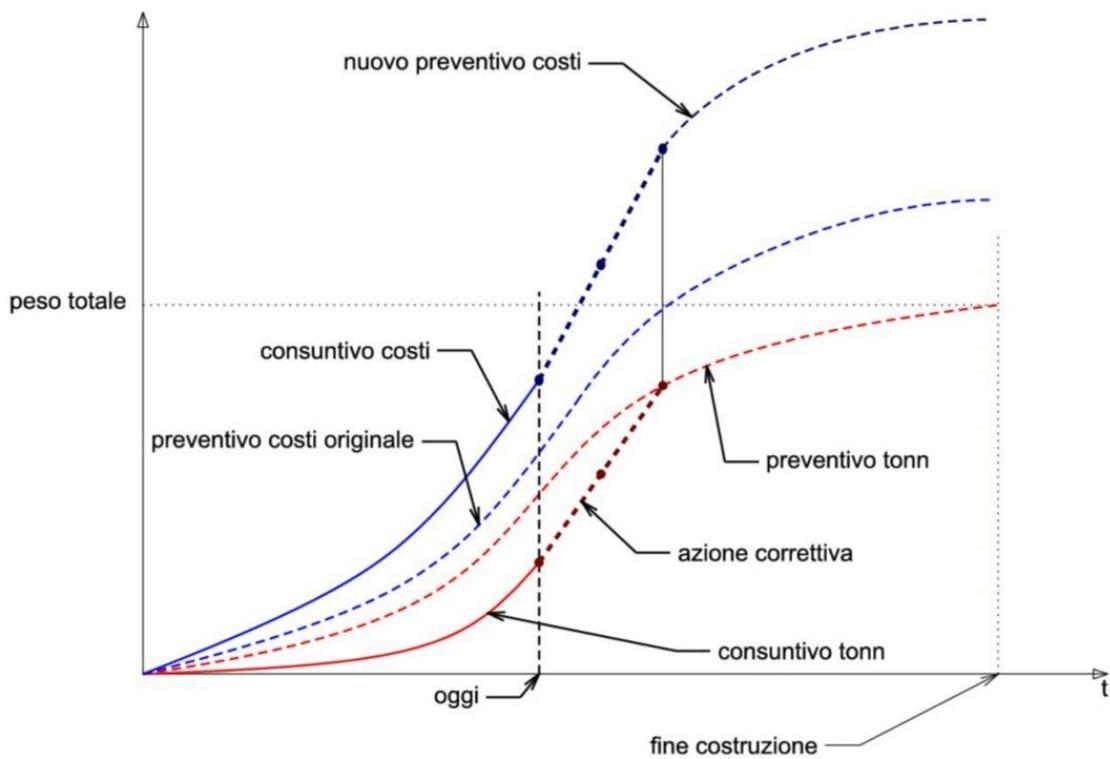


Figura 150 - Riprogrammazione generale della commessa.

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.

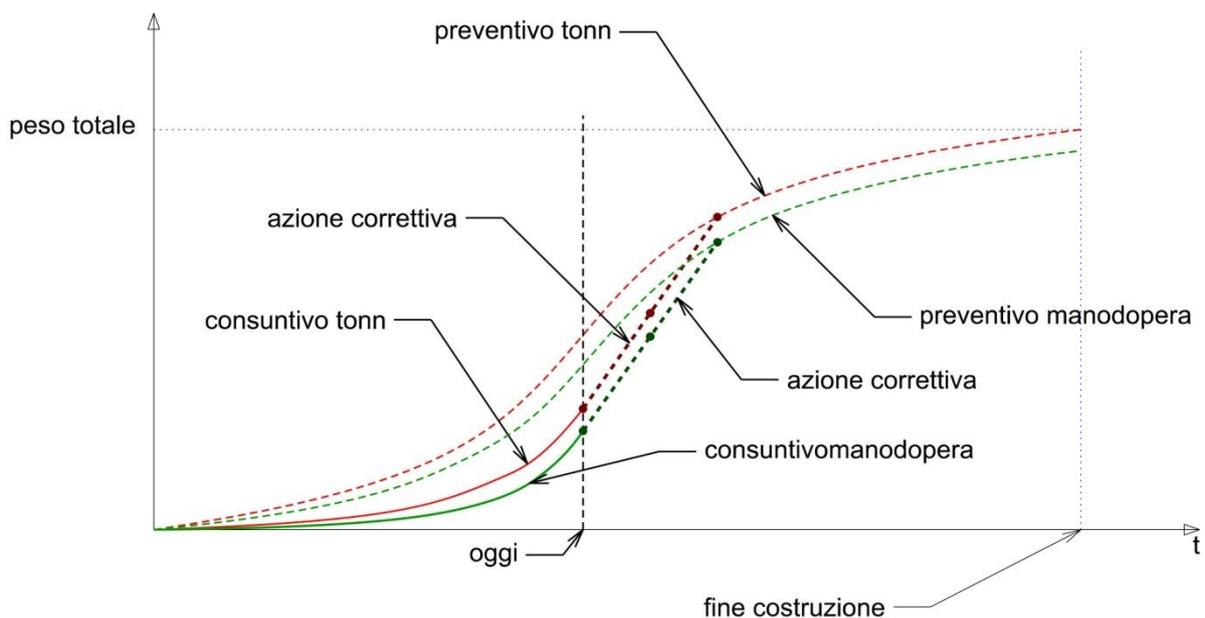


Figura 151 - Riprogrammazione in fase di costruzione.



## 1. Definizione di unità da diporto

---

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.

### 1.9.8 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.

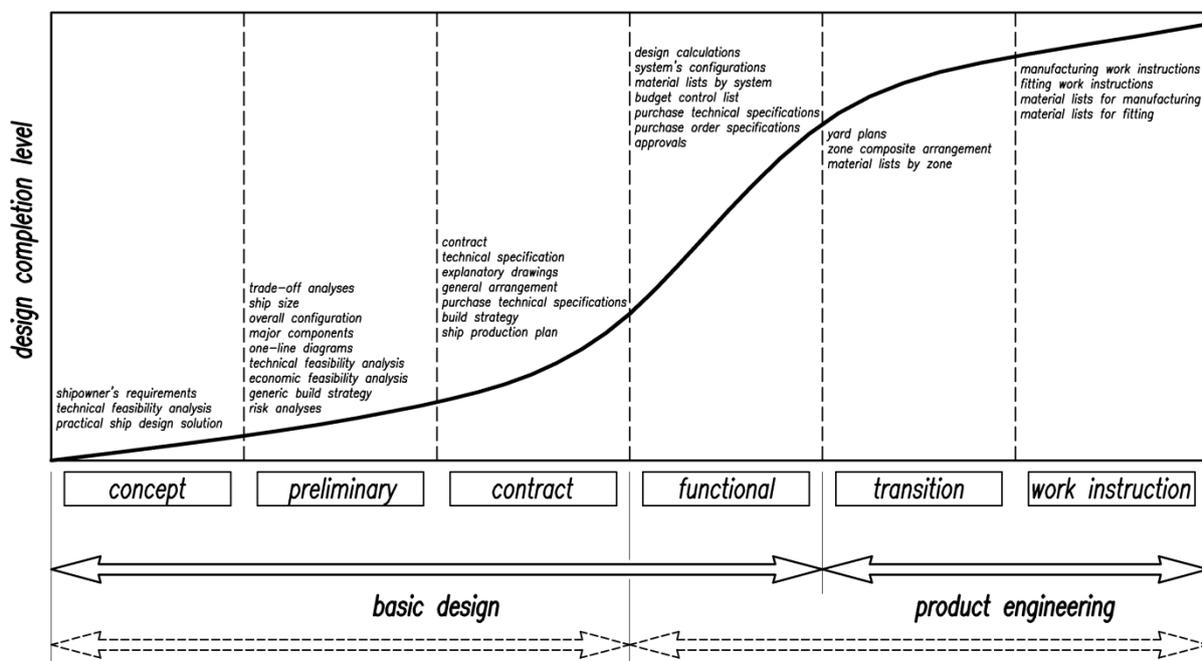


Figura 152 - Schema riassuntivo del processo di progettazione navale

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.

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:

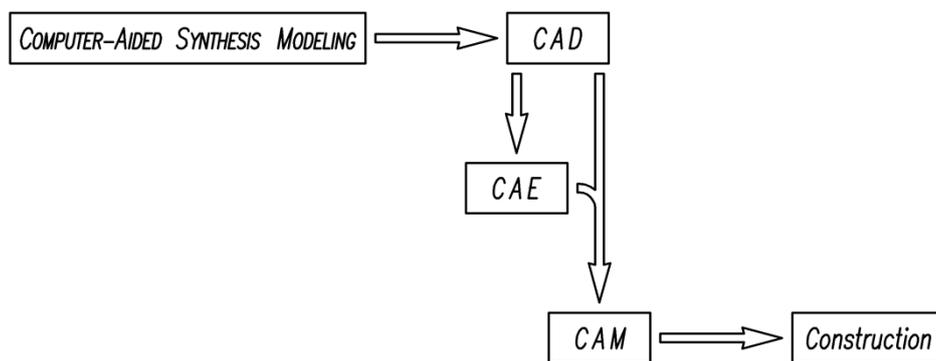


Figura 153 - Schema degli strumenti utilizzati nell'approccio tradizionale al progetto ed alla costruzione navale

- *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 considerazioni 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 quella 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.

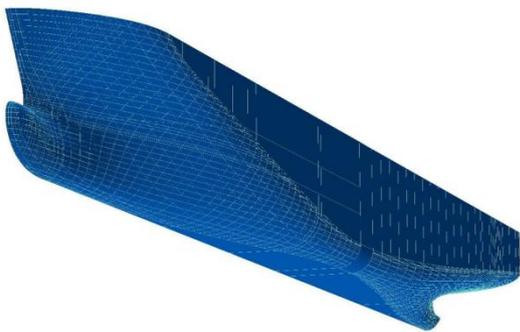


Figura 154 - Crena sviluppata con un Product Model Program

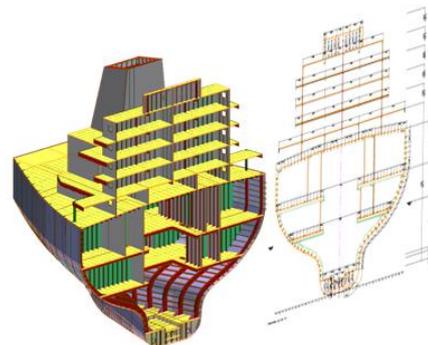


Figura 155 - NAPA Steel e la produzione automatica dei disegni

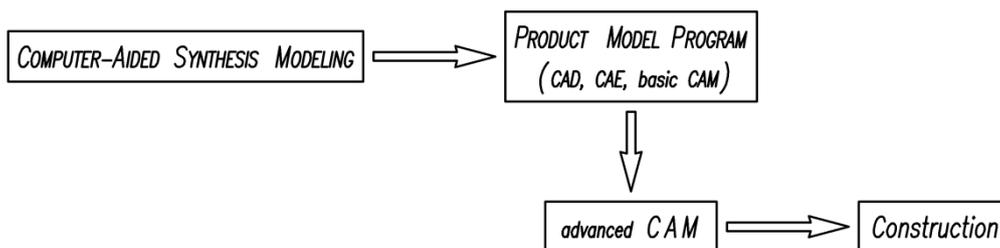


Figura 156 - Schema di processo che utilizza Product Model Program

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 posseda 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).

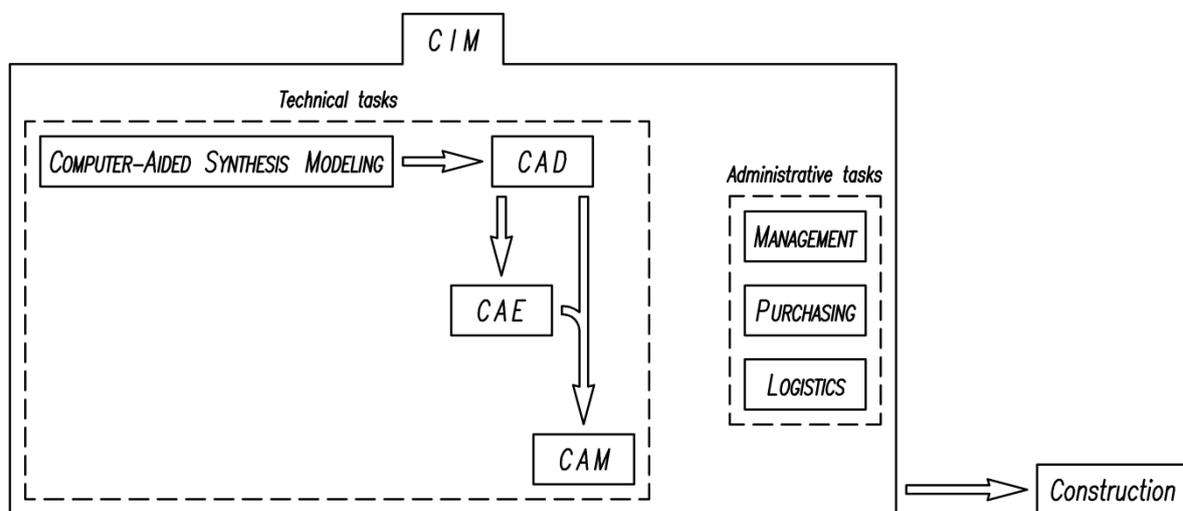


Figura 157 - Schema di processo che utilizza software CIM

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.

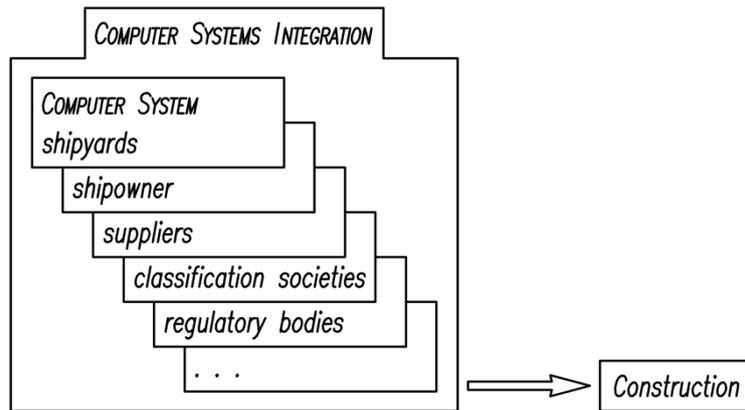


Figura 158 - Schema di processo che utilizza la Computer System Integration

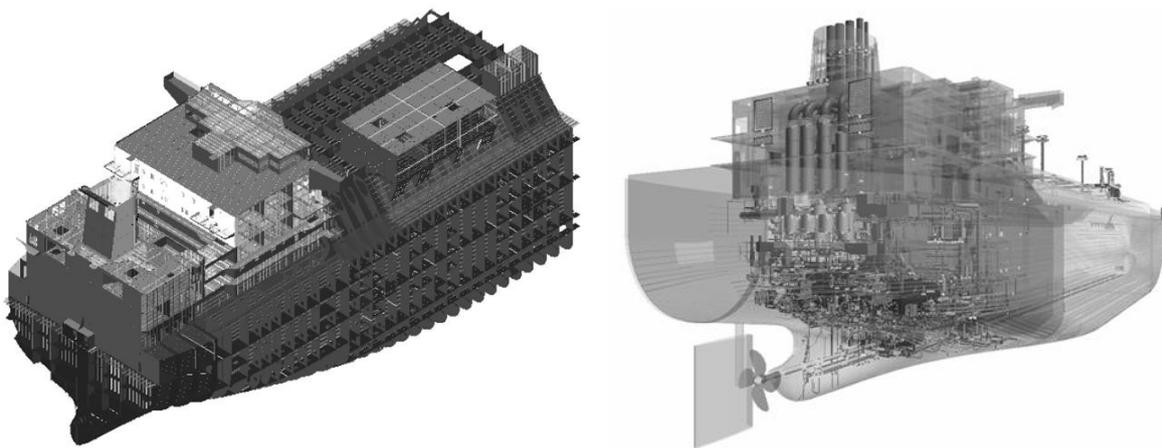


Figura 159 - Alcuni esempi di Computer System Integration (SmartMarine 3D)



## 2. LA CLASSIFICAZIONE DELLE UNITÀ DA DIPORTO

### 2.1 Criteri di classificazione

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 2.1.1 Dimensioni

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 2.1.2 Propulsione

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 2.1.3 Profilo operativo



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **2.2 Classificazione in base alle dimensioni**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 2.2.1 Premessa

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 2.2.2 Natante

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il



materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.2.3 Imbarcazioni da diporto

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.2.4 Nave da diporto

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## **2.3 Classificazione in base al sistema propulsivo**

### 2.3.1 Unità da diporto a motore

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non



racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.3.2 Unità da diporto a vela

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## **2.4 Classificazione in base al profilo operativo**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.1 Open

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.2 Walk-around



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.3 Day-cruiser

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.4 Cruiser

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.5 Fly

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il



materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.6 Lobster-Boat

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.7 Trawler

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.8 Exploration yacht

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.



### 2.4.9 Explorer

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.10 Sailer-Cruiser

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.11 Sailer-Racer

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.12 RIB

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule



riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 2.4.13 Multiscafo

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## 3. I RIFERIMENTI NORMATIVI

### 3.1 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:

1. 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.
2. 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.

#### 3.1.1 Direttiva Comunitaria 2003/44/CE

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con



carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.1.2 Decreto Legislativo 18 luglio 2005, n. 171

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.1.3 Decreto Ministeriale 29 luglio 2008, n. 146

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.1.4 MCA - Small Yacht Code

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.



#### 3.1.5 MCA - LY2 Large Yacht Code

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.1.6 SOLAS

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **3.2 I Regolamenti di Classe**

Qualunque nave per poter navigare deve possedere due certificati fondamentali:

1. 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);
2. 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:

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

#### 3.2.1 Le norme CE



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.2 RINA - Rules for the Classification of Pleasure Yachts

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.3 RINA - Rules for the Classification of Yachts Designed for Commercial Use

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.4 ABS - Guide for Building and Classing Motor Pleasure Yachts

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il



materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.5 ABS - Guide for Building and Classing Offshore Racing Yachts

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.6 Germanischer Lloyd - Rules for Classing and Construction Yachts and Boats up to 24 m

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.7 Germanischer Lloyd - Rules for Classing and Construction Yachts $\geq 24$ m

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.



#### 3.2.8 Germanischer Lloyd - Guidelines for Design and Construction of Large Modern Yacht Rigs

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.9 DNV - High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.10 Lloyd's Register - Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.2.11 I software di ausilio alla progettazione

Attualmente, le principali società di Classifica Navale (IACS) mettono a disposizione dei progettisti, dei cantieri e degli armatori alcune suite di software che permettono di affrontare molti dei calcoli necessari per la verifica della soddisfazione dei criteri imposti per



l'ottenimento della classe. Di seguito si riporta la lista completa delle suite di software ad oggi disponibili organizzate in base alla società, con una piccola descrizione dei task di cui sono capaci:

- ABS
  - Offre solo software per la gestione della flotta da parte degli armatori.
- Bureau Veritas
  - Veristar, composto dai seguenti pacchetti:
    - Veristar Hull 5: destinato alle verifiche strutturali FEM di scafo sulla base dei criteri del BV;
    - Veristar Complete Ship Model: strumento completo di verifica della nave che integra i criteri del BV alle verifiche FEM;
    - Veristar Stability: strumento per la verifica della stabilità della nave sia allo stato integro che in condizioni di falla.
    - Veristar Offshore: suite composta da diversi moduli che affrontano l'idrodinamica, l'ormeggio e l'interazione tra strutture e mare per unità offshore;
    - Veristar Lashing: strumento per la verifica del rizzaggio dei container.
  - MARS2000: software per la verifica del dimensionamento strutturale locale e globale secondo i criteri del BV (analogo a Leonardo Hull 2D del RINA).
  - RUDDER2000: calcolo del dimensionamento del timone secondo le norme BV.
  - MARSPEED: software per la verifica di High Speed Craft secondo i regolamenti BV.
  - COMPOSEIT: strumento che permette la verifica di pannelli e rinforzi in materiale composito secondo il regolamento yacht del BV.
  - LIRA: programma per l'esecuzione dei calcoli di allineamento della linea d'assi.
  - STEEL: programma per la verifica tridimensionale delle travi (analogo al 3dbeam del DNV).
- China Classification Society
  - COMPASS: per le verifiche del dimensionamento strutturale di tanker e bulk carrier in accordo ai regolamenti del CCS (è tutto interamente in cinese), include anche un'interfaccia per le verifiche FEM.
- Croatian Register of Shipping



- Non offre nessun software.
- Det Norske Veritas - Germanischer Lloyd
  - Nauticus Hull
  - Nauticus Machinery
  - Nauticus Machinery High Speed
  - Poseidon
- Indian Register of Shipping
  - Non offre nessun software.
- Korean Register of Shipping
  - SeaTrust, articolato nei pacchetti:
    - SeaTrust-ISTAS
    - SeaTrust-Holdan
    - SeaTrust-Ubuckle
    - SeaTrust-FANSYS
- Lloyd's Register
  - Argonaut:
  - Shipright:
  - RulesCalc:
  - RulesClac Offshore:
  - SSC:
  - Rulefinder:
  - NSR:
  - Mariner:
  - Lashright:
- Class NK
  - Primeship: è una suite destinata alla gestione della flotta da parte degli armatori.
- Polish Register of Shipping
  - Non offre nessun software.
- RINA
  - Leonardo HULL, articolato nei pacchetti:



- 3D FEM analysis: software per l'analisi strutturale della nave tramite calcolo diretto a elementi finiti. Include modellatore e post-processore dedicati, con funzionalità specifiche per la modellazione di strutture navali, per l'applicazione dei carichi e le verifiche a snervamento, instabilità e fatica in accordo con le norme RINA.
- 2D Section and Bulkhead scantlings: software di calcolo regolamentare delle sezioni trasversali e delle paratie, incluse le verifiche a fatica di dettagli strutturali e a resistenza ultima.
- Bluk carrier safety: Un agile strumento per la valutazione strutturale delle bulk carriers in accordo con i requisiti SOLAS e IACS.
- Leonardo Propulsion, è composto da 4 moduli
  - Shaftline: calcolo delle vibrazioni torsionali di impianti di propulsione e di generazione, incluso il calcolo regolamentare RINA;
  - Crankshaft: calcolo a fatica dell'albero a gomiti in accordo ai Regolamenti RINA;
  - Propeller: software di calcolo dimensionale dell'elica in accordo ai Regolamenti RINA;
  - Shrink-fit: calcolo di forzamento generalizzato in accordo ai Regolamenti RINA.
- Leonardo Hull 2D - Charter Yachts: strumento di verifica strutturale per charter yacht costruiti in acciaio o in lega leggera.
- CE-STAB: strumento per la valutazione della stabilità delle imbarcazioni da diporto in accordo alle norme ISO 12217-1/2/3.
- CE-STAB-I: per la prova pratica di stabilità delle imbarcazioni da diporto.
- CE-STAB-M: per la verifica del criterio meteorologico nelle imbarcazioni da diporto.
- CE-STAB-S: per la verifica della stabilità al vento delle imbarcazioni da diporto.
- STR-DIP: per la verifica degli scafi delle imbarcazioni da diporto in materiale composito, acciaio o lega leggera.
- SCW: per la valutazione di finestre e oblò delle imbarcazioni da diporto in accordo alla norma ISO 12216.
- Leonardo for piping and pressure vessels, composto da 2 moduli:



- Boiler and pressure vessels: per la verifica delle caldaie e dei serbatoi a pressione secondo i regolamenti RINA;
- Hydraulic oil cylinder: per la verifica degli attuatori idraulici secondo i regolamenti RINA.
- Russian Maritime Register of Shipping
  - Non offre nessun software.

#### 3.2.11 Il programma Leonardo Hull 2D del RINA

### **3.3 Ulteriori riferimenti normativi**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.3.1 Raccolta delle leggi dello Stato Italiano inerenti la nautica da diporto

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.



#### 3.3.2 Convenzione sul regolamento internazionale per prevenire gli abbordi in mare

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.3.3 Load Lines Convention

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.3.4 Tonnage Measurement of Ships

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 3.3.5 Regolamento di stazza nazionale per le unità da diporto

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule



riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## 4. LA STABILITÀ DELLE UNITÀ DA DIPORTO

### 4.1 Criteri di stabilità per unità con lunghezza inferiore a 24 m

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 4.2 Criteri di stabilità per navi da diporto

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 4.2.1 Criteri di stabilità per navi da diporto con stazza lorda inferiore a 3000 GT

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

#### 4.2.2 Criteri di stabilità per navi da diporto con stazza lorda superiore a 3000 GT



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.



## 5. L'APPARATO DI PROPULSIONE SULLE UNITÀ DA DIPORTO

### 5.1 Motori primi

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 5.2 Propulsori

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 5.3 Trasmissioni

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 5.4 Tecnologie ibride



## 5. L'apparato di propulsione sulle unità da diporto

---

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 5.5 Vele

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## 6. VERIFICHE STRUTTURALI SULLE UNITÀ DA DIPORTO

### 6.1 Richiami sui materiali

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.2 Il programma RINA STR-DIP

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.3 Il programma Lloyd's Register SSC

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4 Dimensionamento di strutture particolari



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.1 Oblò e finestre

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.2 Il programma RINA STW

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.3 Alberi e sartieme

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il



materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.4 Derive

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.5 Lande

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### 6.4.6 Ponte elicotteri

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## **7. GLI IMPIANTI A BORDO DELLE UNITÀ DA DIPORTO**

### **7.1 Impianto di sentina**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.2 Ventilazione locali apparato motore**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.3 Impianto del combustibile**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.4 Impianto elettrico**



Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.5 Impianti sanitari**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.6 Protezione antincendio**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.7 Servizi di coperta**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il



materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

### **7.8 Manuale del proprietario**

Sia nel Regolamento RINA "*Rules for yachts designed for commercial use*" edizione 2011 che nel Regolamento RINA "*Rules for pleasure yachts*" edizione 2011 il dimensionamento della linea d'assi è descritto nella Parte C, Capitolo 1, Sezione 6 (Allegato 1). I concetti e le formule riportate sono esattamente le stesse. In particolare, viene specificato al punto 2.1.2 che il materiale che deve essere usato per la realizzazione degli assi deve essere acciaio forgiato con carico di rottura,  $R_m$ , compreso tra 400 e 930 N/mm<sup>2</sup>. Nella parte immersa in acqua, se non racchiuso in una camicia, viene suggerito che l'asse sia realizzato in materiale resistente alla corrosione.

## 8. ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE

### 8.1 Approccio generale alla produzione

In questo capitolo vengono esaminati i diversi processi di produzione navale nell'ambito dei differenti approcci possibili, allo scopo di chiarire quando e perché un processo risulta preferibile ad un altro. Le caratteristiche che influenzano tale scelta possono essere sintetizzate in:

- Richiesta del prodotto;
- Variabilità e prevedibilità della domanda;
- Complessità del prodotto;
- Mobilità del prodotto;
- Materiali di costruzione e relative tecnologie di collegamento;
- Grado di “customizzazione” tra prodotti della stessa natura.

#### 8.1.1 La variabilità della domanda nel mercato navale

La domanda commerciale, nell'accezione più larga del termine, nel settore delle costruzioni navali è pressoché costante, dato che il trasporto via mare permette il trasferimento anche su lunghe distanze, in tempi ragionevoli di una notevole quantità di merci, con costi relativamente contenuti. Ciò che risulta estremamente imprevedibile è ciò che viene richiesto dalle compagnie armatoriali: periodicamente si assiste ad un boom di richieste per nuove costruzioni, seguito immancabilmente da periodi in cui il mercato trainante è quello delle trasformazioni e riparazioni. Questo andamento altalenante può essere in parte giustificato considerando che l'aspettativa media di vita di una nave è molto lunga (almeno 20 anni) e in questo tempo il mercato dei noli può subire notevoli fluttuazioni causate dai più disparati motivi, dalla politica internazionale come dal costo del combustibile. Una struttura produttiva per superare indenne (o quasi) queste periodiche crisi deve essere capace di adattarsi alle diverse situazioni dotandosi di piani di previsione pluriennali di investimento che permettano l'attuazione di opportune strategie.

#### 8.1.2 La complessità del prodotto e la sua mobilità

Anche la nave più semplice è un prodotto industriale complesso e quanto meno grande. La struttura di scafo, come noto, può essere fatta di acciaio, leghe leggere o materiali compositi.



Le tecnologie di collegamento utilizzate per questi materiali permettono una modularizzazione dell'intera nave in assiemi, che possono essere prefabbricati e parzialmente allestiti in parallelo e poi successivamente montati insieme a costituire la nave.

È possibile muovere una nave nel momento in cui questa può galleggiare da sola e, quindi, quando raggiunge un notevole grado di completamento. A causa di questa banale ovvietà, i diversi componenti della nave devono essere costruiti in officine grandi ed opportunamente attrezzate per poi essere spostati in prossimità della zona di montaggio (scalo, piazzale o bacino di costruzione). Un cantiere dovrà attrezzarsi con mezzi di movimentazione capaci di spostare con efficienza i diversi moduli/componenti dalle officine specializzate verso la zona di assemblaggio. Quello che in prima battuta potrebbe sembrare un aspetto negativo, permette invece di organizzare il lavoro in maniera molto efficiente, individuando processi e lavorazioni ripetitive che possono essere eseguite nelle condizioni più favorevoli. Questo sistema prende il nome di *Product Work Breakdown Structure* (PWBS). Nel caso in cui il prodotto finale non possa essere movimentato fino al suo completamento, ed è il caso ad esempio delle piattaforme off-shore, il sistema produttivo deve essere in grado a sua volta di muoversi. Si parla in questi casi di officine mobili e temporanee. Difficilmente questo sistema produttivo permette di parallelizzare diverse attività, anzi solitamente è organizzato per sistemi: appena se ne completa uno si smantellano le relative officine temporanee e si organizza la produzione del sistema successivo (partendo dall'allestimento delle relative officine temporanee). Questo sistema di produzione, storicamente il più antico, viene indicato con il nome di *System Work Breakdown Structure* (SWBS).

### 8.1.3 Il grado di specializzazione dei cantieri navali

Nell'attuale panorama cantieristico mondiale la maggior parte degli stabilimenti è specializzata nella costruzione di un ben determinato tipo di unità, pochi sono in grado di affrontare in contemporanea la costruzione di unità di diverse tipologie. Ciò è essenzialmente dovuto al fatto che per migliorare la produttività lo stabilimento deve dotarsi delle migliori tecnologie disponibili sul mercato e spesso queste sono molto diverse tra le diverse tipologie di nave oppure molto più semplicemente economicamente non convenienti. Quest'ultima argomentazione spiega il perché la cantieristica europea è uscita dal mercato delle navi a basso contenuto tecnologico. È importante osservare che più un cantiere è specializzato più questo è sensibile alle crisi del mercato, perché ovviamente non è più in grado di competere a largo spettro.

## 8.2 La strategia della produzione navale

La scelta della strategia di produzione è guidata da due principi: il volume di produzione e la sua variabilità (intesa come la capacità di costruire contemporaneamente unità di diverse tipologie). Ad un estremo ci sono stabilimenti che costruiscono prodotti molto customizzati (ossia confezionati sulle esigenze specifiche del cliente) uno per volta; dall'altro, stabilimenti che costruiscono navi standard praticamente in serie; la maggior parte invece dei costruttori opera contemporaneamente su diverse unità spesso molto diverse tra loro. Attenzione che non bisogna confondere la diversità tra le unità costruite con la diversa tipologia delle stesse.

### 8.2.1 Costruzione di strutture off-shore

Nella costruzione di tipo off-shore (non navi!!) si adotta una strategia SWBS, vista la notevole complessità dei prodotti e la quasi totale tendenza a costruire esemplari unici. Ulteriore giustificazione si ha nel fatto che l'intero processo produttivo dura diversi anni (molti di più di una nave) e che la conformazione del prodotto è tale da richiedere un processo costruttivo organizzato per sistemi.

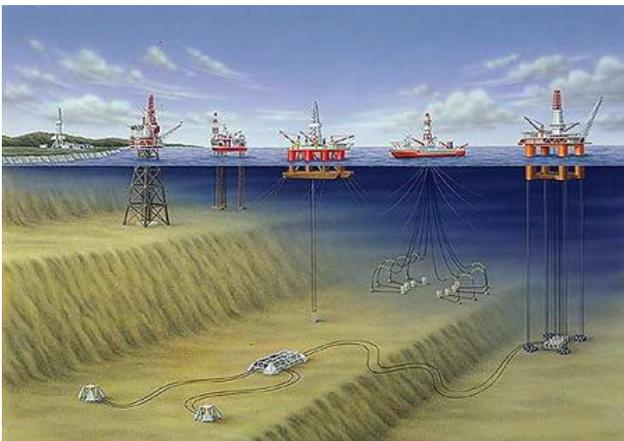


Figura 160 - Alcuni esempi di unità off-shore

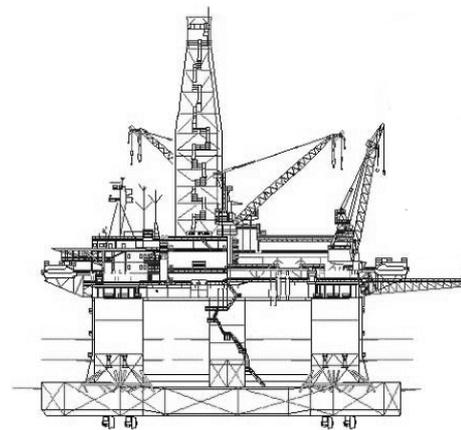


Figura 161 - Plot Plan di una piattaforma semi-sommergibile

Solitamente per questi prodotti viene identificato un sito sufficientemente grande, vicino al mare per permettere agevolmente il varo e tale da richiedere minimi spostamenti per raggiungere il campo di lavoro finale dell'unità. Da un punto di vista organizzativo dell'intero progetto, la fase di costruzione è il riferimento principale: tutta la pianificazione viene redatta identificando dapprima i processi costruttivi principali, successivamente vengono stabilite le interconnessioni tra questi ed infine viene ordita la *task network* definitiva attraverso strumenti di *project management* e di *critical path method* (CPM).



Figura 162 - Sito di produzione in Messico



Figura 163 - Sito di produzione in Azerbaijan

Dato che la produzione è incentrata sulla realizzazione di un singolo oggetto la struttura di produzione non segue praticamente alcuno schema di modularizzazione, anzi è concentrata sulla costruzione e sul successivo (quasi immediato) montaggio dei singoli componenti, siano essi strutture, macchinari o impianti. L'unico vincolo che viene imposto nella dimensione delle diverse parti è dato dalla capacità dei mezzi di sollevamento e movimentazione disponibili sul sito. Per queste costruzioni è infatti quasi improprio parlare di cantiere di costruzione piuttosto si preferisce parlare di *sito di produzione*, tanto più che spesso una volta ultimato il progetto il sito viene dismesso e smantellato. Proprio per questo motivo il sito viene attrezzato con *facilities* mobili (ad esempio gru su gomma con capacità di sollevamento massima di 75 t) a seconda del sistema di cui si affronta la costruzione.



Figura 164 - Topside in fase di costruzione



Figura 165 - Jacket in fase di movimentazione

Solitamente, per completare l'allestimento, appena l'unità è in grado di galleggiare da sola viene varata con pontoni sommergibili oppure allagando il bacino di costruzione. Per il montaggio di grosse parti, quali ad esempio i *topside*, vengono utilizzate gru galleggianti o *crane ship*. Per raggiungere, infine, il campo di lavoro se non è possibile il rimorchio si ricorre all'utilizzo delle *dockwise ship*. Durante tutta la fase finale di allestimento tutti i sistemi vengono collaudati più e più volte dato che le compagnie armatrici sono dotate di sistemi di

qualità tra i più completi e articolati al mondo, vista la delicatezza dei compiti che queste unità dovranno affrontare durante la loro vita operativa e l'elevatissima affidabilità loro richiesta.



Figura 166 - Dockwise ship carica da terra un topside



Figura 167 - Dockwise ship in fase di varo



Figura 168 - Varo con piattaforma semi-sommersibile



Figura 169 - Varo con crane barge

### 8.2.2 Group Technology

Come accennato, la grande maggioranza dei cantieri navali è strutturata in maniera da poter affrontare la costruzione simultanea di più navi con notevoli differenze l'una dall'altra. In passato (fino più o meno alla seconda guerra mondiale) la strategia adottata era la SWBS, attualmente ancora in uso nelle costruzioni off-shore. Gli studi condotti, volti ad ottimizzare la produttività, hanno oggi portato all'identificazione di alcuni principi che possono sembrare banali, ma che in realtà hanno rivoluzionato la strategia costruttiva e conseguentemente la sistemazione dei cantieri:

1. Se la nave viene divisa in pezzi, questi possono essere prefabbricati anche in parallelo per poi essere successivamente collegati tra di loro a costituire la nave.
2. Navi molto diverse tra loro in realtà sono costituite dagli stessi componenti, o quanto meno da componenti che richiedono la stessa tecnologia per essere costruiti e montati.



3. Il volume di produzione dei componenti simili e ricorrenti necessari alla costruzione dei pezzi in cui la nave è divisa è molto elevato in confronto al volume globale della costruzione della stessa.

Elaborando questi principi è stata formulata la strategia del *Group Technology* (GT) il cui obiettivo principale è quello di sfruttare la similarità dei prodotti intermedi per ottimizzarne la produzione quasi come in una piccola serie. Secondo questa strategia ogni componente della nave viene raggruppato in famiglie distinte per caratteristiche comuni per cui viene individuato uno specifico processo produttivo da realizzare in *work-center* dedicati. Da ciò consegue che i cantieri GT sono logisticamente organizzati in officine che realizzano una linea produttiva per ciascuna famiglia di prodotti intermedi (*work cell*) ognuna dotata di diverse postazioni di lavoro per la costruzione di tutti i semilavorati necessari. Per ogni famiglia il materiale si muove seguendo un preciso percorso in modo da poter essere lavorato secondo una ben determinata sequenza di operazioni. È naturale che l'efficienza del cantiere viene implementata rilevando il numero ottimale di famiglie di lavorati: un numero eccessivo renderebbe difficile l'organizzazione logistica delle officine, un numero troppo ridotto allungherebbe eccessivamente i tempi di produzione e imporrebbe l'utilizzo di aree troppo estese. Una siffatta organizzazione consente di ridurre notevolmente i tempi e i costi della produzione, in particolare:

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

In ordine di complessità le principali famiglie di prodotti intermedi sono:

- Elementi strutturali (lamiere e profili da piegare);
- Sotto-assiemi strutturali, composti da elementi strutturali (pannelli piani nervati, pannelli curvi nervati, travi a T);



- Blocchi, composti da più sotto-assiemi strutturali. Il peso e la dimensione dei blocchi è funzione delle capacità di sollevamento e movimentazione intermedie, ossia non in prossimità dello scalo o del bacino di costruzione;
- Componenti e parti di allestimento (tubi, valvole, cavi elettrici, strade cavi);
- Unità di allestimento (macchinari, parti di impianto composte da diversi componenti);
- Blocchi caldi, ossia blocchi su cui vanno ancora eseguite lavorazioni a fiamma per il montaggio delle unità di allestimento;
- Blocchi sabbiati e pitturati;
- Anelli, ossia sezioni complete di nave composte da più blocchi uniti fra loro. La dimensione ed il peso degli anelli dipende dalle capacità di sollevamento delle gru principali dello scalo o del bacino di costruzione;
- Blocchi freddi, ossia gli anelli una volta completati e pronti per il montaggio sullo scalo. Per ottimizzare la produttività devono essere il più possibile preallestiti;
- Zone di allestimento a bordo, ossia una volta che il montaggio ed il collegamento degli anelli è stato completato, l'allestimento finale a bordo viene eseguito mediante officine mobili che si spostano zona per zona lungo la nave (solitamente si segue un andamento per ponte e per *main vertical zone*);
- Sistemi nave, in relazione alla fase di collaudo che dovrà essere condotta impianto per impianto;
- Nave, durante le prove in mare ed in banchina va testato il funzionamento integrato dei diversi sistemi che compongono la nave.

Merita un cenno particolare il tipico schema del flusso dei materiali di un cantiere GT. In particolare, se opportunamente gestito mediante, ad esempio, applicazioni ERP può comportare notevolissimi vantaggi in termini di riduzione dei tempi di giacenza e di spazi da destinare a magazzini di materie prime, oltre che un ovvio risparmio economico.

Come già visto, i sistemi applicativi *ERP - Enterprise Resource Planning* (letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa") sono software di gestione delle informazioni che integrano tutti i processi di business rilevanti di un'azienda (vendite, acquisti, magazzino, contabilità, etc.).



## 8. Organizzazione della produzione

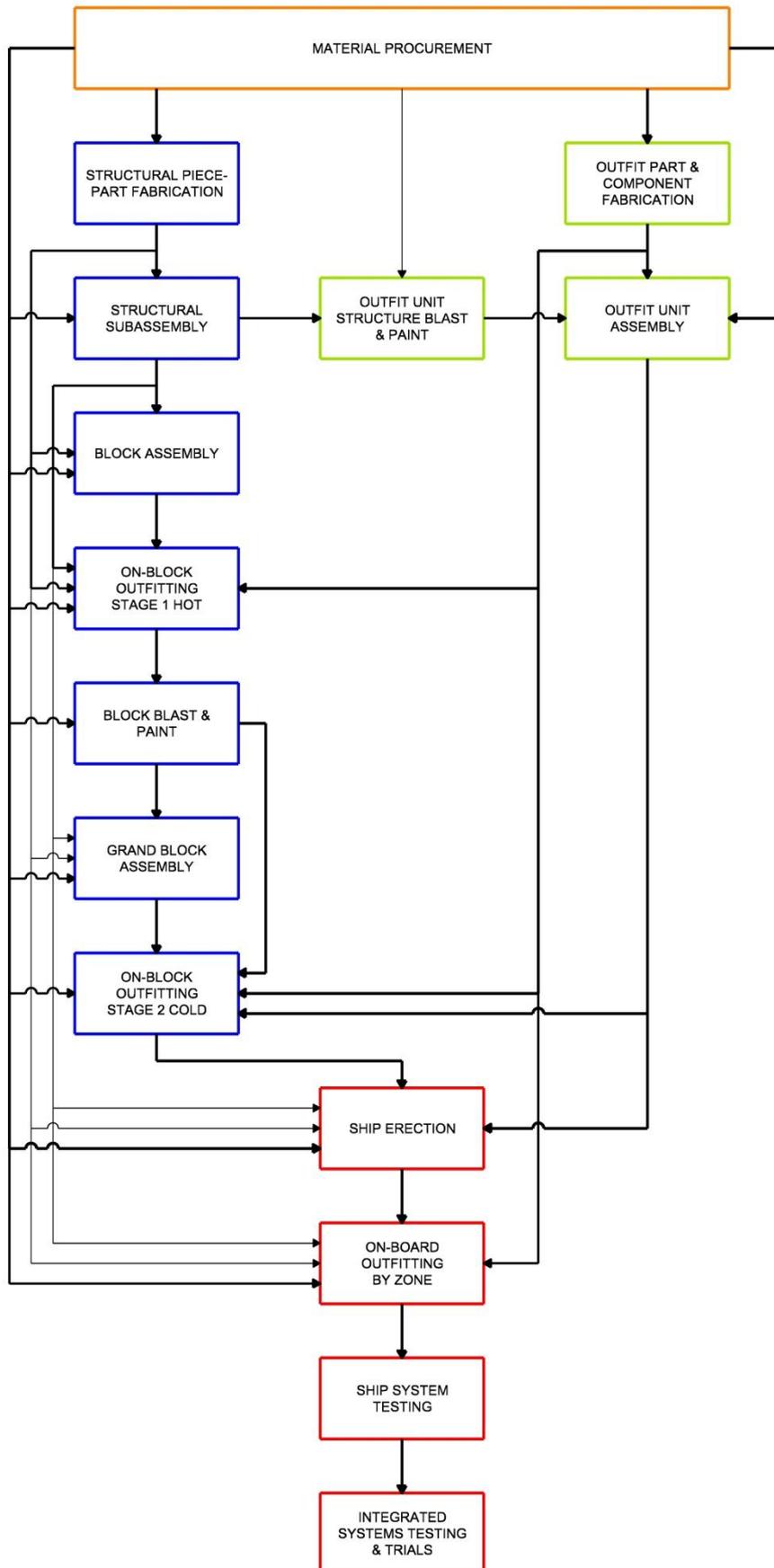


Figura 170 - Tipico diagramma di flusso dei materiali

I cantieri che adottano la strategia del *Group Technology* lavorano quasi tutti a commessa in modo da riuscire a costruire contemporaneamente o in immediata successione unità molto diverse dotate ciascuna di un elevatissimo grado di personalizzazione.

Una commessa navale è l'insieme di tutte le attività che un cantiere deve programmare ed organizzare al fine di realizzare una singola nave, compatibilmente con tutte quelle che ha già in costruzione e quelle che sa già avrà nel futuro.

Il termine *commessa* in questa accezione può essere quasi confuso con *progetto* in particolare se si 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".

### 8.2.3 Produzione in serie

Nel mercato della cantieristica maggiore pochi costruttori producono in serie navi standard.



Figura 171 - Cantiere Flensburger di Amburgo

Tuttavia nella cantieristica da diporto di medio-piccole dimensioni è frequente rilevare questa pratica. In ogni caso, alcune delle assunzioni viste per la *Group Technology*, quali la modularizzazione, la programmazione e la gestione, possono essere riprese ed ulteriormente implementate, dato che effettivamente si producono sempre le stesse componenti e le stesse unità. Tuttavia, se la programmazione risulta molto meno complessa il controllo di produzione diventa molto più delicato perché le sequenze di costruzione sono ovviamente

molto più ravvicinate e qualunque intoppo può finire per essere fatale. Per ovviare a questi problemi quasi tutti i principali produttori navali di unità in serie hanno adottato strumenti ERP se possibile più sofisticati di quelli dei cantieri GT.

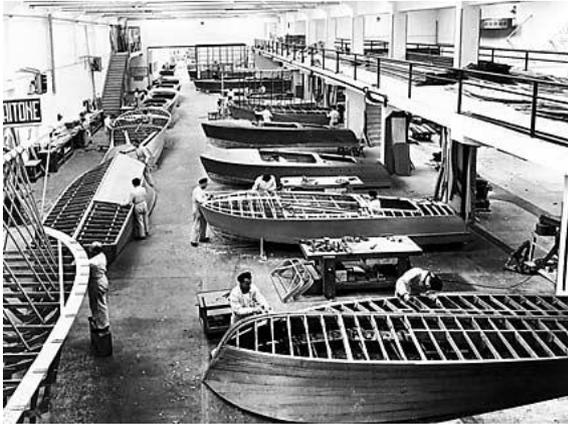


Figura 172 - Fotografia del Cantiere Riva di Sarnico anni 1950



Figura 173 - Cantiere Riva di La Spezia

### 8.3 Organizzazione dei cantieri navali

I cantieri navali sono gli stabilimenti dove si producono le navi. È importante che i progettisti conoscano le capacità e i limiti dello stabilimento in cui verrà costruita la propria nave per prepararne al meglio il progetto, perché non bisogna dimenticare che il fine ultimo della progettazione è sempre la costruzione. Un errore che viene frequentemente commesso è quello di assumere che lo stesso progetto possa essere realizzato alla stessa maniera e con la stessa produttività in stabilimenti diversi, ove possono non esserci le stesse *building practice* e le stesse *facilities*.

Esistono cantieri di lunga tradizione, addirittura secolari, e cantieri di recente costituzione, che spesso hanno una struttura più moderna e funzionale. Gli stabilimenti solitamente sono distinti in base alle dimensioni delle unità che sono capaci di realizzare, in particolare:

- Cantieri piccoli: in grado di costruire navi fino a circa 100 m di lunghezza.
- Cantieri medi: in grado di costruire navi fino a circa 200 m di lunghezza.
- Cantieri grandi: in grado di costruire navi oltre i 200 m di lunghezza.
- Cantieri di riparazione e trasformazione.
- Cantieri per navi da diporto: in grado di costruire yacht da diporto oltre i 100 m di lunghezza.

Prescindendo dagli stabilimenti storici il cui layout si è evoluto nel tempo in funzione delle tecnologie disponibili e spesso necessarie per garantire una permanenza sul mercato, possono



essere individuate alcune sistemazioni tipiche molto efficaci ai fini della produttività perché riducono la necessità di spazio ed i tempi/distanze di movimentazione. In particolare, la configurazione "lateral", "deep", "a T" e "a U".

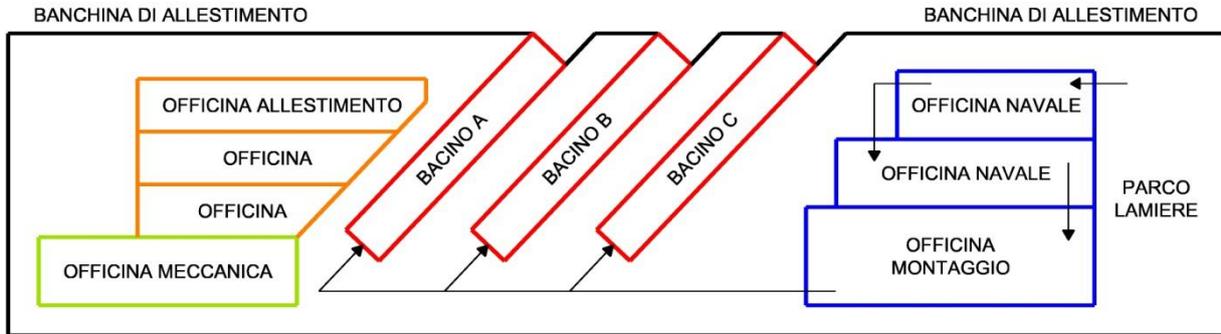


Figura 174 - Configurazione di stabilimento "lateral"

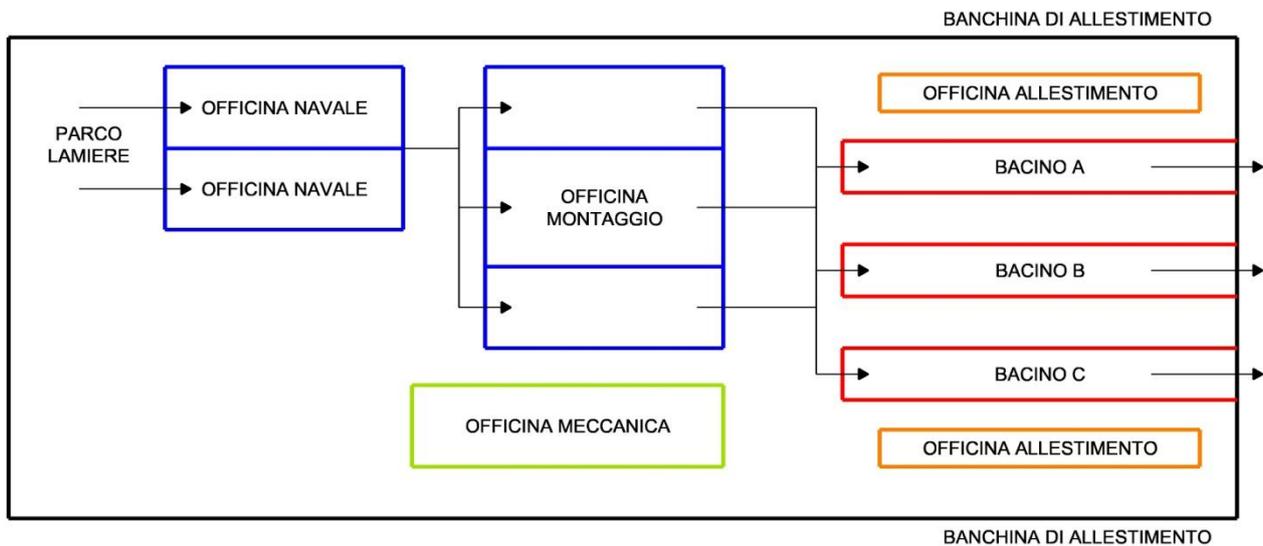


Figura 175 - Configurazione di stabilimento "deep"

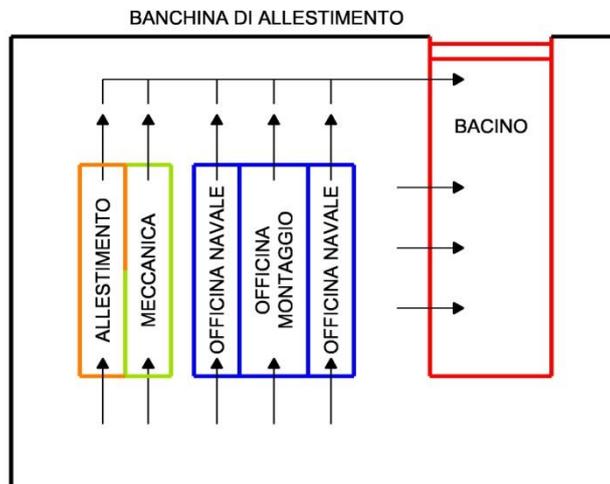


Figura 176 - Configurazione di stabilimento "a T"

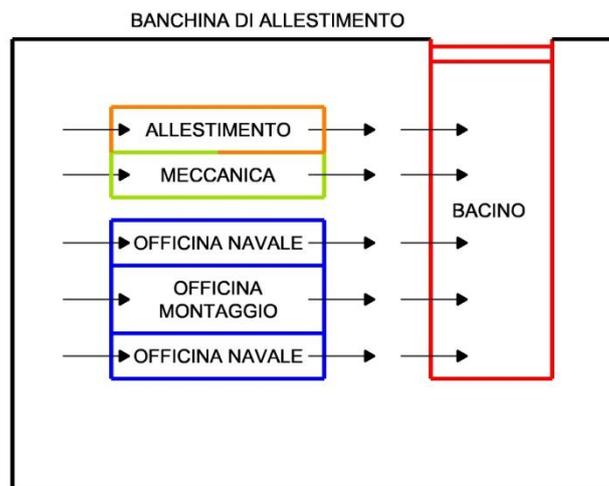


Figura 177 - Configurazione di stabilimento "a U"

### 8.3.1 Cantieri piccoli

Hanno una struttura molto semplice, con uno scalo di tipo classico, qualche capannone dove si svolgono le attività primarie e delle aree scoperte per le rimanenti attività.

Sono impiegati per la produzione di rimorchiatori, barges, naviglio minore per il traffico con le isole, aliscafi, unità militari minori, product tankers, petroliere, bettoline e pescherecci.

In genere, hanno una conduzione quasi familiare ed una struttura organizzativa molto elementare e poco personale fisso. Per la progettazione si appoggiano a studi esterni. Sono cantieri di nicchia che vivono finché la loro nicchia vive.

### 8.3.2 Cantieri medi

Sono cantieri che hanno organizzazione e struttura più consistente, una suddivisione delle attività più razionale e possiedono un ufficio tecnico interno per la progettazione. In genere sono S.p.A. e possono anche fare parte di una holding.

Sono dotati di mezzi di sollevamento "importanti" (fino a 100-200 t di capacità di sollevamento) e hanno officine attrezzate per taglio e sagomatura dei materiali ferrosi oltre che per la prefabbricazione dei blocchi. Possono avere sia lo scalo che il bacino di costruzione e sicuramente banchine per l'allestimento dopo il varo.

La struttura gestionale è presente ed organizzata a livello industriale e prevede vari gradi di responsabilità.



### 8.3.3 Cantieri grandi

I grandi cantieri sono strutturati per far fronte ad una produzione di alto livello e di grandi dimensioni. Fanno sempre parte di holding e hanno impianti continuamente aggiornati e di dimensioni ragguardevoli.

Gli stabilimenti giapponesi e coreani, abbastanza recenti e costruiti ex novo, rappresentano, in genere, quanto di più razionale ci sia al mondo. Quelli europei, compresi gli italiani, invece, in alcuni casi sono nuovi ma, in gran parte, hanno lunghe tradizioni alle spalle e quindi conformazioni più tradizionali.

Sono quasi sempre presenti bacini di costruzione e, generalmente, gru a cavalletto fino ad anche 600-800 t e più di capacità di sollevamento. Possono avere uffici tecnici centralizzati che effettuano la progettazione per tutti i cantieri della holding. Anche l'attività commerciale è generalmente centralizzata.

Hanno un'organizzazione molto potente e riescono ad industrializzare al massimo la propria attività. In genere, lavorano su più navi in serie e ciò comporta un consistente risparmio di costi tra la prima e l'ultima della serie.

### 8.3.4 Cantieri di riparazione e trasformazione

Per il tipo di attività che svolgono hanno, in genere, una struttura snella e si avvalgono della presenza nel porto di bacini di carenaggio sia in muratura che galleggianti.

In alcuni casi (vedi Palermo) vi sono cantieri che svolgono sia attività di costruzione che di riparazione/trasformazione.

Ad eccezione dei casi di normali lavori di manutenzione e carenaggio (della durata di 15-20 giorni), ci possono essere interessanti lavori di grandi riparazioni (quali sostituzioni di centinaia di tonnellate di ferro, rimotorizzazioni, etc.) e lavori di trasformazione (da nave da carico a nave passeggeri, da petroliera a F.S.O., da RO-RO tutto merci a traghetto passeggeri magari più lungo) nei quali la fase di progettazione è molto stimolante.

Bisogna, infatti, salvare il più possibile della nave esistente per risparmiare tempo e denaro ed ottenere un risultato finale che soddisfi a pieno le nuove esigenze. Questi lavori richiedono una sosta in cantiere di alcuni mesi ed alla fine, con minore spesa ed in minor tempo, si ottiene una nave "quasi" nuova.



### 8.3.5 Cantieri per navi da diporto

Sono la cenerentola della cantieristica, ma oggi esistono holding che possiedono stabilimenti in diverse nazioni del mondo.

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".



### 8.3.6 Organici

Un cantiere medio ha una struttura di impiegati e dirigenti fino a 200 persone, operai tra 700-1000 unità più un indotto fino a 1000 persone. Nei cantieri grandi, tipo quelli orientali o dell'Europa orientale, si può arrivare anche a 5000 persone tra interni ed indotto (il costo della manodopera interna è molto basso). I cantieri piccoli hanno poco personale e pochi impiegati (50-100 persone in tutto) ed appaltano molte attività (talvolta troppe). I cantieri per imbarcazioni da diporto ( $L < 24$  m) hanno poche decine di operai e ricorrono massicciamente all'indotto, tranne poche eccezioni (grosse produzioni di serie) che fanno tutto con personale interno. Per le navi da diporto i numeri aumentano consistentemente anche per l'indotto, che si occupa come per tutti gli altri cantieri di pitturazione, arredamento, coibentazioni, condizionamento, impianti elettrici. Diventa più forte la struttura commerciale e quella di progettazione.

Un organigramma tipico per un cantiere dotato di un'organizzazione ben strutturata è molto simile a quello di seguito riportato.

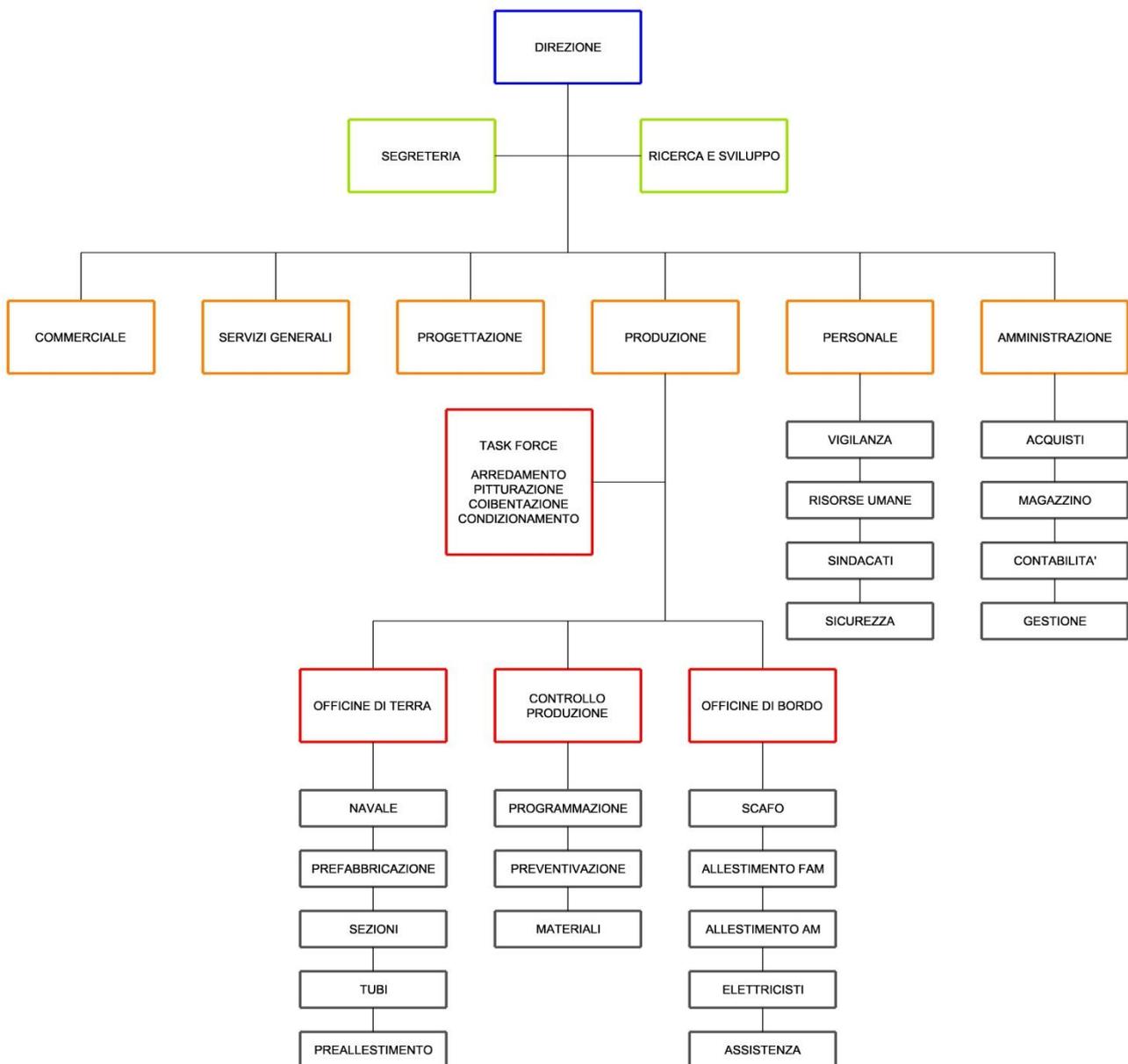


Figura 178 - Tipico organigramma di un cantiere Group Technology

### 8.3.7 Il flusso delle lavorazioni

Il tipico flusso delle lavorazioni in un cantiere navale è illustrato nello schema che segue. È bene osservare che l'attuale tendenza è quella di massimizzare le attività di preallestimento al fine di ridurre i tempi globali della costruzione. Il principale strumento per l'ottenimento di questo risultato è il ricorso alla progettazione integrata.

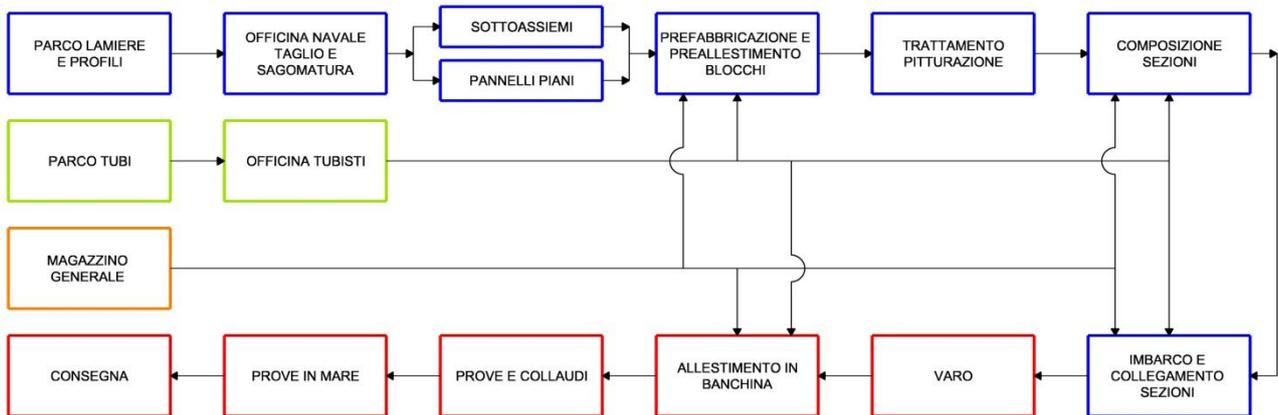


Figura 179 - Tipico workflow in un cantiere Group Technology

I work center più comunemente presenti negli stabilimenti che adottano un moderno sistema di Group Technology sono:

- *Officina Navale*: qui si svolgono le attività di carpenteria metallica pesante e leggera. Sono attrezzate con macchine da taglio al plasma a controllo numerico, carriponte magnetici per movimentazione materiali ferrosi, presse per sagomatura lamiera e profili, linea pannelli semiautomatica, pantografo a controllo numerico.
- *Officina Prefabbricazione*: qui vengono assemblati i sottassiemi ("piccoli" precomposti che richiedono molta area per poco lavoro) ed i blocchi (Assiemaggio di sottassiemi, pannelli e pezzi sciolti). Sono attrezzate con gru o carroponte fino a 10 t, gru o carroponte fino a 100-150 t, saldatrici manuali e semiautomatiche.
- *Officina Sezioni*: in questa officina nascono le sezioni dalla composizione di più blocchi fino ad un peso totale che varia da 300-400 t fino a 600-800 t. Per il sollevamento si usano coppie di gru da 200-400 t cadauna o gru a cavalletto fino a 600-800 t di capacità di sollevamento. Si usano, ovviamente, saldatrici manuali e semiautomatiche.
- *Officina Bordo*: trattasi dello scalo inclinato o del bacino di costruzione su cui le sezioni sono portate dalle gru. In questa "officina" avviene il montaggio e la saldatura delle sezioni tra di loro.

Al completamento delle attività di saldatura, la nave viene varata e portata alla banchina allestimento. In questa banchina sono presenti gru fino ad un massimo di circa 60 t di capacità di sollevamento.

In tutte le aree dove si lavora, esistono impianti fissi per l'alimentazione di ossigeno ed acetilene/metano per il taglio alla fiamma, per il CO<sub>2</sub> per la saldatura, aria compressa, acqua



per impianti antincendio, prese elettriche per alimentazione saldatrici, prese per alimentazione estrattori dotati di lunghe manichette per l'aspirazione dei fumi di saldatura, prese per alimentazione a 24 V per utensili portatili ed illuminazione provvisoria delle aree di lavoro, etc.

La logistica all'interno dello stabilimento è assicurata da un sistema di mezzi per il trasporto dei materiali (trattori, carrelli, fork lift, carrelli idraulici autosollevabili) della portata idonea a trasferire blocchi e sezioni dai luoghi di produzione alle capannette per i trattamenti di pittura e alle aree per l'imbarco sullo scalo.

I cantieri sono dotati di centrali di trasformazione di corrente da 10000 V e più a 440-380-220 e posseggono centrali termiche, centrali compressori, depositi per CO<sub>2</sub>, ossigeno ed acetilene.

Esistono magazzini, anche in più capannoni, per il deposito dei materiali necessari per le lavorazioni (elettrodi, attrezzi, tute, stracci, collanti, guarnizioni, bulloni, tubi, gaffe, legno, etc.) oltre che i macchinari specificamente destinati alle singole commesse (motori, pompe, scale, porte, finestrini, impianti specifici, cavi elettrici, quadri elettrici, etc.).



## ALLEGATI

1. Allegato 1: Romano Boico, Architetto



## Allegato 1

### Romano Boico, Architetto

Romano Boico ( Trieste, 1910 - Trieste, 1985 )

I decenni che seguono il ritorno di Trieste all'Italia sono, dal punto di vista architettonico, tra i più discussi della storia della città, in preda a una ricostruzione incontrollata generata da carenza di piani regolatori e di precise normative. Ma sono anche gli anni in cui si mettono in luce personalità di spicco come l'architetto Romano Boico che manifesta, pur sensibile ai dibattiti teorici del tempo, una piena libertà compositiva rispetto agli schemi, alle scuole e alle mode dominanti all'epoca. Una figura di convinto individualista che sembra più propenso a esercitare concretamente la professione che a elaborarla teoricamente. Boico nasce a Trieste il 18 aprile 1910 da padre triestino, grossista alimentare di mestiere, e da madre friulana. Dopo aver concluso le scuole tecniche frequenta la scuola allievi ufficiali di Brà in Piemonte e, poi, nel 1932 ottiene il suo primo lavoro effettuando rilievi altimetrici per la costruzione di un acquedotto in Liguria. Dopo un breve ritorno a Trieste, nel 1934 si trasferisce a Zara dove lavora per un anno al piano regolatore predisposto dal Comune. Tuttavia, è ad Arsia, in provincia di Pola - dove svolge il compito di controllore dei lavori progettati dall'architetto Pulitzer-Finali, il suo maestro, per la costruzione di un villaggio minerario per cinquemila persone - che Boico riceve lo stimolo per intraprendere, nel 1939, gli studi universitari di architettura.

Scoppiata la guerra, viene inviato sul fronte jugoslavo, ma sul finire del 1942 torna per un anno ad Arsia, considerata industria bellica, dove riprende il lavoro e gli studi e dove, nel luglio del 1943, sposa la ventitreenne studentessa goriziana Maria Orzan da cui avrà quattro figli. Dopo la laurea (15 novembre 1944) Boico comincia a lavorare a Milano, ma presto torna a Trieste per svolgere, oltre a un incarico in un'impresa edile, anche la libera professione, che dal 1947 diventa il suo interesse esclusivo. Negli anni successivi, contemporaneamente ai primi lavori edilizi, egli affronta, in collaborazione con Umberto Nordio - la guida del gruppo - Aldo Cervi e Vittorio Frandoli, una prestigiosa attività di allestimenti navali che lo porta in contatto con affermati pittori, scultori e decoratori con i quali lavora sulla Turbonave Conte Biancamano e le Motonavi Augustus, Homeric, Neptunia, Australia, Asia e Africa; attività che poi continua individualmente, realizzando gli interni per le Turbonavi Marconi - rivoluzionaria nell'allestimento navale italiano - e Oceanic, la Motonave Italia e i progetti per



la Raffaello e la serie di navi traghetto "Canguri". Il suo interesse scema quando, con la Raffaello, si comincia ad affermare una concezione della nave come oggetto di consumo rispetto a quella originale e personalizzata che è nell'animo di Boico. Comunque questa creativa esperienza - tesa verso l'"opera d'arte totale" - gli fa ottenere, fino al 1980, l'insegnamento di "Architettura d'allestimento" all'Istituto di Architettura Navale, nonché gli imprime un'impostazione architettonica - la divisione e l'organizzazione degli spazi e l'uso delle superfici convesse, ad esempio - che egli poi travasa nella successiva produzione civile. Molte sono le sue opere sia di edilizia pubblica - la nuova sede dell'INAM, il palazzo dell'Anagrafe, lo Stabilimento cartotecnico Sadoch, le tribune coperte dell'Ippodromo, il Policlinico Salus, i Magazzini UPIM - che privata tra cui, iniziata nel 1960-61 con l'incantevole villa nel porticciolo di Duino, la "famiglia delle ville" realizzata nei vent'anni successivi sulla costa triestina e sul Carso in armonia con l'ambiente. Grande valore storico e morale assume la sua vittoria nel concorso per la trasformazione della Risiera di San Sabba in monumento nazionale (1967 - 1974); un progetto che egli intende volto a "rammemorare le vittime, ammonire i viventi, in una società che annida la violenza. In tutti i continenti". Un'impostazione ideale dettata, tra l'altro, dai tragici fatti del periodo, segnato dall'uccisione di Martin Luther King e di Bob Kennedy, dal Vietnam e dall'invasione sovietica della Cecoslovacchia. Una realtà, cioè, che gli sembra aver perduto i valori fondanti di quella Resistenza a cui Boico vuole innalzare, perché continui a germogliare, il monumento. Per lui, nel lager triestino, in quel microcosmo separato dal mondo, tutto deve essere stilizzato e scheletrico perché l'enormità dell'accaduto non permette di usare "parole" più articolate mentre deve essere resa solo l'angoscia senza requie, com'è evidente già dal possente corridoio d'ingresso. E nel selciato del cortile, volutamente "perfetto" rispetto ai circostanti edifici fatiscenti in modo da creare un'atmosfera surreale e allucinante, si delinea, suggerito da particolari accorgimenti realizzativi, il percorso del fumo del forno crematorio verso il camino, rappresentato dalla scultura "La Pietà P. N. 30". Un simbolo della più autentica umanità di Boico che ha voluto significare che "se è vero che ognuno di noi preferirebbe essere un morto della Risiera, anziché un nazista sopravvissuto, è chiaro che non possa sussistere oggi altro sentimento che una pietà per tutti: morti, vivi, e per gli stessi nazisti, vittime e insieme macchine terrificanti del vorticoso impazzimento nazista". Chiusa la fase della Risiera, egli inizia il periodo del "recupero dell'esistente" in palazzi pubblici, aziende, case e ville private mentre l'ultima grande fatica consiste, tra il 1974 e il 1979, nella Casa dello



Stuđente dove, nei suoi dodici piani, Boico tenta di contemperare il necessario spazio individuale di ogni singolo studente con le finalit  comunitarie dell'edificio. Attivo fin quasi alla morte, avvenuta agli inizi del 1985, Boico ha espresso una creativit  architettonica che se nel campo dell'edilizia   concentrata soprattutto a Trieste, con le navi ha, invece, solcato i mari del mondo.

dott. ing. Vittorio Bucci

## Allegato 2

### Il programma Leonardo Hull 2D del RINA

Il programma Leonardo Hull è un programma di calcolo strutturale orientato alla verifica delle strutture della nave sulla base delle formulazioni proposte dal Registro e rappresenta perciò un utile strumento per la progettazione strutturale di base.

Tale software consiste di diversi moduli, specificamente elaborati per la progettazione-verifica della robustezza globale della nave e della robustezza locale degli elementi strutturali.

Utilizzando il programma Leonardo Hull la trave-nave può essere progettata definendo le caratteristiche principali della nave, dello scafo resistente e delle sezioni trasversali a diverse ascisse.

L'introduzione dei dati riguardanti la nave viene effettuata attraverso la subroutine definita "Basic Ship Data" (BSD), la definizione delle sezioni trasversali viene fatta utilizzando la subroutine "Section", entrambe richiamate dal pannello di controllo.

#### A2.1 La gestione del programma

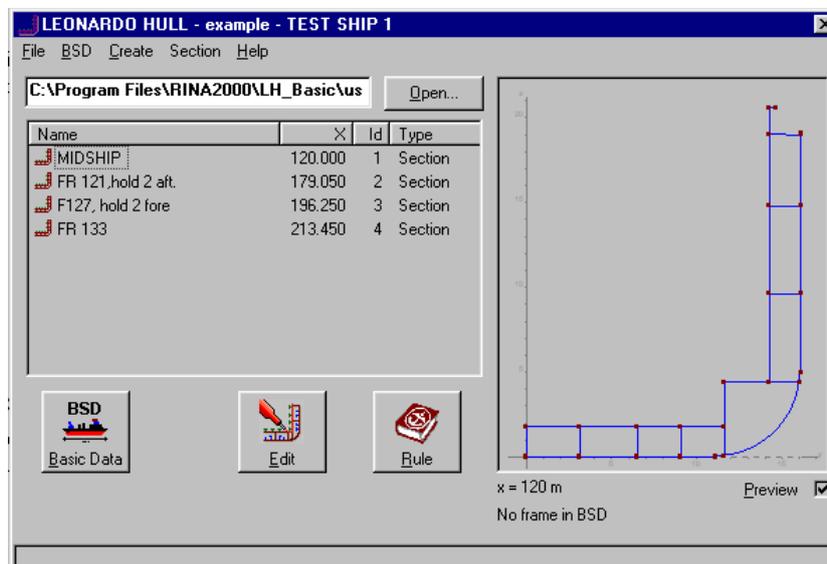


Figura 180 - Leonardo Hull 2D schermata di gestione

La pagina di gestione del programma è quella da cui si richiamano le subroutine relative al calcolo, all'immissione dati e alla registrazione e stampa. Tale pannello di controllo presenta:

- una barra del menù con i comandi di gestione delle diverse subroutine del programma;
- una finestra che indica il percorso del database attivo;



- una finestra che elenca gli elementi strutturali contenuti nel database aperto;
- una finestra che illustra l'elemento strutturale attivato;
- alcuni pulsanti per il richiamo dei comandi più frequenti.

I comandi contenuti nella barra del menù sono suddivisi in cartelle:

- la cartella File per la gestione del database;
- la cartella BSD per la definizione delle caratteristiche principali del progetto;
- la cartella Create per l'attivazione della modalità di definizione dei diversi elementi strutturali, quali le sezioni trasversali, le paratie stagne o i modelli per la torsione;
- la cartella Section per la gestione delle sezioni trasversali.

### A2.2 I manuali d'uso

I manuali per l'uso del programma sono disponibili in formato "pdf" e possono essere visualizzati a schermo richiamandoli direttamente dalla stessa cartella del menù in cui si trova il programma Leonardo Hull. Le sezioni che interessano la fase di progetto della trave-nave sono le seguenti:

- User Guide 1 - Basic Ship Data, (per la definizione delle caratteristiche principali della nave)
- User Guide 2 - Section Input, (per la definizione delle sezioni trasversali dello scafo resistente)

### A2.3 La subroutine "Basic Ship Data"

Il calcolo della robustezza longitudinale della nave viene effettuato una volta che sono state definite le caratteristiche principali dello scafo e quelle delle sezioni resistenti.

Il programma effettua la valutazione della robustezza delle strutture, sia a livello globale (trave-nave) che a livello locale (pannelli nervati). Non sono previsti calcoli relativi alle travi rinforzate (grigliati e telai).

Per prima cosa vanno definite le caratteristiche principali della nave, tale operazione viene eseguita utilizzando la subroutine Basic Ship Data (BSD). I dati richiesti per effettuare il calcolo delle caratteristiche di sollecitazione di trave-nave e per definire i carichi locali indotti dal mare sono suddivisi in categorie, a ognuna di esse corrisponde una pagina per l'immissione dei dati. Le pagine sono organizzate nel modo seguente:

- General per la definizione del nome di riferimento del progetto e dei dati correlati;
- Notations & Main Data per la definizione del tipo di nave e delle sue caratteristiche principali;
- Moment & Draught per la definizione delle caratteristiche di sollecitazione di calcolo della trave-nave e dei dati correlati;
- Bow Flare per la definizione delle forme di prora per la valutazione di sollecitazioni aggiuntive di slamming;
- Materials per la definizione dei materiali utilizzati per la costruzione dello scafo;
- Frame Locations per la definizione del piano delle ossature;
- Calculation & Print per la definizione delle modalità di valutazione della robustezza longitudinale, per l'esecuzione dei calcoli e per la gestione della stampa su carta.

Seguono le indicazioni per la compilazione delle singole schermate. Per ciascuna pagina vengono elencati e commentati i dati da inserire, completi dell'indicazione del valore da assumersi in relazione alla nave oggetto delle esercitazioni.

#### (1) General

##### Dati riassunti dalla pagina

Nome di riferimento del progetto e dati correlati; indicazioni generiche per il progetto.

##### Aspetto grafico

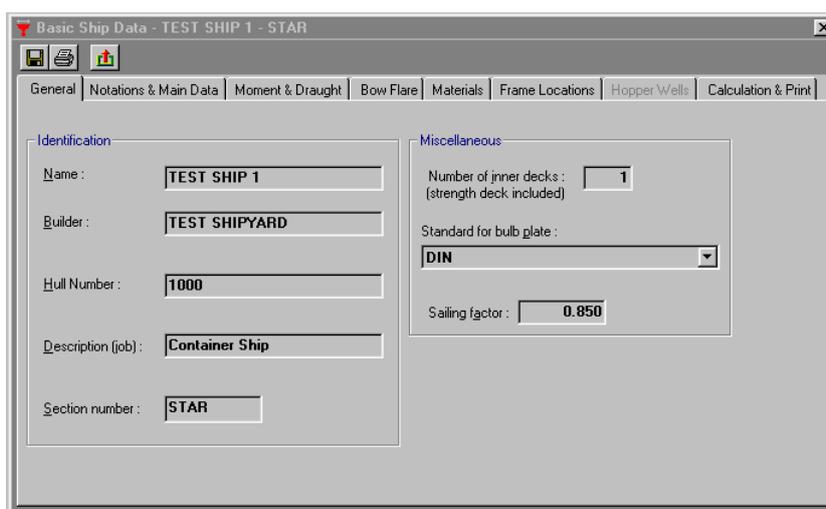


Figura 181 - Basic Ship Data

##### Elenco dei dati e note

- Name [\*]: i dati nel riquadro "Identification" non sono rilevanti ai fini del calcolo

- Builder [corso di costruzioni navali]
- Hull Number [001/anno]
- Description [nave cisterna]
- Section Number [giorno/mese/anno]: riferimento per identificare la sessione di lavoro, per esempio la data
- Number of inner decks [1]: il numero dei ponti si riferisce ai ponti continui da murata a murata al di sopra del cielo del doppiofondo, compreso il ponte di resistenza anche se a sviluppo ridotto
- Standard of bulb plate [DIN]: lo standard per la definizione dei ferri a bulbo va fissato in armonia con le disponibilità di cantiere, viene definito per permettere al programma di calcolare le caratteristiche esatte dei ferri in oggetto
- Sailing factor [0.85]: il fattore di navigazione si riferisce alla frazione della vita della nave spesa in mare e serve per valutazioni di resistenza a fatica, ossia per il calcolo del danno cumulativo di fatica

## (2) Notation & Main Data

### Dati riassunti dalla pagina

Tipo di nave, caratteristiche principali e indicazioni sul corpo delle stive.

### Aspetto grafico

Notation		Location of hold regions	
Service:	Container ship	Aft end:	63.500 m
Navigation:	Unrestricted navigation	Fore end:	232.150 m

Main dimensions		Depths	
Scantling length:	242.896 m	At strength deck:	19.000 m
Breadth moulded:	32.200 m	At freeboard deck:	14.820 m
Block coefficient:	0.681	At top of continuous member:	20.600 m
Contractual service speed:	23.800 Knots		

Figura 182 - Notations & Main Data



### Elenco dei dati e note

- Service [Oil tanker and FLS tanker]: il tipo di servizio serve per determinare le norme specifiche cui il progetto deve sottostare
- Navigation [unrestricted navigation]: il tipo di navigazione serve per definire i parametri che regolano la robustezza dello scafo in funzione della severità del mare
- Scantling length [121,80]: i dati nei riquadri “Main dimensions” e “Location of hold regions” vanno definiti sulla base della normativa e costituiscono le dimensioni principali della nave per il dimensionamento strutturale la lunghezza di calcolo (detta Rule length o Scantling length) va definita con particolare attenzione (vedi Pt B, Ch 1, Sec2). In base alle lunghezze caratteristiche della nave si perviene ad una Scantling length prossima a quella tra le perpendicolari, qui assunta perciò come lunghezza di calcolo:

lunghezza tra le perpendicolari ..... 121,80 m

lunghezza al galleggiamento..... 125,30 m

lunghezza fuori tutto ..... 130,80 m

valori limite della lunghezza di calcolo.....  $120,30 \text{ m} < L < 121,54 \text{ m}$

- Breadth moulded [18,900]
- Block coefficient [0,770]
- Contractual service speed [17,500]
- Location of hold region: Aft End [20,350]: le distanze in direzione longitudinale sono riferite alla Aft End (AE)
- Location of hold region: Fore End [115,35]
- Depths at strength deck [10,000]: i dati nel riquadro “Depths” sono definiti per il calcolo dei moduli di resistenza della trave-nave
- Depths at freeboard deck [10,000]
- Depths at top of continous member [10,450]

### (3) Moment & Draught

#### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle caratteristiche di sollecitazione di progetto della trave-nave.

## Aspetto grafico

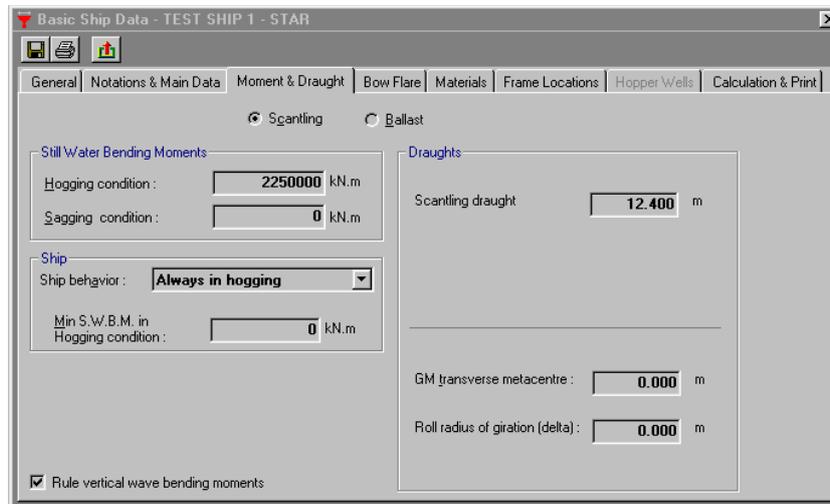


Figura 183 - Moment & Draught

## Elenco dei dati e note

- S.W.B.M. Hogging Condition [0]: i valori estremi di S.W.B.M. sulla sezione maestra servono per il dimensionamento della trave-nave, quando non sono noti vengono calcolati dal programma in base alla normativa (in questo caso immettere 0,000)
- S.W.B.M. Sagging Condition [0]
- Ship behavior [Always in hogging]: i dati nel riquadro "Ship" servono per valutare i momenti flettenti estremi di registro in funzione del comportamento previsto dello scafo
- Minimum S.W.B.M. in Hogging Condition [0]
- Scantling draught [6,600]: i dati nel riquadro "Draughts" servono per valutare i carichi locali esterni di pressione marina e interni inerziali
- Minimum ballast draught [3,600]
- GM transverse metacentre [0,000]: quando non è noto viene calcolato dal programma in base alla normativa (in questo caso immettere 0,000)
- Roll radius of giration [0,000]: quando non è noto viene calcolato dal programma in base alla normativa (in questo caso immettere 0,000)
- Rule vertical wave bending moment [✓]: indica di utilizzare i valori di regolamento di W.B.M. per un progetto in armonia con le indicazioni di registro

(4) Bow Flare

### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle forme di prora per la valutazione di sollecitazioni aggiuntive di slamming.

### Aspetto grafico

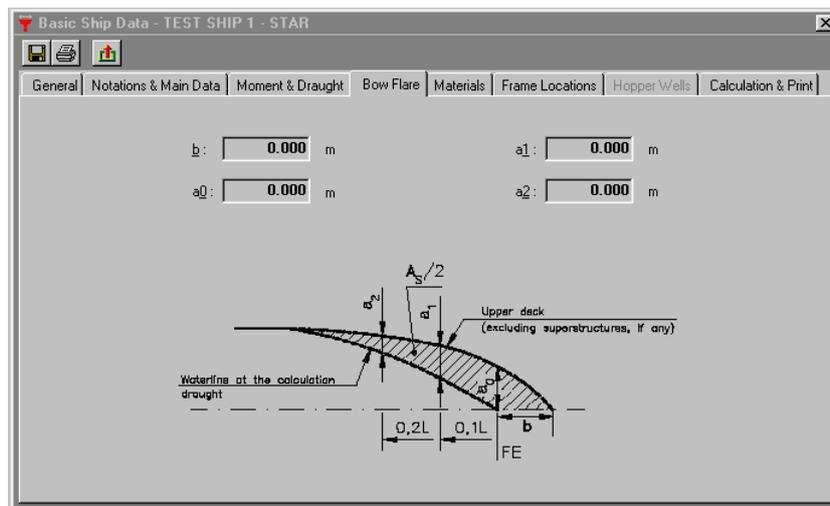


Figura 184 - Bow Flare

### Elenco dei dati e note

- $b-a_0-a_1-a_2$  [4,350 – 2,800 – 2,400 – 0,000]: le caratteristiche geometriche delle forme di prora portano alla valutazione di un momento flettente d'onda insellante corretto per tenere conto dello slamming per navi con velocità massima di servizio maggiore di 17,5 nodi e con forme di prora slanciate (calcolo effettuato in base alla normativa)

### (5) Materials

### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione dei materiali utilizzati per la costruzione dello scafo.

## Aspetto grafico

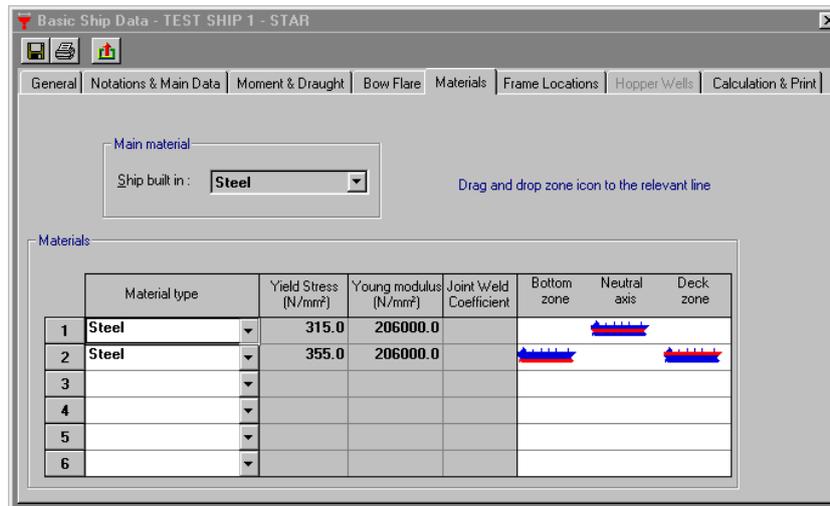


Figura 185 - Materials

## Elenco dei dati e note

- Main material [Steel]: in base al materiale sono definite le sollecitazioni massime ammissibili nelle diverse zone dello scafo
- Materials [Steel – 315,0 – 206000,0 – Bottom, Neutral axis and Deck zone]: i valori delle caratteristiche meccaniche del materiale sono inseriti automaticamente dal programma ma possono essere modificati; l'altezza delle zone con materiale ad elevata resistenza deve essere definita in base alle normative

## (6) Frame locations

### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione del piano delle ossature.

## Aspetto grafico

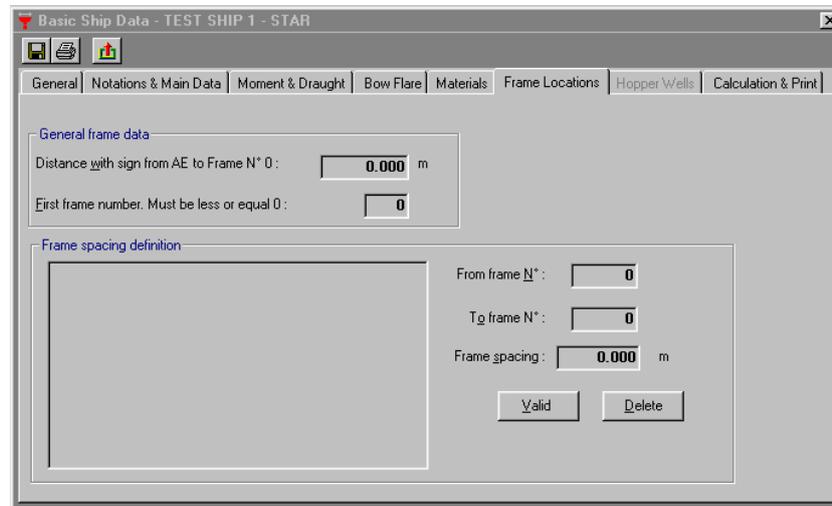


Figura 186 - Frame Locations

## Elenco dei dati e note

- Distance with sign from AE to Frame n.0 [0,300]: i valori sono riferiti alla perpendicolare addietro per il dimensionamento dello scafo AE, definita dal Registro i codici identificativi delle ossature sono per convenzione negativi a poppavia della AE
- First frame number [-8]
- Frame space definition (from frame n. – to frame n. – frame spacing) [-8 -6 0.645] [-6 10 0.610] [10 32 0.725] [32 156 0.750] [156 174 0.600]: sono qui definiti i gruppi di ossature, da poppa a prora, caratterizzati da uguale spaziatura: per ogni gruppo è necessario introdurre prima i codici delle ossature estreme del gruppo e poi l'intervallo comune

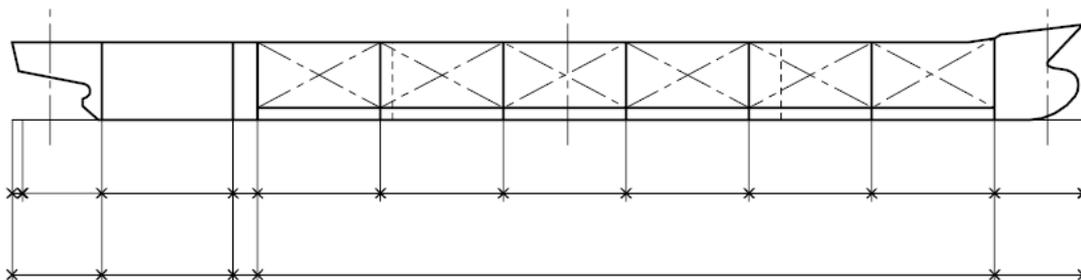


Figura 187 - Identificazione del piano delle ossature

## (7) Calculation & Print

## Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle modalità di valutazione della robustezza longitudinale, per l'esecuzione dei calcoli e per la gestione della stampa su carta.

## Aspetto grafico

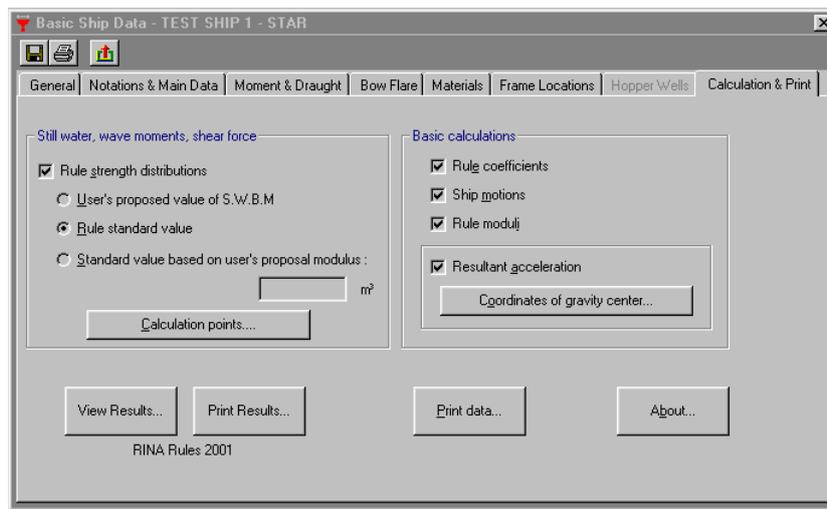


Figura 188 - Calculation & Print

## Elenco dei dati e note

- Print data... : tramite questo tasto si effettua la stampa dei dati finora inseriti
- View results... – Print results... : tramite questi tasti si accede ai risultati dei calcoli richiesti tramite selezione delle singole voci nei riquadri superiori, rispettivamente per visionarli a schermo e per stamparli (i calcoli vengono effettuati con la normativa aggiornata all'anno indicato sulla schermata)
- Still water, wave moments, shear force – Rule standard value [✓]: in base al criterio selezionato per la valutazione delle caratteristiche di sollecitazione sulla sezione maestra, il programma calcola la distribuzione delle stesse lungo la nave in base al regolamento. Nella fase di progetto è conveniente utilizzare l'opzione di calcolo "Rule standard value" che fa riferimento alle normative per la definizione delle c.d.s. sulla sezione maestra; in alternativa con l'opzione "User's proposed value for S.W.B.M." si può fare riferimento ai valori estremi noti, oppure con l'opzione "Standard value based on user's proposal modulus" si può richiedere il valore delle c.d.s. massime di Registro per una nave avente una sezione maestra nota (e definita dal valore del modulo di resistenza minimo). Con il successivo uso del tasto "View Results..." si può visionare la



distribuzione longitudinale delle caratteristiche di sollecitazione di progetto valutate in base alla normativa

- Still water, wave moments, shear force – Calculation point [Frame n.83]: attivando questa opzione e seguendo le istruzioni sopra riportate per il calcolo della distribuzione delle caratteristiche di sollecitazione il programma mostra i valori assunti dalle stesse sulle sezioni trasversali selezionate
- Basic calculations – Rule coefficients []: il programma calcola in base al regolamento i parametri per la valutazione dei carichi locali di pressione esterna e interni d'inerzia, oltre ai dati essenziali per tenere conto della resistenza del materiale con il successivo uso del tasto "View Results..." si possono visionare i parametri calcolati
- Basic calculations – Ship motions []: il programma calcola i parametri per i calcoli relativi ai moti nave in mare ondoso (ampiezze, accelerazioni e movimenti relativi) con il successivo uso del tasto "View Results..." si possono visionare i parametri appena calcolati
- Basic calculations – Rule moduli []: il programma calcola il modulo di resistenza minimo per la sezione maestra facendo riferimento alle norme del registro e ai momenti flettenti massimi previsti per la nave con il successivo uso del tasto "View Results..." si possono visionare i parametri appena calcolati
- Basic calculations – Resultant acceleration []: il programma calcola le accelerazioni indotte dai moti nave sulle diverse sezioni dello scafo, a tale scopo utilizza le coordinate del centro di gravità definite con il tasto "Coordinates of gravity center..." con il successivo uso del tasto "View Results..." si possono visionare i parametri appena calcolati

#### A2.4 La subroutine "Section"

In questa fase si definiscono le caratteristiche geometriche, strutturali e costruttive delle sezioni resistenti trasversali della trave-nave. Alcuni dati vengono qui definiti per la prima volta, altri invece vengono richiamati da quelli già inseriti nel modulo BSD quando sono correlati alla definizione delle caratteristiche principali della nave o al calcolo delle caratteristiche di sollecitazione.

Per prima cosa devono essere definiti alcuni dati generici tramite le seguenti pagine:



- Main Data per la definizione delle caratteristiche geometriche principali della sezione e del materiale;
- Strength per la definizione delle c.d.s. da considerare per il successivo calcolo delle tensioni primarie sulla sezione;
- Fatigue per la definizione delle caratteristiche delle saldature ai fini della verifica a fatica dei punti critici –rappresentati dalle intersezioni fra elementi strutturali (hot spot);
- Ship State per la definizione delle modalità di calcolo;

Una volta introdotti questi dati, il programma propone la schermata di lavoro per la definizione della sezione strutturale.

A questo punto inizia la sessione di lavoro vera e propria per la definizione della sezione: innanzitutto si definiscono la geometria e il dimensionamento di partenza dei fasciami a sviluppo longitudinale, successivamente si definiscono la posizione e il dimensionamento dei rinforzi ordinari ed infine si passa alla caratterizzazione dei carichi locali. Tali operazioni vengono eseguite lavorando su una pagina che è suddivisa in diverse zone, contenenti i tasti per i comandi, il foglio grafico per effettuare il disegno della sezione e la tabella per l'introduzione dei dati.

Seguono le indicazioni per la compilazione delle singole schermate. Per ciascuna pagina vengono elencati e commentati i dati da inserire, completi dell'indicazione del valore da assumersi in relazione alla sezione maestra della nave oggetto delle esercitazioni. Segue poi l'illustrazione della procedura per la definizione della sezione strutturale.

(1) Main Data

#### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione della posizione e delle caratteristiche principali della sezione.

## Aspetto grafico

Figura 189 - Main Section Data (A)

Figura 190 - Main Section Data (B)

## Elenco dei dati e note

- Identification [sezione maestra]
- Longitudinal location (from AE) [60.900]
- Breadth moulded [18.900]
- Depth moulded [10.000]
- Depth at top of continuous member [10.450]
- Material: i dati nel riquadro “Material” sono definiti con le stesse modalità di compilazione della cartella “Material” nella subroutine BSD
- Input of... [Half section]: utilizzare l’opzione “Half section” se la sezione è simmetrica
- Default (BSD) [✓]: utilizzare questa opzione per richiamare i dati definiti nella sessione BSD

## (2) Strength

### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle c.d.s. da considerare per il successivo calcolo delle tensioni primarie sulla sezione.

## Aspetto grafico

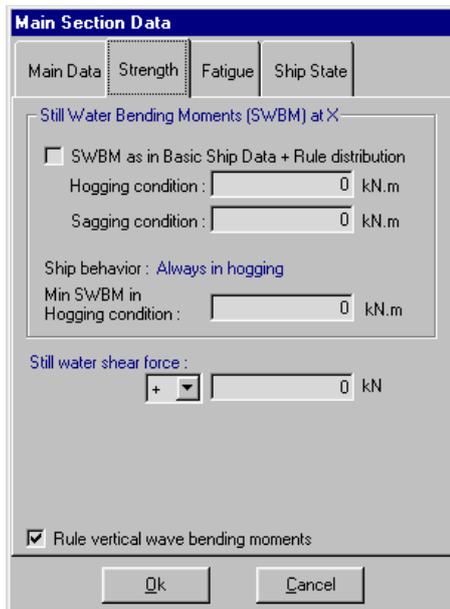


Figura 191 - Strength (A)

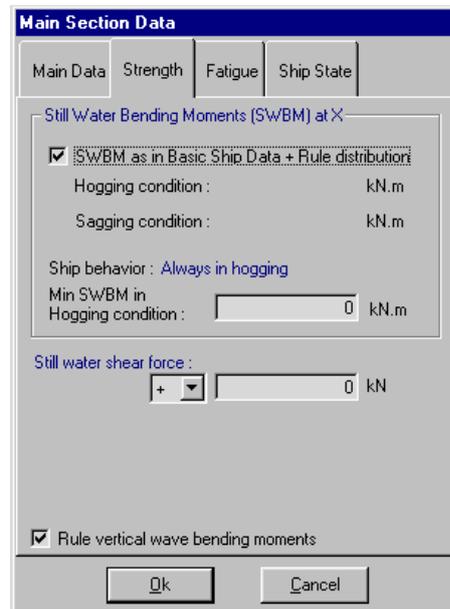


Figura 192 - Strength (B)

## Elenco dei dati e note

- SWBM as in BSD + Rule distribution [✓]
- Ship behavior: il comportamento della nave è quello definito nella sessione BSD
- Minimum SWBM in Hogging condition [0]: il valore del momento qui richiesto va ridefinito anche se è già stato fissato nella sessione BSD
- Still water shear force [0]: il valore del taglio massimo in acqua tranquilla sulla sezione trasversale va definito con le convenzioni usate per le caratteristiche di sollecitazione di trave-nave indicate dal Registro (Part B, Cap 5, Sec 2)
- Rule vertical wave bending moments [✓]: utilizzare i valori di Registro per effettuare un progetto a norma

## (3) Fatigue

### Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle caratteristiche delle saldature ai fini della verifica a fatica dei punti critici, rappresentati dalle intersezioni fra elementi strutturali (hot spot).

## Aspetto grafico

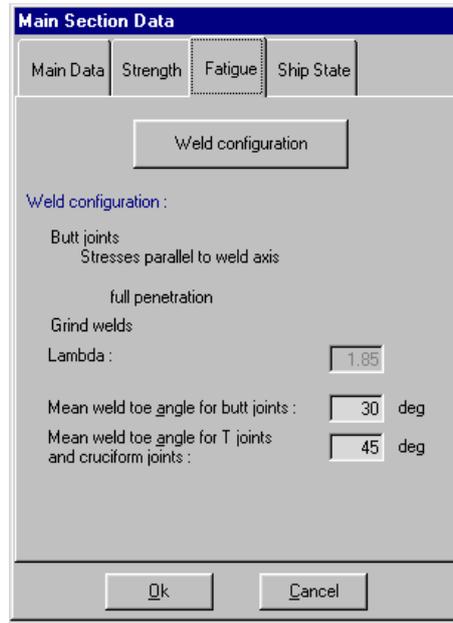


Figura 193 - Fatigue

## Elenco dei dati e note

I dati qui introdotti si riferiscono alla definizione dei fattori di concentrazione degli sforzi in corrispondenza dei punti critici. In una fase preliminare del progetto si accettino i valori standard proposti per tutte le grandezze qui richiamate.

(4) Ship State

## Dati riassunti dalla pagina

Dati per la definizione delle modalità di calcolo.

## Aspetto grafico

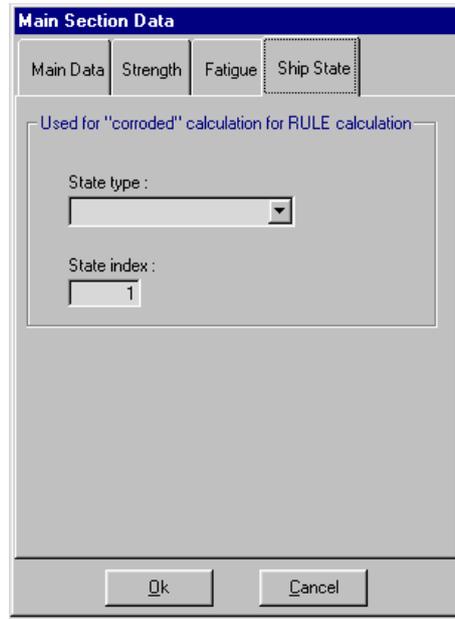


Figura 194 - Ship State

## Elenco dei dati e note

- State type [project]: il parametro “state type” è un dato che serve per memorizzare la particolare sessione creata, infatti una sezione trasversale può essere definita con spessori diversi, in funzione sia di diverse opzioni di progetto, sia di diverse condizioni di corrosione per una verifica della struttura nel corso della sua vita. Si osservi che questo parametro influenza l’analisi strutturale che verrà di seguito effettuata, infatti l’opzione “survey” comporta lo svolgimento dei calcoli strutturali con sezione caratterizzata da un predeterminato tasso di corrosione (“corroded section”)
- State index [1]: il parametro “state index” va eventualmente utilizzato per definire la versione di progetto della struttura in esame

## Procedura per la definizione della sezione strutturale

In questa fase si definiscono le caratteristiche geometriche, strutturali e costruttive della sezione trasversale. La sessione di lavoro per la definizione della sezione strutturale va sviluppata nelle seguenti fasi:

- definizione della geometria dei fasciami a sviluppo longitudinale;
- definizione dei corsi di fasciame e degli spessori;

- definizione della posizione e del dimensionamento dei rinforzi ordinari a sviluppo longitudinale;
- definizione della posizione e del dimensionamento dei rinforzi ordinari trasversali.

Il percorso da seguire è quindi quello che prevede la creazione ordinata delle diverse entità strutturali:

fasciami → rinforzi longitudinali → rinforzi trasversali

per ognuna delle quali va seguita una procedura che si basa sulla definizione prima della geometria e poi del dimensionamento. Si passa infine alla caratterizzazione dei soli carichi locali poichè quelli globali sono desunti dalle già definite caratteristiche di sollecitazione della trave-nave.

La pagina di lavoro presenta la barra del menù, una zona laterale contenente i tasti dei comandi più utilizzati, il foglio grafico per disegnare la sezione e una tabella per l'introduzione dei dati.

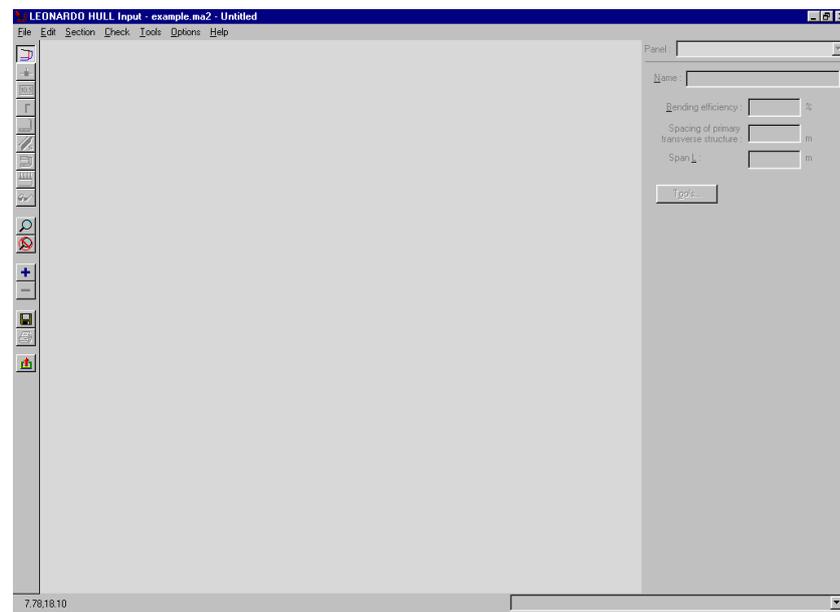


Figura 195 - Schermata della subroutine Section

I comandi per la gestione della subroutine "Section" sono contenuti nella barra del menù e sono così suddivisi:

- nella cartella File si trovano i comandi per la gestione del file contenente tutti i dati della sezione sulla quale si sta lavorando, sono qui presenti anche i comandi per la

stampa dei dati su carta e per la stampa dei disegni su files del tipo “bmp”; in questa cartella è collocato il comando per la chiusura della sessione;

- nella cartella Edit si trovano alcuni comandi di gestione (“Undo”, “Copy to clipboard”);
- nella cartella Section è presente il comando per il richiamo delle pagine di dati che sono state precedentemente illustrate (Main Data, Strength, Fatigue e Ship State), oltre ai comandi per la creazione degli elementi strutturali della sezione e dei carichi locali;
- nella cartella Check sono contenuti i comandi per il controllo grafico dei principali parametri strutturali definiti, il comando “... list” permette poi di elencare a schermo le caratteristiche delle singole entità strutturali;
- nella cartella Tools sono contenuti i comandi per la creazione e la selezione delle diverse entità strutturali, tali comandi sono più comodamente accessibili dalla barra disposta lateralmente sulla destra dello schermo;
- nella cartella Options sono contenuti i comandi per la gestione di grafica e di stampa su carta.



La definizione dei fasciami: i pannelli

Il fasciame viene definito creando dei pannelli sui quali andranno poi adagiati i singoli corsi: i pannelli rappresentano le linee mediane delle lamiere, e costituiscono quindi lo schema geometrico, i corsi rappresentano gli elementi strutturali, e sono definiti dalla larghezza e dallo spessore.

Il programma Leonardo Hull possiede la caratteristica di essere “panel-oriented”, intendendo con ciò che l’intera struttura della sezione trasversale viene definita sulla base della suddivisione del fasciame in pannelli. Perciò non solo i corsi di fasciame, ma anche i rinforzi ordinari vengono definiti con riferimento alla geometria dei pannelli.

Tali pannelli devono possibilmente corrispondere a zone strutturalmente omogenee, in modo da facilitare la definizione dei corsi e dei relativi rinforzi e contemporaneamente anche la gestione dell’intero complesso strutturale.

Nel caso in esame può risultare opportuno suddividere i fasciami della sezione maestra nelle seguenti zone:

- una zona per lo scafo esterno (fondo e murata),
- una zona per il cielo del doppiofondo,



- una zona per la paratia longitudinale,
- una zona per il ponte di coperta,
- una zona per ogni paramezzale,
- una zona per ogni copertino,
- una zona per ogni anguilla,

a ciascuna zona va quindi associato un pannello.

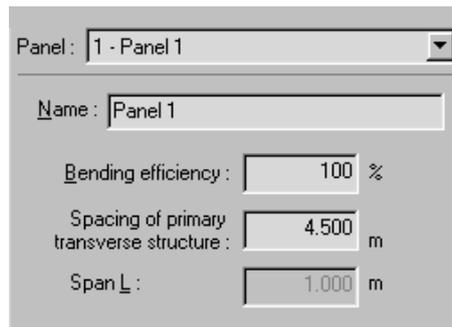
Dal punto di vista geometrico il singolo pannello è una curva descritta da una un'ascissa curvilinea – e per questo motivo non può presentare biforcazioni – tracciata tra due nodi di estremità.

La creazione di un pannello viene effettuata definendo i due punti di estremità e la funzione della curva che li congiunge. Tale curva, nella sua configurazione più semplice, può essere costituita da un singolo segmento rettilineo oppure da un arco di cerchio. Sulla base di questi due tipi di elementi si può anche generare un pannello formato da una spezzata mistilinea tesa fra una serie di punti successivi e, per facilitare tale composizione, si può fare ricorso a funzioni speciali.

Indipendentemente dal numero di bracci della spezzata che lo compone, un pannello deve essere creato con la successione di operazioni di seguito elencate che prevedono nell'ordine di:

- I. attivare la modalità di gestione dei pannelli,
- II. aggiungere nella sezione un pannello tramite il comando "Add object",
- III. definire il nome identificativo del pannello nella tabella riassuntiva dei dati, tabella che sta alla destra del foglio grafico,
- IV. definire, nella stessa tabella, le altre caratteristiche richieste,
- V. definire la geometria del pannello.

Il nome del pannello e le caratteristiche comuni delle lamiere che lo compongono sono definite, come detto, nella tabella riassuntiva dei dati, che si presenta nel modo seguente:



Panel :	1 - Panel 1
Name :	Panel 1
Bending efficiency :	100 %
Spacing of primary transverse structure :	4.500 m
Span L :	1.000 m

Figura 196 - Creazione di un pannello

In essa compare innanzitutto la cartella “Panel” nella quale sono elencati i nomi identificativi dei pannelli creati. Tale cartella permette di effettuare velocemente la selezione del pannello su cui si intende operare. Nella zona sottostante si trova l’elenco delle caratteristiche del pannello su cui si sta lavorando: il nome (“Name”), l’efficienza alla robustezza longitudinale (“Bending efficiency”), la distanza fra le travi robuste che costituiscono il supporto del pannello nella direzione della campata longitudinale (“Spacing of primary transverse structure”) e infine la campata longitudinale dei rinforzi ordinari –definita in altra sede– (“Span L”).

La geometria del pannello si definisce, come detto, tracciando una linea passante per due o più nodi; i singoli tratti fra due nodi successivi sono definiti “segmenti”, che possono essere rettilinei o curvi. La creazione del pannello consiste perciò nella creazione dei singoli segmenti che lo compongono.

Per generare il primo segmento del pannello è necessario:

- I. attivare la modalità di gestione dei nodi,
- II. inserire le coordinate del nodo #1 nella tabella riassuntiva dei dati posta alla destra del foglio grafico – si osservi che il sistema di riferimento è di tipo cartesiano, costituito dall’asse “y” delle ascisse e dall’asse “z” delle ordinate –,
- III. aggiungere nella sezione il nodo #2 tramite il comando “Add object”,
- IV. scegliere, nella tabella riassuntiva, il tipo di curva corrispondente al segmento teso fino al nodo #2 – per acquisire pratica nella gestione dei segmenti del pannello si considerino inizialmente solo segmenti rettilinei –,
- V. inserire le coordinate del nodo #2 nella tabella riassuntiva.

Per aggiungere altri segmenti si opera in maniera analoga partendo dall’ultimo nodo definito, in modo da creare una serie di segmenti in successione, nei quali il nodo finale di un segmento



rappresenta il nodo iniziale del successivo. I singoli segmenti possono poi essere caratterizzati con un nome che li identifica, in funzione della loro posizione nella struttura della sezione trasversale.

Per controllare la geometria del pannello i singoli segmenti possono essere selezionati dal pannello di controllo: si osservi che ogni segmento è correlato al suo nodo finale – e quindi il primo nodo del pannello è correlato al segmento #0 (segmento fittizio)– .

Le coordinate di un nodo possono essere corrette anche se sono stati creati successivamente altri nodi, di conseguenza vengono modificati i due segmenti ad esso collegati. Un nodo, sia di estremità che intermedio, può anche essere cancellato: si ottiene la cancellazione del segmento che esso definiva oppure la fusione dei due segmenti che su di esso convergevano. Tale operazione si effettua con il comando “Delete object”.

La sessione di creazione del pannello si conclude tornando alla modalità di gestione dei pannelli e si riapre selezionando il pannello interessato dalla lista e attivando quindi la modalità di gestione dei nodi.

Come precedentemente detto la curva fra due nodi può essere definita in maniera diversa, scegliendo fra le possibili opzioni prima di generare il nodo finale del segmento. Tali opzioni sono correlate ai seguenti tipi di segmento:

- line: segmento con raggio di curvatura infinito,
- tangent circle: segmento con raggio di curvatura costante definito nella casella “R” (assume valori positivi o negativi) e tangenti estreme definite dalle coordinate “yTan” e “zTan” del punto di incontro delle due rette passanti per i due nodi di estremità,
- arc: segmento con raggio di curvatura costante definito nella casella “R”,
- corrugated: segmento rappresentante una lamiera corrugata con modulo di corrugazione costante definito attraverso il comando “Corrugated data...”.

Esiste poi un comando che permette di generare velocemente il pannello dello scafo esterno in presenza di un fondo piano, con o senza alzata di madiere, e di una murata piana, collegati da un ginocchio a curvatura costante. Tale comando, indicato con il nome di “Bilge Wizard...”, è presente nella tabella di destra e va richiamato in luogo del comando “Add object” per creare contemporaneamente i tre segmenti corrispondenti al fondo piano, al ginocchio e alla murata piana. Una volta attivato il comando, i tre segmenti indicati vengono creati a partire dall’ultimo nodo generato; a tale scopo si richiedono: le coordinate (y,z) del nodo finale della

murata (“End point coordinates”), il raggio di curvatura del ginocchio (“Circle radius”) e le coordinate (y,z) del punto di incontro fra il segmento del fondo e quello di murata (“Tangent intersection”).

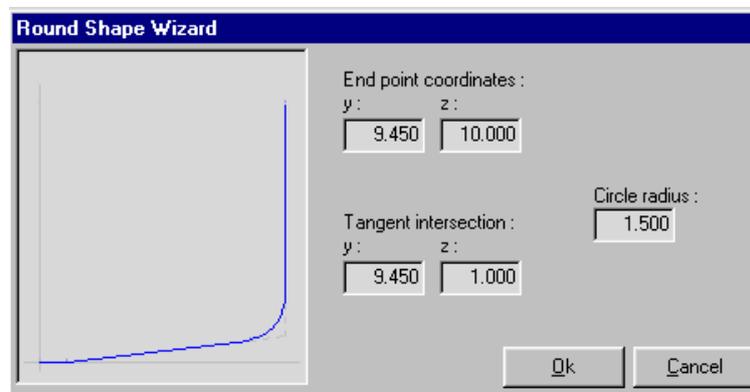


Figura 197 - Round Shape Wizard

Nel pannello di controllo e gestione dei segmenti –e dei nodi correlati– è presente la cartella “Intersection” che contiene una serie di strumenti che facilitano la creazione dei segmenti. Utilizzando i comandi qui inseriti, il nodo finale di un segmento può essere generato su un punto qualsiasi di un altro segmento oppure su un altro nodo. I comandi a disposizione sono i seguenti:

- “intersection with y entered and z computed”: crea il nodo finale del segmento su un punto qualsiasi di un segmento già presente, calcolando automaticamente la coordinata “z”; tale comando permette di generare un segmento perpendicolare ad un altro;
- “intersection with y computed and z entered”: crea il nodo finale del segmento su un punto qualsiasi di un segmento già presente, calcolando automaticamente la coordinata y; tale comando permette, in modo analogo, di generare un segmento perpendicolare ad un altro;
- “intersection with a node”: crea il nodo finale del segmento su un nodo già presente.

Quando, dopo aver attivato uno di questi comandi, si definisce il segmento o il nodo rispetto al quale si effettua l’operazione, la cartella “Intersection” si modifica indicando tale nodo o segmento di riferimento. Per esempio, con riferimento al primo caso (“intersection with y entered and z computed”), una volta selezionato il segmento di intersezione, la cartella si modifica nel modo seguente dalla configurazione (A) alla (B) e poi alla (C):

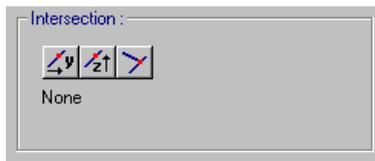


Figura 198 - Intersection (A)

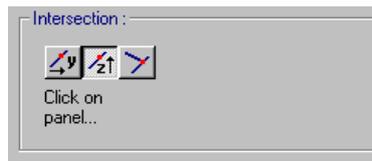


Figura 199 - Intersection (B)

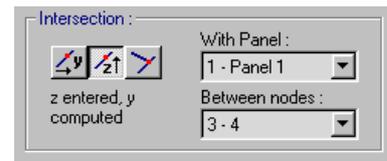


Figura 200 - Intersection (C)

Nel pannello di controllo e gestione dei segmenti e dei nodi correlati è anche presente la cartella “Tools...” che contiene un’altra serie di strumenti che facilitano la creazione dei segmenti.

Utilizzando i comandi qui elencati è possibile inserire dei nodi in punti particolari del pannello, oppure modificare la posizione di nodi già creati:

- “Make horizontal with previous node”, “Make horizontal with next node”: modifica la posizione di un nodo allineandolo orizzontalmente con il nodo precedente o con quello successivo;
- “Make vertical with previous node”, “Make vertical with next node”: modifica la posizione di un nodo allineandolo verticalmente con il nodo precedente o con quello successivo;
- “Align segment – Project node on segment”, “Align segment – Keep z value, compute y” e “Align segment – Keep y value, compute z”: modifica la posizione di un nodo allineandolo con i nodi adiacenti secondo le tre diverse opzioni che prevedono la proiezione lungo la normale oppure la proiezione lungo una direzione parallela a uno degli assi coordinati di riferimento;
- “Insert node”: crea un nodo su un punto qualsiasi di un segmento esistente, dividendo quest’ultimo in due segmenti;
- “Set position with mouse”: modifica la posizione di un nodo portandolo sulla posizione del puntatore del mouse: il puntatore si modifica in “+” mentre le sue coordinate sono visibili sulla pagina grafica in basso a sinistra.

Infine, l’opzione “Knuckle” indica al programma di trattare alla stregua di un rinforzo longitudinale lo spigolo formato fra due lamiere convergenti in un nodo.

Di seguito è riportata una schermata illustrativa della suddivisione in pannelli di una sezione: di ciascun pannello è indicato il numero identificativo e il verso, il pannello #1 è di colore diverso perché attivato.

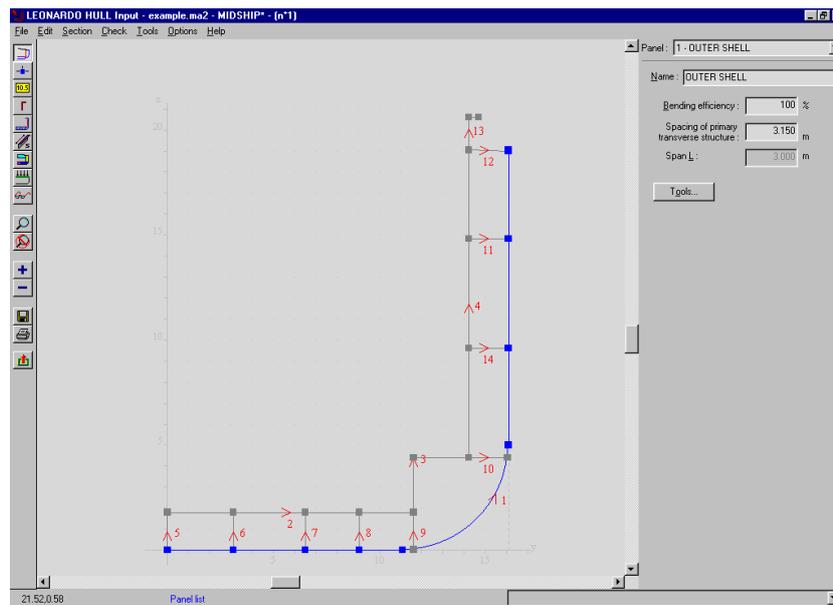


Figura 201 - Pannelli necessari alla definizione della sezione di esempio

#### 10.5 La definizione dei fasciami: i corsi di lamiera

Le caratteristiche dimensionali del fasciame vengono definite attraverso la caratterizzazione dei corsi, in termini sia di larghezza (o altezza) che di spessore. È conveniente che i corsi di fasciame abbiano la larghezza massima compatibile con le potenzialità di lavorazione del cantiere, sì da ridurre il numero di saldature necessarie per l'assemblaggio del fasciame dello scafo. Tale larghezza deve essere comunque inferiore a quella massima consentita per il trasporto delle lamiere, pari a circa 3500 mm. Su tale base si opera la divisione del singolo pannello in corsi di fasciame, considerando che vincoli strutturali altrettanto importanti sono quelli che vietano di prevedere saldature troppo vicine sullo stesso elemento. Infatti, in corrispondenza della saldatura fra fasciami che si intersecano o in corrispondenza della saldatura sul fasciame di rinforzi ordinari non è lecito prevedere la saldatura fra due corsi (distanza minima di 100 ÷ 200 mm).

In aggiunta a quanto detto va considerato che alcuni corsi di fasciame devono avere, per le norme del Registro, una determinata larghezza minima. Ciò comporta un ulteriore vincolo nella definizione della larghezza dei fasciami.

La creazione del singolo corso di fasciame viene effettuata tramite la definizione delle sue estremità, identificate da due punti lungo la curva del pannello al quale il corso appartiene.

Per creare un corso di fasciame è necessario:

- I. attivare la modalità di gestione dei corsi;



- II. selezionare, attraverso la tabella riassuntiva dei dati che sta alla destra del foglio grafico, il pannello sul quale si intende operare (il pannello in esame viene evidenziato): il programma attribuisce automaticamente al pannello un unico corso;
- III. aggiungere un corso tramite il comando “Add object”, in questo modo il programma divide in due parti di lunghezza uguale l’unico corso esistente; la finestra “Strakes” mostra i corsi creati; si osservi che il pannello è una curva orientata e che quando si crea un nuovo corso il programma divide l’ultimo corso del pannello in due parti uguali, attivando la gestione del primo dei due.
- IV. modificare larghezza del corso attraverso il comando “Width” del pannello di controllo: essa può essere definita come lunghezza dell’ascissa curvilinea misurata lungo il pannello (“along the curve”), in direzione parallela all’asse y (“y offset”), oppure in direzione parallela all’asse z (“z offset”);
- V. definire lo spessore tramite il comando “Thickness”, il materiale tramite il comando “Material” ed eventuali fori presenti per esigenze di alleggerimento o di passaggio tramite i comandi “Hole location”, per definire la distanza fra l’inizio del foro e l’inizio del corso, e “Hole Breadth”, per definire la lunghezza del foro.

Procedendo nel modo sopra descritto dal punto (III) al punto (V) si creano i corsi voluti.

Nel pannello di controllo e gestione dei corsi è presente la cartella “Tools...” che contiene una serie di strumenti che facilitano la creazione dei corsi stessi. Utilizzando i comandi qui presenti è possibile definire con facilità la larghezza dei corsi rispettando prefissati vincoli:

- con il comando “Welding joint on node...” l’estremità finale del corso selezionato può essere spostata in corrispondenza di un nodo del pannello;
- con il comando “Duplicate strake” si genera un corso identico a quello selezionato, sia in termini di larghezza che di spessore, posto di seguito al primo;
- con il comando “Welding joint position...” si definisce l’estremità finale del corso alla voluta distanza da un nodo qualsiasi, distanza misurata dall’ascissa curvilinea oppure dalla sua proiezione su uno degli assi coordinati di riferimento.

Infine si osservi che è possibile inserire un corso fra corsi già definiti: è sufficiente selezionare il corso da modificare e richiamare il comando “Add object”.

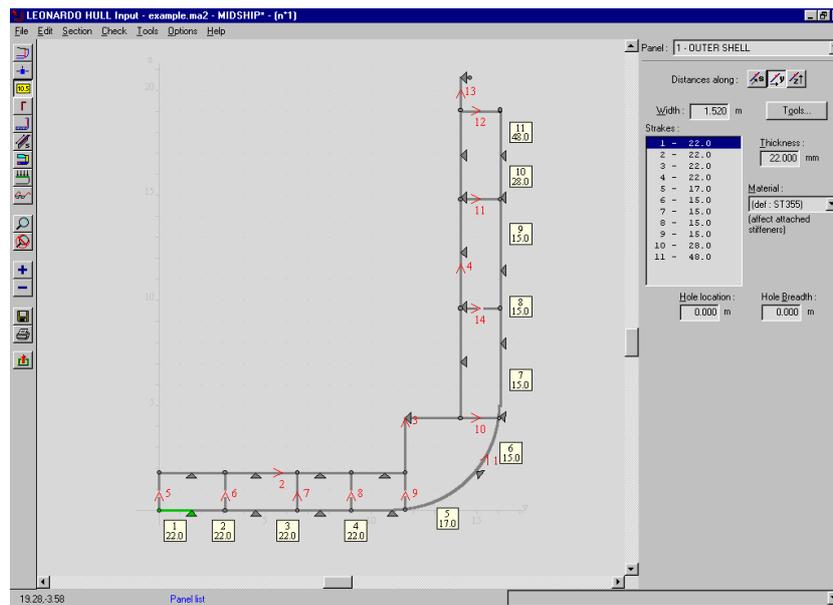


Figura 202 - Definizione dei corsi di fasciame

È qui riportata una schermata illustrativa della suddivisione in corsi di un pannello: di ciascun corso è indicato il numero identificativo e lo spessore, il corso #1 è di colore diverso perché attivato. Si osservi che la finestra “Strakes” mostra i corsi creati.

#### La definizione dei rinforzi longitudinali

I rinforzi longitudinali vengono definiti attraverso una serie di parametri che riguardano la posizione, l'orientazione e le caratteristiche dimensionali dei rinforzi stessi.

Come detto, il programma Leonardo è “panel-oriented”, perciò anche i rinforzi ordinari vengono definiti con riferimento alla geometria dei pannelli.

Per quanto riguarda la loro collocazione, è conveniente che i rinforzi vengano posizionati ad intervalli regolari. Essi vanno inoltre scelti riducendo il più possibile le variazioni dimensionali fra elementi contigui, riducendo perciò la varietà dei ferri necessari per irrobustire la zona strutturale. Rispettando tali indicazioni si cerca infatti di definire delle zone, le più vaste possibili, caratterizzate da rinforzi uguali e ugualmente spaziate. I rinforzi vengono poi gestiti dal programma sulla base dei gruppi omogenei così creati.

Ogni gruppo viene caratterizzato essenzialmente dall'intervallo costante, dalla collocazione dei ferri rispetto al fasciame e dalle caratteristiche geometriche della sua sezione trasversale. Tutti questi dati sono introdotti attraverso il pannello di controllo che appare sullo schermo quando si seleziona la modalità di gestione dei rinforzi ordinari longitudinali.

Per creare un gruppo di ferri longitudinali è necessario:

- I. attivare la modalità di gestione dei rinforzi longitudinali;
- II. selezionare, attraverso la tabella riassuntiva dei dati che sta alla destra del foglio grafico, il pannello sul quale si intende operare (il pannello in esame viene evidenziato);
- III. aggiungere un gruppo tramite il comando “Add object”; i gruppi creati vengono elencati nel pannello sulla destra del foglio grafico;
- IV. definire le caratteristiche del gruppo di rinforzi longitudinali.

Le caratteristiche del gruppo sono definite, utilizzando il pannello dei dati sulla destra dello schermo, introducendo, con il seguente ordine, i dati necessari per quanto riguarda:

- la zona del pannello sulla quale si stende il gruppo di rinforzi: il punto di partenza è misurato, con le stesse modalità viste per la definizione dei corsi di fasciame, rispetto a un nodo prescelto o ad un rinforzo precedentemente definito (“Start”, “Along”, “from...”); l’estremità finale del campo interessato dal gruppo è definita attraverso i due seguenti parametri: l’intervallo dei rinforzi (“Spacing”) e il numero dei rinforzi (“Number”);
- la collocazione dei rinforzi rispetto al fasciame: consiste nel definire l’angolo formato dal rinforzo con il fasciame (“Direction”), il lato di saldatura (“Side”) e l’orientazione della flangia per i rinforzi asimmetrici (“Flange direction”);
- il dimensionamento dei rinforzi (“Scantling”): si definiscono qui il tipo di sezione (“Type”) –il tipo “Null” serve per creare appoggi a eventuali nervature trasversali che si estendono per esempio sull’intera lunghezza di un pannello–, le dimensioni dell’anima (“Web”), prima altezza e poi spessore (si veda a riguardo la User’s Guide – Booklet 2 – pag. 30) e le dimensioni della flangia (“Flange”), prima larghezza e poi spessore;
- le caratteristiche di resistenza dei rinforzi (“Special”): vanno definiti il materiale (“Material”), l’efficienza alla flessione (“Efficiency”), la campata effettiva (“Span reduction”) e la tipologia di connessione di estremità (“Stiffner connection”);
- le caratteristiche delle squadre di estremità (“Brackets”): si definiscono, sull’estremità alla quale sono presenti, immettendo i seguenti dati: lunghezza del lato della squadra sul rinforzo (“Length”), tipo di sezione della squadra (“Type”), dimensioni dell’anima

(“Web”), prima altezza e poi spessore (si veda a riguardo la User’s Guide – Booklet 2 – pag. 30), e dimensioni della flangia (“Flange”), prima larghezza e poi spessore.

Per la gestione dei gruppi di rinforzi si vedano i comandi comuni alle altre entità strutturali.

Di seguito è riportata una schermata illustrativa della situazione di un pannello quando su di esso è stato definito il piano dei rinforzi ordinari longitudinali: in corrispondenza di alcuni rinforzi è riportato il numero identificativo. Si osservi che alcuni sono evidenziati, tale operazione può essere fatta sul singolo ferro oppure per gruppo (per selezionare contemporaneamente più elementi mantenere premuto il tasto “Ctrl”).

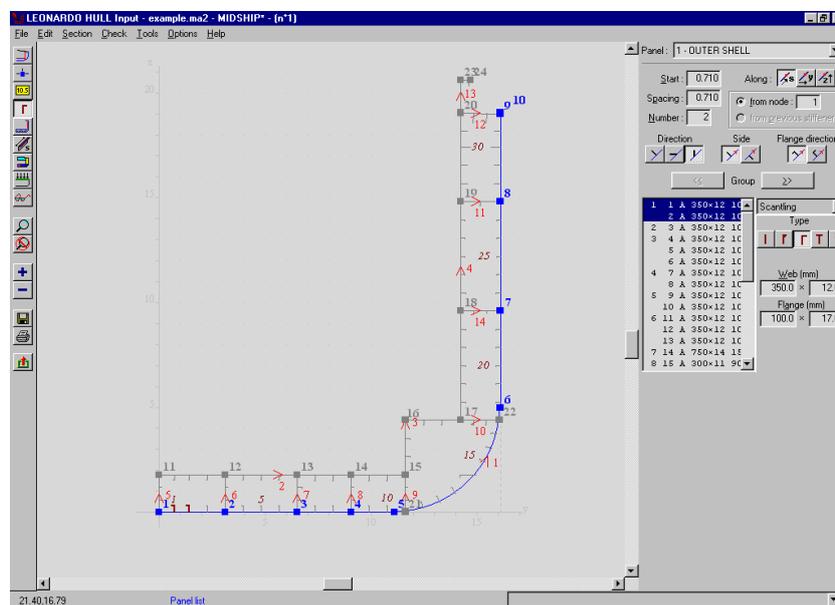


Figura 203 - Definizione dei rinforzi longitudinali

In alcune zone del pannello è possibile definire, per i rinforzi longitudinali e per il fasciame, una campata diversa da quella globale della struttura. A questo scopo si utilizza il comando “Special Span”, che richiede di indicare fra quali nodi o rinforzi longitudinali si intende definire la campata modificata (“Start”, “End”) e il valore di tale campata (“Local spacing of primary transverse structure”).

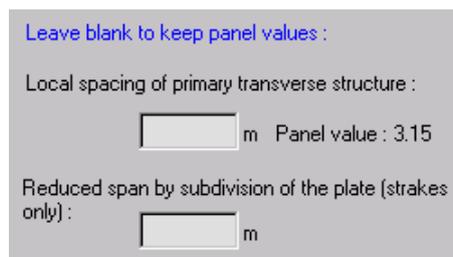


Figura 204 - Special Span

In aggiunta a ciò, o in alternativa, è possibile ridurre la campata di calcolo dei soli pannelli (“Reduced span by subdivision of the plate”).



#### La definizione dei rinforzi trasversali

Come per i rinforzi longitudinali, anche quelli trasversali vengono definiti attraverso una serie di parametri che riguardano la posizione, l’orientazione e le caratteristiche dimensionali dei rinforzi stessi.

Come per quelli longitudinali, tali rinforzi vengono definiti con riferimento alla geometria dei pannelli.

I rinforzi trasversali vengono definiti singolarmente, indicando essenzialmente la spaziatura, ossia l’intervallo, in direzione longitudinale, i punti estremi sul fasciame e le caratteristiche geometriche della sezione trasversale. Tutti questi dati sono introdotti attraverso il pannello di controllo che appare sullo schermo quando si seleziona la modalità di gestione dei rinforzi ordinari trasversali.

Per creare un ferro trasversale è necessario:

- I. attivare la modalità di gestione dei rinforzi trasversali;
- II. selezionare, attraverso la tabella riassuntiva dei dati che sta alla destra del foglio grafico, il pannello sul quale si intende operare (il pannello in esame viene evidenziato);
- III. aggiungere un ferro tramite il comando “Add object”;
- IV. definire le caratteristiche del rinforzo trasversale.

Le caratteristiche del rinforzo sono definite con il seguente ordine:

- estremità del rinforzo lungo il pannello (“Location”): si utilizzano come riferimento i nodi o rinforzi longitudinali, eventualmente i rinforzi del tipo “Null” appositamente creati;
- intervallo fra i rinforzi in direzione longitudinale (“Spacing”);
- collocazione del rinforzo rispetto al fasciame (“Side”);
- dimensionamento dei rinforzi (“Scantling”): si definiscono qui il tipo di sezione (“Type”), le dimensioni dell’anima (“Web”), prima altezza e poi spessore (si veda a riguardo la User’s Guide – Booklet 2 – pag. 30), le dimensioni della flangia (“Flange”),

prima larghezza e poi spessore, il materiale (“Material”) e la tipologia di connessione di estremità (“Stiffner connection”);

- caratteristiche delle squadre di estremità (“Bracket at start”, “Bracket at end”): si definiscono la lunghezza del lato della squadra sul rinforzo (“Length”), il tipo di sezione della squadra (“Type”), le dimensioni dell’anima (“Web”), prima altezza e poi spessore (si veda a riguardo la User’s Guide – Booklet 2 – pag. 30), e le dimensioni della flangia (“Flange”), prima larghezza e poi spessore.

Per la gestione dei singoli rinforzi si vedano i comandi comuni alle altre entità strutturali.

Di seguito è riportata una schermata illustrativa della situazione di un pannello quando su di esso è stato definito un rinforzo ordinario trasversale: la presenza del rinforzo, in questo caso sul ginocchio a struttura trasversale, viene localmente evidenziata tramite una fascia colorata stesa lungo il pannello interessato.

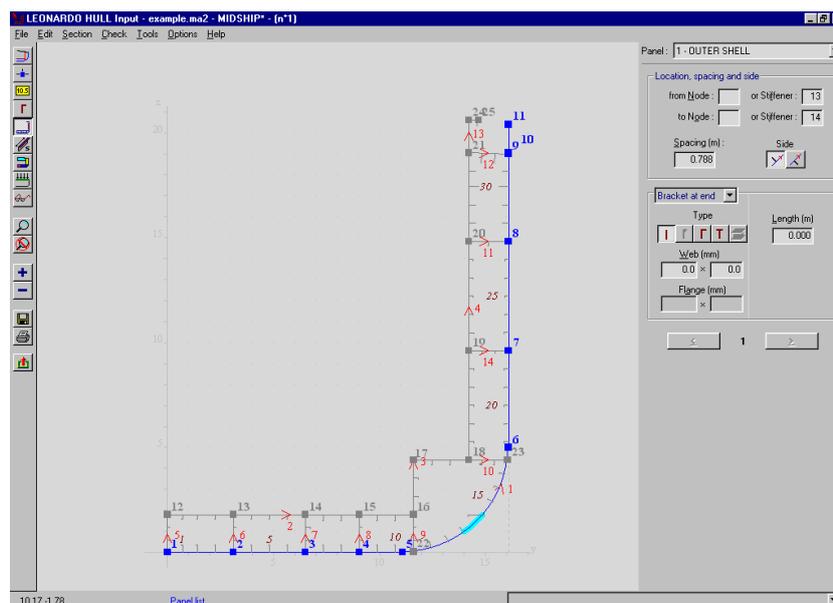


Figura 205 - Definizione rinforzi trasversali



La definizione dei carichi locali

La definizione dei carichi, ossia dei parametri necessari per la valutazione dei carichi standard di Registro, viene effettuata una volta che la sezione è completamente caratterizzata.

I carichi ai quali si fa riferimento sono quelli locali che maturano dall’interno dello scafo, infatti quelli esterni sono calcolati dal programma in maniera completamente automatica, sulla base della sola immersione della nave. Una volta definiti i parametri qui richiesti, il



programma valuta sia le pressioni statiche, sia quelle aggiuntive dinamiche che insorgono per effetto dei moti della nave.

Il programma distingue due tipi di carichi locali:

- i carichi che maturano sull'intera superficie di contenimento di un compartimento stagno per effetto di un carico alla rinfusa, sia liquido che solido;
- i carichi che insorgono sulle superfici dei ponti per effetto di un carico distribuito.

Nel primo caso si accede alla modalità di definizione dei carichi utilizzando il comando "Compartments", nel secondo caso utilizzando il comando "Deck Load".

La creazione di un compartimento, e quindi la caratterizzazione del relativo carico, viene effettuata con la seguente procedura:

- I. attivare la modalità di gestione dei carichi di compartimento;
- II. aggiungere un compartimento tramite il comando "Add object";
- III. definire le caratteristiche principali del compartimento, ossia il nome ("Name"), la destinazione principale ("Main destination") e la posizione ("Type");
- IV. definire il contorno del compartimento, utilizzando i nodi per identificare i tratti di pannelli che costituiscono, sulla sezione trasversale, il perimetro del compartimento stesso (quando il contorno è superiormente aperto il programma definisce automaticamente una linea orizzontale di chiusura utilizzando a tale scopo l'ultimo nodo della lista);
- V. definire le dimensioni complessive del compartimento tramite il comando "Compartment Dimensions": dimensioni estreme ("Length", "Breadth", "Height"), posizione longitudinale della paratia poppiera ("X start ...") e del baricentro ("Xg ..."), parametri per il calcolo dei carichi – accettare generalmente i valori proposti –;

Figura 206 - Definizione della geometria di un compartimento

- VI. definire i tipi di caricazione tramite il comando “Loading Cases”: va qui indicata la modalità di carico (“Type”) assieme alle caratteristiche di caricazione per i carichi liquidi alla rinfusa –altezza del battente dalla linea di base (“Load test height”), massa specifica del liquido (“Density liquid”), altezza degli sfiati del compartimento dalla linea di base (“Air pipe deck”) e pressione di taratura delle valole di sfogo (“Setting pressure”)– e per i carichi solidi alla rinfusa –peso totale nella stiva (“Load in hold”), densità all’ingombro (“Density bulk”) e angolo di naturale declivio (“Friction angle”)–;

Figura 207 - Definizione della condizione di caricazione del compartimento

- VII. definire i parametri per il calcolo dei carichi aggiuntivi di sloshing tramite il comando “Resonance ”; sono qui richiesti i parametri per verificare che il movimento di sloshing sia in grado di provocare carichi aggiuntivi ritenuti pericolosi per la struttura di contenimento laterale, ed in particolare: la larghezza e la lunghezza della superficie libera oltre ai relativi livelli di riempimento.

Di seguito è riportata una schermata illustrativa della compartimentazione: le linee di spessore maggiore indicano che il pannello è anche contorno di compartimento, il

compartimento denominato “compartment 1” è stato selezionato e le sue caratteristiche compaiono nella tabella sulla destra dello schermo.

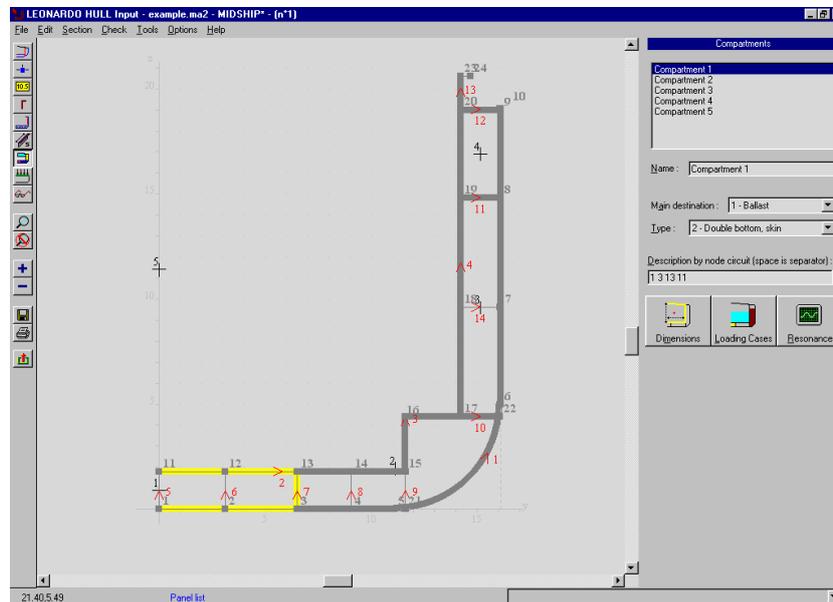


Figura 208 - Definizione dei compartimenti stagni

La creazione di un carico agente sul ponte viene effettuata con la seguente procedura:

- I. attivare la modalità di gestione dei carichi distribuiti sul ponte;
- II. aggiungere un carico tramite il comando “Add object”;
- III. definire le caratteristiche principali del carico, ossia il pannello sul quale tale carico agisce (“Panel”), i nodi entro i quali, sul pannello prima definito, si estende il carico distribuito (“Location”) e infine il tipo di carico –in funzione del tipo di carico vengono poi richiesti eventuali dati aggiuntivi; per la tipologia “cargo deck” la pressione e per la tipologia “Wheel load” la pressione e le caratteristiche di distribuzione–;

La schermata illustrativa del carico su ponte ha lo stesso aspetto di quella relativa al carico di compartimento.



La definizione dei parametri per la verifica a fatica

In questa sessione vengono definiti i particolari dell’intersezione dei rinforzi longitudinali con gli elementi strutturali trasversali. Sono infatti queste alcune tra le zone più critiche per il collasso a fatica.

Allo scopo di calcolare il fattore di concentrazione degli sforzi in tali punti critici, il programma richiede la geometria del dettaglio e quella del cordone di saldatura.

### A2.5 La subroutine "Rule"

In questa fase, utilizzando la subroutine "Rule", si effettua la verifica strutturale della sezione trasversale definita tramite la subroutine "Section", con riferimento prima alla robustezza globale e poi a quella locale.

La prima valutazione che viene effettuata sulla struttura della sezione trasversale è infatti quella legata alla verifica della robustezza longitudinale della nave. In pratica il programma valuta le caratteristiche di sollecitazione in corrispondenza della sezione in esame e calcola le proprietà geometriche della sezione stessa.

In questa fase viene anche controllata la rispondenza alle norme per quanto riguarda la robustezza longitudinale.

I valori ottenuti vengono presentati mettendo in evidenza sia la condizione delle strutture "a nave nuova", sia quella a nave "corrosa". La valutazione della corrosione, e quindi dello stato delle strutture a fine vita nave, viene fatta ipotizzando una riduzione standard degli spessori in funzione dell'aggressività dell'ambiente in cui l'elemento strutturale – lamiera o rinforzo – si viene a trovare.

I valori geometrici della sezione in esame vengono poi illustrati a confronto con quelli limite previsti dal Registro.

All'analisi della robustezza globale segue quella della robustezza locale. In questa fase di calcolo gli elementi strutturali facenti parte della sezione in esame vengono controllati per accertare se verificano i criteri del Registro.

Il procedimento di verifica basato sulle formulazioni di Registro fa riferimento ad un preciso schema di valutazione dei carichi distribuiti –sia interni che esterni– per calcolare le pressioni nette sui fasciami. Tale carico netto genera uno stato di tensione che si somma a quello trasmesso agli elementi dalla deformazione della nave. Lo stato di sollecitazione totale viene controllato prendendo in considerazione i possibili stati di collasso della struttura.

I calcoli relativi alla robustezza locale vengono effettuati con riferimento agli elementi strutturali elementari che costituiscono lo scafo:

- i rinforzi ordinari, completi di lamiera associata, sostenuti alle estremità dalle travi rinforzate che garantiscono un vincolo d'incastro perfetto;



- i pannelli “liberi” elementari del fasciame, intendendo con tale denominazione le più piccole superfici libere di lamiera sostenute da due rinforzi ordinari e due travi rinforzate che costituiscono un vincolo continuo d’incastro perfetto lungo i lati; tali pannelli vengono indicati dal programma come “Elementary Plate Panel” (EPP).

Una volta effettuati i calcoli il programma illustra, per ogni elemento strutturale – lamiera o rinforzo –, il dimensionamento minimo che scaturisce dei singoli criteri applicati. Tramite un pannello di controllo è infatti possibile controllare i valori di dimensionamento che rispondono ai diversi criteri previsti dalle norme ed è immediato poi confrontarli con il valore messo a calcolo.

Il controllo, prima globale e poi locale, è facilitato dalle potenzialità di post-processing del programma e permette di intervenire sul dimensionamento dei singoli elementi strutturali, apportando alla sezione quelle modifiche che permettano di effettuare un progetto rispettoso della normativa del RINA.

#### Il pannello di lavoro

La pagina di gestione dei calcoli ha un aspetto simile a quello della pagina di definizione della sezione, presenta infatti la barra del menù, una zona laterale contenente i tasti dei comandi più utilizzati, il foglio grafico per visualizzare la sezione per la fase di post-processing e una tabella laterale per il controllo analitico dei risultati.

I comandi per la gestione della subroutine “Rule” sono contenuti nella barra del menù e sono così suddivisi:

- nella cartella File si trovano i comandi per l’esecuzione dei calcoli, per la stampa dei dati su carta e per la stampa dei disegni su files del tipo “bmp”; in questa cartella è collocato il comando per la chiusura della sessione;
- nella cartella View sono contenuti i comandi per il controllo a schermo –sia grafico che analitico– dei risultati;
- nella cartella Check sono contenuti i comandi per il controllo grafico dei principali parametri strutturali definiti (come nella cartella corrispondente della subroutine “Section”);
- nella cartella Tools sono contenuti i comandi per la gestione dell’output grafico, per la gestione dei dati di input dei pannelli e degli EPP (“Debug ...”), per la gestione dei

risultati analitici (“View ...”) e infine per la creazione dei files utili alla rigenerazione del problema (“Export ...”);

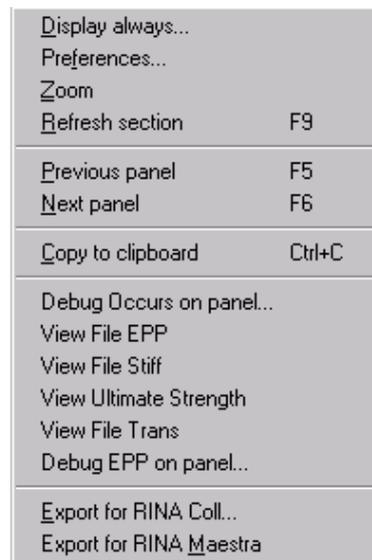


Figura 209 - Menù File della subroutine "Rule"

- nella cartella Options sono contenuti i comandi per la gestione di grafica e di stampa su carta.

Nelle pagine a seguire viene illustrata la procedura per l'impostazione dei calcoli.

Viene poi mostrato il procedimento di controllo correlato alla fase di post-processing, ossia di valutazione degli elementi critici, sia a livello globale che locale, e di modifica del relativo dimensionamento.

#### Il calcolo della robustezza della sezione trasversale

Il calcolo della robustezza della sezione in esame viene effettuato dal programma all'interno della subroutine "Rule". Il nome richiama immediatamente il tipo di valutazioni strutturali che vengono impostate: quelle basate sui criteri di verifica del Registro. Per questo motivo è sempre buona regola controllare che la versione utilizzata sia quella che fa riferimento alle normative in vigore.

Il pannello per la definizione delle opzioni di calcolo, richiamato tramite il comando "Compute rule section", presenta un'intestazione che indica la modalità con cui verranno effettuati i calcoli.

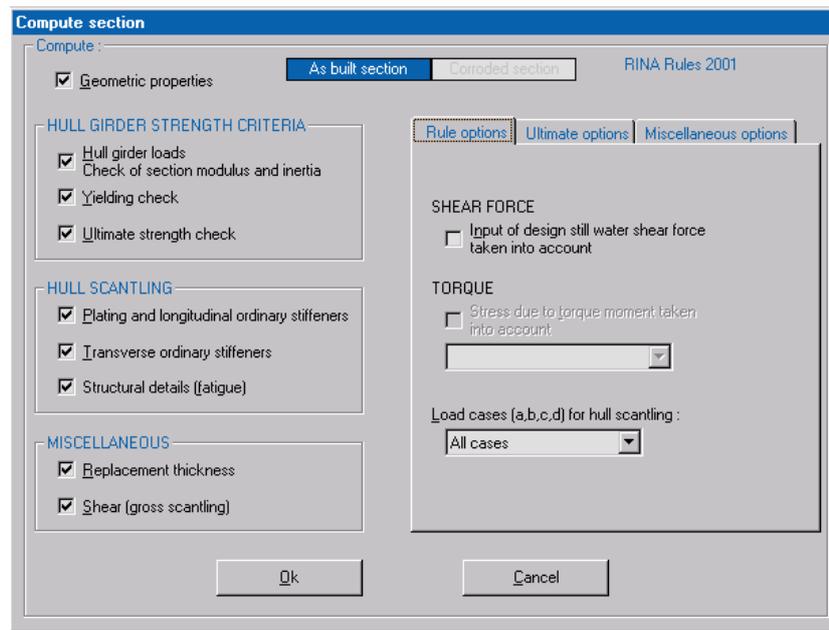


Figura 210 - La schermata Compute Section

Esistono infatti due possibili modalità di calcolo della sezione trasversale, quella relativa al progetto e quella corrispondente alla verifica delle strutture durante la vita della nave:

- nel primo caso le valutazioni di robustezza strutturale vengono effettuate come previsto dal Registro: a livello globale si fa riferimento agli spessori di progetto (“as built”), a livello locale si considera la struttura così come è previsto che si possa presentare a fine vita nave, ossia dopo aver subito gli effetti della corrosione. Quest’ultima condizione si ottiene riducendo gli spessori di una quantità standard e il dimensionamento viene detto “net scantling” perchè effettuato sugli spessori netti a fine vita nave.
- nel caso della verifica delle strutture durante la vita della nave si considera il tasso di corrosione voluto.

Per impostare il calcolo di progetto, la prima fra le due opzioni, è necessario che nella cartella “Ship state” (alla quale si accede dalla subroutine “Section”) sia stato definito lo state type “Project”. In questo caso la pagina per la definizione delle opzioni di calcolo strutturale presenta l’intestazione “As built section” e vicino è riportata la notazione riguardante la normativa di riferimento (“RINA Rules 20XX”).

Tale pagina è suddivisa in due campi: a sinistra compare l’elenco dei tipi di calcolo che possono essere effettuati, a destra sono presenti tre cartelle per la definizione di alcune opzioni di calcolo. I calcoli che possono essere effettuati sono così elencati:

- Geometric properties – questa opzione riguarda il calcolo delle caratteristiche geometriche della sezione trasversale;
- Hull girder strength criteria – viene qui impostata la verifica della trave-nave, sia in termini di caratteristiche geometriche (“Check of section modulus and inertia”), sia con il calcolo delle tensioni primarie (“Yielding check”), sia ancora con riferimento alla resistenza ultima correlata alla formazione di cerniere plastiche (“Ultimate strength check”);
- Hull scantling – questi calcoli si riferiscono alla verifica della robustezza locale, sia facendo riferimento agli stati di collasso di snervamento e di instabilità per fasciami e per rinforzi (“Plating and longitudinal ordinary stiffeners” e “Transverse ordinary stiffeners”), sia chiamando in causa lo stato di collasso per fatica sui particolari strutturali (“Structural details (fatigue)”);
- Miscellaneous – sono qui riportati i comandi per la compilazione, sulla base dei calcoli di robustezza locale, delle cartelle che contengono i dati utili alla programmazione della sostituzione degli elementi strutturali che, per riduzione degli spessori durante la vita della nave, non sono più in grado di soddisfare alle normative (“Replacement thickness”); la cartella contiene anche il comando per la generazione del grafico delle tensioni primarie dovute al taglio e alla torsione (“Shear (gross scantling)”)

Le tre cartelle per la definizione delle opzioni sono così strutturate:

- nella cartella delle opzioni di calcolo “Miscellaneous options” viene specificato se utilizzare i momenti flettenti di registro o quelli eventualmente definiti per studiare casi particolari;
- nella cartella “Ultimate options” viene specificato quale metodo usare per il calcolo del momento flettente ultimo;
- nella cartella “Rules options” viene specificato se utilizzare il taglio verticale di registro o quello eventualmente definito come caso particolare e se tenere conto delle tensioni dovute al momento torcente; compare infine l’opzione per definire quali condizioni di carico di Registro debbano essere considerate per il calcolo.

Qualora i calcoli si riferiscano ad una fase preliminare di progetto in sintonia con le normative del RINA, è conveniente effettuare i calcoli con i valori delle caratteristiche di sollecitazione, i metodi di verifica e le condizioni di carico proposti dal regolamento.



La valutazione della robustezza longitudinale

I calcoli di robustezza longitudinale, limitati quindi alle proprietà geometriche della trave-nave e alle tensioni primarie, possono essere effettuati indipendentemente da quelli a carattere locale.

Per lanciare tali calcoli la tabella di gestione “Compute Section” deve essere compilata attivando le opzioni come di seguito illustrato:

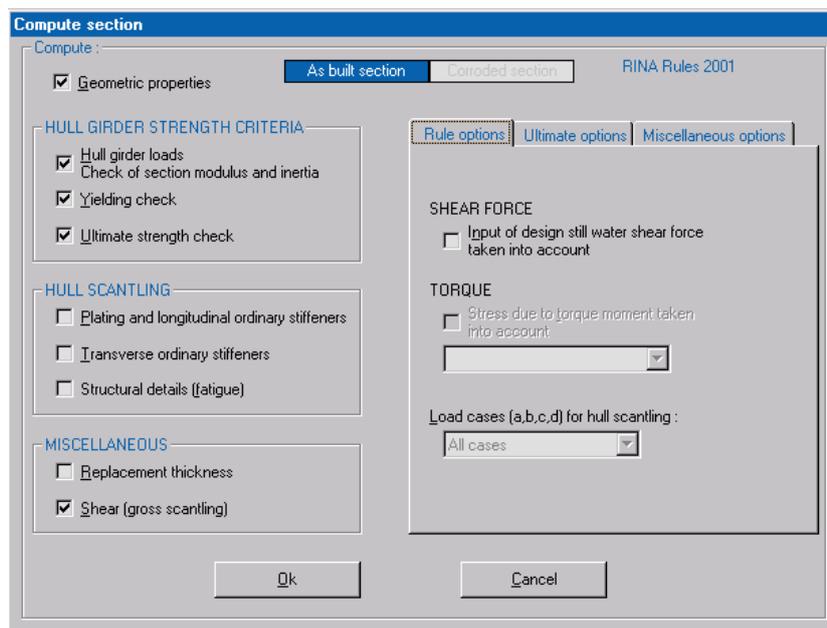


Figura 211 - Valutazione della robustezza longitudinale

Le pagine con i risultati vengono poi aperte utilizzando i tasti sopra riportati, tasti che si trovano sulla barra dei comandi alla sinistra del foglio grafico. Le varie cartelle di risultati sono di seguito descritte.



### Geometric properties

Le caratteristiche geometriche sono calcolate considerando sia mezza sezione che tutta la sezione, per la condizione “net scantling” e per quella “gross scantling”. In particolare vengono valutati: l’area lorda, ossia quella geometrica; l’area netta, ossia quella ottenuta considerando l’efficacia longitudinale dei singoli elementi strutturali; i momenti d’inerzia rispetto agli assi principali d’inerzia; la posizione del baricentro; i moduli di resistenza al ponte, al fondo e alla massima distanza dall’asse neutro.



### Hull girder strength criteria – Check of section modulus and inertia

Le caratteristiche geometriche della sezione sono confrontate con i valori minimi richiesti dal registro. Per completezza sono qui riassunte anche le caratteristiche di sollecitazione utilizzate per la verifica. In particolare vengono confrontati i moduli di resistenza richiesti con quelli realizzati “as built”, per completezza vengono anche mostrati quelli valutati nella condizione “net scantling”.

La normativa di riferimento (normativa IACS) prevede la verifica nella modalità “gross scantling” sui moduli di resistenza e sul momento d’inerzia verticale.



#### Hull girder strength criteria – Yielding check

Le tensioni primarie vengono valutate sugli elementi strutturali con riferimento allo stato di flessione verticale e limitatamente alle sole tensioni normali. Il valore calcolato (actual) viene confrontato con quello ammissibile (rule) sia per i fasciami che per i rinforzi longitudinali. Si osservi che il confronto viene fatto calcolando le tensioni sulla struttura “as built”, ovvero facendo riferimento alla condizione di gross scantling. Nella tabella è riportato, per i soli fasciami, anche il valore dello spessore di progetto.

La normativa di riferimento (normativa IACS) prevede la verifica a snervamento delle tensioni normali indotte dai momenti flettenti verticali sulla struttura “as built”.

Per tale motivo la tabella che mostra i risultati è compilata nel solo riquadro denominato “gross”, dove con “sig nor” si indicano le tensioni normali indotte dallo stato di flessione verticale composta, con “tau nor” si indicano le tensioni tangenziali indotte dallo stato di flessione verticale composta, con “sig comb” si indicano le tensioni normali indotte dagli stati di flessione verticale composta e di torsione e infine con “tau comb ” si indicano le tensioni tangenziali indotte dagli stati di flessione verticale composta e di torsione.



#### Hull girder strength criteria – Ultimate strength check

I valori dei momenti flettenti ultimi, correlati ad uno stato di collasso che chiama in causa la non linearità geometrica e quella di materiale, vengono qui calcolati.

La curva che illustra l’andamento della curvatura in funzione del momento flettente applicato è pure disponibile attraverso il comando “View / Plot hull girder ultimate strength”.

La normativa di riferimento per la classificazione RINA prevede la verifica della capacità ultima a flessione della trave-nave, ma costituisce verifica obbligatoria solo per le navi che hanno una lunghezza di calcolo non inferiore a 150 m.



### Shear (gross scantling)

Le tensioni primarie vengono valutate sugli elementi strutturali con riferimento allo stato di sollecitazione sia di flessione composta che di torsione. In questa sessione vengono proposte le tensioni risultanti in termini di tensioni tangenziali di taglio e di tensioni tangenziali e normali di torsione.

I valori di detti sforzi, calcolati per caratteristiche di sollecitazione standard, sono disponibili solo sui fasciami e in particolare con riferimento ai singoli corsi.

La normativa di riferimento (normativa IACS) prevede la verifica a snervamento sulle tensioni tangenziali indotte dal taglio, sia verticale che orizzontale, e dal torcente – queste ultime solo per navi con grandi aperture sul ponte di resistenza. Poichè la verifica è del tipo gross scantling, la tabella che mostra i risultati è compilata solo parzialmente.

Va osservato che i valori relativi al caso in esame, ossia per le caratteristiche di sollecitazione messe a calcolo, sono disponibili nella cartella dei risultati dei fasciami solo dopo avere rilanciato una seconda volta i calcoli – richiamando di nuovo la tabella dei comandi e compilandola in maniera identica a quanto fatto nel primo ciclo –.



### Yielding check

Il comando “Ratio” permette di accedere ad una schermata che propone, tramite un codice di colori, lo stato dei singoli elementi strutturali longitudinali rispetto al dimensionamento richiesto dal Registro. A tale scopo viene calcolato, per ogni corso di fasciame e per ogni rinforzo longitudinale, il rapporto fra la tensione reale e quella ammissibile: se il dimensionamento non soddisfa alle verifiche, tale rapporto risulta maggiore dell’unità e l’elemento viene disegnato con il colore rosso. Quando invece il rapporto è minore dell’unità, la rappresentazione viene effettuata con ampia scala di colori per evidenziare le varie sicurezze di progetto dei singoli elementi.

Questo sistema di rappresentazione dei risultati permette di effettuare una veloce fase di post- processing perchè fornisce un’immediata indicazione dei punti critici della sezione.

La schermata di controllo, per permettere un'azione più efficace, può essere riferita ai rapporti ottenuti sulle tensioni normali indotte dal momento flettente oppure sulle tensioni tangenziali indotte dal taglio. Di conseguenza sono attivabili le seguenti opzioni:

- “sigma” per la valutazione della verifica a flessione,
- “tau” per la valutazione della verifica a taglio,
- “all” per la valutazione della verifica contemporanea a flessione e a taglio: i colori indicano perciò, per ogni elemento strutturale, il maggiore fra i due coefficienti calcolati.

 La valutazione della robustezza locale

Le verifiche di robustezza locale sono effettuabili previa valutazione delle tensioni primarie sugli elementi strutturali longitudinali, per questo motivo tali calcoli non possono essere fatti indipendentemente da quelli a carattere globale.

Per lanciare tali calcoli la tabella di gestione “Compute Section” deve essere compilata attivando le opzioni come di seguito illustrato:

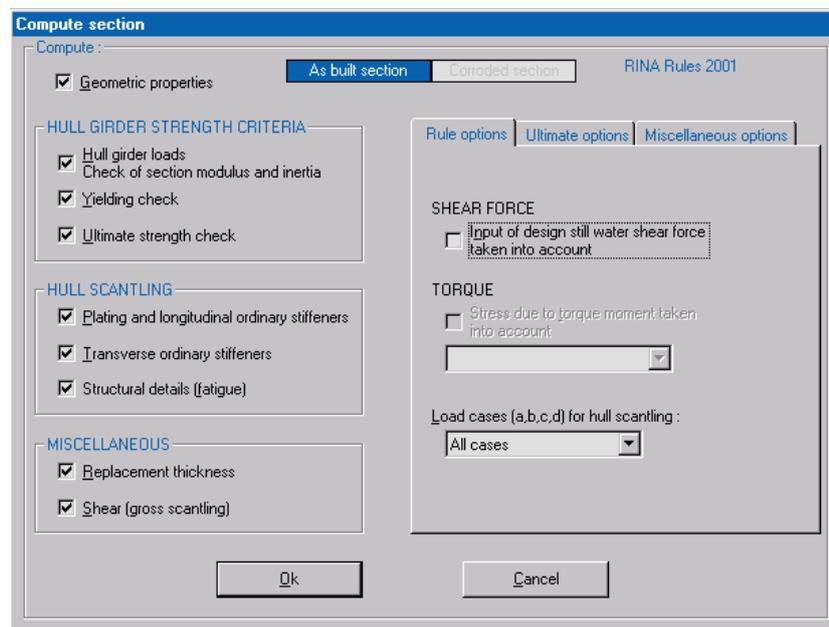


Figura 212 - Valutazione della robustezza locale

Le pagine con i risultati vengono poi aperte utilizzando i tasti sopra riportati, tasti che si trovano sulla barra dei comandi alla sinistra del foglio grafico. Le varie cartelle di risultati sono di seguito descritte.

### **10.5** Hull scantling – Plating and longitudinal ordinary stiffeners

Le tensioni per la verifica degli elementi strutturali sono valutate dal Registro come somma delle tensioni primarie e delle tensioni locali, non si fa infatti riferimento alla robustezza delle travi rinforzate – e quindi non si considerano le conseguenti tensioni secondarie che la deformazione delle stesse produce. Per la verifica delle travi rinforzate infatti il RINA rimanda a calcoli diretti analitici o numerici.

La normativa di riferimento prevede che la verifica locale sia effettuata per la condizione di “net scantling”, perciò in seguito al calcolo locale il pannello dei risultati compila anche la tabella riportata nel riquadro “net”.

I criteri di verifica adottati dal programma in base alle norme sono quelli di collasso per snervamento e di collasso per instabilità.

In base al criterio di snervamento viene calcolato il valore dello spessore minimo per il singolo corso di fasciame e, all'interno di ogni corso, per il singolo pannello elementare (EPP). Il valore calcolato (actual) viene poi confrontato con quello ammissibile (rule), riportando la notazione aggiuntiva che illustra quale stato di carico, fra quelli previsti dalle normative, ha comportato il massimo stato tensionale.

I risultati della verifica a snervamento vengono illustrati confrontando lo spessore calcolato – ossia quello richiesto dal Registro – con il valore reale dello spessore – ossia quello offerto –.

Per quanto riguarda la valutazione dei singoli EPP il pannello propone i seguenti risultati:

- “thickness load – rule” – indica lo spessore netto minimo che deve possedere il singolo EPP per soddisfare alle previste condizioni di carico;
- “thickness mini – rule” – indica lo spessore minimo richiesto al singolo EPP (si vedano a riguardo i “minimi di spessore” nei regolamenti);

mentre “thickness load/mini – actual” indicano lo spessore di progetto per il corso di fasciame in esame.

Per quanto riguarda poi la valutazione complessiva dei corsi di fasciame, il programma propone i seguenti risultati:

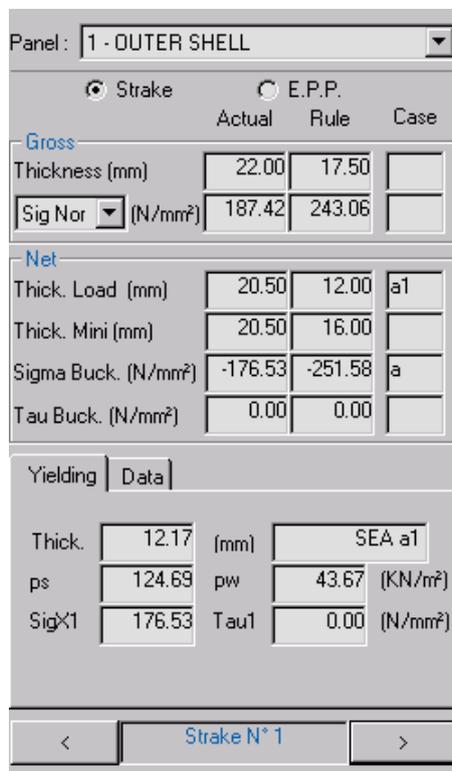
- “thickness load – rule” – indica lo spessore netto minimo che deve possedere il corso per soddisfare alle previste condizioni di carico, ossia il massimo valore fra quelli

ottenuti per gli EPP del corso; si osservi che quando un pannello elementare appartiene a due corsi adiacenti, i risultati del calcolo su tale EPP sono considerati per il dimensionamento di entrambi i corsi;

- “thickness mini – rule” – indica lo spessore minimo richiesto al corso di fasciame, ossia il massimo valore fra quelli valutati per gli EPP del corso (si vedano a riguardo i “minimi di spessore” nei regolamenti).

mentre “thickness load/mini – actual ” indicano lo spessore di progetto per il corso di fasciame in esame.

La tabella che presenta i risultati ha il seguente aspetto:



Panel: 1 - OUTER SHELL

Strake     E.P.P.

	Actual	Rule	Case
<b>Gross</b>			
Thickness (mm)	22.00	17.50	
Sig Nor (N/mm <sup>2</sup> )	187.42	243.06	
<b>Net</b>			
Thick. Load (mm)	20.50	12.00	a1
Thick. Mini (mm)	20.50	16.00	
Sigma Buck. (N/mm <sup>2</sup> )	-176.53	-251.58	a
Tau Buck. (N/mm <sup>2</sup> )	0.00	0.00	

Yielding | Data

Thick.	12.17 (mm)	SEA a1
ps	124.69	pw 43.67 (KN/m <sup>2</sup> )
SigX1	176.53	Tau1 0.00 (N/mm <sup>2</sup> )

< Strake N° 1 >

Figura 213 - Tabella riassuntiva dei risultati

In base al criterio di instabilità geometrica viene poi calcolato il valore della tensione critica per il singolo corso di fasciame e, per ogni corso, per il singolo pannello elementare (EPP). Il valore così calcolato (rule) viene poi confrontato con quello reale (actual), riportando anche la notazione aggiuntiva che illustra quale stato di carico, fra quelli previsti dalle normative, ha comportato il massimo stato tensionale.



I risultati della verifica a buckling vengono illustrati confrontando le tensioni critiche calcolate con le tensioni massime di compressione o di taglio; le tensioni reali si valutano considerando le diverse condizioni di carico previste dal registro.

Per quanto riguarda la valutazione dei singoli EPP il pannello propone i seguenti risultati:

- “sigma buckling – actual” – indica la tensione massima di compressione e flessione monoassiale valutata sul singolo EPP;
- “tau buckling – actual” – indica la tensione massima di taglio calcolata sul singolo EPP;
- “sigma buckling – rule” – indica la tensione critica di compressione e flessione monoassiale calcolata sul singolo EPP;
- “tau buckling – rule” – indica la tensione critica di taglio calcolata sul singolo EPP.

Per quanto riguarda poi la valutazione complessiva dei corsi di fasciame, il programma propone, per ognuno dei due regimi di instabilità:

- sulla colonna “actual” il valore della tensione di compressione corrispondente al peggior valore del rapporto fra tensione critica e tensione reale calcolato a livello di EPP –ovvero il valore più piccolo fra quelli calcolati–;
- sulla colonna “rule” il valore della relativa tensione critica.

Nella parte inferiore del pannello dei risultati compaiono due pagine identificate dall’etichetta “Yieldind” e “Data”.

Nella prima (“Yielding”) vengono elencati i dati relativi alla configurazione di carico che, per il corso di fasciame selezionato, è risultata essere la più vincolante per il progetto. In particolare, se si stanno analizzando i risultati relativi agli EPP il riquadro porta le informazioni relative al carico più gravoso e il corrispondente spessore (“thickness”) prima di essere arrotondato al mezzo millimetro. Quando si stanno analizzando i risultati complessivi di un corso di fasciame i dati del riquadro si riferiscono alla condizione più vincolante fra tutte quelle relative agli EPP del corso in esame.

I dati relativi alla condizione di carico sono così riassunti: pressione esterna in acqua tranquilla (“ps”), pressione esterna aggiuntiva d’onda (“pw”), tensione normale primaria (“sigX1”), tensione tangenziale primaria (“tau1”). Per gli EPP compaiono anche la larghezza (“spacing”) e la lunghezza (“span”) del pannello. La sigla in alto a sinistra si riferisce infine alla

tipologia del carico causa del maggiore spessore (si veda a riguardo la User's Guide – Booklet 3 – pag. 14).

Nella seconda (“Data”) compaiono l'efficienza alla flessione ed il materiale.

In conclusione va osservato che la prima riga del riquadro “gross” viene completata con l'indicazione dello spessore minimo richiesto dal Registro (trascurando però il risultato della verifica a buckling).



#### Hull scantling – Plating and longitudinal ordinary stiffeners

La tabella per la verifica dei rinforzi longitudinali è strutturata in maniera analoga a quella appena definita per i fasciami, ma con alcune differenze: il parametro di progetto dei rinforzi come noto è infatti il modulo di resistenza valutato con lamiera associata.

La normativa di riferimento prevede che la verifica locale sia effettuata per la condizione di “net scantling”, perciò in seguito al calcolo locale il pannello dei risultati è compilato in ogni sua parte, ossia anche nella tabella denominata “net”.

I criteri di verifica adottati dal programma in base alle norme sono quelli di collasso per snervamento e di collasso per instabilità.

In base al criterio di snervamento viene calcolato il valore del modulo di resistenza con lamiera associata. Il valore calcolato (actual) viene poi confrontato con quello ammissibile (rule), riportando la notazione aggiuntiva che illustra quale stato di carico fra quelli previsti dalle normative ha comportato il massimo stato tensionale.

La tabella che presenta i risultati ha il seguente aspetto:

Panel: 1 - OUTER SHELL

	Actual	Rule	Case																								
<b>Gross</b>																											
Modulus	982.61	770.65																									
Sig Nor (N/mm <sup>2</sup> )	187.42	243.06																									
<b>Net</b>																											
Modulus	857.39	672.44	a1																								
Sigma Buck.	-176.53	-276.00	a																								
Ult. Strength	186.84	279.15	a2																								
Fat Modulus																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Modulus</th> <th>Shear A.</th> <th>Ult. Str.</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bending eff. (%)</td> <td>100</td> <td>Material</td> <td>ST355</td> </tr> <tr> <td>Type: <b>angle</b></td> <td></td> <td>Gross</td> <td>Net</td> </tr> <tr> <td>Web Thickness (mm)</td> <td></td> <td>12.00</td> <td>10.00</td> </tr> <tr> <td>Flange Thickness (mm)</td> <td></td> <td>17.00</td> <td>15.00</td> </tr> <tr> <td>Ass. Plating Thick. (mm)</td> <td></td> <td>22.00</td> <td>20.50</td> </tr> </tbody> </table>				Modulus	Shear A.	Ult. Str.	Data	Bending eff. (%)	100	Material	ST355	Type: <b>angle</b>		Gross	Net	Web Thickness (mm)		12.00	10.00	Flange Thickness (mm)		17.00	15.00	Ass. Plating Thick. (mm)		22.00	20.50
Modulus	Shear A.	Ult. Str.	Data																								
Bending eff. (%)	100	Material	ST355																								
Type: <b>angle</b>		Gross	Net																								
Web Thickness (mm)		12.00	10.00																								
Flange Thickness (mm)		17.00	15.00																								
Ass. Plating Thick. (mm)		22.00	20.50																								
< Groupe N° 1 Stiff N° 1 >																											

Figura 214 - Tabella riassuntiva dei risultati

Nel riquadro “net” compaiono ora i seguenti risultati:

- “modulus” – indica il modulo di resistenza minimo offerto (“actual”) e quello minimo richiesto dalle normative e calcolato considerando i diversi casi di carico previsti dalle stesse;
- “shear area” – indica l’area resistente a taglio offerta (“actual”) e quella minima richiesta dalle normative e calcolata considerando i diversi casi di carico previsti dalle stesse;
- “thickness minimum” – indica lo spessore minimo previsto per il rinforzo sulla flangia e sull’anima (“actual”), e il “minimo di spessore” definito dalle normative;
- “sigma buckling” – indica il valore della tensione di instabilizzazione –tensione di compressione e flessione monoassiale o di torsione– valutata sul rinforzo (“actual”), calcolata considerando i diversi casi di carico previsti dalle normative e corrispondente al peggior valore del rapporto fra tensione critica e tensione di instabilità, indica poi la tensione critica corrispondente (“rule”);
- “ultimate strength” – indica il valore della tensione di compressione correlata alla capacità ultima (“actual”), calcolata considerando i diversi casi di carico previsti dalle



normative e corrispondente al peggior valore del rapporto fra tensione ultima e tensione reale, indica poi la tensione “ultima” corrispondente;

- “fatigue modulus” – indica il modulo di resistenza minimo offerto (“actual”) e quello minimo richiesto dalle normative, calcolati con riferimento al collasso a fatica nella zona terminale d’incastro;
- “fatigue life” – indica la vita prevista a fatica per il rinforzo reale (“actual”) e per quello avente il modulo di resistenza proposto dal registro.

Nella parte inferiore del pannello dei risultati compaiono le pagine identificate dalle etichette “Modulus”, “Shear area”, “Ultimate strength” e “Data”.

Nella pagina “Modulus” vengono elencati i dati relativi alla configurazione di carico che, per il rinforzo selezionato, è risultata essere la più vincolante per il progetto ai fini della determinazione del modulo di resistenza in campo lineare. In particolare il riquadro porta le informazioni relative al carico più gravoso e il corrispondente modulo di resistenza minimo (“W”). I dati relativi alla condizione di carico sono così riassunti: pressione esterna in acqua tranquilla (“ps”), pressione esterna aggiuntiva d’onda (“pw”), tensione normale primaria (“sigX1”), intervallo lordo fra correnti (“spacing”) e la lunghezza del corrente (“span”). La sigla in alto a sinistra si riferisce infine alla tipologia del carico causa del maggiore modulo di resistenza (si veda a riguardo la User’s Guide – Booklet 3 – pag. 14).

Nella seconda pagina (“Shear area”) vengono elencati i dati relativi alla configurazione di carico che, per il rinforzo selezionato, è risultata essere la più vincolante per il progetto ai fini della determinazione dell’area resistente a taglio. I dati sono riportati in maniera analoga a quanto fatto per la prima pagina.

Nella terza pagina (“Ultimate strength”) vengono elencati i dati relativi alla configurazione di carico che, per il rinforzo selezionato, è risultata essere la più vincolante per il progetto ai fini della determinazione del modulo di resistenza in campo non lineare (capacità ultima). I dati sono riportati in maniera analoga a quanto fatto per la prima pagina, va notato che la tensione normale primaria (“sigX1”) è quella riferita al momento ultimo di trave–nave.

Nella pagina “Data” compaiono l’efficienza alla flessione, il materiale e gli spessori del rinforzo.

In conclusione va osservato che la prima riga del riquadro “gross” viene completata con l’indicazione del modulo di resistenza minimo richiesto dal Registro Registro (trascurando però il risultato della verifica a buckling).

### Hull scantling – Transverse ordinary stiffeners

La tabella per la verifica dei rinforzi trasversali è strutturata in maniera analoga a quella appena definita per i rinforzi longitudinali.

Si rammenta che le tensioni reali sono ridotte alle sole tensioni legate ai carichi locali, non insorgono infatti tensioni legate alla deformazione di trave-nave. Le norme si limitano a prescrivere il criterio di verifica relativo al collasso per snervamento. Nel riquadro “net” compaiono ora i seguenti risultati:

- “modulus” – indica il modulo di resistenza minimo offerto (“actual”) e quello minimo richiesto dalle normative e calcolato considerando i diversi casi di carico previsti dalle stesse;
- “shear area” – indica l’area resistente a taglio offerta (“actual”) e quella minima richiesta dalle normative e calcolata considerando i diversi casi di carico previsti dalle stesse;
- “thickness minimum” indica lo spessore minimo previsto per il rinforzo sulla flangia e sull’anima (“actual”), e il “minimo di spessore” definito dalle normative.

La tabella che presenta i risultati ha il seguente aspetto:

Panel: 1 - OUTER SHELL																		
	Actual	Rule	Case															
<b>Gross</b>																		
Modulus	168.13	57.80																
<b>Net</b>																		
Modulus	140.95	48.46	c+															
Shear Area	142.14	4.45	c+															
Thick Mini	10.00	4.33																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Modulus</th> <th>Shear Area</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W</td> <td>48.46</td> <td>SEA c+</td> </tr> <tr> <td>ps</td> <td>111.04</td> <td>pw 55.44 (KN/m²)</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Spac</td> <td>0.788</td> <td>Span 1.311 (m)</td> </tr> </tbody> </table>				Modulus	Shear Area	Data	W	48.46	SEA c+	ps	111.04	pw 55.44 (KN/m²)	Max			Spac	0.788	Span 1.311 (m)
Modulus	Shear Area	Data																
W	48.46	SEA c+																
ps	111.04	pw 55.44 (KN/m²)																
Max																		
Spac	0.788	Span 1.311 (m)																
<< <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Stiff N° 1</span> >>																		

Figura 215 - Tabella riassuntiva dei risultati

Nella parte inferiore del pannello dei risultati compaiono le pagine identificate dall'etichetta "Modulus", "Shear area" e "Data". Queste pagine hanno la stessa struttura di quelle viste nel caso dei rinforzi longitudinali, anche i dati che contengono sono gli stessi. La sola differenza è costituita dall'indicazione ("max") della zona del rinforzo in cui si verifica la tensione nominale massima sia normale che tangenziale (all'estremità iniziale, al mezzo o all'estremità finale).

In conclusione va osservato che la prima riga del riquadro "gross" viene completata con l'indicazione del modulo di resistenza minimo richiesto dal Registro.



#### Rules check

Il comando "Ratio" permette di accedere ad una schermata che propone, tramite un codice di colori, lo stato dei singoli elementi strutturali longitudinali rispetto al dimensionamento richiesto dal Registro. A tale scopo viene calcolato, per ogni corso di fasciame e per ogni rinforzo longitudinale, il rapporto fra la tensione reale e quella ammissibile: se il dimensionamento non soddisfa alle verifiche, tale rapporto risulta maggiore dell'unità e l'elemento viene disegnato con il colore rosso. Quando invece il rapporto è minore dell'unità, la rappresentazione viene effettuata con ampia scala di colori per evidenziare le varie sicurezze di progetto dei singoli elementi.

Questo sistema di rappresentazione dei risultati permette di effettuare una veloce fase di post-processing perchè fornisce un'immediata indicazione dei punti critici della sezione.

La schermata di controllo, per permettere un'azione più efficace, può essere riferita ai rapporti relativi ai singoli criteri di verifica.

Per i fasciami sono attivabili le seguenti opzioni:

- "thickness load" per la valutazione della verifica a snervamento,
- "thickness minimum" per la valutazione del rispetto dei minimi di spessore,
- "buckling - normal stress" per la valutazione della verifica ad instabilità per quanto riguarda lo stato di compressione e flessione (tensioni normali),
- "buckling - shear stress" per la valutazione della verifica ad instabilità per quanto riguarda il taglio (tensioni tangenziali),

- “all” per la valutazione della verifica contemporanea dei criteri sopra descritti: i colori indicano perciò, per ogni elemento strutturale, il maggiore fra i coefficienti calcolati, ossia quello che corrisponde al criterio più restrittivo.

Per i rinforzi longitudinali sono attivabili le seguenti opzioni:

- “net modulus” per la valutazione della verifica a flessione (sforzi normali),
- “net shear area” per la valutazione della verifica a taglio (sforzi tangenziali),
- “buckling – normal stress” per la valutazione della verifica ad instabilità per quanto riguarda lo stato di compressione e flessione (tensioni normali),
- “ultimate strength” per la valutazione della verifica a flessione ultima,
- “thickness minimum” per la valutazione del rispetto dei minimi di spessore,
- “fatigue ” per la valutazione della verifica a fatica,
- “all” per la valutazione della verifica contemporanea dei criteri sopra descritti: i colori indicano perciò, per ogni elemento strutturale, il maggiore fra i coefficienti calcolati, ossia quello che corrisponde al criterio più restrittivo.

Per i rinforzi trasversali sono attivabili le seguenti opzioni:

- “net modulus” per la valutazione della verifica a flessione (sforzi normali),
- “net shear area” per la valutazione della verifica a taglio (sforzi tangenziali),
- “thickness minimum” per la valutazione del rispetto dei minimi di spessore,
- “all” per la valutazione della verifica contemporanea dei criteri sopra descritti: i colori indicano perciò, per ogni elemento strutturale, il maggiore fra i coefficienti calcolati, ossia quello che corrisponde al criterio più restrittivo.



#### Replacement thickness

Il comando “Renewal” permette di richiamare a schermo una tabella che, per ogni elemento strutturale, riassume i dimensionamenti scaturiti dai diversi criteri di verifica. Tale tabella espone inoltre i dati necessari per la programmazione della sostituzione degli elementi strutturali durante la vita della nave (con riferimento ad un tasso standard di corrosione). Tale opzione di post-processing risulta quindi utile per la programmazione delle sostituzioni quando il calcolo viene impostato nella modalità “Corroded Section”.

Nella tabella vengono riportati infatti lo spessore di progetto, ossia quello dell’elemento “as built” (“actual”), e lo spessore minimo che deve possedere l’elemento al momento del rilievo

per poter soddisfare le normative (“renewal”). In altri termini quando viene rilevato che lo spessore è minore di quello indicato come “renewal”, l’elemento deve essere sostituito – si osservi che esiste una tolleranza fra valori minimi e valori di sostituzione –.

La tabella riporta, come detto, anche un riquadro che richiama gli spessori minimi calcolati in base ai diversi criteri di verifica imposti dalle normative. Questi valori, qui indicati al netto dell’arrotondamento, permettono di valutare in maniera diretta, ossia proprio in termini di spessori, i risultati dei singoli criteri di verifica.

I dati che interessano il progetto dei fasciami sono i seguenti:

- “thickness actual” – spessore di progetto,
- “thickness minimum” – minimo di spessore,
- “thickness yielding” – spessore minimo calcolato per snervamento,
- “thickness buckling compression” – spessore minimo calcolato per instabilità a compressione,
- “thickness buckling shear” – spessore minimo calcolato per instabilità a taglio,
- “corrosion margin” – margine di corrosione,
- “thickness net” – spessore netto calcolato sullo spessore di progetto.

I dati relativi ai rinforzi sono incompleti e non appaiono utili ai fini del progetto.

Per impostare un procedimento di progetto razionale si consiglia di intervenire innanzitutto sui fasciami, giungendo al loro definitivo dimensionamento, e di passare in un secondo momento alla verifica dei rinforzi ordinari. Questi infatti vanno dimensionati sulla base del modulo di resistenza, calcolato per ognuno di essi sull’elemento funzionale definito dal rinforzo stesso e dalla lamiera associata. Di conseguenza la scelta definitiva degli spessori dei fasciami apre la via al dimensionamento dei rinforzi.

Nell’ambito poi della verifica dei diversi criteri di collasso, si consiglia di soddisfare per primo il criterio di snervamento e solo in seconda battuta quello relativo all’instabilità, sia per i fasciami che per i rinforzi.

Per quanto riguarda gli incrementi degli spessori delle lamiere, è conveniente procedere nel modo seguente: nell’ambito della verifica a snervamento modificare come richiesto dal programma; nell’ambito della verifica a buckling modificare con un passo di 0,5 mm. Per i



ferri è opportuno invece fare riferimento ad un profilatario per impostare i moduli di resistenza opportuni.

Va osservato che i rinforzi non vanno trattati tutti in ugual modo, infatti quelli che hanno una funzione locale –in genere di inibizione dell’instabilità delle anime e delle flange delle travi rinforzate– possono essere dimensionati come nella nave modello. I rinforzi trasversali vanno invece dimensionati con solo riferimento alla robustezza locale, con un procedimento che non richiede calcoli iterativi.

In conclusione va detto che è bene effettuare una verifica a livello globale sia all’inizio che alla fine del procedimento di verifica locale.

Si trascurino qui le modifiche per uniformità, sia dei fasciami che dei rinforzi, e le verifiche delle travi rinforzate, per le quali si rimanda ad altro calcolo.



*ALLEGATO 3*  
*(composto da 1 foglio)*

Scheda tecnica AISI 316





Allegato 4

*ALLEGATO 4*  
*(composto da 2 fogli)*

Scheda tecnica Monel K 500



## Allegato 4



Allegato 5

*ALLEGATO 5*  
*(composto da 1 foglio)*

Scheda tecnica acciai Duplex



## Allegato 5