

# LA NUOVA GIOVINEZZA DEL LEGNO!

di Andrea Mancini

**I nuovi processi tecnologici di incollaggio permettono oggi di superare i limiti e i difetti del legno massello, consentendo una nuova vita a questo materiale, antico e moderno al tempo stesso. In questo articolo analizziamo quali sono i reali vantaggi di costruire un'imbarcazione in legno lamellare.**

**I**l legno, il materiale con il quale per millenni è stato costruito qualsiasi oggetto navigante! Però costa troppo, ha bisogno di una manutenzione costante e onerosa. Per lo meno questo è il ritornello che siamo abituati ad ascoltare. Ma sarà vero? O meglio è ancora vero? D'altronde oggi parlare di costruzioni in legno significa parlare di legno lamellare, sia nel campo del diporto nautico che in altri campi, come quello dell'edilizia, dove sono sempre più frequenti strutture, anche importanti come interi palazzetti del-



lo sport, realizzate in lamellare (fig. 1). E tutto questo è oggi possibile grazie ai nuovi processi tecnologici di incollaggio, che permettono di superare i limiti e i difetti del legno massello, mantenendone invece i pregi che possono essere riassunti in leggerezza, resistenza, economicità, affidabilità, lavorabilità, calore e gradevolezza estetica, sostenibilità ambientale. Insomma tanti pregi a fronte di un difetto, il costo, che però a conti fatti e in certe occasioni, non è più tale. Ecco allora proliferare "costose" coper-

ture in lamellare che, nel complesso, risultano più economiche perché permettono di risparmiare su altre cose come, ad esempio, le strutture di sostegno, che possono essere di dimensioni più contenute per effetto della leggerezza del legno, o sulle finiture, non necessarie perché il legno è bello di per sé.

E quanto appena detto è vero anche per la costruzione di un'imbarcazione, almeno in certi casi. Infatti quando si realizza una barca custom, soprattutto di dimensioni non piccole, il lamellare costituisce una valida alternativa alla costruzione in vetroresina tradizionale, rispetto alla quale presenta caratteristiche di rigidità e robustezza decisamente superiori e un peso e un costo inferiori. Per ottenere un prodotto con caratteristiche ancora migliori dovrei utilizzare il composito cosiddetto nobile, cioè compositi con kevlar o carbonio, ma i costi ne risentirebbero significativamente. Tutto questo è evidenziato dai dati della tabella 1 e dai relativi grafici in cui sono riportate le caratteristiche meccaniche del legno lamellare rispetto agli altri materiali più comunemente utilizzati nelle costruzioni nautiche.

Torniamo ora ai costi di una costruzione in legno, costi che risultano sicuramente concorrenziali se riferiti a una produzione custom o semi-custom in vetroresina, una produzione dove gli oneri del modello e dello stampo necessari per la costruzione non possono essere ammortizzati. Inoltre nella costruzione in lamellare ho la possibilità di modificare a piacimento gli interni perché,



Figura 1 - Oggi il legno lamellare è un materiale usato sempre più di frequente, sia nel campo del diporto nautico che in altri campi, come quello dell'edilizia, dove con il lamellare si realizzano strutture anche importanti come interi palazzetti dello sport.

in sostanza, non ho strutture particolari o paratie che obbligano la suddivisione dello spazio: lo scafo in lamellare è infatti praticamente autoportante, oltre ad essere bello anche internamente e quindi non avere grandi necessità di coperture o lavorazioni interne. Risultato: meno lavoro!

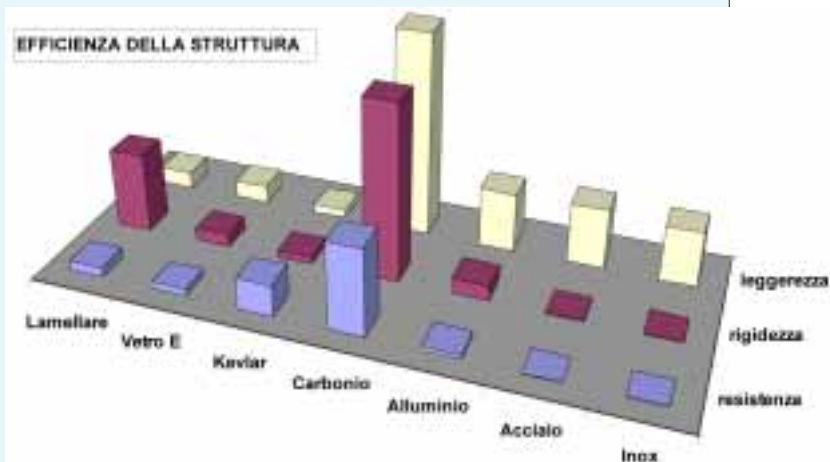
Ma come è stato possibile superare i limiti intrinseci del legno? La tecnica è relativamente semplice e collaudata. Essa consiste nel sovrapporre e incollare delle lamine di legno di spessore variabile dal millimetro a qualche millimetro (4-5 ma anche 8-9 a seconda dei casi). Tale variabilità dipende dallo spessore complessivo che dovrà avere il fasciame, unito al fatto che il lamellare, per essere tale, dovrà essere costituito, come il compensato, da un certo numero di strati (minimo tre ma preferibilmente in numero non inferiore a 4-5 strati). Le lamine di legno sono poi orientate diversamente tra loro in relazione al tipo di carico che devono sopportare. In questo modo si ottengono due vantaggi: porre il materiale solo dove serve e nella direzione in cui serve. Tradotto in termini concreti ciò significa una maggiore leggerezza unita a una superiore robustezza dell'insieme. Non a caso le prime costruzioni in lamellare appaiono agli inizi del secolo scorso con l'avvento dell'aviazione: leggerezza e robustezza sono le principali caratteristiche che deve possedere un aereo.

Ma la vera rivoluzione c'è stata con l'avvento, negli anni '70, delle resine epossidiche e del marchio "West System", nome con il quale molto spesso ancor oggi si intende la costruzione composta legno-epossidica. Lo sviluppo di queste strutture composte ha infatti rivoluzionato l'impiego del legno come materiale di costruzione, consentendo di superarne gli svantaggi che ne causavano gli alti costi di manutenzione e, in alcuni casi, ne accorciavano la vita, rendendolo competitivo e anche preferibile rispetto ad altri materiali nella costruzione di imbarcazioni. Il rivoluzionario abbinamento legno-resina epossidica, impedendo l'assorbimento di umidità, fa sì che il legno mantenga le sue caratteristiche di resistenza meccanica, che sono tanto più elevate quanto è più secco. In tal modo si garantisce anche un'elevata stabilità dimensionale, senza rigonfiamenti, incurvature e sollevamenti della nervatura, così che la superficie viene a costituire una base stabile per pitture e vernici, che non si scrostano, né spellano e non formano bolle. La saturazione, o impregnazione, è quindi un aspetto fondamentale per il legno, anche se parlare di saturazione con resine epossidiche è forse un termine improprio: infatti il legno viene impregnato solo superficialmente, mentre ciò che si intende per

**Tabella 1** CONFRONTO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE TRA ALCUNI DEI MATERIALI CON CUI SI COSTRUISCE UN'IMBARCAZIONE

| Materiale                             | $\delta$ | $\sigma_f$ | $E_f$  | $E_f/\delta$ | $\sigma_f/\delta^2$ | $E_f/\delta^3$ |
|---------------------------------------|----------|------------|--------|--------------|---------------------|----------------|
| Legno lamellare                       | 0,65     | 38         | 4750   | 7307         | 90                  | 17300          |
| Compensato marino Okuome              | 0,53     | 33         | 5200   | 9810         | 117                 | 34930          |
| Compensato marino Mogano              | 0,60     | 49         | 7200   | 12000        | 136                 | 33330          |
| Legno massello Cedro rosso            | 0,38     | 54         | 7900   | 20790        | 374                 | 143970         |
| Legno massello Mogano Honduras        | 0,60     | 65         | 8000   | 13330        | 181                 | 37040          |
| Lam. (Row/Mat) Vetro E + Polyest. 50% | 1,65     | 172        | 12500  | 7575         | 63                  | 2780           |
| UD Kevlar + Epoxy 64%                 | 1,52     | 635        | 5520   | 3630         | 275                 | 1570           |
| UD Carbonio HT + Epoxy 64%            | 1,52     | 1760       | 135000 | 88815        | 762                 | 38440          |
| Alluminio anticorodal 100 T6          | 2,70     | 290        | 70000  | 25900        | 40                  | 3555           |
| Acciaio Fe 44 b                       | 7,80     | 275        | 206000 | 26410        | 5                   | 434            |
| Acciaio inox AISI 316                 | 7,90     | 515        | 193000 | 24430        | 8                   | 390            |

*Nelle prime 3 colonne sono riportate la densità ( $\delta$ ) in  $kg/dm^3$ , la resistenza a flessione ( $\sigma_f$ ) in  $N/mm^2$  e il modulo di elasticità a flessione parallelo alla fibra ( $E_f$ ) in  $N/mm^2$ , elementi che però da soli non permettono un corretto confronto tra i materiali. È infatti vero, ad esempio, che l'acciaio è in termini assoluti più resistente del legno ma pesa molto di più. Sarà allora necessario adottare dei criteri di efficienza della struttura che rendano omogenei i termini di confronto, cosa che può essere fatta con i valori delle successive tre colonne che riportano, rispettivamente, l'efficienza per quel che riguarda il peso, rappresentata dal rapporto  $E_f/\delta$ , l'efficienza per quel che riguarda la resistenza, rappresentata dal rapporto  $\sigma_f/\delta^2$ , e l'efficienza per quel che riguarda la rigidità, rappresentata dal rapporto  $E_f/\delta^3$ . Come si vede anche dal grafico i valori di queste ultime tre colonne forniscono tutta un'altra classifica di valori rispetto alle prime tre colonne, una classifica in cui il legno in generale presenta dei valori di efficienza molto elevati. In particolare il legno lamellare, che non ha le limitazioni dimensionali e di utilizzo del legno massello e del compensato, presenta valori di efficienza significativamente inferiori solo ai compositi avanzati in carbonio. Ai fini di un corretto confronto, si tenga presente che, per quanto riguarda la costruzione in composito, nella tabella sono riportati i valori relativi a una laminazione monolitica, mentre spesso tali materiali sono utilizzati come pelli per costruzioni in sandwich. Infine è doveroso sottolineare che lo scopo della tabella non è quello di stabilire la superiorità di un materiale rispetto a un altro, ma solo dimostrare che il legno è un materiale che presenta delle caratteristiche meccaniche che diventano molto interessanti se i termini del confronto sono omogenei.*



saturazione è piuttosto la capacità di un legno saturato di epossidica di non assorbire più acqua. Il composto legno-epossidica ha inoltre una grandissima validità strutturale, che si mostra appieno proprio nel caso di costruzioni in lamellare. In questo caso resina, indurenti e addensanti garantiscono le più elevate proprietà meccaniche possibili, mantenendo nello stesso tempo sufficiente tenacità e flessibilità per poter coesistere con gli inevitabili movimenti dello scafo e delle altre strutture sottoposte a carichi. La resina, opportunamente addensata, ha poi eccellenti capacità di colmare vuoti, riempiendo ogni difetto di contatto tra i

pezzi da congiungere e ottenendo così sempre il 100% di superficie incollata.

Vediamo ora come si costruisce uno scafo in lamellare.

Per vederlo in concreto siamo andati in un cantiere che di costruzioni in lamellare se ne intende davvero, il cantiere Stella Polare di Fiumicino. Famoso per aver realizzato Ikarus, il 60 piedi di Massimo D'Alema, nel momento della nostra visita in cantiere era in costruzione uno splendido 80 piedi disegnato da Starkel, ovviamente tutto in lamellare.

La costruzione dello scafo avviene sempre in posizione rovesciata, disponendo i vari



Figura 2 - La “cesta” o “gabbia”, cioè lo scheletro dell'imbarcazione, preparata disponendo le paratie e qualche ossatura provvisoria, sulle quali vediamo già posizionate la chiglia, la cinta, tradizionalmente la prima tavola della murata che appunto “cinge” longitudinalmente la barca nel punto della sua massima larghezza, e i correnti longitudinali posizionati con un intervallo di 20-25 centimetri.



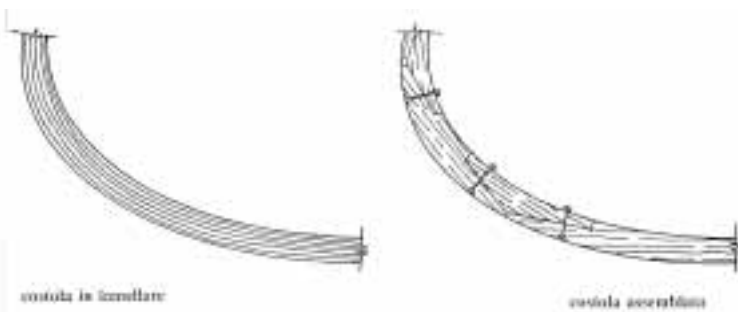
Figura 3 - Costruzione delle costole in un sol pezzo in lamellare direttamente in opera sulla forma dello scafo.



Figura 4 - La costruzione delle costole in lamellare consente una struttura monolitica in un sol pezzo nonostante la curvatura accentuata.



Figura 6  
In primo piano il fissaggio dei cosiddetti intercostali, elementi in massello sagomato che vanno a riempire lo spazio tra costola, corrente longitudinale e fasciame.



quindi, le sue dimensioni potranno essere inferiori rispetto a una costola tradizionale in massello che, invece, necessariamente sarà costituita da più pezzi giuntati e in cui le fibre non potranno mai essere omogeneamente orientate lungo la direzione dello sforzo.

Figura 5 - Due esempi di come possono essere costruite le ordinate di uno scafo: nel caso della costruzione in lamellare la costola avrà qualità meccaniche migliori e,

strati di lamelle su quella che in gergo viene chiamata “cesta” o “gabbia”, cioè lo scheletro dell'imbarcazione. La “cesta” può essere costruita con varie tecniche: nel caso dello Star 80 in costruzione, e più generalmente secondo le tecniche di lavorazione adottate presso i cantieri Stella Polare, la “cesta” è preparata disponendo delle ossature trasversali, composte dalle paratie e da qualche ossatura provvisoria, sulle quali posizionare la chiglia, realizzata a parte in un sol pezzo sempre in lamellare, la cinta, tradizionalmente la prima tavola della murata che appunto



Figura 7 - Operazione di avviamento delle superfici su cui verrà posizionato il fasciame.

“cinge” longitudinalmente la barca nel punto della sua massima larghezza, e i correnti longitudinali posizionati con un intervallo di 20-25 centimetri (fig. 2). A questo punto la forma dello scafo è pronta ma va resa sufficientemente rigida prima di posizionare i vari strati di fasciame. Allora vengono costruite, direttamente in opera sulla forma dello scafo, le costole vere e proprie realizzate in un sol pezzo in lamellare (fig. 3 e 4). In questo modo la costola può avere delle dimensioni ridotte rispetto a una costola tradizionale in massello, che invece necessariamente sarà in più pezzi giuntati e in cui le fibre non potranno mai essere omogeneamente orientate lungo la direzione dello sforzo (fig. 5).

La “cesta” viene quindi ultimata posizionando i cosiddetti intercostali (fig. 6), elementi in massello sagomato che vanno a riempire lo spazio tra costola, corrente longitudinale e fasciame, e avviando fra loro le varie superfici (fig. 7). A questo punto si può procedere con il posizionamento del primo strato di fasciame, costituito da tavole di douglas da 10 millimetri di spessore disposto quasi verticalmente con una piccola inclinazione di  $-25^\circ$  (fig. 8 e 9). Al primo strato lamellare ne vengono poi aggiunti altri tre, costituiti da varie essenze di mogano e disposti con varie inclinazioni e con l'interposizione di unidirezionale di carbonio, come descritto nella tabella 2 che segue.



Figure 8 e 9  
Ultimata la “cesta” si procede al posizionamento del primo strato di fasciame.

Ma come spesso avviene quando si costruisce artigianalmente un oggetto particolare come una barca, il risultato finale è indissolubilmente legato alla capacità degli operatori e agli accorgimenti costruttivi utilizzati che scaturiscono dalla preparazione specifica e dalla grande esperienza operativa. Uno di questi accorgimenti riguarda l'ultimo strato di fasciame e il successivo tessuto di vetro che vengono incollati con la tecnica del sottovuoto, tecnica il cui utilizzo è particolarmente difficile e laborioso quando siamo in presenza di una superficie non traspirante come il legno. In presenza di questo materiale è infatti estremamente difficoltoso aspirare l'aria per realizzare il sottovuoto, perché

l'aria stessa non riesce a filtrare tra le fibre del legno come invece avviene nel caso di tessuti di vetro. Ma tale difficile procedura, se eseguita a regola d'arte, garantisce un'adesione più uniforme e durevole della parte più esterna del fasciame, quella maggiormente esposta agli agenti esterni, che



Figura 10 - Insetto della chiglia ricavato dall'alloggiamento del bow trust di prua. Si contano oltre 20 strati di lamellare fino a raggiungere lo spessore di 12 centimetri



a partire dal rivestimento plastico esterno (grigio).

viene anche maggiormente impregnata di resina. Si pensi a proposito che incollando dei corsi di fasciame con un morsetto si possono raggiungere delle pressioni massime dell'ordine di  $20 \text{ kg/cm}^2$ , mentre con il sottovuoto tale pressione si triplica. Un altro accorgimento particolare riguarda l'utilizzo dell'unidirezionale di carbonio fra i vari strati di lamelle, disposto secondo le fibre del legno sottostante, in modo che il carbonio lavori congiuntamente al legno stesso esaltandone le caratteristiche meccaniche. Parliamo ora della chiglia. Come abbiamo accennato essa è un pezzo monolitico, realizzato fuori opera in lamellare su un apposito stampo in legno con strisce di 6-7 mil-

**Tabella 2** SPECIFICA DEI MATERIALI COSTITUENTI LO SCAFO DELLO STAR 80

| Strato    | Spessore | Inclinazione | Materiale  |
|-----------|----------|--------------|--|
| 1 interno | 10 mm    | $-25^\circ$  | douglas  |
| 2         | 10 mm    | $+45^\circ$  | Mogano khaya + unidirezionale carbonio                       |
| 3         | 7 mm     | $-45^\circ$  | Mogano sipo + unidirezionale carbonio                        |
| 4         | 7 mm     | $+65^\circ$  | Mogano sipo (incollaggio sottovuoto)                         |
| 5 esterno | 4-5 mm   | —            | Tessuto vetro E + riempitivi per l'avviamento e l'isolamento |



Figura 11 - Nella foto si vedono le lamelle costituenti la chiglia in posizione sullo stampo, prima dell'assemblaggio, mentre vengono arieggiate per avere la minima umidità possibile durante l'incollaggio.

limetri ciascuna, fino a raggiungere spessori che superano abbondantemente i 10-15 centimetri (fig. 10). Il tutto è poi irrigidito ulteriormente, anche qui, con unidirezionale di carbonio posto sulla faccia interna. Ma prima del loro assemblaggio le lamelle vengono arieggiate, per avere la minima umidità possibile durante l'incollaggio, umidità che in ogni caso non sarà mai superiore al 30%. Tale accorgimento costruttivo garantisce un incollaggio ottimale (fig. 11). Sempre la chiglia, una volta fissata alla "cesta" e laddove risulti sufficientemente piatta, viene sormontata e ricoperta dai vari strati di fasciame. Dove invece la faccia esterna presenta una curvatura accentuata, che renderebbe difficoltosa la curvatura e il corretto posizionamento del fasciame, quest'ultimo si innesta in un apposito solco scavato sulla chiglia stessa, che altro non è che la battura

delle classiche costruzioni in legno, come si può vedere nella figura 12 relativa alla zona di prora e del dritto di prora.

Un'attenzione particolare è rivolta poi alla zona maggiormente sollecitata di una barca a vela, la zona centrale in cui sono concentrati i carichi maggiori. In primo luogo il fondo viene rinforzato aumentando la frequenza dei correnti longitudinali e raddoppiando i madieri (fig. 13). Poi viene aggiunta una struttura di acciaio orizzontale a ragno che assorbe il carico del motore, struttura alla quale è collegato l'anello resistente di acciaio sul quale si scaricano tutti i carichi dovuti alla forza del vento sull'albero e sulle lande e al peso del bulbo. Proprio l'attacco del bulbo è poi studiato e realizzato in modo da garantire la massima tenuta: mentre tutti i madieri sono realizzati concavi in modo da accogliere la chiglia



Figura 12 - Per permettere il corretto posizionamento della testa dei corsi di fasciame, sul dritto di prora viene preparato un apposito solco che va a costituire la battura delle classiche costruzioni in legno.

senza che questa sporga dalla superficie dello scafo (fig. 14), i madieri interessati dal bulbo presentano una concavità maggiore, in modo da realizzare localmente una superficie di scafo piana sulla quale far combaciare e collegare la superficie piana della testa del bulbo che tipicamente viene realizzata a T. In tal modo il fasciame esterno costituirà una superficie di contatto uniforme tra l'attacco del bulbo e lo scafo, espediente che permette la massima tenuta dei bulloni di collegamento. Necessariamente questa superficie piana si estenderà oltre l'area interessata dalla testa del bulbo e non sarà avviata con il resto del fondo dello scafo tipicamente convesso. La zona di depressione di circa 20 m<sup>2</sup> che si forma intorno all'attacco del bulbo viene allora riempita con altro lamellare fino a colmare e avviare questa zona con il resto dello scafo (fig. 15).



## STAR 80'

### Scheda tecnica

Lunghezza f.t.: m 23,97 - Lunghezza al galleggiamento: m 20,30 - Lunghezza dinamica: m 22,80 - Larghezza max: m 6,38 - Immersione: m 3,25 - Dislocamento: kg 42.000.

Nota - Molte delle immagini e delle informazioni contenute in questo articolo sono state fornite dal Cantiere Nautico Stella Polare di Fiumicino, che ringraziamo per la collaborazione.

Per maggiori informazioni [www.stella-polare.it](http://www.stella-polare.it)



Figura 13 - La zona del bulbo è quella in cui sono concentrati i carichi maggiori: di conseguenza la struttura viene rinforzata, aumentando la frequenza dei correnti longitudinali e raddoppiando i madieri.



Figura 14 - I madieri sono realizzati concavi, in modo da accogliere la chiglia senza che questa sporga dalla superficie dello scafo.

Concludendo questa illustrazione sulla costruzione di una barca in legno lamellare, possiamo certamente affermare che si tratta della migliore tecnica di costruzione oggi disponibile con il legno. È una tecnica che permette di essere competitivi sul peso finale dell'imbarcazione (è possibile stimare un risparmio di peso del 30% rispetto a una costruzione in vetroresina tradizionale) e sulle caratteristiche di robustezza e rigidità, inferiori solo alle costruzioni in composito avanzato come il carbonio. Inoltre, nonostante si tratti di legno, la manutenzione è praticamente assente, se si esclude la normale pulizia di carena e le operazioni ad essa connesse. Certo il costo è maggiore rispetto a un'imbarcazione di serie costruita in vetroresina, ma quando ci riferiamo a barche custom questo non è più vero: la costruzione in lamellare diventa allora vantaggiosa anche dal punto di vista economico. Infine, in questi anni in cui la sensibilità e l'attenzione all'ambiente e alla sua tutela necessariamente si sta diffondendo anche nel mondo della nautica da diporto, una barca in lamellare (quindi in legno!) presenta delle evidenti caratteristiche di sostenibilità ambientale. Il legno lamellare è infatti un materiale che ha le seguenti peculiarità: È un materiale naturale e una risorsa rinnovabile. Certo è un materiale che va utilizzato con attenzione e intelligenza e non sfruttando e devastando selvaggiamente il patrimonio boschivo mondiale come purtroppo è stato fatto nel passato (e come ancora si continua purtroppo a fare in alcune zone del mondo). Le coltivazioni di legname sono una realtà possibile!



Figura 15 - Sul fondo dello scafo si vede l'alloggiamento per la piastra che costituisce la testa del bulbo: una volta in posizione si troverà a filo scafo.

È un materiale a basso contenuto di energia di produzione perché, a confronto con i materiali metallici o plastici, gli elementi in legno richiedono poca energia primaria per essere prodotti. A titolo di esempio, mentre per la produzione di 1 tonnellata di strutture in legno è necessario 1 Mega Joule, per la stessa tonnellata in acciaio ne servono 60. Per le fibre composite 4000.

È un materiale biodegradabile e riciclabile: lo smaltimento di una struttura, o di un'imbarcazione in legno, costituisce un onere minore rispetto alle altre tecnologie costruttive, se non addirittura una risorsa, laddove è possibile riutilizzarlo o riciclarlo in altre forme. Non ci resta allora che augurare lunga (e nuova) vita al legno! 