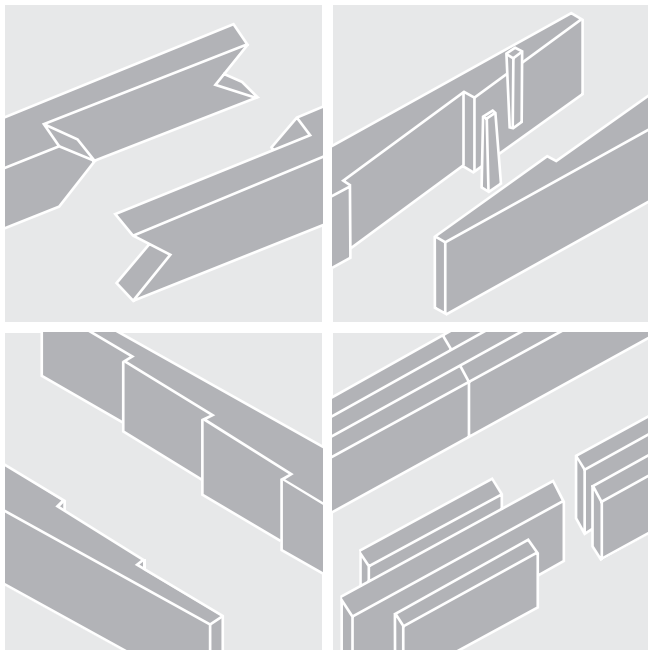


Franco Laner

# IL RESTAURO DELLE STRUTTURE DI LEGNO



Franco Laner

## IL RESTAURO DELLE STRUTTURE DI LEGNO

ISBN 13 978-88-8207-435-7

EAN 9 788882 074357

Manuali, 103

Prima edizione, giugno 2011

Laner, Franco <1941->

Il restauro delle strutture di legno / Franco Laner. – Palermo : Grafill, 2011.  
(Manuali ; 103)

ISBN 978-88-8207-435-7

1. Strutture in legno – Restauro.

624.1840288 CDD-22

SBN Pal0234665

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo

Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313

Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail [grafill@grafill.it](mailto:grafill@grafill.it)

Finito di stampare nel mese di giugno 2011

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

# INDICE

PREMESSA .....	p.	5
----------------	----	---

## PARTE PRIMA DIAGNOSTICA

### INTRODUZIONE

INTRECCIO DI SAPERI E DI MAGISTERI.....	"	9
---	---	---

<b>1. EZIOLOGIA O CAUSE DEL DEGRADO .....</b>	"	15
1.1. Umidità .....	"	15
1.2. Batteri, muffe e funghi .....	"	17
1.3. Xilofagi e lignicoli.....	"	21
1.4. Deformazioni differite .....	"	26
1.5. Difetti del legno .....	"	27
1.6. Altre cause di fuori servizio .....	"	30
<b>2. DIAGNOSTICA DELLE STRUTTURE IN OPERA .....</b>	"	35
2.1. L'occhio clinico .....	"	35
2.2. Strumenti di indagine.....	"	36
2.3. Stato delle conoscenze e delle normative .....	"	40
<b>3. DIAGNOSI E PROGETTO.....</b>	"	43
3.1. Capire per intervenire.....	"	43
3.2. Farsi guidare ed ispirare dal legno .....	"	47

## PARTE SECONDA INTERVENTI: TECNOLOGIE E MATERIALI

### INTRODUZIONE

ATTI MENTALI, IN SUBORDINE, ATTI TECNICI .....	"	51
<b>4. INCALMI E FETTONI.....</b>	"	57
4.1. L'insegnamento della tradizione .....	"	57
4.2. Esempi di incalми e fettoni .....	"	59
<b>5. STATI DI COAZIONE .....</b>	"	75
5.1. Mettere in forza.....	"	75
5.2. Alcune applicazioni su vecchie strutture.....	"	79

5.3. Il ricorso agli stati di coazione nella riabilitazione strutturale .....	p.	82
5.3.1. Interventi mediante stati di coazione .....	"	84
<b>6. SOLAI</b> .....	"	87
6.1. Un approccio ordinatore .....	"	87
6.2. Riduzione del momento flettente.....	"	89
6.3. Interventi per aumentare W e J.....	"	92
6.4. Solai misti legno-calcestruzzo.....	"	93
6.5. Nuove frontiere.....	"	98
<b>7. TETTI E CAPRIATE</b> .....	"	101
7.1. L'importante ruolo del tavolato .....	"	101
7.2. Concezione d'insieme e spaziale.....	"	102
7.3. Capriate .....	"	104
7.4. Esempi di interventi .....	"	106
<b>8. IL RECUPERO DEL LEGNO LAMELLARE</b> .....	"	109
8.1. Già?.....	"	109
8.2. Esempi di interventi di recupero .....	"	110
8.3. Qualche ulteriore considerazione.....	"	114
<b>9. INTERVENTO COME AGGIUNZIONE</b> .....	"	119
9.1. Progettare .....	"	119
9.2. La prognosi (il collaudo) .....	"	123
9.3. Legno come invenzione .....	"	125
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	"	129

---

## PREMESSA

Niente, a mio parere, come l'azione di restauro di una struttura storica o moderna è portatrice di conoscenza e capace di suggerire innovazione.

Il legno, materiale strutturale generalmente impiegato nel passato anche nel nostro Paese, se si escludono i cinquant'anni di mezzo dello scorso secolo, quando è stato messo in disparte dal cemento armato, dall'acciaio e dal latero-cemento, sia nell'edilizia civile, sia sociale in particolare per coprire grandi luci, come chiese, sale per spettacolo o riunione, è stato usato con intelligenza e magistero.

Quando si riesce a sollevare la coltre polverosa dei secoli, emerge la creatività insita in originali concezioni strutturali, la bellezza dell'intreccio delle orditure membranali e dei particolari costruttivi. Tutto ciò, se coniugato e riproposto con nuove tecnologie, prodotti e lavorazioni, equivale all'assoluta novità.

Occupandomi di restauro e consolidamento delle strutture lignee ho imparato molto, ma soprattutto ho messo a punto brevetti che a ben vedere erano tali solo perché ho giocato sull'oblio. Dopo cent'anni e anche meno, nessuno infatti ricorda come si risolvessero particolari situazioni costruttive o quali materiali aggiuntivi e tecnologie potessero agevolare e semplificare il lavoro di posa e di assemblamento.

Parafrasando, sotto le pietre si scopre il segreto delle sorgenti!

E la scoperta equivale all'invenzione.

L'invito è dunque di guardare alle soluzioni del passato come possibilità per il nuovo costruito, perché la storia non è solo *magistra vitae*, ma ha margini di insegnamento edificatorio. Per di più, le tecnologie messe a punto per il restauro possono avere ricadute nel nuovo.

Interessarsi del restauro delle strutture lignee significa altresì mettere alla prova la nostra capacità di interpretare un manufatto con categorie concettuali dell'epoca in cui l'opera è stata costruita, piuttosto che con categorie interpretative contemporanee. È gratificante accorgersi come ci siano diversi modi di conferire sicurezza e durabilità ad una struttura con metodi e concezioni diverse da quanto codificato per l'impiego dei materiali moderni, con caratteristiche fisico-meccaniche assai diverse dal materiale organico e composito com'è il legno.

Infine mi dispiace che si ponga già il problema del consolidamento delle strutture di legno lamellare, con cui lavoriamo nel nostro Paese da solo una trentina d'anni. Ricordiamoci però sempre che il legno è un materiale organico e che per sua intrinseca natura tende a tornare in fretta alla Madre Terra che l'ha generato. Il veicolo è l'acqua, in tutte le sue forme, vapore e liquido in primis. L'allontanamento dell'acqua dal legno deve diventare una paranoia ossessiva.

L'acqua, cagione di ogni patologia, come ci dicono tutti i trattatisti, Palladio compreso, deve essere sempre allontanata dalle fabbriche.

Se non ne teniamo conto nei nostri progetti, le pratiche restaurative saranno il pane quotidiano e il legno potrebbe tornare nel limbo costruttivo.



---

**PARTE PRIMA**

**DIAGNOSTICA**





## INTRECCIO DI SAPERI E DI MAGISTERI

Come valutare la resistenza residua di strutture di legno in opera?

È fuori servizio una trave imbarcata?

Quali i metodi per quantificare gli attacchi degli insetti o il danno di funghi?

E ancora, riparare o sostituire?

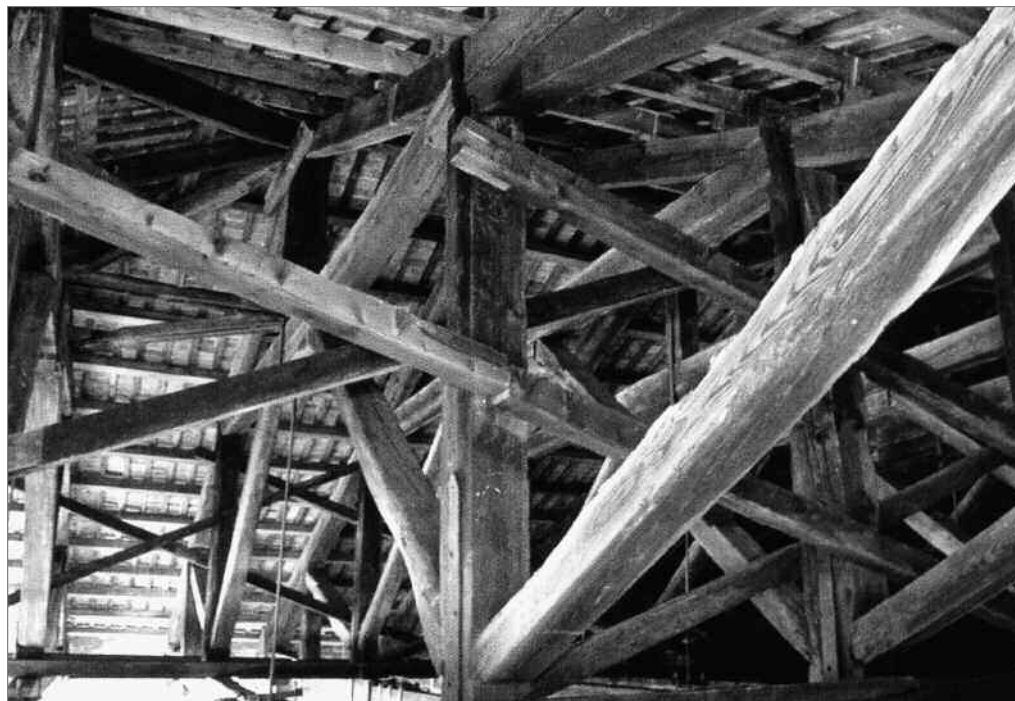
Queste sono alcune delle domande ricorrenti che proprietari, progettisti, imprese pongono quando decidono di intervenire sul costruito, storico o recente.

La risposta, come è facilmente intuibile, non è né immediata, né facile, ma per la gran parte

dei casi è possibile individuare gli elementi che consentono un giudizio e quindi l'azione conseguente.

Fra tutti i materiali da costruzione, la particolare natura organica del legno pone qualche problema in più, ma sappiamo come non sia facile diagnosticare nemmeno la consistenza residua di una muratura, né di un solaio in latero-cemento o di un telaio in c.a..

Lo stato di conservazione e le caratteristiche meccaniche residue sono elementi fondamentali per decidere l'azione riabilitativa, ma altret-



**Figura 1.** Intreccio di aste, puntoni e controventi di una copertura di una tesa all'Arsenale di Venezia. Si capisce come sia difficile ricavare una pulita e chiara concezione strutturale per l'elevato grado di iperstaticità. Perciò è spesso necessario abbandonare alcune categorie di giudizio delle ordinarie teorie della scienza delle costruzioni e seguire mentalità costruttive del passato, anche se di non facile restituzione.



**Figura 2.** Il giudizio sullo stato di una struttura lignea consegue non solo ad indagini sulla consistenza materica, ma presume anche la conoscenza della sua concezione strutturale. Perciò una buona diagnosi è sintesi di competenze diverse, sia sul legno, sia sui comportamenti strutturali. Ad esempio non sarebbe possibile intervenire su questa struttura se prima non si riconoscesse che non siamo al cospetto di una capriata, bensì di una trave semplicemente appoggiata!

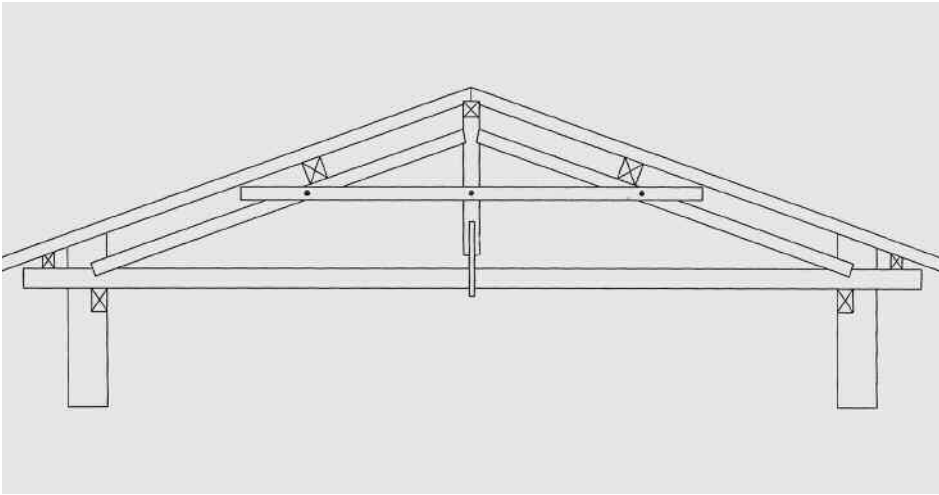
tanto importante è l'individuazione della concezione strutturale sottesa. Senza la capacità di comprendere come funzionano le strutture, poco serve conoscere la consistenza materica e pertanto i due aspetti devono sempre stare assieme.

Anzi considero dominante l'aspetto che riguarda la concezione: o si preferisce la materia alla mente? Il processo che consente di capire e restituire il funzionamento di una struttura, spesso fuori dagli attuali schemi e paradigmi, oltre che necessario è gratificante. Consente di misurare la propria cultura tecnica. Provoca un intimo piacere costatare – scoprire – come ci siano tanti modi di concepire la stabilità e condurre a terra i carichi che in vario modo sollecitano una copertura o una struttura apparentemente complessa.

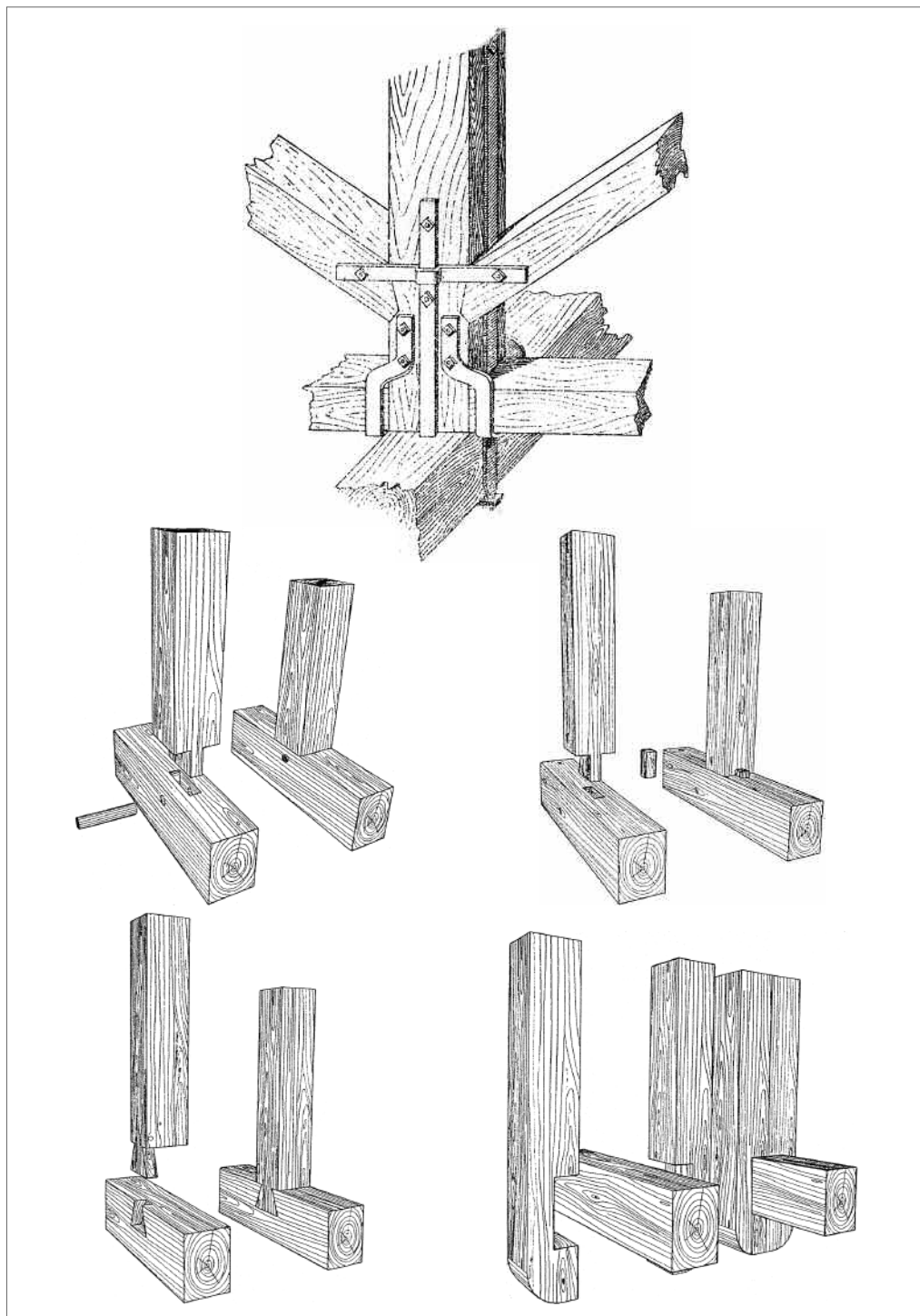
Il progetto di restauro o consolidamento delle strutture lignee è illuminato proprio dal disvelamento della concezione strutturale, piuttosto che dallo stato del degrado, anche se c'è chi, preso da manie feticistiche, preferisce la conservazione della materia. Da una parte dunque l'anima, dall'altra la materialità del corpo della fabbrica. Cerchiamo dunque di far stare assieme i due opposti. Perciò lo scopo ultimo di questo secondo volume sul legno strutturale, non è, né potrebbe esserlo, un trattato sul restauro del legno.

Contiene però gli elementi – mi auguro sufficienti – per giudicare le strutture in opera, condizione per poi intervenire, che è l'oggetto della seconda parte.

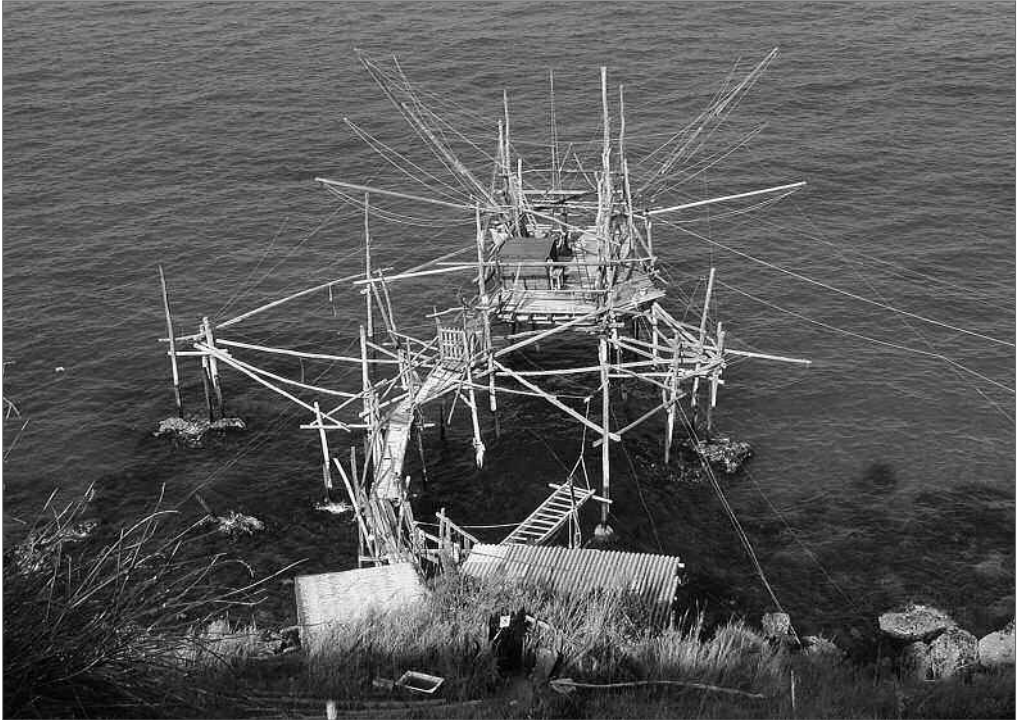
In altre parole, senza modestia, vorrei che questo scritto consentisse di non prendere solenni



**Figura 3.** Spesso la concezione strutturale dipende da situazioni locali. In questa capriata (copertura in Friuli) è stata prestata grande attenzione per contrastare il sisma. La struttura è infatti chiusa, ben intelaiata e non spingente, specie nello sporto del tetto e nel serraggio delle terzere.



**Figura 4.** Alcuni modi di realizzare il nodo chiuso monaco-catena di una capriata. Anche il magistero costruttivo gioca un importante e decisivo ruolo nella diagnostica, proprio perché l'atto costruttivo è un complesso atto culturale.



**Figura 5.** Trabucco sul litorale abruzzese. Materiali poveri, ma splendida concezione d'insieme e spaziale per dar vita ad una macchina complessa e funzionale per la pesca. Ciò che non deve andar perduto è proprio l'intelligenza costruttiva, non i pezzi di legno di acacia e di castagno che si possono facilmente sostituire!

cantonate e di agire a favore della sicurezza. D'altra parte chi scrive è un architetto che si è occupato di legno e vuol restituire ciò che ha imparato e soprattutto aprire alla curiosità e alla conoscenza, che il legno alimenta sempre, inesauribilmente. Questo è proprio l'aspetto che identifica il legno: la sua conoscenza non è mai completamente perimetrabile e solo i presuntuosi possono dire di conoscerlo.

Il legno perciò insegna l'umiltà e la perseveranza, doti che inducono a non abbassare mai la guardia, nemmeno di fronte all'evidenza.

Una constatazione. Rileggendo queste righe introduttive e l'indice, mi accorgo del frequente ricorso alla terminologia medica (diagnosi, eziologia, collasso, occhio clinico...), ma anche l'im-

postazione metodologia del restauro edilizio ha grande affinità con la medicina. Forse perché l'azione che permette di riconoscere una condizione morbosa in base all'esame clinico del malato, assieme a ricerche di laboratorio e strumentali, è preceduta dall'anamnesi, ovvero da quell'insieme di ricognizioni in grado di restituire la storia regressa del soggetto (del fabbricato) ed è seguita dalla terapia (progetto di intervento riabilitativo) e dalla prognosi (collaudo e previsione di durabilità).

Risolvero queste analogie con un pensiero: si interviene in entrambi i casi in un organismo vivente. Anche se il legno è morto al momento del taglio dell'albero, una struttura lignea è sempre vitale e non dorme mai!



## EZIOLOGIA O CAUSE DEL DEGRADO

### 1.1. Umidità

L'acqua, in tutte le sue possibili declinazioni, liquida, gassosa, solida, umidità di risalita, di condensa, ecc., è la causa prima – se si esclude il fuoco – del degrado del legno.

Il legno infatti, come spesso ripeto, è stato progettato dal Padre Eterno per tornare in fretta alla terra che l'ha generato.

E guai se non fosse così: oggi saremo sommersi dagli alberi e dalla vegetazione mai distrutta e sempre riprodotta. Il veicolo per il degrado è sempre e solo l'acqua (Fig. 1.1).



**Fig. 1.1.** In assenza di umidità o d'altre forme d'acqua, il legno si conserva intatto, come questa testa di olivastro rinvenuta nella Cova des Mussol, a Menorca e datata a circa 3500 anni fa.

Laddove c'è una goccia d'acqua, lì possono vivere, alimentarsi e riprodursi microrganismi, come batteri, muffe e funghi. Lì arrivano gli insetti. E quindi, a mangiare gli insetti, gli animali superiori, in un ciclo sempre uguale, reiterato ed inesorabile che assicura l'equilibrio ecologico ed i processi vitali (Fig. 1.2).

Ho letto di una pratica pietosa e poetica in uso sulle Dolomiti ladine. Tagliato l'albero, il boscaiolo, prima di allontanarsi dal ceppo che, violentemente separato dal tronco, offre ancora fresca linfa che ignara irrorerà la ferita mortale, come un collo reciso, affonda ancora l'ascia nel cuore del ceppo, scavando una piccola buca. Fermandosi l'acqua piovana, il processo di marcimento sarà più veloce. Quel corpo reciso soffrirà meno, perché più rapido sarà il suo ritorno alla terra.

In teoria, considerato che è impossibile che il legno sia privo d'acqua – a meno di non disidrarlo mettendolo in forno – l'attacco biotico è sempre possibile. Si è però constatato che nel legno con umidità residua sotto il 20%, rarissimamente si manifestano attacchi. Tale contenuto di umidità è di poco al di sotto del punto di saturazione, cioè quando il legno comincia a perdere l'acqua di costituzione (intorno al 25%). Perderà acqua fino a stabilizzarsi con le condizioni igrometriche dell'ambiente in cui si trova. Ad esempio in un ambiente con temperatura attorno ai 20° ed umidità dell'aria del 60%, l'umidità del legno si stabilizza attorno al 12%.

In ambiente più secco, l'umidità del legno può scendere fino al 10%, mentre in ambienti più umidi (umidità dell'80-90%) l'acqua presente nel legno è attorno al 18%. Ovviamente, per umidità maggiori, come è il caso di ponti di legno in presenza continua di nebbia e vapor d'acqua, l'umidità del legno è superiore al 20%



**Fig. 1.2.** A contatto con l'acqua – di infiltrazione in questo caso – i batteri fanno da "apripista" a muffe e funghi cromogeni. Ad essi sopravvivono le cosiddette carie (basidiomiceti e ascomiceti). Infine a completare l'opera, gli insetti.



e quindi inevitabilmente sarà preda del degrado biotico.

A Venezia tale fenomeno è pressoché inevitabile ed il marcimento dei ponti è assicurato. Vernici e preservanti possono solo dilazionare il fenomeno.

Legato alla perdita d'acqua del legno, è il ritiro nelle tre direzioni assiali (radiale e tangenziale più accentuato, longitudinale più blando), che si manifesta con fessurazioni. Le fessure da ritiro sono fenomeno del tutto fisiologico, che solitamente non deve preoccupare, anzi è bene che tali fessure siano evidenti, prima dell'utilizzo del legno, poiché così si può con esse interagire, come ho cercato di spiegare nella pubblicazione "Capire le fessure nel legno strutturale" ([www.percorsi-legno.it](http://www.percorsi-legno.it)) interamente dedicata alle fessure da ritiro, che oggi originano molti assurdi contenziosi, dettati sia da ignoranza, sia da cattiva fede.

L'umidità è dunque il tema che condiziona la durabilità del legno. È quindi ovvio che più si tiene lontana l'acqua, meno la struttura sarà vulnerabile.

Il progetto col legno è proprio il progetto di allontanamento dell'acqua!

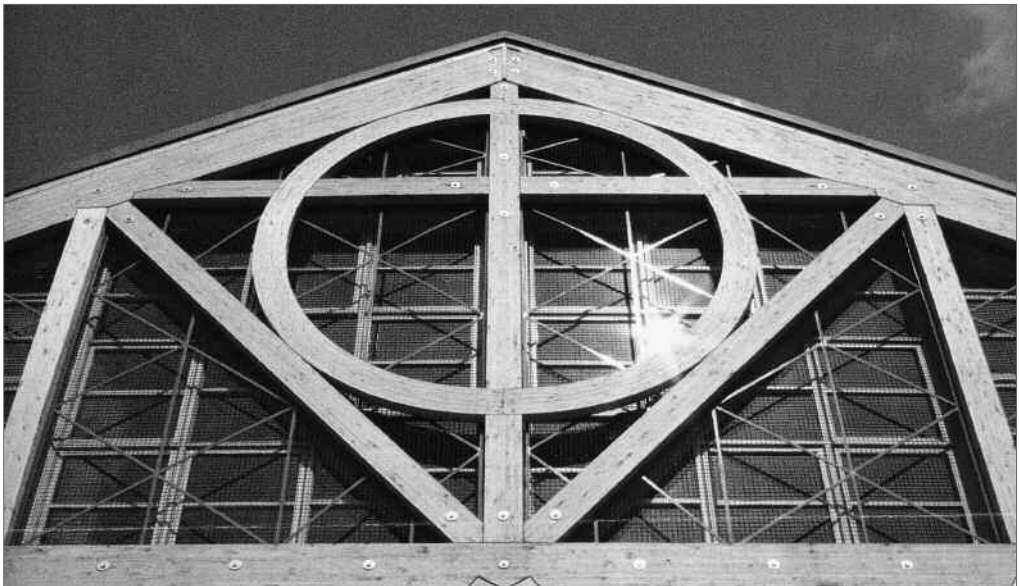
A ciò – ci ricorda Palladio nell'ultimo paragrafo del primo dei Quattro libri dell'architettura – servono i tetti ed in particolare i loro sporti!

Purtroppo c'è chi fa l'esatto contrario: espone il legno all'acqua, pensando di vincere la sfida con preservanti o altri palliativi (Fig. 1.3). Costoro non solo accelerano il degrado delle proprie strutture, ma gettano discredito anche su chi usa il legno correttamente, perché, nel giudizio collettivo, è il legno che marcisce, non le teste di legno che impiegano male il legno!

Qualche volta, dunque, si anteponga alla presunta venustas, la firmitas, intesa in questo caso come "durabilità".

## 1.2. Batteri, muffe e funghi

Ciò che so su questi agenti patogeni – e sugli insetti – è ciò che ho letto su libri e pubblicazioni. Poi li ho visti all'opera e ne ho constatato la virulenza, la capacità distruttiva, ma anche una



**Fig. 1.3.** Questa struttura, così esposta all'acqua e al sole, è condannata al degrado. È illusorio sperare nella difesa dei preservanti e protettivi, specie quando l'acqua, in diversi punti, ristagnerà e provocherà inevitabili marcimenti.

intrinseca attrazione per questi microrganismi, che prodigiosamente lavorano per un equilibrio assai più importante della nostra misera ed interessata pretesa di far durare il legno a lungo. Fra i migliori libri, consiglio l'ultimo lavoro guidato da Giovanni Liotta, il libro di Anselmi-Govi e il lavoro curato da Elisabetta Chiappini ed altri (v. bibliografia). Anche nei citati libri di Guglielmo Giordano alcune sezioni sono dedicate al degrado biotico.

Di notevole bellezza, oltre che di grande interesse ed utilità, è il libro di Angelo Funes Nova "Il legno così com'è" (edizioni Legno Industria, Milano, 2002). In questo libro ci sono tante risposte a tante curiosità offerte con la modestia di *colui che è dove brilla una goccia di rugiada* (così, assieme a Ribera, mi piace definire Angelo).

Dove una trave, o altro elemento strutturale sia stato interessato da attacchi biotici, è facilmente riscontrabile dalla diversa cromia del legno. Il

primo posto da verificare è sempre l'appoggio del legno al muro: dove l'aria non circola è infatti sempre possibile un aumento dell'umidità, per condensa, per risalita capillare, per infiltrazione, ecc. Con l'umidità si creano le condizioni di vita dei batteri, delle muffe e dei funghi. Anche l'estradosso delle travi è a volte interessato da attacchi biotici e spesso si trascura questa eventualità, accontentandoci di guardare le tre facce a vista della trave.

I batteri, organismi microscopici, uni o pluricellulari, mediante enzimi, distruggono le aperture alveolari delle conifere provocando alterazioni cromatiche, ma non strutturali. Così come le muffe, che sono presenti sugli strati superficiali, non danneggiano le caratteristiche meccaniche. In pratica la muffa è un micelio fungino presente sulla superficie dei materiali organici in condizioni di grande umidità dell'ambiente. Le muffe possono essere eliminate



**Fig. 1.4.** Le alterazioni cromatiche sono indice di presenza di funghi, ovvero di infiltrazioni d'acqua.

semplicemente con una spazzola e trattate con antimuffa.

Ancora, non pericolosi dal punto di vista strutturale, sono i funghi cromogeni, esempio la bluettatura, che arrecano però danni visivi e quindi deprezzamento estetico e conseguente contenzioso.

Ben altra cosa sono i basidiomiceti e gli ascomiceti, chiamati anche carie. Questi funghi dapprima demoliscono la cellulosa (molecola organica composta da carbonio, ossigeno ed idrogeno, quindi un carboidrato) con enzimi secreti dalle ife ed anche la lignina e poi, sempre tramite le ife, assorbono i prodotti demoliti. Senza i suoi legami, il legno perde le caratteristiche meccaniche e diminuisce di peso: anche se la perdita di peso è solo del 10%, come mi fece notare G. Arrighetti, ricercatore del CNR di S. Michele all'Adige, la perdita di resistenza è del 90% (Fig. 1.4 e segg.)!

Le più diffuse carie del legno sono la bruna e la bianca (entrambe basidiomiceti). La prima, distruggendo soprattutto la cellulosa, lascia intatta la lignina, che appunto è color bruno-marro-



**Fig. 1.5.** Queste teste di travi lamellari sono interessate da batteri, funghi dell'azzurramento ed altri cromogeni. Ancora non c'è perdita delle capacità meccaniche, ma non tarderanno ad insediarsi altri funghi che porteranno al marcimento della testa.



**Fig. 1.6.** Esempio di attacco di carie bruna sulle teste di travi in corrispondenza degli appoggi. Questo è il luogo privilegiato per la formazione di funghi, data la presenza di umidità, specie di risalita o condensa.



**Fig. 1.7.** Distruzione del legno da parte dei funghi del marcimento. La struttura si regge perché sostenuta da elementi trasversali, non inquadrati.



**Fig. 1.8.** L'attacco fungino sulla mensola ha di fatto vuotato l'elemento, facendo abbassare l'intera capriata. Anche la catena è tagliata in corrispondenza dell'appoggio. Si notano batteri fitogeni, anche sul muro, muffe e carie.

ne. Le ife di questa carie provocano la rottura del legno "a cubetti".

La carie bianca distrugge anche la lignina ed il legno assume un aspetto stopposo e si sbriciola. La carie soffice è invece causata da ascomiceti ed è tipica del legno immerso nell'acqua.

Il *Merulius lacrimans* (*Serpula lacrimans*) è fra i più diffusi funghi del legno (Fig. 1.9).

I fitopatologi o i micologi spiegano che quel lacrimans è dovuto alle goccioline d'acqua in eccesso che cadono dalle travi o dai soffitti.

Io ho un'altra versione. A causa di una impropria doppia barriera al vapore posta in un pacchetto di copertura di un importante edificio, pur riscaldato saltuariamente, si erano create condizioni ideali di umidità e temperatura ed il merulio si era straordinariamente diffuso su tutta la struttura del tetto. Sia le strutture principali che quelle secondarie non davano più alcuna affidabilità strutturale ed erano da sostituire. Quando lo dissi all'ingegnere responsabile dell'opera, gli venne un accidente, anche perché