



Via Pratese, 114 int. 2 - 50145 FIRENZE (FI)  
C.P. 6602 FI/Nord  
Tel/Fax 055 3024274  
www.legnodoc.com

Sistema Qualità



SERVIZIO DIAGNOSTICA STRUTTURE LIGNEE

## RELAZIONE TECNICA

OGGETTO:

**Indagine diagnostica sulla struttura lignea della copertura  
XXX**

COMMITTENTE:

YYYY

REFERENTE:

ZZZ

Gennaio 2002



## SERVIZIO DIAGNOSTICA STRUTTURE LIGNEE

### RELAZIONE SULLE INDAGINI SVOLTE

#### OGGETTO:

Indagine diagnostica sulla struttura lignea della copertura XXX.

#### TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE OGGETTO DELL' INDAGINE:

La copertura oggetto di indagine è quella della navata centrale. Essa è del tipo a doppia falda su pianta rettangolare. La struttura di sostegno è a capriate, parallele al lato minore della navata, sulle quali insistono degli arcarecci orizzontali disposti parallelamente alla linea di gronda. La parte lignea della copertura è completata da un tavolato orientato secondo la pendenza del tetto.

Le capriate sono di tipo complesso con due monaci laterali e una controcatena. Tutte le capriate poggiano sulle murature tramite mensole. Elementi lignei di fattezze simile alle mensole sono altresì presenti all'intradosso delle catene in corrispondenza dei monaci.

#### MOTIVAZIONE DELLA RICHIESTA:

Le indagini in oggetto sono state richieste nell'ambito di un progetto di restauro/consolidamento della struttura.

#### SCOPO DELLE INDAGINI:

Stabilire lo stato di conservazione e le caratteristiche generali delle capriate come supporto alla stesura del progetto di restauro e consolidamento.

#### PROCEDIMENTO DI INDAGINE:

L'indagine diagnostica ha riguardato le capriate da C3 a C13 (vedi lo schizzo planimetrico allegato) essendo le capriate C1 e C2 già state oggetto di una precedente indagine.

L'indagine ha compreso:

- identificazione della specie legnosa
- rilievo dimensionale essenziale
- classificazione secondo la qualità resistente
- valutazione mediante ispezione visiva dello stato di degrado comprese eventuali lesioni meccaniche e difetti particolari (carie, attacchi da insetti, rotture, sezioni di minima resistenza, ecc.)
- valutazione strumentale in situ mediante tecnica resistografica finalizzata a quantificare l'estensione e la gravità del degrado nelle parti in vista e di quello eventualmente presente nelle parti non in vista o inaccessibili
- stima della sezione resistente residua
- stima della efficienza dei collegamenti.

Per quanto riguarda la localizzazione e l'identificazione degli elementi strutturali esaminati è stata adottata la seguente convenzione: Le capriate sono state identificate con una numerazione progressiva preceduta dalla lettera C a partire dal lato anteriore dell'edificio.

A causa della presenza di cornici e tavole di rivestimento non è stato possibile ispezionare le parti estradossali dei puntoni e le zone di sommità dei monaci.

L'indagine sulla capriata C13 è stata condotta ispezionando il solo lato anteriore per problemi di accessibilità; per gli stessi problemi non è stato possibile ispezionare i puntoni superiori e la controcatena.

I rilievi sono stati effettuati nei giorni 6, 7, 8, 9, 12, e 13 novembre 2001.

## NOTE ESPLICATIVE

- 1) **Ispezione visiva:** è stata effettuata osservando direttamente la superficie esterna degli elementi e mettendo in evidenza tutte le particolarità che hanno importanza ai fini dell'indagine. Nel caso che attraverso l'osservazione dei soli caratteri macroscopici sia risultato impossibile o dubbia l'identificazione della specie legnosa è stato prelevato un campione per la successiva analisi microscopica in laboratorio. I difetti presi in considerazione sono quelli che condizionano le proprietà meccaniche del legno (nodi, fessurazioni, deviazione della fibratura, ecc.). Di questi è stata valutata la localizzazione e l'estensione. Per quanto riguarda il degrado biologico è stato fatto riferimento principalmente agli attacchi da parte degli insetti xilofagi e dei funghi della carie, responsabili di gravi diminuzioni della resistenza del legno.
- 2) **Analisi resistografica:** analisi eseguita mediante un particolare strumento denominato "Resistograph<sup>®</sup>" capace di misurare la resistenza opposta dal legno alla penetrazione di una punta azionata da un sofisticato trapano. La punta è dotata di un movimento combinato di rotazione e di avanzamento a velocità costante. Lo strumento restituisce dei grafici, denominati "profili", nei quali sull'asse delle ordinate è riportata la resistenza (espressa mediante una unità di misura arbitraria) e sull'asse delle ascisse la profondità di penetrazione (espressa in millimetri). I profili del legno normale hanno un andamento caratteristico che dipende dalla specie legnosa e dalla diversa densità del legno nelle parti primaticce e tardive degli anelli di accrescimento. Lo strumento fornisce indicazioni sulle caratteristiche del legno (ivi compresi difetti, anomalie e alterazioni) in punti specifici dell'elemento. Lo strumento è particolarmente utile in tutti i casi in cui siano presenti danni da insetti e/o funghi della carie, specialmente nelle zone non visibili o non accessibili (vedi ad esempio l'estremità delle travi inserite nelle murature). Con questa tecnica è possibile non soltanto localizzare e quantificare i danni di natura biotica ma anche valutare le dimensioni delle sezioni laddove non vi siano altre possibilità di accertamento.
- 3) **Sezione resistente residua:** nei casi in cui sia stato osservato un danno di natura biotica (attacco da insetti, carie) l'indagine diagnostica permette di quantificare sia la gravità che l'estensione del danno. Oltre certi limiti l'apporto in termini di capacità portante della parte di legno interessata dall'attacco viene considerato nullo. Per tale ragione la sezione originaria dell'elemento viene diminuita opportunamente (sezione resistente residua) e di questa diminuzione deve essere necessariamente tenuto conto nei calcoli di verifica strutturale.

- 4) **Classificazione secondo la qualità resistente:** la classificazione dei vari elementi lignei è stata effettuata secondo i criteri stabiliti nella Tabella 1 fornita in allegato (Classificazione secondo GIORDANO); tale sistema di classificazione prevede la attribuzione di ciascun elemento strutturale ad una particolare “classe di qualità resistente”, denominata “categoria”, alla quale corrispondono le caratteristiche di resistenza ed elasticità riportate in Tabella 2, anch’essa fornita in allegato.
- 5) **Identificazione e localizzazione delle sezioni di minima resistenza:** Gli elementi strutturali talvolta possono presentare localmente, a livello di una o più sezioni, una particolare concentrazione di difetti (nodi, fessurazioni, deviazione della fibratura, ecc.) che nell’insieme provocano una sensibile riduzione della resistenza. Tali sezioni costituiscono dei punti di indebolimento strutturale in corrispondenza dei quali il rischio di rottura aumenta notevolmente, in dipendenza delle sollecitazioni alle quali gli elementi strutturali sono sottoposti.
- 6) **Stima dello stato e della efficienza dei collegamenti:** La capacità portante e la stabilità di una struttura lignea, soprattutto se questa è di tipo complesso, dipendono non soltanto dalla qualità resistente dei singoli elementi strutturali che la compongono ma anche dalla efficienza con la quale i carichi vengono trasmessi da un elemento strutturale all’altro. La valutazione dello stato dei collegamenti, di qualsiasi natura essi siano (semplice appoggio, incastri di vario tipo, staffature metalliche, imbullonature, chiodature, fasciature, tirantature, ecc.), viene effettuata mediante accurata osservazione delle condizioni del legno e delle eventuali altre parti non legnose al fine di determinare le caratteristiche geometriche e dimensionali del collegamento, lo stato di conservazione dei materiali che lo costituiscono e eventualmente il suo stato tensionale.

## RISULTATI

### *Note generali*

Le capriate sono costituite in prevalenza da elementi massicci di quercia caducifolia; alcuni elementi sono di castagno. Le sezioni sono in genere squadrate a spigolo vivo, localmente con smussi, spesso ricoperti con riporti in legno di conifera allo scopo di ricostituire (in apparenza) la sezione a spigoli vivi; fanno eccezione i monaci in quanto nella loro zona intermedia presentano sezione ottagonale. Le capriate poggiano sulle murature mediante mensole lignee anch’esse in legno di quercia. La catena della capriata C11 è composta da due elementi consecutivi uniti di testa mediante unione a dardo di giove con doppia dentatura; la catena della capriata C13 è composta da tre elementi consecutivi uniti di testa mediante unione a dardo di giove con doppia dentatura; tali unioni sono solidarizzate da staffe metalliche a serraggio regolabile. La catena della altre capriate è costituita da elementi unici. Spesso le catene presentano una controfrecchia dell’ordine della decina di centimetri, tale deviazione dalla linearità deriva probabilmente dalla naturale forma del tronco originario. Le unioni tra puntoni, controcatena e monaci sono solidarizzate mediante chiodatura. I monaci e la catena sono uniti mediante fasciatura metallica chiodata con interposizione all’intradosso della catena di un elemento ligneo decorativo di fattezze simile alle mensole. Le fasce presentano ramponi alle estremità che spesso risultano rotti a seguito di riposizionamento. Quasi sempre il monaco



è unito alla catena per mezzo di un giunto legno/legno a cava e tenone, in alcuni casi tale giunto è assente probabilmente a causa di rimaneggiamenti subiti in passato.

Le unioni tra catena e puntoni non sono visibili in quanto collocate all'interno dello spessore della muratura. Di esse pertanto non è nota la tipologia e la geometria né è stato possibile valutare l'esistenza di eventuali rotture e/o sconnessioni salvo procedere a demolizioni locali della muratura, giudicate al momento non opportune per ragioni di sicurezza; questi particolari dovranno essere osservati successivamente in fase di cantiere. L'ispezione ha tuttavia permesso di osservare la presenza di almeno un dente normalmente posto a breve distanza (alcuni centimetri) dal filo muro dentro lo spessore della muratura; l'inclinazione delle superfici a contatto dei due elementi oltre tale dente fa pensare che le unioni siano del tipo a doppio dente.

Le superfici sono grezze con legno a vista.

Presenti occasionalmente fasce e staffature metalliche di applicazione recente.

Le mensole sono in generale in buono stato di conservazione. Data la diversa modalità di lavorazione rispetto agli altri elementi (a sega anziché ad ascia) si ritiene che esse siano state messe in opera in epoca più recente.

Gli attacchi da insetti osservati sono per lo più limitati alle zone di alborno presenti sugli smussi e sugli spigoli, tali attacchi sono ormai esauriti.

### ***Risultati di dettaglio***

I risultati sono riportati sia sotto forma tabulare sia sotto forma grafica. Le dimensioni sono espresse in centimetri. Nel caso delle sezioni, le dimensioni sono sempre riportate nell'ordine  $b \times h$ . Per quanto riguarda l'orientazione degli elementi strutturali, si distingue il lato anteriore (A) corrispondente alla facciata della Chiesa, ove è situato l'ingresso principale, il lato posteriore (P) che è quello opposto all'anteriore, il lato destro (DX) e il lato sinistro (SX) che sono riferiti all'osservatore che dall'esterno guarda il lato anteriore dell'edificio.

Nel seguito si riporta la descrizione puntuale degli elementi esaminati. Ulteriori dati possono essere trovati nella annessa restituzione grafica di dettaglio.

La tabella che segue è ordinata per capriata e per elemento. Essa riporta lo stato di conservazione, eventuali note particolari, la specie legnosa, la classe di qualità resistente (categoria), le indicazioni circa gli interventi da effettuare (verifica statica, consolidamento, sostituzione).

Capriata	Stato di conservazione/Note particolari	Specie legnosa (1)	Categoria (2)	Indicazioni (3)
C11	catena composta da due elementi consecutivi giuntati con unione a dardo di Giove a doppio dente con rottura parziale di uno dei denti; il puntone inferiore Sx presenta una protesi in testata Sx			
	<i>puntone inferiore Sx</i> : attacco da insetti superficiale	Q	nc	v
	<i>puntone inferiore Dx</i> : attacco da insetti superficiale; parzialmente degradato in corrispondenza dell'indentatura con la catena	Q	3 <sup>a</sup>	v
	<i>puntone superiore Sx</i> : attacco da insetti superficiale	C	1 <sup>a</sup>	v
	<i>puntone superiore Dx</i> : attacco da insetti superficiale	C	1 <sup>a</sup>	v
	<i>catena Sx</i> : attacco da insetti superficiale	Q	3 <sup>a</sup>	v
	<i>catena Dx</i> : attacco da insetti superficiale, testata Dx gravemente cariata	Q	3 <sup>a</sup>	v
	<i>controcatena</i> : attacco da insetti superficiale	Q	2 <sup>a</sup>	v
	<i>monaco Sx</i> : attacco da insetti superficiale	Q	nc	v
	<i>monaco Dx</i> : attacco da insetti superficiale	Q	nc	v
<b>[...la tabella prosegue con le altre rilevazioni...]</b>				

Legenda:

(1) Specie legnosa

Q quercia caducifolia  
 C castagno

(2) Categoria

4<sup>a</sup> materiale non idoneo per strutture a carattere permanente  
 nc non classificato

(3) Indicazioni

v verificare: elemento in buono stato di conservazione o con modesti problemi di degrado, decidere in base all'esito delle verifiche statiche  
 c consolidare: elemento affetto da degrado e/o difetti particolari, recuperabile con un modesto intervento di consolidamento  
 s sostituire: elemento che per qualità del materiale, difetti particolari e/o gravità del degrado non può essere recuperato.

il rilevatore

Dr. Mario MOSCHI

il responsabile tecnico

Ing. Marco Pio LAURIOLA

il responsabile  
 servizio diagnostica

Dr. Massimo MANNUCCI



## ALLEGATI

*Allegato 1: TABELLE DI RIFERIMENTO PER LA CLASSIFICAZIONE*

*Allegato 2: SCHIZZO PLANIMETRICO*

*Allegato 3: RESTITUZIONE GRAFICA DEI RILIEVI E DEI RISULTATI*

*Allegato 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA*

### Allegato 1

#### TABELLE DI RIFERIMENTO

**TABELLA 1 - Criteri per classificare una trave in opera ed assegnarla ad una categoria, allo scopo di attribuirle le caratteristiche di resistenza ed elasticità indicate nella Tabella 2 <sup>(1)</sup>**

CARATTERISTICA	CATEGORIA <sup>(2)</sup>		
	1a	2a	3a
Azzurramento	SI	SI	SI
Lesioni da fulmine			
Cretti da gelo	NO	NO	LIM
Gallerie di insetti			
Cipollature			
Marciumi			
Nodi singoli <sup>(3)</sup>	max. 1/5 max. 50 mm	max. 1/3 max. 70 mm	max. 1/2
Nodi raggruppati <sup>(4)</sup>	max. 2/5	max. 2/3	max. 3/4
Inclinazione in sez. rad.	max. 7%	max. 12%	max. 20%
fibratura: in sez. tang.	max. 10%	max. 20%	max. 33%
Fessurazioni radiali da ritiro	SI (purché non passanti)	SI (purché non passanti)	SI
Spessore anelli			
conifere	max. 2 mm	max. 3,3 mm	oltre 3,3 mm
quercia	min. 7 mm	min. 4 mm	meno di 4 mm
castagno	min. 8 mm	min. 3,3 mm	meno di 3,3 mm

#### LEGENDA

SI: ammissibili

NO: non ammissibili

LIM: ammissibili, purché presenti in misura limitata

#### NOTE

<sup>(1)</sup> Queste regole si applicano alle parti di trave la cui sezione sia stata valutata come resistente

<sup>(2)</sup> Travi non classificabili neppure come 3a categoria non sono idonee per strutture a carattere permanente

<sup>(3)</sup> Massimo rapporto fra diametro del nodo e larghezza della faccia su cui compare

<sup>(4)</sup> Massimo rapporto fra la somma dei diametri dei nodi compresi in un tratto di 15 cm e larghezza della faccia su cui compaiono

[Tabella ripresa e modificata dal Manuale di Ingegneria Civile Vol.2 ESAC-ZANICHELLI-CREMONESE 2a ed. 1991 Cap. XI "Strutture di legno" a cura del Prof. Ario CECCOTTI]

**TABELLA 2 - Tensioni ammissibili e modulo elastico in direzione parallela alla fibratura delle principali specie legnose tradizionalmente usate per travature in Italia <sup>(1)</sup>**

SPECIE LEGNOSA	CATEGORIA ( <sup>2</sup> )	valori in MPa (N/mm <sup>2</sup> )				MODULO ELASTICO
		TENSIONI AMMISSIBILI				
		compr.	fless.	traz.	taglio	
Abete bianco	1a	11	11,5	11	0,9	13 000
	2a	9	10	9	0,8	12 000
	3a	7	7,5	6	0,7	11 000
Abete rosso	1a	10	11	11	1,0	12 500
	2a	8	9	9	0,9	11 500
	3a	6	7	6	0,8	10 500
Larice	1a	12	13	12	1,1	15 500
	2a	10	11	9,5	1,0	14 500
	3a	7,5	8,5	7	0,9	13 500
Pino silvestre e altri Pini	1a	11	12	11	1,0	13 000
	2a	9	10	9	0,9	12 000
	3a	7	8	6	0,8	11 000
Castagno, Olmo, Frassino	1a	11	12	11	0,8	10 000
	2a	9	10	9	0,7	9 000
	3a	7	8	6	0,6	8 000
Pioppo (non ibrido euram.)	1a	10	10,5	9	0,6	9 000
	2a	8	8,5	7	0,5	8 000
	3a	6	6,5	4,5	0,4	7 000
Quercia	1a	12	13	12	1,2	13 500
	2a	10	11	10	1,0	12 500
	3a	7,5	8,5	7	0,9	11 500
Robinia	1a	12	13,5	13	1,2	14 000
	2a	10	11,5	11	1,0	13 000
	3a	7,5	9	7	0,9	12 000

**NOTE**

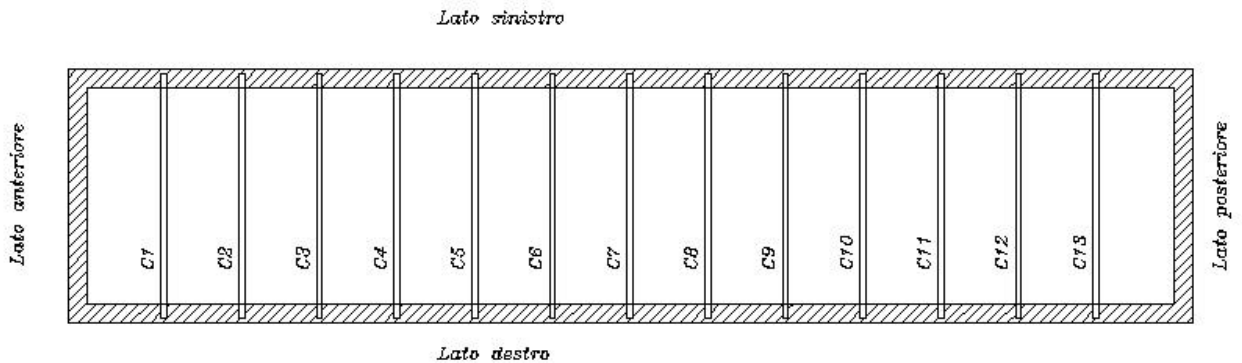
(<sup>1</sup>) Per carichi di lunga e media durata e strutture protette dalle intemperie; negli altri casi si applicano appositi coefficienti correttivi.

(<sup>2</sup>) La classificazione delle travi in categorie può essere effettuata in base ai criteri visuali riportati nella Tabella 1

[Tabella ripresa e modificata dal Manuale di Ingegneria Civile Vol.2 ESAC-ZANICHELLI-CREMONESE 2a ed. 1991 Cap. XI "Strutture di legno" a cura del Prof. Ario CECCOTTI]

## Allegato 2

### SCHIZZO PLANIMETRICO



## Allegato 3

### RESTITUZIONE GRAFICA DEI RILIEVI E DEI RISULTATI

#### SIMBOLOGIA GRAFICA UTILIZZATA

##### Legenda:

- # → attacco di insetti profondo #cm;
- # x # dimensioni della sezione espresse in cm nell'ordine base x altezza;
- # x # se in sezione vicino ad uno smusso, dimensioni dello smusso espresse in cm nell'ordine base x altezza.
- x # numero di chiodi
- s spessore
- n.r. non rilevato
- A Lato anteriore
- P Lato posteriore
- Sx Lato sinistro
- Dx Lato destro

##### Note:

- il tratteggio semplice al di fuori delle travi indica la muratura;
- il tratteggio semplice sulle travi in prospettiva e sezione indica la presenza di degrado biologico massiccio da parte di insetti xilofagi;
- il tratteggio incrociato sulle travi in prospettiva e sezione indica la presenza di degrado biologico massiccio da parte di funghi della carie;
- tutte le misure sono espresse in centimetri;
- le sezioni indicate si riferiscono sempre alle sezioni reali.



## Allegato 4

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Foto 1 – Capriata C7: Veduta dell'appoggio Sx dal lato Anteriore



Foto 2 – Capriata C7: Veduta dell'appoggio Sx dal lato Posteriore



Foto 3 – Capriata C7: Particolare dell'estremità della staffa lato Anteriore

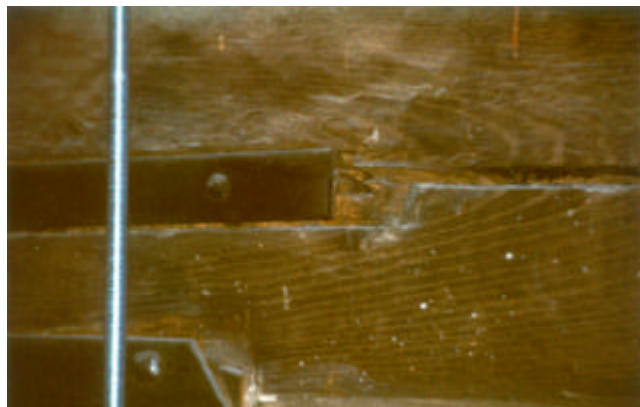


Foto 4 – Capriata C11: Veduta dell'appoggio Dx (lato Anteriore)

