

## SCAFI IN VETRO RESINA

### CICLO TECNOLOGICO di Costruzione

FORMAZIONE MODELLO. (Manichino)



COSTRUZIONE STAMPO



PRODUZIONE MANUFATTO



ASSEMBLAGGIO MANUFATTI

#### Costruzione modello

E' fondamentale una operazione di "**carpenteria in legno**", in cui si provvede alla costruzione di un modello in legno "**manichino**", **riproducendo perfettamente nella forma, dimensione e grado di finitura il manufatto** che si dovrà poi andare a produrre, sia questo uno scafo, una coperta o la sovrastruttura.

Riveste particolare importanza il fatto che il modello abbia una buona resistenza meccanica e robustezza, in modo che non possa presentare momenti di flessione durante la costruzione dello stampo né che si deformi all'atto della sua estrazione dallo stampo stesso.

**La prima operazione** che viene effettuata è quella di formazione della struttura fissa interna, che abitualmente viene costruita utilizzando legno di abete; successivamente questa struttura viene rivestita con fogli di compensato di pioppo. In questa seconda fase il lavoro non è più di mera carpenteria ma di "fine falegnameria", in quanto si cerca di raggiungere l'aspetto definitivo del manufatto con la maggiore accuratezza

Il modello così realizzato, ed a cui è stato dato un buon grado di finitura, viene "plastificato" con il "**GELCOAT**" (**vernice costituita da macromolecole organiche pigmentate e stirene, miscelate con catalizzatore ed accelerante**) applicato a spruzzo.

Dopo la completa essiccazione del gelcoat si carteggia

Queste operazioni di levigatura tendono ad ottenere una **superficie del modello perfettamente liscia e speculare**, in maniera tale da produrre poi uno stampo strutturalmente idoneo a produrre manufatti con caratteristiche di finitura ottimali, o che non necessitino successivamente di grosse operazioni di "carrozzeria".

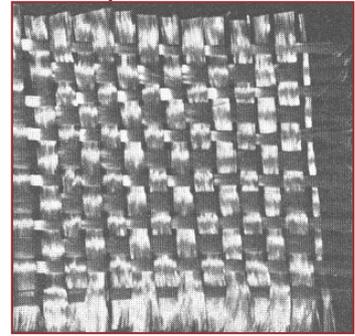
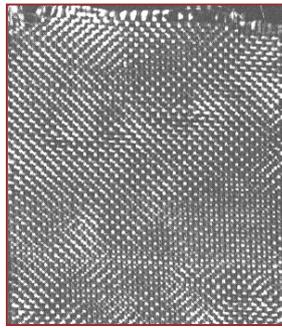
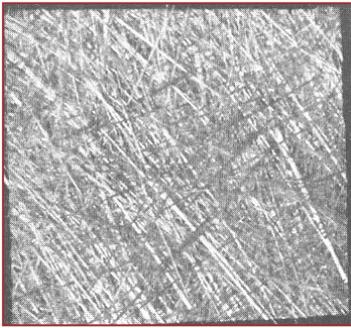
Per rendere possibile il futuro distacco del modello dallo stampo, che vi verrà costruito sopra, a questa fase di lavoro segue la cosiddetta operazione di "**ceratura**", avente come obiettivo la formazione di un "velo" destinato ad impedire l'incollaggio tra il manichino e lo stampo stesso, facilitandone quindi l'estrazione.

Essa consiste nell'applicazione di ripetuti strati di "cere distaccanti" (cere microcristalline ad alto punto di fusione) sulla superficie del manichino, per mezzo di tamponi; dopo ogni apposizione di cera la superficie viene lucidata "a specchio". E' importante che l'operazione interessi ogni punto della superficie ed assicuri una buona uniformità di distribuzione

### Costruzione stampi

Considerando il metodo della "formatura a contatto" è sufficiente la creazione di un solo stampo che potrà essere "maschio" o "femmina" in funzione della faccia del manufatto che dovrà presentarsi "liscia". Nella nostra relazione si analizzerà la costruzione di uno stampo, a calco femmina, in vetroresina, pratica maggiormente utilizzata dato il buon grado di robustezza e leggerezza offerto da esso.

Al manichino trattato con sostanze distaccanti, sia esso di uno scafo, coperta o sovrastruttura, viene applicato un strato di "gelcoat per stampi" generalmente a spruzzo; è possibile effettuare questa operazione anche con rullo o pennello.



- Chopped strand mat
- Cloth
- Woven roving

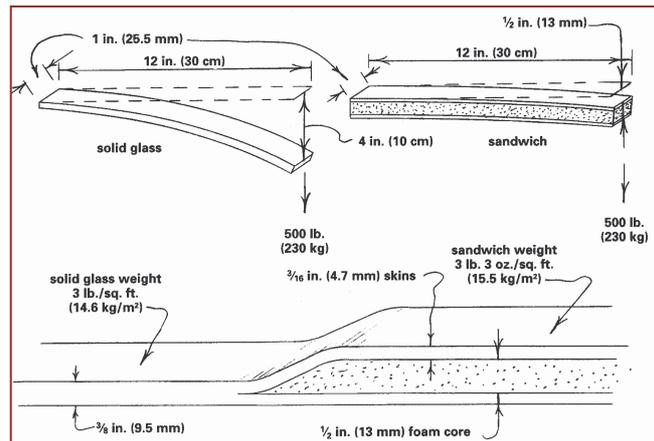
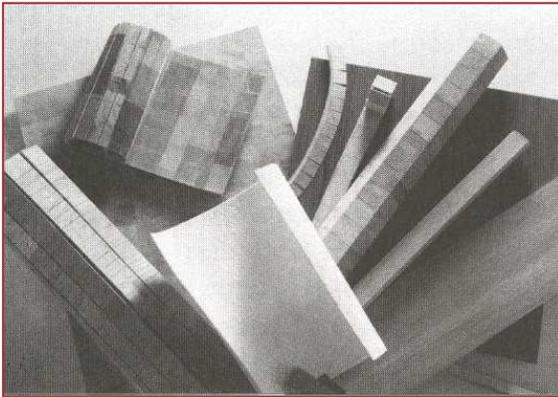
Quando il gelcoat è completamente essiccato ha inizio la deposizione dei teli di fibra di vetro; la superficie su cui si appongono i teli viene preventivamente "bagnata" con resina poliesteri.

Il telo di fibra utilizzato in questa prima fase deve essere di bassa grammatura (300 g/m<sup>2</sup>) "**mat di superficie**", per evitare di riprodurre sulla superficie dello stampo il disegno della trama del vetro di rinforzo.

Sopra il "**mat**" si depositano altri strati di fibra di vetro a grammatura **crescente**, fino a 900 g/m<sup>2</sup> (tessuti e/o stuoie) impregnandoli sempre con resina, fino al raggiungimento dello spessore desiderato.

Per conferire rigidità allo stampo, per renderlo così stabile e facilmente utilizzabile, lo si rinforza fissando lungo i suoi contorni e nelle zone intermedie (creando un disegno a maglie di rete) gli elementi di irrigidimento, costituiti abitualmente in materiale espanso o in legno; questi vengono applicati direttamente sugli strati di vetroresina con "plastica termofusa" o stuccone a base di poliesteri.

Gli elementi di rinforzo vengono poi ricoperti con 2-3 strati di fibra di vetro e resina di larghezza sufficiente a ricoprire anche in parte lo stratificato dello stampo.



Prima di apporre gli ultimi strati di fibra, in corrispondenza degli elementi di rinforzo, vengono inserite alcune piastre metalliche a cui verranno successivamente fissati i montanti del telaio metallico di sostegno.

Questo telaio, secondo le sue caratteristiche costruttive ed il suo aspetto finale, permetterà di porre lo stampo in piano sul pavimento o, per manufatti di lunghezza inferiore ai 20 m, anche la sua rotazione "stampo basculante".

Nel caso in cui sia necessario costruire stampi con "sottosquadri" per consentire di togliere il manufatto dallo stampo si ricorre alla costruzione di quest'ultimo in forma scomponibile.

Un esempio di tutto ciò si trova nella costruzione di grosse imbarcazioni dove, per la curvatura della poppa, si costruisce lo stampo o diviso in due metà lungo la linea della chiglia, o lungo la linea di giunzione tra lo specchio di poppa e le fiancate.

Questa metodologia costruttiva la si utilizza anche là dove vi sia la necessità di movimentare spesso gli stampi.

Per ottenere un perfetto assemblaggio delle diverse porzioni che compongono lo stampo si prevede l'inserimento, nelle zone di giunzione "flange", sempre con stratificazione di fibra di vetro e resina, di alcune piastre metalliche di rinforzo.

Completate queste operazioni lo stampo, o le parti che lo compongono, potrà essere rimosso dal manichino su cui è stato costruito.

Sullo stampo liberato dal manichino allo scopo di ripristinare parti eventualmente lesionate possono rendersi necessarie alcune operazioni di finitura "carrozzeria", (stuccatura, resinatura, gelcottatura e lucidatura).



## Costruzione manufatto

La superficie dello stampo perfettamente cerata e lucidata viene verniciata con "gelcoat" di colore generalmente bianco: sarà questa infatti la parte esterna visibile dell'imbarcazione.

Il gelcoat può essere applicato manualmente a pennello, a rullo o a spruzzo.

Sulla superficie dello stampo trattata con il gelcoat inizia il processo di stratificazione, e di costruzione del manufatto, vero e proprio: si applica uno strato di resina e vi si dispone sopra il primo strato di rinforzo in fibra di vetro a bassa grammatura

Sopra il primo strato di vetroresina si depositano altri strati di fibra di vetro con grammatura crescente fino a 600-900 g/m<sup>2</sup> (tessuti, stuoie) impregnandoli sempre con resina fino al raggiungimento dello spessore desiderato.

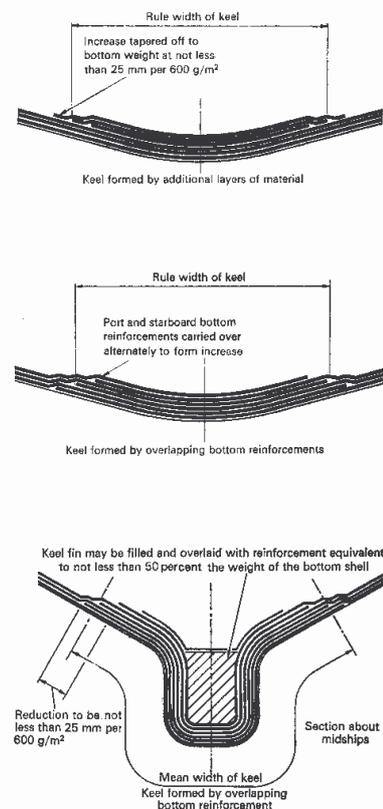
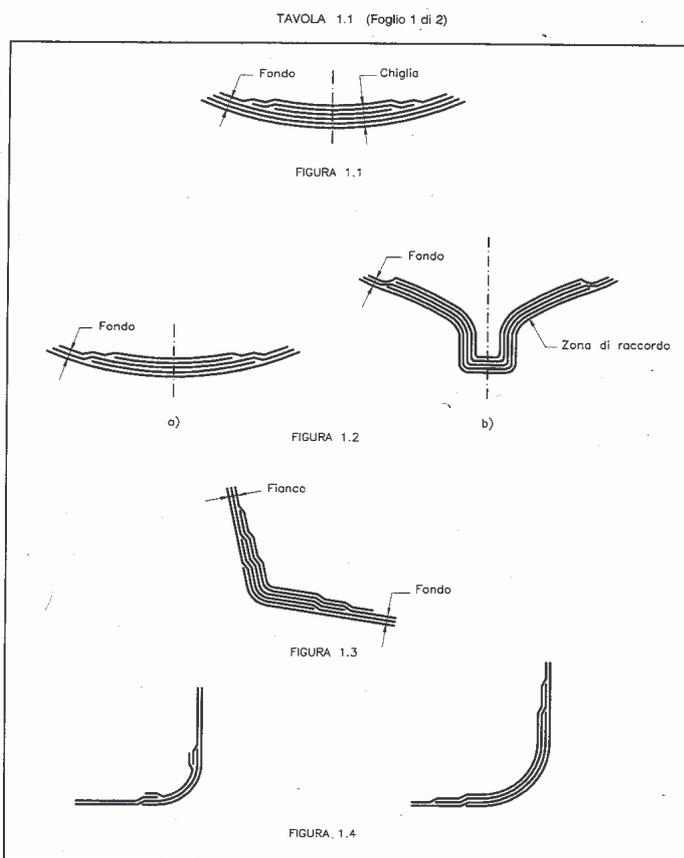


Fig. 2.6.4 Keel reinforcement

Dopo questa prima fase di stratificazione, detta anche "**laminazione di base**", si provvede all'irrobustimento interno del manufatto con elementi di rinforzo. Normalmente si utilizza materiale espanso, balsa o legno.

Le dimensioni, il numero ed il tipo di materiale degli elementi di rinforzo dipende dalla forma del manufatto, dal suo impiego e dalle sollecitazioni cui esso potrà essere sottoposto. (es. **fasce per lo scafo, pannelli in PVC espanso** o balsa per coperte e sovrastrutture, etc).

Nella costruzione di uno scafo generalmente queste fasce di rinforzo, in forma di lunghi **correnti** parallelepipedi, vengono posizionati in linee parallele secondo l'asse maggiore dello scafo (longitudinali) ed ortogonali ad essi (ordinate).

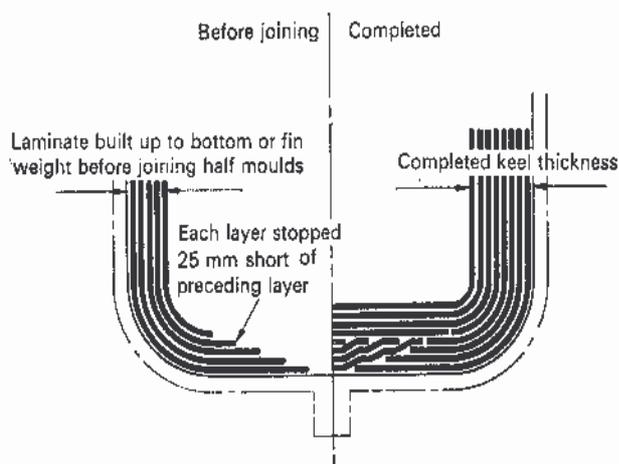
L'operazione di irrobustimento viene eseguita secondo i criteri descritti per l'analoga fase di costruzione dello stampo: inizialmente si ha l'apposizione del materiale di rinforzo direttamente sugli strati di vetroresina ed incollaggio con "plastica termofusa" o stuccone a base di poliestere.

Gli elementi di rinforzo vengono poi ricoperti con 2-3 strati di fibra di vetro, precedentemente impregnati di resina, con larghezza sufficiente a ricoprire anche lo stratificato dello scafo.

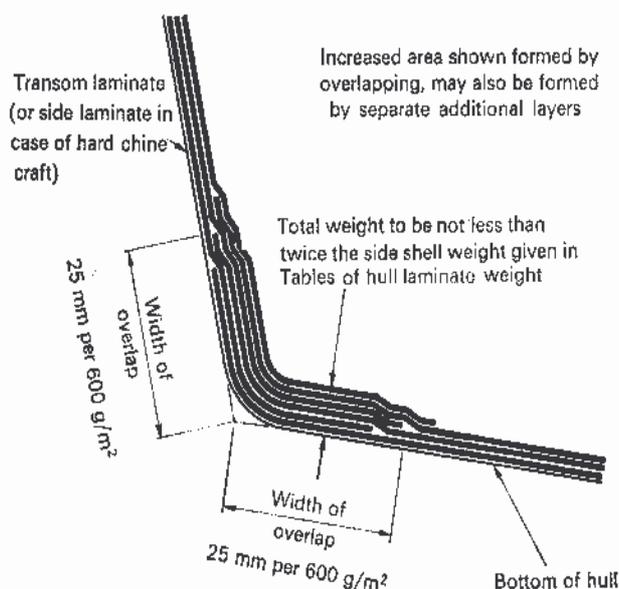
Quest'ultima fase viene conosciuta anche come **"resinatura dei rinforzi o delle strutture"**.

Nella costruzione dello scafo in questa fase si provvede ad inserire all'interno dello stesso le **"paratie strutturali"**: pannelli in legno (compensato marino) posizionati in senso ortogonale rispetto all'asse maggiore dello scafo, necessarie per conferirgli una più elevata resistenza alle sollecitazioni.

Il fissaggio delle paratie avviene inizialmente con "stuccone" poi, per mezzo di alcuni strati di fibra di vetro impregnati di resina, si provvede a ricoprire tutta la zona di contatto tra la paratia e la superficie interna dello scafo.



**Fig. 2.5.1** Laying-up of keel when moulding hull as semi-completed halves



**Fig. 2.5.2** Laying-up of transom boundary and chine line knuckles

Questa operazione in alcuni cantieri viene effettuata poco prima della fase di assemblaggio fra scafo e coperta.

Ultimata la stratificazione e raggiunto lo spessore desiderato, il manufatto viene tolto dallo stampo.

Lo scafo, la coperta o le sovrastrutture così costruite, nel caso presentino imperfezioni nella loro parte esterna, vengono sottoposte ad operazioni di finitura quali molatura, stuccatura, carteggiatura, verniciatura con gelcoat e lucidatura o altre operazioni complementari.

### **Assemblaggio (Scafo, Coperta e Sovrastrutture)**

La totalità delle imbarcazioni con dimensioni superiori ai 10 m è costituita da uno scafo ed una coperta, in molti casi anche da sovrastrutture.

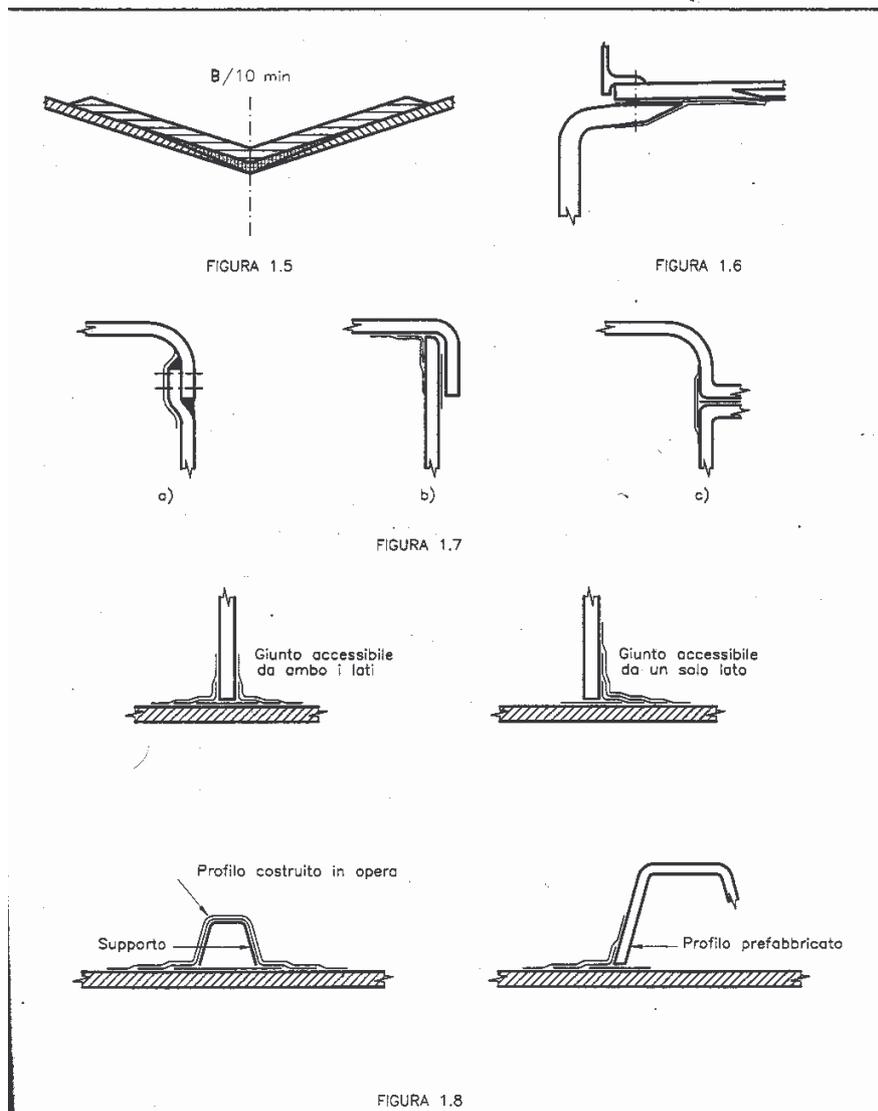
La fase di assemblaggio dello scafo con la relativa coperta e di quest'ultima con la sovrastruttura avviene secondo una sequenza di operazioni ben codificate.

Inizialmente si provvede alla **rimozione delle "sbavature"** sulle zone interessate alla giunzione. Per il taglio e la rifilatura dello stratificato vengono impiegati utensili portatili ad aria compressa o elettrici con dischi abrasivi o diamantati.

Le zone di giunzione vengono poi molate in modo da asportare completamente il gelcoat e le eventuali presenze di sostanze non desiderate (es. cere) che renderebbero difficoltosa la successiva operazione di resinatura.

**I manufatti interessati all'assemblaggio** vengono inizialmente posti perfettamente in piano, poi messi a contatto, **sovrapponendoli** nei punti di giunzione, in maniera tale da dare all'insieme l'aspetto definitivo dell'imbarcazione. Lungo tutta la zona di sovrapposizione viene **praticata una serie di fori**, passanti attraverso entrambi i manufatti, a distanza di circa 15 cm uno dall'altro.

TAVOLA 1.1 (Foglio 2 di 2)



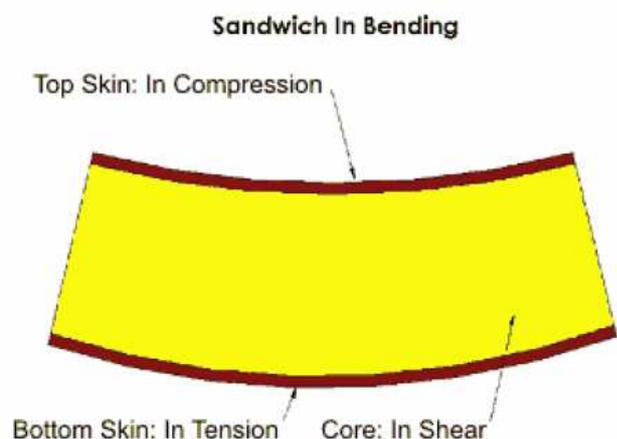
Effettuati i fori il manufatto superiore viene sollevato in modo da poter immettere nelle zone di contatto materiale sigillante, generalmente silicone, poi si ricolloca il manufatto nella posizione definitiva.

A questo punto per mezzo di viti, bulloni o rivetti, passanti attraverso i fori praticati precedentemente, si fissano/bloccano i due manufatti tra di loro.

Le superfici interessate alla giunzione, sia internamente che esternamente all'imbarcazione, vengono poi completamente ricoperte con fibra di vetro e resina; la parte esterna viene anche verniciata con gelcoat dopo opportuna lucidatura.

Le paratie portanti divisorie dello scafo, dopo che questi è stato assemblato con la coperta, vengono fissate anche ad essa mediante resinatura con fibra di vetro.

## Materiali d'anima in schiuma - I principi del sandwich



Il concetto del sandwich si basa su due idee principali: aumentare la resistenza alla flessione di una trave o di un pannello, senza aggiungere peso.

il **materiale d'anima** (schiuma) non contribuisce direttamente alla rigidità del pannello o della trave, (almeno nei materiali a bassa densità) ma che è la **distanza tra le pelli** il fattore determinante.

Mentre l'anima mantiene le pelli a distanza costante fra loro in modo da incrementare la rigidità, essa supporta la maggior parte della sollecitazione di taglio.

Nel momento in cui il sandwich si incurva, la pelle inferiore è in tensione, mentre la pelle superiore (o interna) si trova sollecitata in compressione, cosicché l'anima viene sollecitata in taglio (vedi fig.1). Per far sì che la struttura sandwich funzioni correttamente, gli strati di adesivo tra le pelli e l'anima devono essere in grado di trasferire il carico, e devono essere robusti quanto il materiale d'anima. Senza una adesione corretta, le tre entità lavorerebbero come superfici o travi separate e la rigidità andrebbe persa.

Altri vantaggi offerti dalla costruzione sandwich sono: maggiore isolamento (termico), miglior resistenza agli impatti, isolamento acustico, riduzione della manodopera. Il materiale d'anima, che nella costruzione è solitamente a celle (cellular), possiede una conduttività del calore di molto inferiore ed un laminato monolitico analogo.

La manodopera viene ridotta dal fatto che devono essere posati meno strati e la maggior rigidità dell'insieme riduce il numero dei rinforzi necessari. L'anima a celle riduce anche l'effetto "pelle di tamburo", in tal modo si attenua la rumorosità con il risultato di una navigazione più silenziosa.

Le contropartite della costruzione sandwich includono il costo dei materiali e l'addestramento delle maestranze. I materiali d'anima sono generalmente più costosi della resina e della fibra di vetro che vanno a rimpiazzare e in alcuni casi il risparmio in termini di manodopera non copre il prezzo della lavorazione. I dipendenti devono essere messi al corrente dei possibili problemi che si possono verificare se i materiali d'anima non vengono maneggiati o uniti con cura alle pelli.

### *Cos'è l'osmosi e come si manifesta*

Più dell' 80% delle imbarcazioni, oggi, sono in vetroresina o come normalmente vengono definite di "plastica", ma, questo meraviglioso prodotto ha mostrato di avere anche qualche difetto, tra cui la **permeabilità**, cioè l'assorbimento dell'acqua, che, seppure inferiore al legno, comporta nella stragrande maggioranza dei casi, risultati negativi maggiori: **l'osmosi**.

L'osmosi, si manifesta soprattutto in carena perché l'opera viva, a continuo contatto con l'acqua ne assorbe una quantità che va a sciogliere residui instabili e idrosolubili (idrolisi - scissione di una sostanza per effetto dell'acqua) del procedimento di lavorazione formando sostanze liquide molto dense.

In alcuni casi, particelle di liquido denso sono già presenti nello stratificato come risultato di lavorazione non corretta.

I fattori che determinano problemi all'interno dello stratificato di vetroresina durante la lavorazione iniziale sono molteplici, tra cui la mancanza della giusta temperatura, l'umidità di lavorazione, le bolle d'aria intrappolate, il basso standard dei materiali impiegati, la non omogeneità tra loro e lo stoccaggio delle materie prime.

Questi fattori negativi hanno bisogno, comunque, di acqua per sviluppare gli effetti poco desiderabili che conosciamo.

Attraverso microporosità del gelcoat, incrinature, colpiture o altro, l'acqua di mare, essendo più fluida del liquido che si trova nello stratificato tende a penetrare, andare, dove c'è questa piccola concentrazione densa per diluirla e portarla alla stessa densità; questo comporta un aumento di liquido all'interno dello stratificato (i liquidi non sono comprimibili), quindi di volume e si manifesta ai nostri occhi come una piccola protuberanza sulla levigatura della carena.

L'osmosi, è un fenomeno di diffusione tra due liquidi miscibili, di diversa densità, che penetrano attraverso membrane semipermeabili (la membrana semipermeabile, in questo caso, è proprio il gel-coat e il laminato della nostra barca). E il liquido più denso si trova nello stratificato della nostra barca come effetto di cattiva lavorazione o catalizzazione, o si crea per idrolisi col passaggio dell'acqua attraverso il gel-coat; quello più fluido è il mare o il lago che la nostra barca solca e che passa attraverso il gel-coat e va a fare tutti i danni

L'osmosi si manifesta più facilmente in acqua dolce (perché più fluida di quella di mare, non contiene sale) e in acque calde perché hanno maggiore fluidità, quindi un ormeggio vicino a uno scarico di acqua calda evidenzierà prima il problema.

A prima vista si presenta con piccoli rigonfiamenti, come chicchi di riso appena rilevati, simili a una leggera buccia di arancia. Col passare del tempo diventano più robusti, aumentano di volume (perché aumenta la pressione interna) e di numero (quelli impercettibili cominciano ad acquistare volume) indebolendo la stratificazione.

Le vie di accesso all'umidità, oltre alla non perfetta impermeabilità del gel-coat, sono anche gli stress e le colpiture che subisce la carena (per esempio quando viene messa in secco e appoggiata male), le prese a mare e gli scarichi sotto la linea di galleggiamento, che in molti casi sono protetti solo da un rigo di silicone e non sigillati per testa. Inoltre, una volta che l'acqua è entrata, il continuo movimento e la fatica della barca in navigazione o all'ormeggio, rende mobili queste microscopiche gocce di acqua.