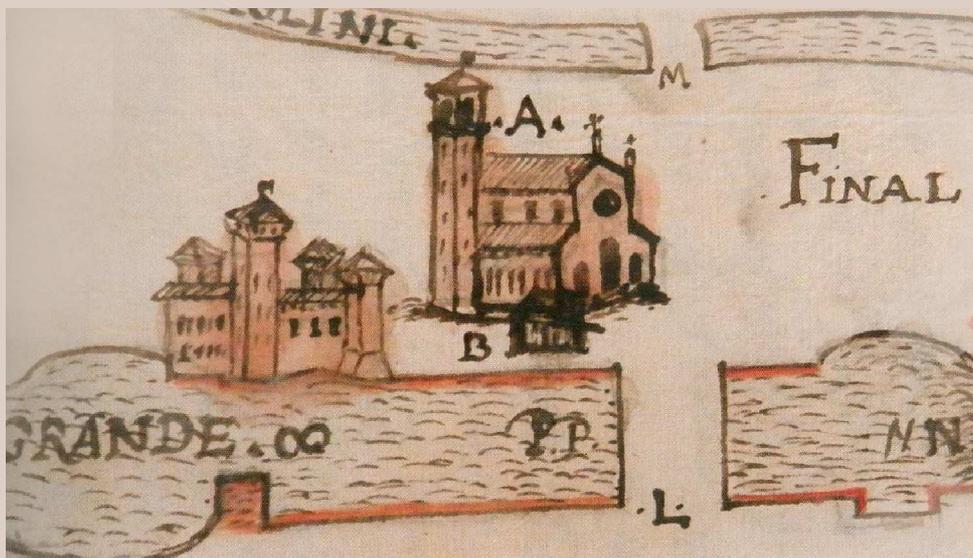


LAVORI DI RIPRISTINO CON MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA CHIESA DEI SANTI FILIPPO E GIACOMO (DUOMO) DI FINALE EMILIA DANNEGGIATA DAL SISMA DEL 20/29 MAGGIO 2012 – ID 2163 - CIG: 6489971D7B CUP: I79G13000680005

PROGETTO ESECUTIVO



Committente:

Arcidiocesi di Modena - Nonantola

Via Sant'Eufemia, 13
41121 Modena

pec: arcidiocesi.modena-nonantola@pec.chiesacattolica.it

Progettisti:

POLITECNICA
INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Via Galilei n.220 - 41126 Modena (MO)
tel: 059.356527 fax: 059.356780

RESPONSABILE DI PROGETTO

Ing. Arch. Micaela Goldoni

DIRETTORE TECNICO

Ing. Paolo Muratori

**PROGETTO OPERE ARCHITETTONICHE
E DI RESTAURO**

Ing. Arch. Micaela Goldoni

PROGETTO OPERE STRUTTURALI

Ing. Fabio Camorani

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

Ing. Marco Balestrazzi

**COORDINATORE IN FASE DI
PROGETTAZIONE**

Ing. Stefano Simonini

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Ing. Francesco Frassinetti
P.I Emanuela Becchi

OPERE GENERALI

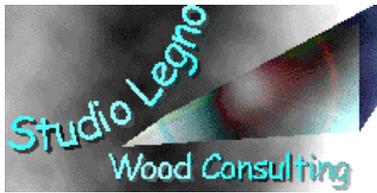
ISPEZIONE E VALUTAZIONE TECNOLOGICA DI STRUTTURE LIGNEE DI COPERTURA
RELAZIONE SUI MATERIALI



PARTE D'OPERA	DISCIPLINA	DOC. E PROG.	FASE REV.
0001	XX	RT01	3 0

Cartella	File name	Prot.	Scala	Formato
01	01_XX_RT01_30	4715		A4

5					
4					
3					
2					
1					
0	EMISSIONE PER GARA DI APPALTO	MARZO 2018	G.Bonamini	M.Goldoni M.Goldoni	
REV.	DESCRIZIONE	Data	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Consulenze sul legno e prodotti derivati

Spettabile
Arcidiocesi di Modena e Nonantola
Via Sant'Eufemia, 13
41121 Modena

e p.c.

Egregi Dottori
Ing. Micaela Goldoni
Ing. Rocco Gabellieri
POLITECNICA Ingegneria e Architettura
Via Galileo Galilei, 220
41126 Modena

S. Ermo (PI), 08/06/2016

Oggetto: *Ispezione e valutazione tecnologica di strutture lignee della copertura del Duomo di Finale Emilia –
Relazione sui risultati*

In seguito agli accordi intercorsi, ho effettuato un sopralluogo in data 24/05/2016, usufruendo del tavolato praticabile allestito lungo l'intera navata centrale e buona parte dell'abside, nonché dei ponteggi al di sotto delle coperture delle due navate laterali.

La visibilità degli elementi lignei portanti oggetto di indagine è risultata da accettabile a ottima e, in ultima analisi, a mio parere sufficiente per l'esecuzione delle indagini da me previste. La presenza degli effetti del sisma ha reso impossibile soltanto la visione diretta e ravvicinata del lato rivolto verso la facciata (parzialmente crollata) della capriata n. 1 della navata centrale, che quindi è stata ispezionata e valutata tecnologicamente da un solo lato (a mio parere, comunque, in modo tecnicamente adeguato e idoneo a soddisfare gli scopi dell'indagine).

In sintesi, le indagini sono state estese alle seguenti strutture:

- Strutture lignee di sostegno della copertura della navata centrale
- Strutture lignee di sostegno della volta della navata centrale
- Strutture lignee di sostegno della copertura dell'abside
- Strutture lignee di sostegno delle falde di copertura delle due navate laterali.

Allego in calce la relazione tecnica, da considerarsi parte integrante della presente. Il sopralluogo è stato eseguito conformemente alle linee-guida contenute nella norma UNI 11119:2004 "Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera".

Rimango a disposizione per qualsiasi chiarimento e ulteriore indagine.

Studio Legno-Wood Consulting

Dott. Gabriele Bonamini
Via Calimpei, 13 – Fraz. S. Ermo, 56034 Casciana Terme Lari (PI)
cell. 347 1950557 - fax: 0587 649200
Cod. Anagrafe Nazionale delle Ricerche 61132TYM
e-mail: gabriele.bonamini@gmail.com
www.studio-legno.it

Ispezione e valutazione tecnologica di strutture lignee della copertura del Duomo di Finale Emilia – Relazione tecnica sullo stato attuale degli elementi portanti.

Strutture della volta della navata centrale



Foto 2

Le centine della volta sono realizzate con tavole di legno di Pioppo sagomate all'intradosso e inchiodate fra loro in modo da disegnare per involuppo il profilo ad arco.

I danni subiti dalla volta sono molto gravi, con crolli e sconessioni (Foto 2). Tuttavia, il legno rimasto in opera appare ovunque in ottime condizioni, sano e integro. Come spesso capita di osservare in casi analoghi, al legno delle centinature sembra essere stato risparmiato anche l'attacco di insetti xilofagi che invece affligge gran parte degli elementi di pioppo dell'orditura del tetto soprastante. Non sono stati notati segni neppure segni di ammaloramento da funghi nelle zone di appoggio sulla muratura, segno che il legno è rimasto sostanzialmente asciutto e ventilato per tutta la durata in esercizio.

Lungo tutta la volta si osserva la presenza di tiranti realizzati con grossolani ritagli di tavole, inchiodati alle centine e fissati in alto con un singolo chiodo ad ancor più grossolane traverse, realizzate con tondame di Pioppo appoggiato sulle catene delle capriate. Molti di questi tiranti non sono più collegati ad una delle due estremità,

per sfilamento del chiodo o per rottura del legno. Ma anche quei tiranti tuttora collegati non hanno praticamente alcuna possibilità di esercitare una funzione portante significativa. Infatti, la sezione tonda delle traverse in appoggio e la modalità di fissaggio con un singolo chiodo non impediscono efficacemente la rotazione reciproca fra tirante e traversa al minimo movimento di uno dei due elementi. Inoltre, laddove il contrasto alla rotazione avvenisse, la rottura del legno del tirante avverrebbe anche sotto sforzi molto piccoli, a causa della sfavorevole linea di azione delle forze rispetto alla fibratura del legno (Foto 1). La presenza di queste tirantature connota un intervento del passato concepito senza competenza



Foto 1

tecnica ed eseguito in modo assolutamente contrario sia alla buona regola dell'arte, sia del comune buonsenso. Nella mia esperienza professionale non ho mai incontrato prima una soluzione talmente

raffazzonata, che dunque non appare neppure storicamente collocabile fra le tecniche di tirantatura delle volte. Dal punto di vista funzionale, nel caso in cui ricorresse la necessità di sostenere localmente le centine, si raccomanda di non fare alcun affidamento su questi componenti strutturali e sulla loro inefficace e inefficiente logica di funzionamento.

Il Pioppo delle tavole della centinatura non interessate da rotture meccaniche conseguenti ai crolli, è di qualità classificabile come “II Categoria in Opera” secondo la UNI 11119.

Strutture del tetto della navata centrale

Il tetto della navata centrale presenta tredici capriate a doppio monaco, con puntoni semplici sdoppiati all'altezza della falsa catena superiore. Il triangolo superiore si chiude al colmo senza la presenza di un terzo ometto.

Le catene sono spesso realizzate in due pezzi, con un giunto di continuità del tipo a “dardo di Giove” solidarizzato con staffe e grosse chiodature. Ferramenta della stessa natura solidarizza anche tutti i nodi strutturali di ciascuna capriata.

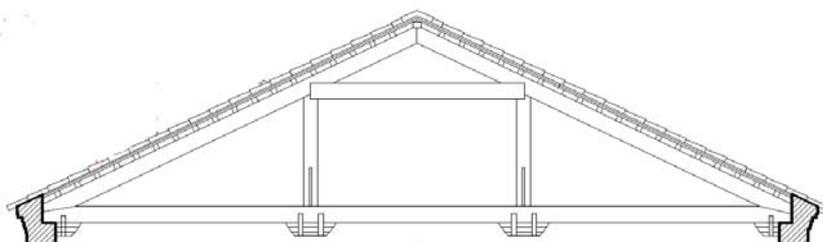
In ciascuna capriata sono compresenti l'Abete e il Pioppo, secondo lo schema fornito nelle tavole che seguono.

Salvo diversa esplicita indicazione nel seguito, si assuma che:

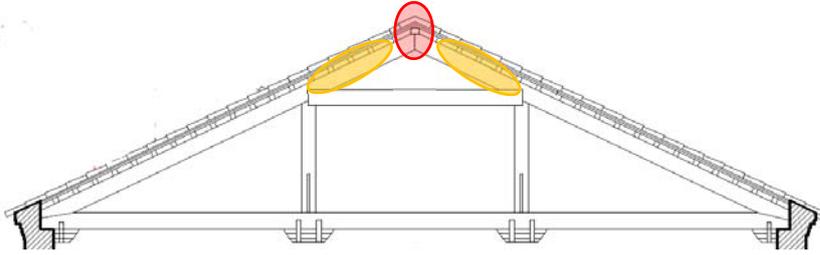
- gli elementi di Abete possono essere considerati sani e di qualità conforme alla “II Categoria in Opera” secondo la UNI 11119, o migliore
- gli elementi di Pioppo devono invece essere considerati come fortemente degradati dall'attacco intenso e diffuso di insetti xilofagi (Anobidi), che ne ha ridotto significativamente la sezione efficace collaborante, nonché di qualità conforme alla “III Categoria in Opera” secondo la UNI 11119, o peggiore.

Sui puntoni delle catene sono appoggiati direttamente i travicelli dell'orditura secondaria, di discreta sezione in quanto destinati a sostenere il manto di copertura senza l'apporto di terzere o arcarecci.

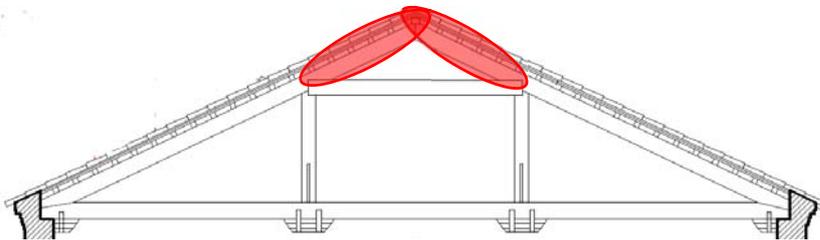
L'orditura secondaria è realizzata con travicelli di Pioppo e, localmente, di Abete. Le condizioni del legno di entrambe le specie è in genere buona, poiché sono stati effettuati locali interventi di sostituzione o raddoppio degli elementi peggiori o indeboliti. L'eccezione è rappresentata dalla sequenza di travi di colmo, che si presenta a tratti fortemente degradata dall'attacco di funghi favoriti dalle infiltrazioni di acqua piovana e che in un caso presenta segni di un piccolo crollo, favorito anche dalle sconnessioni dovute al sisma. Per le segnalazioni puntuali si vedano le tavole di seguito (le capriate si intendono osservate guardando dalla facciata verso l'abside):



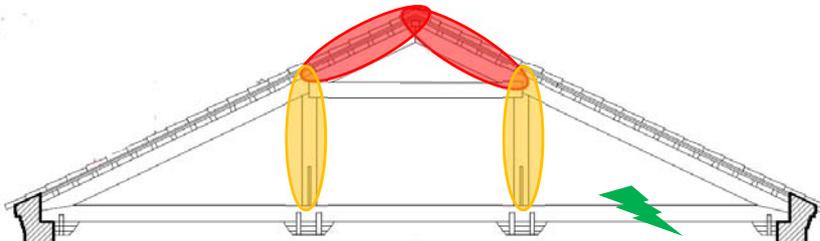
Capriata 1 – Tutta di legno di Abete, insiste sulla facciata interessata dal crollo, per cui è stata ispezionata solo dal lato rivolto verso l'abside. Il legno non presenta problemi degni di nota



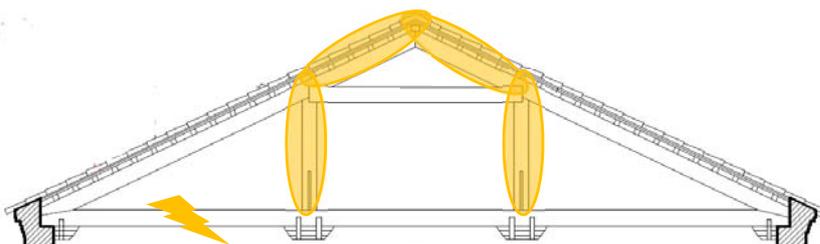
Capriata 3 – I due puntoni superiori sono di Pioppo, il resto è di Abete. Al colmo il legno presenta carie fungina e i due puntoni presentano gravi difetti e attacchi di insetti.



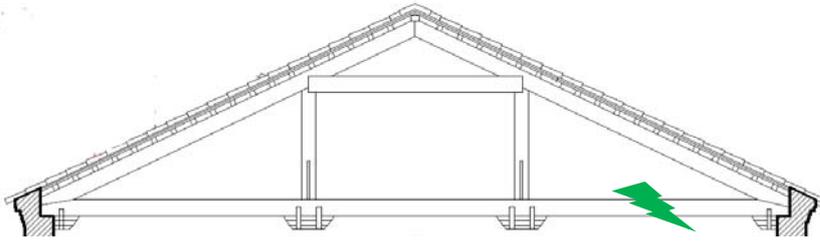
Capriata 2 – I due puntoni superiori sono di Pioppo, il resto è di Abete. I due puntoni presentano gravissimi difetti e attacchi di insetti.



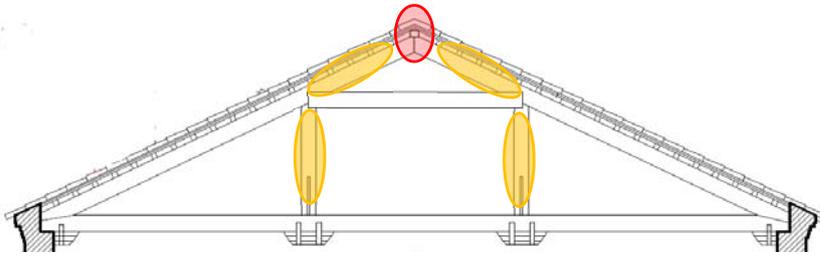
Capriata 4 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo, il resto è di Abete. I due puntoni presentano gravissimi difetti (compresa una cipollatura) e attacchi di insetti. I due monaci sono fortemente degradati da insetti. La catena presenta un dardo di giove sul terzo destro.



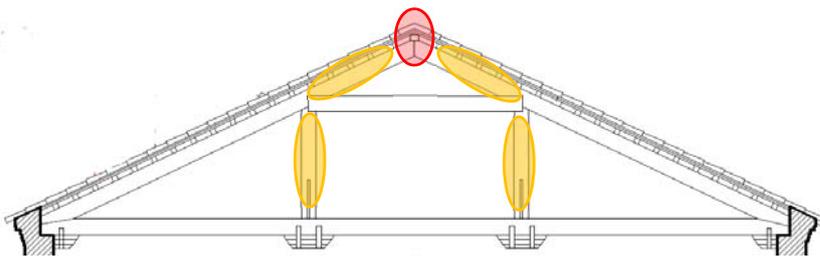
Capriata 5 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo e presentano attacchi di insetti. Il resto è di Abete. La catena presenta nel terzo sinistro un dardo di giove parzialmente sconnesso.



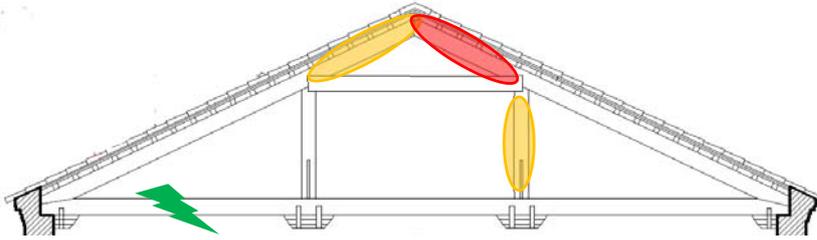
Capriata 6 – La capriata è interamente di Abete, con i puntoni superiori e i monaci sostituiti. La catena presenta nel terzo destro un dardo di giove.



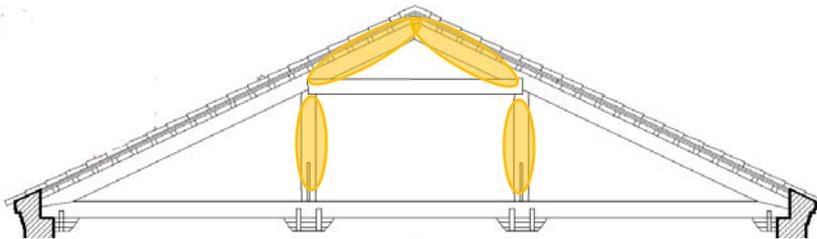
Capriata 7 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo, il resto è di Abete. Al colmo il legno presenta carie fungina e la trave di colmo fra questa e la capriata seguente è crollata. I due puntoni e i monaci presentano attacchi di insetti.



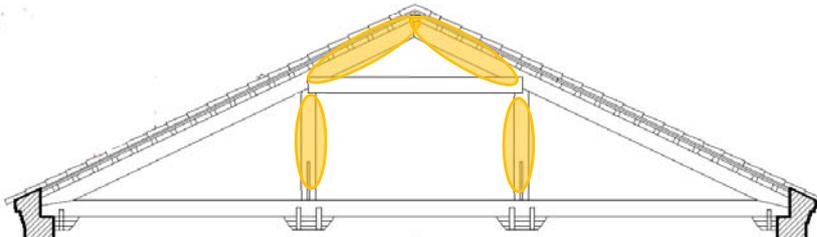
Capriata 8 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo, il resto è di Abete. Al colmo il legno presenta carie fungina e la trave di colmo fra questa e la capriata precedente è crollata. I due puntoni e i monaci presentano attacchi di insetti.



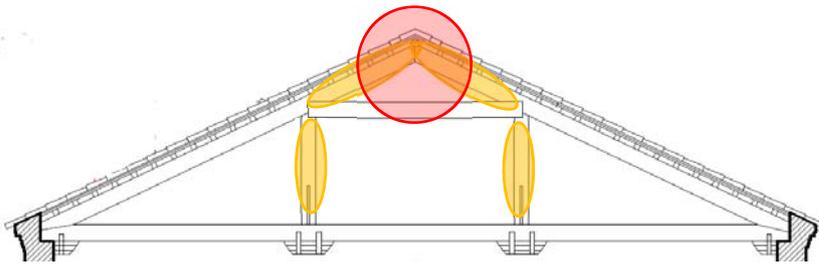
Capriata 9 – I due puntoni superiori e il monaco destro sono di Pioppo e presentano forti attacchi di insetti. Il resto è di Abete. Il puntone superiore destro presenta gravissimi difetti. La catena presenta un giunto a dardo di giove nel terzo sinistro.



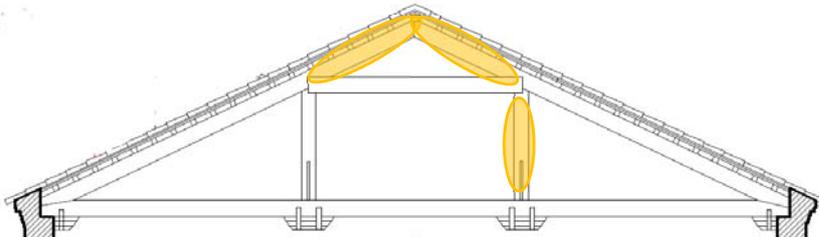
Capriata 10 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo e presentano attacchi di insetti. Il resto è di Abete.



Capriata 11 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo e presentano attacchi di insetti. Il resto è di Abete.



Capriata 12 – I due puntoni superiori e i due monaci sono di Pioppo e presentano attacchi di insetti. Il resto è di Abete. Al colmo si rileva la presenza di carie fungina per infiltrazioni di acqua e conseguente cedimento a compressione delle testate dei puntoni. Il cedimento è stato riparato estemporaneamente con l'applicazione di stampelle e steccatura del nodo strutturale con tavolette inchiodate.



Capriata 13 – I due puntoni superiori e il monaco destro sono di Pioppo e presentano attacchi di insetti. Il resto è di Abete.

N.B. Nessuna delle capriate appare sconnessa, ruotata o imbardata a causa del sisma. La geometria delle capriate appare ben manenuta. Tuttavia, nelle capriate da 1 a 5 si notano segni di un apparente sfilamento dell'appoggio destro dalla muratura, pari a una traslazione della catena rispetto al muro di circa 50 mm. In parte, il muro sembra avere seguito lo stesso movimento, portando alla scalinatura dei mattoni lungo brevi linee di faglia visibili nel muro (Foto 3)



Foto 3 – Segni di sfilamento

N.B. Molti elementi delle capriate hanno subito un pesantissimo intervento di iniezioni e stuccature con resina rigida, che hanno completamente riempito le fessurazioni da ritiro fisiologicamente presenti in ogni trave massiccia contenente nella sezione trasversale il midollo centrale del tronco da cui è stata ricavata. Tale modalità di intervento non migliora la capacità portante degli elementi e inficia, al contrario, la possibilità di effettuare un'accurata verifica della sicurezza della struttura, in quanto introduce incertezze riguardanti il peso proprio degli elementi nonché la loro integrità e continuità interna (saranno stati eseguiti tagli e incisioni per inserire gli iniettori? a quale profondità e per quale lunghezza?). La stuccatura rigida delle fessurazioni, infine, è una



Foto 4 – Iniezioni e stuccature rigide. Tecnica oggi deprecata

Pioppo, nonché una facile reperibilità nelle dimensioni e qualità richieste anche dai lavori di restauro più impegnativi.

tecnica oggi deprecata, in quanto foriera di danni dovuti al bloccaggio dei naturali movimenti del legno che devono avvenire in seguito alle variazioni climatiche stagionali (Foto 4).

N.B. Gli attacchi di insetti xilofagi a carico di tutti gli elementi di Pioppo delle capriate hanno praticamente coinvolto l'intero volume degli elementi. Non è possibile recuperare l'originaria resistenza del legno, tantomeno attraverso sedicenti "consolidamenti" con resine variamente iniettate nel legno. Come materiale strutturale, il legno di Abete ha caratteristiche e prestazioni oggettivamente più vantaggiose rispetto al

Strutture del tetto dell'abside

Il tetto dell'abside navata centrale, avente pianta inizialmente rettangolare e poi semicircolare, presenta 5 capriate (dalla n. 14 alla n. 18, contando a partire dal transetto) di varia tipologia, più una raggiera di travi variamente inclinate che impostano le pendenze delle falde di copertura.

Il legno quasi ovunque utilizzato è il Pioppo. Fanno eccezione le catene delle capriate n. 15, 16 e 17, che sono di Abete.

La capriata n. 18 è ribassata e di forma trapezoidale. La sua struttura originaria non è facilmente ispezionabile, poiché le membrature sono rivestite da un'armatura di elementi di abete collegati con chiodi, viti e bulloni. Tutto il Pioppo presente è di cattiva qualità strutturale, già all'origine, data cattiva forma delle travi e la presenza di gravi ed estesi difetti. In più sono visibili i soliti estesi attacchi di insetti.

Il nodo sinistro catena-puntone della capriata n. 16 è stato oggetto di un intervento di parziale sostituzione, con applicazione di protesi di legno.

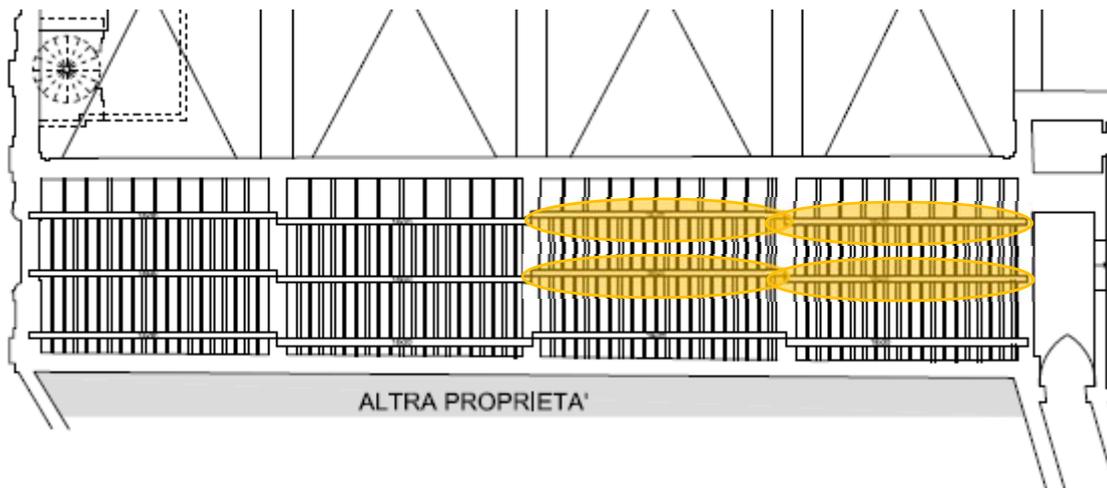
L'intera struttura appare dunque in condizioni precarie e il materiale presente non risulta classificabile per l'uso strutturale.

Anche l'orditura secondaria è di Pioppo di qualità non classificabile per l'uso strutturale, salvo alcune zone in cui è stata operata in passato la sostituzione con travicelli di Abete, classificabili in "II Categoria in Opera" secondo la UNI 11119.

Strutture del tetto della navata destra

Il tetto della navata destra presenta arcarecci (o terzere) di grossa sezione che decorrono parallelamente all'asse mediano del fabbricato e che sostengono un'orditura secondaria che è ovunque da sostituire in quanto in pessime condizioni di conservazione.

Date le luci notevoli coperte dalle travi, si raccomanda di verificare la possibilità di installare elementi rompitratta in grado di ridurre le tensioni di flessione a carico delle terzere.



Navata Destra – Le quattro terzere in giallo sono di Pioppo e presentano segni di ammaloramento da funghi per infiltrazioni di umidità dal tetto. Le restanti terzere sono di Abete e appaiono in ordine. Ovunque, l'orditura secondaria è da sostituire.

Strutture del tetto della navata sinistra

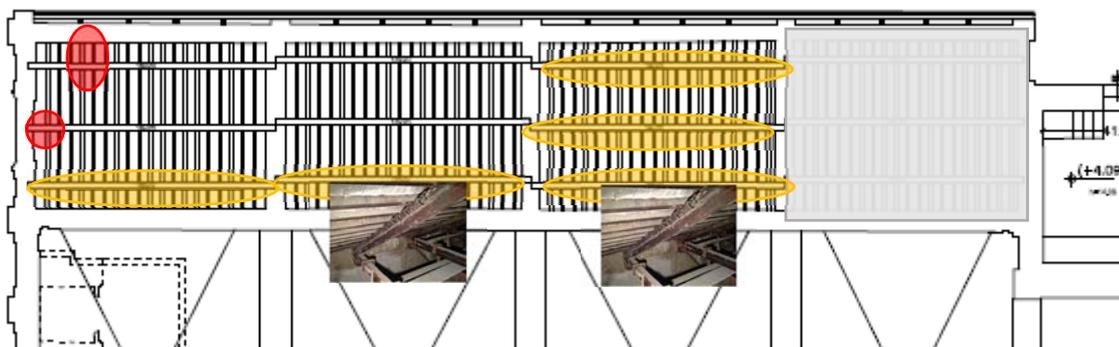
Il tetto della navata sinistra presenta arcarecci (o terzere) di grossa sezione che decorrono parallelamente all'asse mediano del fabbricato e che sostengono un'orditura secondaria in condizioni apparentemente non buone.

La zona più vicina al transetto è completamente mascherata dalla volta decorata e non risulta quindi ispezionabile.

Nelle rimanenti zona, si nota un degradamento crescente, dovuto a infiltrazioni di acqua e al conseguente marciume, a carico delle terzere, in parte di Pioppo e in parte di Abete.

La situazione è stata in passato gestita mediante l'applicazione di numerose longherine di acciaio in funzione di rompi-tratta o addirittura di appoggio sostitutivo (nelle zone più vicine alla facciata della chiesa) laddove sono avvenute rotture e cedimenti.

L'intera struttura appare bisognosa di un profondo intervento di risanamento e rinforzo, poiché il legno attualmente in opera non appare in grado – sia per qualità che per stato di conservazione - di assicurare prestazioni sufficienti e, soprattutto, garantite.



Navata Sinistra – In grigio la zona non ispezionabile. Le terzere in giallo sono di Pioppo e presentano segni di ammaloramento da funghi per infiltrazioni di umidità dal tetto. Le restanti terzere sono di Abete e appaiono anch'esse in cattivo stato di conservazione o, addirittura, degradate e rotte, come indicato nelle aree in rosso. L'orditura secondaria non appare in buone condizioni.

Conclusioni e raccomandazioni finali

- 1) Le strutture ispezionate, nei limiti imposti dall'attuale visibilità e accessibilità, presentano oggettive difficoltà di classificazione secondo la resistenza meccanica, sia a causa della prevalenza di Pioppo di bassa qualità, sia per la presenza di pesanti e oggi deprecati interventi di restauro effettuati in passato. Si raccomanda pertanto di esercitare la massima prudenza nell'assegnare valori caratteristici o tensioni ammissibili, al momento delle verifiche della sicurezza strutturale.
- 2) Il Pioppo in opera, limitatamente alle membrature delle strutture principali, data la sua difettosità originaria e gli attacchi biologici che ha subito in esercizio, appare già oltre i limiti di una possibilità di accertamento oggettivo delle sue prestazioni residue.
- 3) Nel caso in cui si renda necessaria la sostituzione di travi, si tenga conto che – a dispetto della simile densità – il buon legno di Abete rosso ha prestazioni di resistenza e soprattutto di rigidità assai superiori a quelle del Pioppo, tanto da farne il materiale di elezione in tutta Europa sia per l'edilizia tradizionale, sia per la fabbricazione di elementi portanti di legno lamellare incollato nonché di pannelli strutturali di tipo X-Lam.