



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura



# IL PLAFONE DEL TEATRO DEI FILARMONICI DI ASCOLI PICENO

Conoscenza, conservazione e valorizzazione



Il presente lavoro è un chiaro esempio di come:

*"la sinergia tra Università, Amministrazione Pubblica e Impresa spesso additata come inefficace, riesca, invece, ad affrontare e risolvere problematiche inedite e complesse, quando, seduti attorno a un tavolo, il fine comune è la ricerca della migliore soluzione possibile, come è successo per il Platone dei Filarmonici"*

*Un ringraziamento particolare  
all'ing. Maurizio Curzi, all'arch. Rodolfo Terpolilli,  
all'arch. Enrica Petrucci e al geom. Alessandro Battaglia*

*Enrico Quagliarini, Stefano Lenci*



# IL PLAFONE DEL TEATRO DEI FILARMONICI DI ASCOLI PICENO

*CONOSCENZA, CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE*

Con scritti di

*Alessandro Battaglia, Davide Aliberti, Daniele Diotallevi, Elena Seri,  
Enrica Petrucci, Enrico Quagliarini, Guido Castelli, Maurizio Curzi,  
Rodolfo Terpolilli, Rossella Vittori, Sara Vallucci, Stefano Lenzi.*



*Università Politecnica delle Marche*



*Dipartimento di Architettura  
Costruzioni e Strutture*

*In collaborazione con*



*Comune di Ascoli Piceno*





# INDICE

---

<b>PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>PREFAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>CAPITOLO 1</b>	
<b>Il teatro dei “Filarmonici” nel tempo</b>	<b>9</b>
1.1. Le Marche e i suoi Teatri	9
1.2. La tradizione teatrale Ascolana	10
1.3. La nascita delle società dei Cultori d’arte	12
1.4. La formazione e gli sviluppi del Teatro Filarmonici	13
1.5. Caratteri stilistici e costruttivi del teatro e descrizioni dei suoi restauri	21
<b>CAPITOLO 2</b>	
<b>La conoscenza come strumento di progetto</b>	<b>25</b>
2.1. Introduzione	25
2.2. Rilievo geometrico, tecnico – costruttivo e materico	26
2.3. Quadro fessurativo, deformativo e del degrado	30
2.4. Analisi delle vulnerabilità	32
2.5. Indagini non distruttive con termografia	36
2.6. Indagini non distruttive con vibrometria laser	41
2.7. Analisi chimiche su campioni di malta	43
2.8. Dalla conoscenza alla diagnosi – Linee guida per intervento	45
<b>CAPITOLO 3</b>	
<b>La sperimentazione di laboratorio e i modelli di interpretazione</b>	<b>47</b>
3.1. Introduzione	47
3.2. La costruzione dei plafoni in scala	48
3.3. La riproduzione del quadro fessurativo	52
3.4. La caratterizzazione dei materiali	54
3.5. I risultati della modellazione	54
3.6. I risultati dell’analisi parametrica	56
3.7. La sperimentazione dell’intervento	58
3.7.1. Le fasi preparatorie	58
3.7.2. Intervento di tipo continuo	59
3.7.3. Intervento di tipo discontinuo	61
3.7.4. Prove di carico sulle volte consolidate	64
3.8. Valutazione dell’efficacia degli interventi di consolidamento proposti	67
<b>CAPITOLO 4</b>	
<b>Il progetto di recupero e la sua realizzazione</b>	<b>69</b>
4.1. Introduzione	69
4.2. Verifica delle capriate esistenti	70
4.3. Intervento esecutivo finale	72

4.3.1. Il consolidamento della capriata laterale	72
4.3.2. I nuovi arcarecci	75
4.3.3. Il sistema di sospensione	78
4.3.4. Disposizione delle passerelle	80
4.3.5. I cavallotti in CFRP	80
4.3.6. Le fasce in CFRP	82
4.3.7. Il sollevamento del plafone	86
4.3.8. Il ripristino della continuità dello stuoiato	88
4.3.9. Le finiture	89
<b>CAPITOLO 5</b>	
<b>I colori della musica</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	<b>95</b>
<b>APPENDICE A</b>	
<b>Citazioni dalla bibliografia storica</b>	<b>99</b>
<b>APPENDICE B</b>	
<b>La realizzazione dei plafoni in laboratorio, le prove a fessurazione e la caratterizzazione dei materiali</b>	<b>107</b>
B.1. La realizzazione delle volte	107
B.2. Svolgimento della prova a fessurazione	110
B.3. Caratterizzazione dei materiali	113
<b>APPENDICE C</b>	
<b>Il modello numerico</b>	<b>119</b>
C.1. Introduzione	119
C.2. Il modello agli elementi finiti	119
C.3. I risultati del modello	121
C.4. L'analisi parametrica sul modello	126
<b>APPENDICE D</b>	
<b>Il dimensionamento e la valutazione degli interventi di recupero</b>	<b>127</b>
D.1. Il dimensionamento degli interventi	127
D.2. Svolgimento della prova di carico fino a rottura	129
<b>APPENDICE E</b>	
<b>Il dimensionamento dell'intervento sul plafone</b>	<b>133</b>
E.1. Verifiche delle capriate Tipo 1 e Tipo 2	133
E.2. Verifica della capriata Tipo 3	137
E.3. Verifiche della capriata Tipo 4	138
E.4. Arcarecci metallici e sospensioni	143
E.5. Cavallotti e fasce in CFRP	144
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>147</b>
<b>POSTFAZIONE</b>	<b>151</b>

## PREMESSA

---

*“Altro moderno segno di socievolezza e civiltà ascolana: innalzavasi, non sono molti anni, col privato contributo di più socj, che ne ressero ne reggono la utile istituzione a decoro della patria”. Così scriveva il Carducci nel suo libro “Su le memorie e i monumenti di Ascoli Piceno”, dato alle stampe nel 1853, trattando del “Teatro filodrammatico”, inaugurato l’11 gennaio 1832 grazie al lavoro della Società dei Filodrammatici, fondata nel 1827 da 18 nobili e 7 nobildonne con il proposito di costruire un teatro privato “con lo scopo di chiamare allo studio, alla moralità, all’applicazione dei propri concittadini...”. A questi primi soci fondatori, nel 1829 se ne unirono altri 31 e 10 “signore recitanti” e fu così che sotto la spinta del Conte Orazio Piccolomini, mecenate toscano trasferitosi ad Ascoli, si decise di costruire il primo Teatro dei Filodrammatici.*

Le tradizioni teatrali di Ascoli Piceno risalgono al Cinquecento, quando nel Teatro della Sala sito nel palazzo Comunale vengono rappresentati spettacoli di vario genere senza però l’ausilio di strutture stabili. Solo nel 1579, il Consiglio dei Cento, considerando la natura pedagogica e ricreativa attribuita alle attività teatrali, delibera la costruzione di una scena fissa e negli anni successivi arricchisce la sala con ulteriori allestimenti. Questa scena fissa veniva data in prestito non solo ai privati per le rappresentazioni nelle case patrizie ma anche alle chiese che la domandavano per servirsene da sfondo or nei sepolcri del Giovedì Santo ed ora negli altari per le funzioni sacre.

Nel Settecento la rappresentazione teatrale non è più un evento che si svolge nel chiuso delle dimore nobiliari e di conseguenza nasce la necessità di avere nuovi spazi dove poterla mettere in scena.

Nella prima fase i teatri vengono costruiti in legno all’interno del Palazzo Comunale, come nel caso di Ascoli, ed a partire dalla fine del XVIII sec. inizia la costruzione di edifici destinati allo scopo, anche se le strutture interne sono ancora prevalentemente in legno. Infine quando la domanda di spettacolo cresce ulteriormente, fino ad assumere rilevanza cittadina, vengono costruiti in muratura su progetto di celebri architetti, divenendo in breve tempo delle strutture private di uso pubblico, con pari dignità dei monumenti più rappresentativi delle città.

Ne è una riprova il teatro Filarmonici.

Il progetto della sala venne redatto dall’architetto Ignazio Cantalamessa di Colli del Tronto, le decorazione dal pittore Francesco Giorgini di Macerata, mentre il sipario ed il quadro centrale sul soffitto sono attribuiti al pittore bolognese Pietro Fancelli. La facciata, fu disegnata dall’ingegnere Gabriele Gabrielli.

Dopo varie vicende, dal 1994 infine è tornato a essere di proprietà dell’Amministrazione comunale che ne ha inteso farne un altro polo teatrale cittadino per soddisfare la sempre crescente domanda dei cittadini.

Non sono mancate e non mancano le difficoltà, di ordine economico, per il recupero della struttura che presentava, tra l’altro, alcune complesse problematiche di restauro



come quelle che vengono illustrate in questa pubblicazione e la cui soluzione testimonia della grande cura che l'Amministrazione Comunale ha posto per restituire al suo antico splendore la struttura.

Grazie a sapienti restauri eseguiti dalla Cooperativa Cooral sono stati ritrovati sotto strati di pittura più recenti i colori originari che ora sono stati riproposti così come le dorature originarie per sottolineare le partiture architettoniche e le zone decorate.

Particolarmente interessante il restauro del plafone teatrale che era in condizioni di degrado accentuate. E' stato avviato uno studio congiunto con l'Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Architettura Costruzioni e Strutture, i cui esiti avevano evidenziato lo stato di progressivo degrado e le difficoltà legate a un possibile intervento di messa in sicurezza e consolidamento.

Vorrei sottolineare, a testimonianza dell'accuratezza del lavoro portato avanti con grandissima professionalità dai tecnici comunali, come, per la prima volta in Italia (se non in Europa), soprattutto per la dimensione della struttura di camorcanna e perché l'intervento prevedeva di agire solamente sollevando la struttura da sopra cioè del tiraggio dall'alto, si sia proceduto alla realizzazione di un modello mediante la realizzazione di n. 3 provini delle dimensioni di 2,00x8,00 m circa aventi le caratteristiche strutturali del plafone originale, nonché la conformazione chimico-fisica dei materiali costituenti lo stesso, sul quale simulare interventi di risanamento conservativo dei materiali e sollecitazioni di utilizzo.

Una procedura illustrata dall'arch. Terpolilli e dall'arch. Petrucci, insieme all'ing. Quagliarini dell'Università Politecnica delle Marche, nel corso del XXV Convegno Internazionale di Scienza e Beni Culturali tenutosi lo scorso anno a Bressanone.

Poi, dopo la fase del sollevamento e di rimessa in forma del plafone, si è passati a risarcire le zone crollate con le stesse tecniche utilizzate in passato e cioè ripartendo dalla raccolta delle canne di fiume, dalla lavorazione delle stesse per ricreare un doppio ordito incrociato di canne, stesura dell'intonaco sulla superficie ottenuta, omogeneizzazione dell'intonaco con quello esistente che a sua volta è stato consolidato anche con l'utilizzo di fibre di carbonio. Pittura del plafone ricercando i cromatismi originali anche con l'aiuto della soprintendenza di Urbino (dott. Daniele Diotallevi).

Con l'auspicabile, prossimo, recupero del teatro Filarmonici si completa così il sistema dei teatri cittadini che dovrà consentire il giusto bilanciamento delle offerte e delle vocazioni.

*Il Sindaco*

**Avv. Guido Castelli**



## PREFAZIONE

---

Restituire il teatro Filarmonici ai concittadini è un sogno che nutro da tempo e mi auguro che presto l'Amministrazione Castelli potrà realizzarlo suscitando l'emozione che coinvolgerà ognuno di noi.

Attualmente, visitare il teatro significa tornare indietro di decenni e misurare con gli occhi di ieri, quegli spazi apparentemente ridimensionati di oggi così come capita agli adulti quando hanno l'occasione di rivivere gli ambienti frequentati da bambini.

E, allora, stazionare per qualche attimo dietro l'ultima colonna che delimita l'accesso alla platea, magari seminascosto da un fregio che, immediatamente, ci ripropone le sensazioni pulsanti del periodo trascorso, accompagna la riscoperta di quei sentimenti più profondi che avranno sempre la priorità sulla secolarizzata quotidianità.

Ancora oggi si percepisce quel processo osmotico tra attore e spettatore: il secondo percepisce il fiato del primo che si traduce in emozioni che restituisce inebrianti in un ambiente ovattato dove nulla appare falso pur essendo tutto finto.

Grazie all'intuizione dei Filodrammatici prima e della Società Filarmonica poi, il teatro cominciò a vivere nel 1832, appena sette anni prima della rappresentazione dell'ultimo melodramma nell'allora unico teatro cittadino, oggi Sala della Vittoria presso la Pinacoteca, cui seguì la demolizione del 1840.

Già il 5 Febbraio 1579 nell'antico Massimo, il Consiglio dei Cento approvava la spesa necessaria per costruire una scena stabile per l'esercizio della recitazione e, consentendoci una digressione, appare curioso ricordare come agli spettacoli si alternasse l'utilizzo della sala anche come magazzino per il ricovero del grano.

Il Filarmonici, quindi, da quel momento fino al novembre del 1846, data d'inaugurazione del Ventidio Basso, fu l'unico punto di riferimento sociale, politico ed economico della città.

Quei momenti, certamente influenzati anche dai fermenti anticipatori dell'imminente Unità d'Italia, li immagino pervasi di scambi culturali al di sotto dell'imponente, eppure mai ingombrante presenza, del plafone oggi finemente e sapientemente restituito agli antichi splendori sia pure nel salvaguardato cannucchiato.

Dal loggione si poteva quasi toccare il plafone ed immagino che ciò accadesse veramente nella foga dei tanti melomani dell'epoca in occasione del giusto tributo riservato agli attori in segno di riconoscimento e gratitudine per le ottime performances.

Restituire il teatro ai concittadini significa rivisitare un passato del quale abbiamo bisogno per affrontare il presente e guardare fiduciosi al futuro nella certezza d'una identità storico – culturale che si coniuga con i profili formativi d'una intera città – territorio.

E' ancora questa l'occasione per ringraziare in modo accorato e condiviso quanti, con professionalità e scrupolosità, si sono prodigati per la realizzazione di un intervento d'impatto tecnologico d'alto profilo.

A tale scopo, pur non volendo affrettarmi in un'elencazione tassativa e scusandomi anticipatamente per quei contributi non menzionati e non per ciò, meno apprezzati, si

ringraziano il prof. ing. Stefano Lenci, il dott. ing. Enrico Quagliarini, l'ing. Elena Seri e l'ing. Sara Vallucci del Dipartimento di Architettura Costruzioni e Strutture dell'Università Politecnica delle Marche; l'ing. Maurizio Curzi, l'arch. Enrica Petrucci e l'arch. Rodolfo Terpolilli del Comune di Ascoli Piceno; il dott. Daniele Diotallevi della Soprintendenza per i beni storici artistici ed etnoantropologici delle Marche (Urbino); il geom. Alessandro Battaglia dell'Impresa Res.In.Tec. Italia.

Tutti devono essere soddisfatti del sontuoso risanamento che non sarebbe stato possibile se nel 1994 l'Amministrazione Cappelli non avesse avuto l'intuizione di riacquistare il teatro dai privati a beneficio della collettività.

Il Comune di Ascoli ripercorrerà quelle finalità che furono già dei Filodrammatici, ispirati a principi etici e formativi, sigillati altresì, dalla Società Filarmonica che più d'ogni altro ente ha curato le aspettative musicali.

Non nascondo di essere stato influenzato da tanta magnificenza di ricordi, colori, emozioni quando ho realizzato l'idea di abitare nell'immobile che confina proprio con il plafone, memore, altresì, delle parole di Jean Paul Sartre che, visitando la città, affermò che passeggiare per le strade di Ascoli era come sfogliare, a caso, un volume di storia dell'arte ed avere l'occasione di incontrare la rappresentazione maggiormente espressiva dei periodi dell'arte che si susseguono mirabilmente.

Qui i ricordi non svaniscono, ma si cristallizzano; il messaggio culturale è forte, la necessità di godimento è irrinunciabile perché, come affermava il mai dimenticato Giulio Bosetti, non più tra noi dalla vigilia di Natale, il teatro è sempre stato il luogo dell'amore.

*L'Assessore alla Cultura*  
**Avv. Davide Aliberti**

## INTRODUZIONE

---

### **RAPPORTI TRA UNIVERSITÀ, IMPRESE E PUBBLICA AMMINISTRAZIONE SUI TEMI DELLA RICERCA SCIENTIFICA**

Nell'attuale realtà socio – economica, caratterizzata dall'esigenza di sempre crescente innovazione tecnologica ed una maggiore competitività, è indispensabile ed opportuno che le Università Italiane partecipino a questo processo evolutivo essendo le detentrici del sapere e della conoscenza scientifica, culturale e sociale che deriva dallo studio e dalla ricerca. Infatti l'università – ed è questa ormai una visione sempre più condivisa nelle prospettive dell'Unione ma anche nel dibattito in corso nel nostro Paese – dovrà essere sempre più percepita come una entità territoriale, che riesca a creare delle feconde relazioni tra le Imprese facenti parte del tessuto locale e la Pubblica Amministrazione che vi opera per la realizzazione di interessi pubblici.

L'università dovrebbe essere, in altri termini, un soggetto in grado di agire nell'assetto istituzionale svolgendo attività sia di formazione che di ricerca in grado di incentivare e diffondere la conoscenza scientifica, sociale, culturale che è alla base dello sviluppo dei sistemi giuridico – economici locali.

Su questo tema si è soffermato, tra l'altro, un documento dell'UE sul *Ruolo delle università nello sviluppo locale e regionale nel contesto di una Europa della conoscenza* in cui si sottolineano, a grandi linee, i vantaggi di una cooperazione strategica e a lungo termine tra le università e gli enti locali grazie al coinvolgimento di rappresentanti delle università negli enti locali, alla creazione di "Fori" di cooperazione ed a singoli progetti tesi a sviluppare strategie comuni.

L'impegno delle università nell'interazione con gli altri soggetti nel territorio, sia per la formazione sia per la ricerca e la sperimentazione, può produrre una fertilizzazione incrociata tra gli attori che in esso agiscono, e, nello stesso tempo, l'apertura dell'università al mondo scientifico e della ricerca internazionale, può garantire un nuovo orientamento culturale dell'assetto locale agli scenari della competizione globale contribuendo a determinare dinamismi che consentano l'attrazione di nuove attività produttive in ambito locale.

E' interessante notare – dati non recentissimi ma ancora attuali – come negli Stati Uniti oltre il 66% di tutte le ricerche in campo universitario è finanziato dal settore privato mentre nelle università della Unione Europea il dato è fermo al 56 %.

Ma anche i corsi di insegnamento universitari hanno la possibilità di essere finanziati da imprese ed enti locali.

In Finlandia, ad esempio, esistono più di cento cattedre finanziate da imprese e da comuni.

Per il momento in Italia, ed in particolare nella Regione Marche, sarebbe auspicabile che università, imprese e pubbliche amministrazioni trovino larghe intese per portare avanti programmi di ricerca finalizzati a temi specifici d'attualità di rilevanza generale.

La *"sicurezza e conservazione del patrimonio monumentale dei centri storici"* potrebbe rappresentare, ad esempio, un programma di ricerca avente lo scopo di individuare le linee guida per la conservazione e la messa in sicurezza del patrimonio

monumentale che caratterizza i centri storici delle città italiane, marchigiane in particolare.

Sempre più vivo è, infatti, l'interesse verso la tutela e la conservazione del patrimonio monumentale che, grazie al diffondersi di una nuova sensibilità, è sempre meno visto come una scomoda eredità del passato e maggiormente percepito come volto dell'identità locale oltretutto possibile volano di sviluppo.

Inoltre, la presa di conoscenza della vulnerabilità sismica di questo patrimonio monumentale, posta all'attenzione dell'opinione pubblica dai tragici fatti recentemente accaduti e recepito a livello di normativa italiana (NTC 2008), ha fatto sì che nella comunità dei ricercatori si sia sviluppata una maggiore attenzione, sostenuta dalla committenza pubblica e privata, alla problematica del miglioramento sismico degli edifici esistenti, con l'obiettivo di garantire sufficienti livelli di sicurezza del patrimonio immobiliare rispettando nel contempo quel patrimonio culturale e di valori di cui ogni comunità locale è portatrice.

Infatti, l'esigenza di ripristino delle condizioni di sicurezza e di agibilità degli immobili legato al maggiore interesse della salvaguardia dell'incolumità pubblica, nonché l'eccessiva fiducia nella tecnologia moderna e nell'uso di nuovi materiali, legato alla scarsa conoscenza delle soluzioni tecnologiche costruttive di un tempo, hanno portato spesso a ignorare e disprezzare la grande cultura costruttiva dei nostri artigiani e ad introdurre vulnerabilità impreviste a carico dello stesso bene da salvaguardare.

Recepire l'importanza di tali temi, mettendo a frutto le rispettive competenze, darebbe modo di attivare processi sperimentali e di formazione a tutto vantaggio sia delle imprese che della pubblica amministrazione, con ricadute senz'altro positive per l'utilizzatore finale: il cittadino.

E' interessante ora rappresentare i risultati di un buon esempio di rapporto collaborativo instauratosi tra una Università Marchigiana (l'Università Politecnica delle Marche), un Ente Locale (il Comune di Ascoli Piceno) ed una impresa (la ditta RES.IN.TEC Italia srl di Calderara di Reno –Bo–) che è stato attuato nella nostra realtà locale.

Il tutto è iniziato con una tesi di laurea specialistica in Ingegneria Edile, avente per titolo *“Modellazione meccanica e verifiche sperimentali del danneggiamento di volte in camorcanna con intradosso di pregio”*, discussa nell'aula magna della facoltà d'Ingegneria dell'Università Politecnica delle Marche.

Al termine della esposizione della tesi i convenuti, infatti, hanno potuto ascoltare le parole di ringraziamento del laureando rivolte al Comune di Ascoli Piceno *“ ... che attraverso la Convenzione con il D.A.C.S. (Dipartimento di Architettura, Costruzioni e Strutture) ha finanziato la sperimentazione”*.

Dunque l'Università Politecnica delle Marche e il Comune di Ascoli Piceno hanno portato avanti un progetto di alto contenuto scientifico ed innovativo che ha consentito il pieno recupero strutturale della volta in camorcanna della platea del teatro Filarmonici, uno tra i più antichi teatri storici delle Marche.

In seguito verranno ampiamente spiegati ed illustrati i dettagli tecnici dell'intervento.

In conclusione, dopo un breve excursus storico del Teatro, si vuole illustrare sinteticamente quello che è stato l'iter procedurale che ha prodotto un così importante risultato e, soprattutto, quali sono stati i passaggi salienti, che hanno determinato questa feconda sinergia.

Risale al 1829 la costruzione del primo Teatro dei “Filodrammatici”, inaugurato l'11 gennaio 1832.

Il progetto della sala venne redatto dall'architetto Ignazio Cantalamessa di Colli del Tronto, le decorazioni dal pittore Francesco Giorgini di Macerata, mentre il sipario ed il quadro centrale sul soffitto sono attribuiti al pittore bolognese Pietro Fancelli.

Dal 1860, una volta scomparsa la Società Filodrammatica, il teatro divenne di proprietà comunale fino al 1897 quando venne affidato alla Società Filarmonica, associazione sorta nel 1873 e benemerita nella città per aver promosso la cultura musicale.

La nuova Società provvide alla ristrutturazione del vecchio teatro su progetto dell'ingegner Giovanni Serpentine che mantenne l'impostazione planimetrica a ferro di cavallo ma introdusse due ordini di plachi, un loggione ed una galleria allo stesso livello della platea.

Vennero inoltre ampliati il proscenio e il retropalco dove si costruirono i camerini, mentre venne totalmente eliminata la buca per l'orchestra.

La nuova struttura, denominata "Teatro dei Filarmonici", venne inaugurata nel novembre 1898 con le rappresentazioni del *Rigoletto* e del *Barbiere di Siviglia*.

Ai primi del novecento, a causa di un periodo di crisi, la Società fu costretta a vendere la sala a privati che la utilizzarono prevalentemente per spettacoli cinematografici.

Solo nel 1994 il teatro tornò ad essere di proprietà del Comune di Ascoli Piceno.

L'avanzato stato di degrado, sia per il lungo abbandono sia per la scarsa qualità dei materiali utilizzati durante gli adattamenti di fine ottocento, costrinse il Comune ad accelerare gli interventi di restauro i cui lavori ebbero inizio nel marzo 2001 con un primo stralcio esecutivo.

La difficoltà nell'affrontare l'intervento di recupero, dovuta alla natura eterogenea degli elementi strutturali costituenti il complesso teatrale, conseguenza di rifusioni di più unità singole accorpate insieme nel corso degli anni, portò ad una prima importante consulenza con la facoltà d'Ingegneria Marchigiana che si occupò, principalmente, del recupero degli elementi strutturali lignei della copertura.

Alla fine del 2007, durante i lavori del secondo stralcio, furono avviati gli interventi previsti relativi al recupero pittorico dell'intradosso della volta in camorcanna della platea.

L'incuria e le lavorazioni in atto avevano però minato la fragile struttura portante della volta la quale cominciò a manifestare segni evidenti di cedimento dei suoi elementi costitutivi, con grave rischio di collasso.

Ancora una volta fu interpellata l'Università Politecnica delle Marche, ed in particolare il "Dipartimento di Architettura e Costruzioni e Strutture" della facoltà d'Ingegneria.

L'incarico per uno studio conoscitivo volto ad accertare la consistenza strutturale della volta e la sua vulnerabilità alle sollecitazioni statiche e dinamiche, venne affidato nel dicembre 2007.

Dai risultati dell'analisi conoscitiva scaturì la necessità di avviare urgentemente la fase progettuale di recupero strutturale della volta.

In considerazione della sua rilevanza storica e della peculiarità degli elementi strutturali costituenti la stessa, per poter determinare una corretta ed efficace progettazione, si ritenne necessario realizzare tre modelli, delle dimensioni di 2,00x 8,00 m, il primo dei quali con caratteristiche chimico-fisiche equiparabili alla volta originale, gli altri due, di pari consistenza ma sottoposti ad interventi di recupero strutturale mediante la tecnica del FRP (Fiber Reinforced Polymers – "materiali polimerici fibrorinforzati").

Per la realizzazione dei modelli, eseguiti nel laboratorio del Dipartimento, fu incaricata la ditta RES.IN.TEC Italia che, oltre a svolgere il compito affidatole, col proprio *know – how* contribuì in maniera determinante alla individuazione delle soluzioni più confacenti alla migliore riuscita della sperimentazione.

L'esito delle prove sperimentali e l'analisi dei risultati furono risolutivi per le proposte sui possibili interventi di recupero della volta presentate dal "Dipartimento di Architettura e Costruzioni e Strutture" della facoltà d'Ingegneria, proposte divenute esecutive nel maggio 2009 con l'approvazione del progetto definitivo.

I lavori, affidati alla medesima ditta ai sensi dell'art.147 del D.P.R. 554/99 per l'importo contrattuale di € 190.000,00, furono consegnati in data 18 maggio 2009 e conclusi il 18 gennaio 2010 con l'esito che potrà essere verificato attraverso le pagine che seguiranno.

**Dott. ssa Rossella Vittori**

*Direttore Amministrativo Settore "Reperimento Fondi, Circolazione e Traffico, Politiche Energetiche" del Comune di Ascoli Piceno*

**Ing. Maurizio Curzi**

*Dirigente Settore "Reperimento Fondi, Circolazione e Traffico, Politiche Energetiche" del Comune di Ascoli Piceno*

# CAPITOLO 1

---

## IL TEATRO DEI “FILARMONICI” NEL TEMPO<sup>1</sup>

### 1.1. Le Marche e i suoi teatri

Le Marche sono una delle regioni in cui altissima è la densità di teatri storici, si pensi che tra Settecento e Ottocento quasi tutti i Comuni, anche quelli con un numero di abitanti particolarmente ridotto, si erano dotati di un teatro pubblico. Molti di questi, un centinaio circa, sono giunti sino ad oggi e costituiscono un prezioso patrimonio culturale per la Regione.

Una tipologia di edifici teatrali del tutto particolare sono i teatri romani. In epoca romana erano presenti 35 municipi romani e si pensa che ognuno fosse dotato di teatro e anfiteatro. Gran parte di queste antiche strutture sono andate distrutte dai secoli. Pochissimi sono i teatri o gli anfiteatri romani superstiti, alcuni dei quali vengono ancora oggi utilizzati come suggestionante scenario per la rappresentazione di opere teatrali moderne e antiche. La lunga e fortunata stagione teatrale romana cessò nel corso del Medioevo. Solo a partire dalla seconda metà del '400 si poté assistere alla ricomparsa di spettacoli a carattere profano, allestiti nelle sale e nei giardini della raffinata aristocrazia del tempo.

A partire dal XVI secolo, dopo un periodo di guerre, lotte intestine e sconvolgimenti politici le Marche divennero una provincia dello Stato Pontificio, assumendo così una notevole importanza economica e culturale. Nelle aree di Ascoli e Fermo il potere era nelle mani della nobiltà, una oligarchia che ricopre le principali cariche pubbliche. A questa chiusura corrispondevano, d'altra parte, una limitata iniziativa ed una scarsa influenza della borghesia cittadina, che soltanto nell'Ottocento, con l'acquisizione di ampie proprietà terriere, guarderà con crescente interesse ai modelli culturali ed agli stili di vita dell'aristocrazia.

I primi teatri stabili fecero la loro comparsa soltanto dalla seconda metà del XVI secolo, quando la sempre crescente domanda di spettacoli orientò giovani colti e volenterosi verso l'utilizzazione di antiche preesistenze edilizie, riadattate al fine di poter dilettare con rappresentazioni varie un pubblico non ancora particolarmente numeroso.

Nel Settecento la rappresentazione teatrale non è più un evento che si svolge nel chiuso delle dimore nobiliari e di conseguenza nasce la necessità di avere nuovi spazi dove poterla mettere in scena. L'edificio teatrale del Settecento è composto da una platea, due o tre ordini di palchi (con al centro il palco d'onore) e un loggione; tale organizzazione riproponeva la gerarchia sociale del tempo, con le sue distinzioni e separazioni. Proprio perché la sala è considerata uno *status simbol* non solo di un ceto sociale ma di tutta la città, viene posta particolare cura nell'arredo, nella scelta delle suppellettili e nell'abbellimento iconografico, ottenuti attraverso l'uso di decori, stucchi, velluti, dorature ed affreschi e non ultimo con l'inserimento di sipari dipinti spesso rappresentanti scene prese dalla città, ma trasformate in forma altamente monumentale ed anche con scene allegoriche dall'alto contenuto simbolico.

#### Nota 1

*Il presente articolo è stato elaborato con l'aiuto di molti appassionati della storia ascolana che hanno fornito un contributo alla stesura del testo. Fra questi si ringraziano in particolar modo Giuliano Firmani, Giannino Gagliardi, Benedetto Marini, Carlo Maria Saladini, Paolo Seghetti. Si ringrazia il personale dell'Archivio Iconografico del Comune e quello della Biblioteca Comunale G.Gabrielli. Un particolare ringraziamento al prof. Stefano Papetti sempre efficace nei suggerimenti. Una collaborazione particolarmente attenta è venuta da tutto il personale dell'Archivio di Stato di Ascoli Piceno, nella consultazione dei documenti storici.*

*Le abbreviazioni contenute nel testo sono:*

ASR = Archivio di Stato di Roma

ASAP = Archivio di Stato di Ascoli Piceno

ASCA = Archivio Storico del Comune di Ascoli Piceno

BCAP = Biblioteca Comunale di Ascoli Piceno

UTCP = Ufficio Tecnico Comunale Patrimonio

ASICAP = Archivio Storico Iconografico Comune di Ascoli Piceno

AP = Archivio Privato

*Il testo, per la prima volta, raccoglie tutte le informazioni per una ricostruzione della storia del Teatro dei Filarmonici già dei Filodrammatici, attraverso fonti note e documenti non conosciuti. Ciò ha permesso una ricostruzione cronologica delle fasi costruttive, all'interno di un quadro generale in cui si evidenzia la particolare sensibilità della cultura artistica locale nel XIX secolo.*



Quando nell'Ottocento una nuova cultura post-rivoluzionaria investì le principali città delle Marche, i teatri divengono centri di una più ampia aggregazione sociale e si trasformano anche dal punto di vista architettonico, grazie all'apporto di specialisti che, nella maggior parte dei casi, ristrutturarono completamente le antiche preesistenze, assumendole come punti di riferimento progettuale. Infine, quando la domanda di spettacolo ebbe un ulteriore impulso, fino a raggiungere rilevanza per ogni strato sociale, i teatri vennero costruiti in muratura su progetto di celebri architetti ed ingegneri, divenendo in breve tempo strutture private di uso pubblico, con pari dignità dei monumenti più rappresentativi delle città.

Il teatro luogo di festa e di socievolezza della comunità divenne così il simbolo per eccellenza del prestigio sociale che rispondeva pienamente al bisogno di protagonismo culturale delle classi sociali emergenti, il nuovo patriziato prima ed in seguito la borghesia, nel momento in cui assunsero il potere economico della città.<sup>2</sup>

Al di là della pur importante valenza come contenitori di rassegne teatrali e musicali il patrimonio dei teatri storici marchigiani ha grande valore intrinseco sotto il profilo architettonico e artistico: i teatri sono infatti tra le più importanti emergenze dell'intero patrimonio dei beni culturali marchigiani. Architetture imponenti, affreschi straordinari, sipari di grande pregio artistico in molti casi realizzati da grandi artisti di varie epoche: questo è in estrema sintesi lo spettacolo che si presenta agli occhi del visitatore entrando in uno dei tanti teatri perché ognuno di essi conserva qualcosa di veramente importante. A prescindere dalle dimensioni che variano in maniera davvero consistente; si passa dalla maestosità di alcuni grandi teatri alla cura dei particolari di altri piccoli teatri che sono dei veri e propri gioielli.

## 1.2. La tradizione teatrale Ascolana

Le tradizioni teatrali di Ascoli Piceno risalgono al Cinquecento, quando nel Teatro della Sala sito all'interno del Palazzo Comunale venivano rappresentati spettacoli di vario genere senza però l'ausilio di strutture stabili. All'interno delle case patrizie e nelle chiese venivano date commedie, pastorali e rappresentazioni drammatiche soprattutto durante le feste religiose. Non ci rimangono testimonianze dei titoli e degli argomenti delle rappresentazioni ma probabilmente venivano messi in scena componimenti scritti da cittadini che si dilettaavano di letteratura non avendo competenze specifiche. Secondo il Mariotti bastavano “... solo poche tavole per comporre un piccolo palco posticcio, poche tele dipinte alla buona per improvvisare delle scene, qualche vecchio vestito passato di moda o qualche zimarra avuta a prestito da un magistrato, perché coloro che li indossavano potessero, con dignità e decoro, rappresentare in pubblico questo o quel personaggio, storico o mitologico”.<sup>3</sup>

Solo nel 1579 il Consiglio dei Cento, considerando la natura pedagogica e ricreativa attribuita alle attività teatrali, deliberò la costruzione di una scena fissa “*pro scena perpetua facienda*”, che veniva data in prestito non solo ai privati, per le rappresentazioni nelle case patrizie ma anche alle chiese che la domandavano per servirsene da sfondo durante i *Sepolcri del Giovedì Santo* e negli altari per le funzioni sacre. Mancavano ancora strutture fisse per il pubblico, anche se era enormemente aumentata la richiesta di spettacoli da parte di un pubblico sempre più ampio. Nel 1592 si deliberò che nel Palazzo Pubblico venisse allestita una “*aula maior superioris audentiae*”, per consentire ai comici di passaggio in città di rappresentare commedie “*ad publicam recreationem*”.<sup>4</sup>

Gli Anziani favorirono ed incoraggiarono l'arte drammatica anche attraverso la concessione di sussidi per lo svolgimento delle rappresentazioni. Nel Gennaio del 1600 alcuni giovani cittadini chiesero al Comune ascolano un sussidio ed un locale per potervi recitare l'*Orbecche*, una tragedia di Giambattista Girardi Cinzio recitata per la prima volta a Ferrara nel 1541 in casa dell'autore alla presenza del Duca Ercole d'Este. La rappresentazione era particolarmente complessa sia perché richiedeva un grande apparato scenico ma anche per la complessità del testo e della

### Nota 2

I teatri sono distribuiti su tutto il territorio regionale con significative presenze architettoniche sia sulla fascia costiera che nelle aree collinari e nel profondo entroterra; nella provincia di Ancona se ne contano 15, altrettanti sono quelli localizzati nella provincia di Ascoli Piceno, 18 sono quelli della provincia di Pesaro – Urbino, mentre il numero massimo, 23, si raggiunge nel territorio della provincia di Macerata.

### Nota 3

Mariotti C., 1960, pagg. 189+212.

### Nota 4

Pellegrino A., 1997, pag. 301.

conseguente recitazione. I giovani ricevettero un sussidio di 25 scudi per le spese occorrenti per lo spettacolo e il Comune fornì anche alcune delle tavole degli archi trionfali per comporre il palco all'interno dell'antica *Sala dell'Arringo*.<sup>4</sup>

Nel Seicento le rappresentazioni autorizzate dal Consiglio dei Cento riflettono gli indirizzi artistici del Barocco, con un ruolo determinante esercitato dalle Accademie letterarie presenti ad Ascoli sia per le rappresentazioni allestite, sia per gli indirizzi culturali che in qualche modo influenzano i membri del Consiglio. Accanto alle compagnie di professionisti operano in città anche compagnie di dilettanti, come si può desumere dalla delibera del Consiglio dei Cento del 1645, il quale accorda a un gruppo di giovani che vogliono mettere in scena una tragedia *“l'accrescimento del palco nel Salone del vostro Palazzo, per inanimare tanto maggiormente la nostra gioventù ad esercitarsi in attività sì virtuose”*.

Finalmente nel 1659 il Consiglio dei Cento assume la decisione di dotare la città di una struttura teatrale adeguata, deliberando di *“ridurre la Sala del Teatro ad ordine più comodo con palchi e scalinate”* e nello stesso tempo nomina quattro a cui viene assegnato il gravoso compito di trovare i mezzi per la realizzazione dei lavori, sovrintendendo anche alla loro realizzazione.

Nel 1685 il Consiglio deliberava un ulteriore aumento dei palchetti e nel febbraio del 1689 il teatro venne riaperto al pubblico con una serie di rappresentazioni drammatiche *“date dai comici Inesperti”* ma esso non era ancora completo, essendosi realizzato solo il palcoscenico e pochi palchetti, il che provocò nella nobiltà ascolana un certo malcontento *“sdegnando di stare nella sala a contatto della classe plebea”*.

Dopo quasi cinquant'anni la situazione non era ancora migliorata e nel febbraio del 1732 venne di nuovo fatta un'istanza al Consiglio affinché provvedesse a far costruire altri palchetti perché, come si leggeva, *“con questa spesa non solo si provvederebbe al pubblico comodo per godere qualche onesto divertimento, ma si costituirebbe un capitale fruttifero per la città che potrebbe prendere per sé metà del ritratto di essi palchetti e l'altra metà darla agli impresari delle commedie per supplire alle spese necessarie che vi occorrono*. L'istanza dei cittadini fu accolta dal Consiglio che destinò una consistente somma al completamento dei lavori ed il 27 dicembre 1746 i Deputati riferirono al Consiglio dell'ultimazione dei lavori.

Comincia così la storia del pubblico teatro ascolano che ha originariamente sede nel Palazzo Comunale, dove vi rimane per circa 2 secoli e mezzo. La fase di maggiore importanza del teatro coincise con il sorgere in Ascoli di numerose accademie letterarie. La grande passione per le rappresentazioni teatrali dalla quale il pubblico ascolano era stato preso nel XVII secolo fece nascere la necessità di trasformare l'originario teatro comunale.

Il teatro comunale divenne un ritrovo quasi esclusivamente aristocratico, in quanto la vendita dell'uso dei palchetti era riservata ai nobili mentre le classi popolari potevano acquistarli solo dopo che i primi erano stati accontentati. Questo causò non poche polemiche tanto che durante le rappresentazioni vi furono dei tumulti costringendo il Consiglio dei Cento a prendere provvedimenti stabilendo che *“per la nobiltà venissero da allora in poi destinati tutto il secondo ordine e quattro palchi del primo, cioè quelli che guardavano il prospetto del teatro.”*

Nel secolo XVIII e XIX secolo se il teatro comunale era il ritrovo più gradito dell'aristocrazia l'aspetto della sala non era particolarmente lussuoso in quanto le decorazioni erano scarse rispetto ad altri teatri contemporanei e vi era anche una scarsa illuminazione. Oltre alle rappresentazioni drammatiche il teatro ospitava numerose opere musicali, inizialmente a carattere sacro e pastorale e successivamente di natura più ludica. Verso la fine del XVIII secolo l'amore per le rappresentazioni drammatiche era andato in Ascoli man mano affievolendosi a favore del Melodramma, ma ai primi anni del XIX *“l'amore per gli spettacoli di prosa incominciò a ridestarsi nell'animo degli ascolani”*. Gli Amministratori favorirono questa

forma di arte che consideravano particolarmente educativa, concedendo con frequenza il teatro alle migliori compagnie drammatiche che in quell'epoca giravano per l'Italia. Tali compagnie di prosa talvolta davano anche commedie improvvisate dette a soggetto ma tali rappresentazioni nel 1811 furono severamente proibite perché *“offendevano i costumi sia con le parole sia col gesto”*.

*“Dal 1830 in poi gli spettacoli di prosa divennero, nel teatro comunale, assai più rari di prima. A questo fatto contribuì molto lo sviluppo che allora prese una Società Filodrammatica cittadina, la quale, costituitasi alcuni anni prima, aveva ben presto raggiunto tale importanza che si mutò in una Accademia e si propose “per iscopo di istruzione, la fuga dall'ozio, l'amore del suo simile con infondere negli animi alti sentimenti di virtù, col correggere il vizio, con ispirare i principi veri di morale e di civilizzazione col mezzo delle rappresentazioni di teatrali scelti componimenti”.*”

Questa accademia a cui si associarono molti cittadini raggiunse in pochi anni una tale prosperità da poter edificare a proprie spese un teatro privato in cui per molti anni si esercitò la classe più eletta della città.

Nell'ambito del rinnovamento cittadino di epoca neoclassica una certa importanza fu assunta dalla costruzione del nuovo teatro pubblico, le cui vicende si snoderanno per tutta la prima metà del XIX secolo, fino al completamento avvenuto nell'estate del 1846. Alla sua realizzazione concorsero gli artefici più in voga del momento fra cui Ireneo Aleandri, che già si era cimentato nello Sferisterio di Macerata e nel teatro Feronia di San Severino dove aveva applicato, per la prima volta, quel linguaggio architettonico che verrà utilizzato anche nel teatro ascolano. Egli supera la pianta ellittica, introdotta la prima volta dal Piermarini nel Teatro alla Scala e dal Morelli nel teatro di Imola, orientandosi verso la pianta a ferro di cavallo, progettata dallo stesso Cosimo Morelli nel teatro dell'Aquila di Fermo. Aleandri presenta vari disegni per la realizzazione del nuovo teatro e della sua impostazione progettuale rimane solo l'articolazione della gran sala con i tre ordini di palchi e loggione<sup>5</sup>. Infatti, la realizzazione del progetto viene affidata ad altri artefici fra cui Giovan Battista Carducci che progettò le decorazioni a stucco della sala, la cui esecuzione fu affidata a Emidio e Giorgio Paci, che ritroveremo anche fra gli artefici delle decorazioni del teatro Filarmonici<sup>6</sup>. Nel 1871 si procedette ai lavori di rinnovamento del teatro che veniva utilizzato per rappresentazioni di vario genere afferenti al repertorio classico e moderno, non esclusi anche il balletto, l'operetta, il vaudeville, cioè commedie leggere in cui alla prosa si alternano strofe cantate su arie conosciute, il musical ed anche la rivista.

### 1.3. La nascita delle società di cultori d'arte

L'attività teatrale ascolana era stata fin dai tempi più remoti particolarmente fiorente tanto che dal 1606 al 1728 erano presenti 14 società filodrammatiche, di cui non rimangono *“che scarse memorie della loro attività”*. Tali associazioni accoglievano uomini sapienti che con il loro ingegno davano vigorosi impulsi agli studi letterari, scientifici e artistici e la loro diffusione è da ricollegarsi al temperamento ascolano di raggrupparsi in compagnie indipendenti, spesso contrapposte che rispecchiano l'organizzazione storica della città, divisa in quartieri, sestieri e piazze.<sup>7</sup>

Altre Società di questo tipo nacquero e si svilupparono nel corso dell'Ottocento. La più importante, storicamente, fu quella dei Filodrammatici, che venne fondata nel 1827 e risultava inizialmente composta da 18 nobili e 7 nobildonne, rappresentanti delle famiglie più importanti della nobiltà ascolana, che elessero come Presidente il Conte Orazio Piccolomini<sup>8</sup>. Finalità dell'Associazione era l'istruzione musicale e l'organizzazione di concerti che prevedevano la partecipazione di musicisti interni ed esterni, impegnati a diffondere la letteratura musicale, basata principalmente sul repertorio contemporaneo ed accanto alla musica vi era anche la recitazione<sup>9</sup>. Le rappresentazioni teatrali ed i concerti musicali, inizialmente qualificate come

#### Nota 5

Ciaffardoni C., 1994, pagg.37+73. L'.A. delinea il complesso iter di realizzazione del Teatro Ventidio Basso con un ricco corredo di documenti inediti. Cfr. Rossi A., 1965, pag.533.

#### Nota 6

Teodori V., 2001, pagg.208+212. L'.A. delinea l'apporto che il Carducci offrì alla definizione dell'apparato decorativo del teatro, presentando una serie di disegni ed assumendo la direzione dell'esecuzione. Interessante il parere richiesto a Nicola Cavalieri San Bertolo sugli apparati decorativi del teatro; egli esprimerà un elogio per l'accuratezza dell'esecuzione.

#### Nota 7

Luna L. (a cura di), 1996, pag.7. Sono riportati i nomi delle Associazioni cittadine: La Società degli Invaghiti; la Società della Nuova Accademia Comica; la Società dei Comici Scompagnati; la Società dei Comici dell'Ademiri; la Società dei Comici del Gallo chiamati anche dei Senza Nome; l'Accademia degli Inneati; la Società dei comici Inesperti; la Società dei Comici Mar-motti; la Società dei Comici Avventurieri; la Società dell'Assemblea dei Costanti; la Società dell'Assemblea dei Quaranta; la Società dell'Assemblea degli Uniti; la Società della Conversazione degli Invigoriti.

#### Nota 8

Il Conte Orazio Piccolomini di origini toscane fu uno dei mecenati più illuminati ed ispiratore di molte importanti opere culturali della città. Cfr. Rosa G., 1870, pagg.292+293.

#### Nota 9

A.S.C.A., A.S.C., Fondo Spettacoli, A.1830, B.18, fasc.3 Lettera del Vescovo di Ascoli al Gonfaloniere per richiedere "... l'approvazione superiore di erigere una Accademia Filodrammatica".

«*passatempo onesto*», stavano divenendo in quel periodo frutto di studio e d'istruzione ricercata.

I Soci, privi di competenze specifiche, ma dotati di vivo interesse e raffinato gusto musicale, pagavano un contributo mensile, proponendosi lo scopo "... di chiamare allo studio, alla moralità, all'applicazione dei propri concittadini rendendo dolce ed insistente l'istruzione per dilettevole trattenimento delle rappresentazioni teatrali".

Fra i primi atti vi fu la compilazione di uno Statuto della Società che venne approvato da S. Congregazione degli Studi il 7 giugno 1829 e il 3 luglio successivo dal Vescovo della città. Dal 1827 fino al 1859 la Società, animata da una grande passione per il teatro, svolse la sua azione di divulgazione ed incentivazione delle Arti.

Questa società, a cui si associarono molti cittadini raggiunse in pochi anni una tale prosperità da poter edificare, a proprie spese, un teatro privato in cui per molti anni si esercitò la classe più eletta della città. Infatti, nel 1829, ai primi soci fondatori si uniscono altri 31 nuovi soci, oltre 10 "signore recitanti" e così fra la prima e la seconda adesione esse arrivarono al numero di 17<sup>10</sup>.

Nel 1833, visto il successo che la Società aveva riscosso, si decise di trasformarla in *Accademia*, provvedendo ad approvare un nuovo Statuto (Fig. 1.1), nell'adunanza del 25 marzo dello stesso anno<sup>11</sup>.

Gli scopi dell'Accademia, indicati nel testo della Statuto, sono organizzati per argomenti: al Titolo I - *Dell'Accademia in generale*, erano descritti gli scopi fra cui *l'istruzione, la fuga dall'ozio, la correzione del vizio*, ispirando "principi di Morale e di Civilizzazione con mezzo delle Rappresentazioni di Teatrali scelti Componimenti". Il Titolo II si occupava "Degli Accademici", distinguendoli in quattro classi, fra cui la prima era rappresentata dagli *Accademici Proprietari*, antichi soci proprietari del teatro che si stava realizzando, attraverso il versamento di tasse straordinarie, ammontanti a 18 scudi da corrispondersi mensilmente ed anche nuovi Soci che avrebbero pagato una tassa pari a 24 scudi in altrettante rate mensili. Coloro che si sarebbero aggregati successivamente avrebbero dovuto pagare una tassa ancora maggiore. Oltre a tale categoria vi era poi quella degli *Accademici aggiunti*, degli *Onorari ed Alunni* ed infine quella *Accademici Filodrammatici* veri e propri, cioè coloro che avrebbero esercitato effettivamente le Arti della Musica e della Recitazione. Il Titolo II si interessa "De Contributi e dei Privilegi", mentre il Titolo IV di "Disposizioni Generali". I successivi Titoli sono più specificatamente dedicati all'organizzazione gerarchica dell'Accademia, mentre il Titolo VIII "Della Censura" si interessava di coloro che venivano nominati "Censori" ed avevano la specifica funzione di far osservare lo Statuto.

Fra le principali attività svolte dall'Accademia vi fu proprio la costruzione del nuovo teatrino detto *dei Filodrammatici* che richiese un impegno particolarmente consistente per diversi anni<sup>12</sup>.

#### 1.4. La formazione e gli sviluppi del Teatro dei Filarmonici

Il sito individuato dalla società per l'ubicazione del nuovo teatro era posto nel quartiere di S. Giacomo, lungo una delle vie principali della città<sup>13</sup>. La sua localizzazione era legata alla funzione che il teatro era chiamato ad assolvere, cioè una funzione preminentemente sociale. La posizione individuata era dunque centrale, ma anche vicina ai luoghi del potere e alle residenze dei ceti dominanti, dato che lungo la Via delle Torri erano insediate alcune delle famiglie più importanti e facoltose della città. L'isolato risultava interessato da precedenti costruzioni, già visibili nella *Veduta Prospettica della città* del 1704, rielaborata da Pierre Mortier (Fig. 1.2), in cui appaiono diversi corpi di fabbrica, articolati attorno ad una serie di orti. L'edificio di maggiori dimensioni aveva il fronte principale verso Via delle Torri, in leggera sporgenza rispetto alle altre costruzioni adiacenti che prospettavano sulla stessa via.

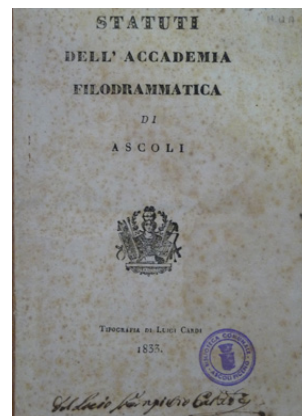


Fig. 1.1 - Statuto dell'Accademia Filodrammatica (1833). BCAP, B.132.6 Statuti dell'Accademia Filodrammatica di Ascoli.

#### Nota 10

Castelli G., 1899, pagg. 321+328. L'A. cita fra le società filodrammatiche della città quella formata da 18 giovani volenterosi che "... eressero un teatrino privato decorandolo di ben dipinto scenario e di tutti gli attrezzi necessari. La fortuna sorrise agli ardimentosi giovani, tanto che molti cittadini fecero istanza per essere aggregati ad essi e potere contribuire col denaro e con l'opera alla felice riuscita dell'impresa. Nel 1829 furono ammessi altri trentuno soci ... Allora si compilò uno statuto".

#### Nota 11

BCAP, B.132.6 Statuti dell'Accademia Filodrammatica di Ascoli (1833) Ascoli Piceno. "Sin dall'anno 1827 alcuni benemeriti giustamente avvisarono che un'Accademia Filodrammatica, [...] avrebbe egregiamente contribuito a rendergli studiosi delle buone lettere, ed a ritrarsi dall'oziosità, fonte di ogni male, con che sarebbesi ottimamente provveduto all'incremento de' retti e savii costumi ed a' progressi della civiltà e della gentilezza ...". Lo Statuto fu approvato nell'adunanza del 30 marzo 1833. Si veda anche Castelli G., 1899, pag. 328.

#### Nota 12

BCAP, B.132.6 Statuti dell'Accademia, op.cit., pag. 1 "...nel mese di Settembre del rinomato anno (1827) eressero un teatrino con buone dipinture di scenarii e con ogni altra acconcia e bene accomodata cosa, che a tal uopo era necessaria. E n'ebbero plauso da ogni maniera di persone, e laudandosi a cielo e la bene ordinata disciplina e la moltissima decenza e la somma spertezza de' recitanti".

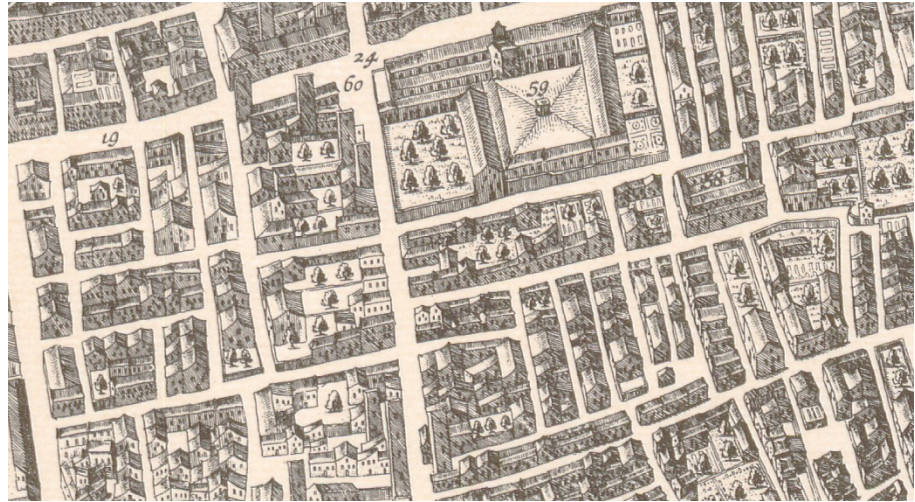
**Nota 13**

La Via delle Torri già presente nella toponomastica più antica, rappresenta il secondo asse trasversale della città dopo il Trivio e su di essa si elevarono le principali architetture civili della città (Appendice 1, § A.1).

**Nota 14**

A.S.R. Fondo Presidenza Generale del Censo, Catasto Gregoriano, M.1 - Ascoli (Appendice A, §A.2).

**Fig. 1.2** - Particolare della Zona dove verrà ubicato il nuovo Teatro dei Filodrammatici. Elaborazione della Veduta Prospettica della Città, per la prima volta incisa dal Ferretti nel 1646 e dal Mortier nel 1704.

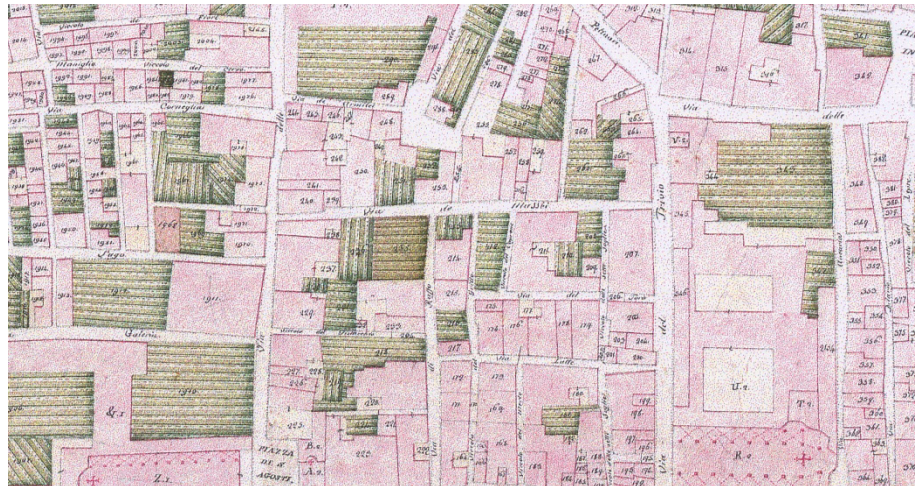


Le successive indicazioni sulle caratteristiche dell'area di insediamento del nuovo teatro provengono dalla lettura dei Catasti Ottocenteschi, conservati sia presso l'Archivio di Stato di Ascoli che nell'Archivio di Stato di Roma. In particolare, nella mappa del Catasto Gregoriano<sup>14</sup> (Figg. 1.3, 1.4), risalente agli anni 1816-20, è individuabile la particella n. 1975, ubicata in Via Cornelia, di proprietà degli eredi di Felice Serianni e del conte Giuseppe Saladini. Gli stessi sono anche proprietari della particella n.1966 sempre in Via Cornelia indicata come orto<sup>15</sup>.

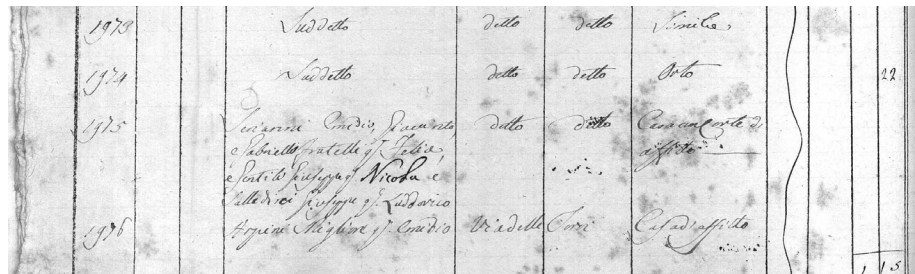
**Nota 15**

A.S.R. Fondo Presidenza Generale del Censo, Catasto Gregoriano, Brogliando ff. 74. Vi si trova l'informazione secondo la quale la part. 1975 era di proprietà di "Serianni Emidio, Giacinto e Gabriele, fratelli fu Felice, Gentili Giuseppe fu Nicola e Saladini Giuseppe fu Luddovico. L'immobile contraddistinto come casa con corte di affitto era ubicato in Via Cornelia. A.S.A.P. Fondo Catasti, Catasto dei Fondi Urbani, A. 1818, reg. n. 448. Le particelle site in via Cornelia ai numeri del fondo 646 e 647 risultano di proprietà degli eredi del conte Felice Serianni e Saladini Giuseppe. La consistenza, distribuita su n. 3 piani, risulta essere di n. 24 vani.

**Fig. 1.3** - Particolare della Mappa Catastale del 1816 – 1820. ASR, Fondo Presidenza Generale del Censo, Catasto Gregoriano, M.1 - Ascoli.



**Fig. 1.4** - Stralcio del Brogliardo relativo alla Mappa Catastale del 1816-1820. ASR, Fondo Presidenza Generale del Censo, Catasto Gregoriano, M.1 - Ascoli – Brogliardo.



Successivamente la proprietà venne acquistata dalla Società Accademica Filodrammatici, come risulta dal *Sommarione dell’Impianto Urbano del 1830* (Fig.

1.5) dove le particelle contraddistinte ai numeri 1975 e 1966 della mappa di Ascoli, risultano graffate insieme ed è evidente la correzione a mano che sostituisce gli originali proprietari con la *Filodrammatici Società Accademica*, attribuendogli la destinazione a *locale ad uso di Teatrino*<sup>16</sup>.

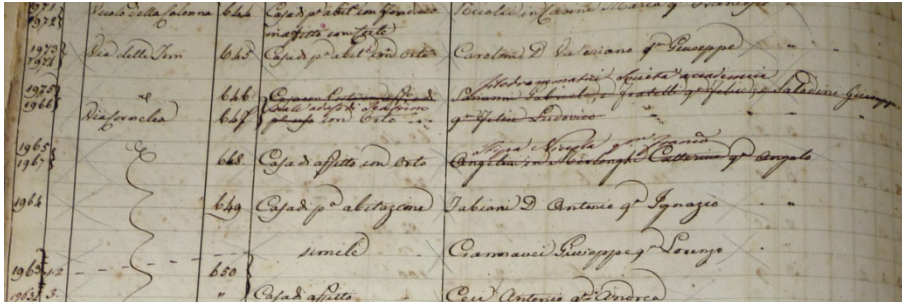


Fig. 1.5 - Stralcio del Sommario relativo al Catasto Urbano del 1830. ASAP. Fondo Catasti, Catasto dei Fondi Urbani, Sommarione dell'Impianto Urbano A. 1830, reg. n. 576

I lavori promossi dall'Accademia dei Filodrammatici consistevano nella ristrutturazione di un edificio preesistente, posto all'angolo tra la principale via delle Torri e la secondaria Via di Cornelia.

La descrizione delineata dal Carducci, nel 1853, ci consente di verificarne le caratteristiche, dal momento che non è stato possibile, nonostante numerose ricerche presso gli archivi storici, rintracciare i disegni originari o altra documentazione grafica e fotografica: *“Altro moderno segno di socievolezza e civiltà ascolana: innalzavasi, non sono molti anni, col privato contributo di più socj, che ne ressero ne reggono la utile istituzione a decoro della patria. La facciata è di due ordini, il primo d'opera a bugne, il secondo di piastrelli d'ordine jonico con tre arcuazioni, e frontespizio in alto, disegno dell'ascolano Gabriele Gabrielli testè defunto. L'interno di pianta a ferro di cavallo ha in giro su di un podio, assai sollevato dalla platea, un ordine di colonnette doriche, terminato dall'aprirsi del proscenio, che forma un primo palchettone, e su esso con ornamenti diversi a chiaroscuro in fondo d'oro s'alza il parapetto del secondo palchettone. Una gran volta con pitture chiude in alto l'uditorio. L'invenzione architettonica è del ricordato Cantalamessa di Ascoli, le pitture a chiaroscuro sono di Francesco Giorgini di Macerata, il quadro di mezzo, ed il sipario di N.Paoncelli bolognese. Oltre la comodità necessarie all'uso de' recitanti, v'ha una bella sala da Accademie, ed altri locali”*<sup>17</sup>.

Dalle fonti storico-archivistiche è quindi possibile dedurre che tra il 1829 e il 1832, vennero realizzati i principali lavori per la realizzazione teatro.

Il *“Teatro dei Signori Filodrammatici”* venne inaugurato l'11 gennaio 1832 con la tragedia in versi *“Giulietta e Romeo”* del Duca di Ventignano. Sempre il Carducci ricorda che il successivo 5 febbraio, in occasione dei festeggiamenti del primo anniversario dell'elezione di Papa Gregorio XVI<sup>18</sup>, vi si tenne una recita di beneficenza. Il 1 gennaio 1833 i Filodrammatici offrirono al Delegato Apostolico Mons. Luigi Bonini il protettorato della loro Accademia ed egli accettò ben volentieri<sup>19</sup>.

Una ricostruzione della originaria forma planimetrica del teatro, progettato da Ignazio Cantalamessa (Appendice A, § A.3), è desumibile dall'analisi del progetto, datato 1896, in cui viene riportata la pianta dello stato attuale, prima dei progettati interventi di trasformazione che investono il teatro alla fine del secolo (Fig. 1.6).

L'impianto planimetrico, contenuto all'interno delle originarie particelle di proprietà dell'Accademia Filodrammatica, presentava un atrio d'ingresso lungo e stretto; nei lati corti erano posizionate due nicchie con statue; di quella di sinistra in onore del poeta e librettista Pietro Metastasio si è conservato solo il basamento con l'iscrizione, in quanto murato durante i successivi interventi di trasformazione del teatro. Dall'atrio si accedeva ad un secondo corridoio di disimpegno, dove nella parte di destra era posizionata la scala di collegamento dei vari livelli.

**Nota 16**

ASAP. Fondo Catasti, Catasto dei Fondi Urbani, Sommarione dell'Impianto Urbano A. 1830, reg. n. 576; idem, Catasto urbano della città di Ascoli, A. 1835, reg. n. 707 e 708. In tale documento risulta che la natura del fondo è quella di locale ad uso di teatrino sito in via delle Torri e via Cornelia ai numeri civici 646 e 647, composto da n. 8 vani al piano 1°; n. 9 vani al piano 2° e di n. 7 vani al piano 3°. La Pigione è in totale di 30 scudi e l'estimo censuale è di 375 scudi.

**Nota 17**

Carducci G., 1987, pag. 192. L'A. riporta una notizia che verrà ripresa poi anche da altri studiosi locali, attribuendo erroneamente il quadro centrale del soffitto ed il sipario all'esecuzione del bolognese Niccolò Paoncelli. Si tratta evidentemente di un malinteso in quanto l'artista bolognese coinvolto nella realizzazione del sipario dei Filodrammatici è in realtà il ben noto Pietro Fancelli, ricordato come uno dei migliori esponenti della scuola felsinea.

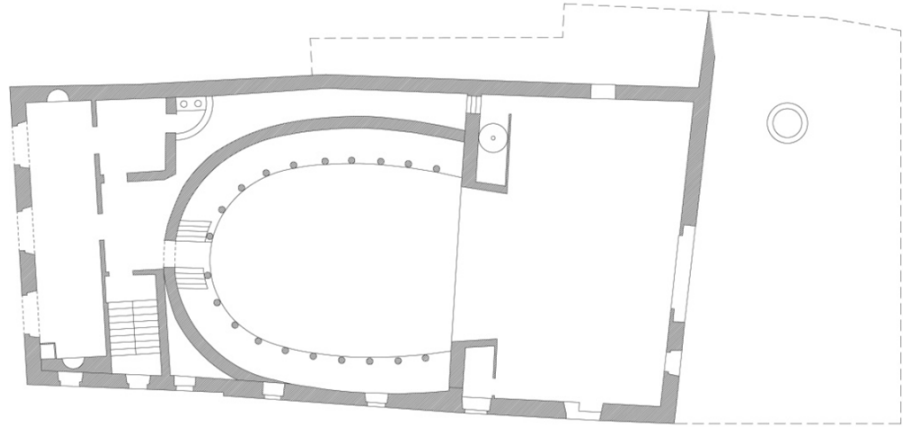
**Nota 18**

Papa Gregorio XVI (1765-1846) fu eletto il 2 febbraio 1831, dopo sessantaquattro giorni di conclave, scelto come successore di papa Pio VIII sul soglio pontificio.

**Nota 19**

La notizia è riportata in Capponi Mons. P. Can., 1905, pag. 67.

**Fig. 1.6** - Ricostruzione ipotetica della originaria forma planimetrica del teatro, progettato da Ignazio Cantalamessa.



**Nota 20**

A.S.A.P., *Delegazione Apostolica* – A.1835 B.15 fasc.1., Ascoli, 18 febbraio 1835 - Angelo Brini scrive al Delegato Apostolico (Appendice A, § A.4).

**Nota 21**

A.S.A.P., *Archivio Storico del Comune di Ascoli Piceno 1816-1860, Fasc.3 – Spettacoli - Anno 1830, 23 Aprile 1830. I Deputati del Pubblico Ornato relazionano al Consiglio in merito alla facciata del Teatro su Via delle Torri* (Appendice A, § A.6).

**Nota 22**

Nella ricca collezione di disegni conservata presso la Civica Pinacoteca di Ascoli Piceno, è stato possibile individuare il disegno preparatorio eseguito da Pietro Fancelli per il sipario del teatro; si tratta di un disegno preparatorio forse inviato dall'artista ai committenti ascolani perché potessero giudicare la qualità del lavoro che aveva intenzione di realizzare. La scelta di un pittore tanto rinomato e l'alta qualità compositiva e grafica del sipario confermano la lungimiranza e la cultura dei committenti ascolani del secolo scorso, disposti a non lesinare sulle spese pur di dotare la loro città di un teatro moderno ed efficiente, destinato alle rappresentazioni drammatiche, che si affiancava al "fratello maggiore", il Ventidio Basso, consono alle rappresentazioni liriche. Pietro Fancelli fu chiamato ad Ascoli grazie alla sua conoscenza con il Marchese Amico Ricci che visse nella prima metà dell'Ottocento a Macerata, interessandosi in particolare delle preziosità storico - artistiche della sua Regione. Nell'Epistolario fra i due personaggi è attestata la presenza in Ascoli del Fancelli fra il maggio del 1831 e il 1832. In tali lettere egli fornisce una sua idea del merito artistico di Ascoli, come richiestogli dal marchese. Cfr. Ambrosini Massari A.M., 2007, pagg.196+201.

Frontalmente si entrava nella sala teatrale a forma di ferro di cavallo, avente dimensioni di circa dodici metri di lunghezza e undici metri nel punto di massima ampiezza. Ai lati dell'ingresso due scalinate simmetriche conducevano probabilmente alla prima balconata, sostenuta da venti esili colonnine che delimitavano, a livello della platea, il camminamento perimetrale avente una larghezza di circa un metro. Il palcoscenico appare particolarmente ampio (dieci per quattordici metri) ma non siamo in grado di ricostruire con precisione se in esso fosse previsto il golfo mistico.

Nonostante la sua inaugurazione, il teatro, nel 1835, non era ancora totalmente completato, in quanto i lavori della facciata erano in fase di realizzazione e l'interno appariva ancora in costruzione<sup>20</sup>.

E' interessante evidenziare come sulla facciata del teatro, disegnata dall'ingegner Gabriele Gabrielli (Appendice A, § A.5), si apra in quel periodo, un ampio dibattito che investe soprattutto il decoro pubblico della via della Torri, in quanto le amministrazioni cittadine chiedono ed ottengono che essa venga arretrata per portarla in allineamento con gli edifici adiacenti<sup>21</sup>. Infatti, nella citata mappa di Ascoli del *Catasto Gregoriano* del 1816-20, la particella corrispondente all'edificio che si sarebbe di lì a pochi anni trasformato *ad uso di teatrino*, appare leggermente sporgente rispetto agli altri edifici prospettanti sulla stessa via delle Torri, mentre nella successiva mappa catastale del 1873, la stessa particella, ormai trasformata in teatro, presenta un fronte stradale lineare.

Per la realizzazione del sipario e del quadro centrale del soffitto della sala, venne chiamato l'artista bolognese Pietro Fancelli (Appendice A, § A.7), che li realizzò tra il 1831 e il 1832. Purtroppo tali opere sono andate perdute ma si conserva presso la Civica Pinacoteca di Ascoli Piceno un bozzetto, raffigurante *Ercole al Bivio* che mostra come l'artista avesse inteso realizzare il sipario del Teatro<sup>22</sup>. Il tema centrale della rappresentazione è stato spesso trattato dai pittori del Seicento, come dimostra il dipinto di Annibale Carracci, per il Palazzo Farnese di Roma. Secondo la figurazione, Ercole si appresta a seguire Minerva che gli indica la strada della Sapienza, mentre le Tre Grazie esprimono il rammarico per la scelta già fatta. Il disegno è realizzato a penna, matita, inchiostro ed acquarello, e l'uso sapiente di tali tecniche contribuisce ad accentuare gli effetti chiaroscurali di sicura efficacia scenografica, mentre l'impianto generale della composizione manifesta eleganti caratteri barocchetti d'ispirazione veneto - bolognese<sup>23</sup> (Figg. 1.7, 1.8).

Dopo il 1860, con la decadenza dell'Accademia Filodrammatica, il teatro viene gestito dal Comune fino al 1897 e di volta in volta ceduto per veglioni, riunioni elettorali e spettacoli di arte varia<sup>24</sup>.



**Fig. 1.7** - Bozzetto preparatorio del sipario rappresentante la figura mitologica di Ercole al bivio realizzato dall'artista bolognese Pietro Fancelli, tra il 1831 e il 1832. Civica Pinacoteca di Ascoli Piceno.



**Fig. 1.8** - Ercole al bivio dipinto da Annibale Carracci per il Palazzo Farnese di Roma.

**Nota 23**

Per le caratteristiche del bozzetto preparatorio per il sipario del teatro, si veda Papetti S., 1994, n.198, pag. 16; Papetti S., 1995, pag .8; Papetti S., 2005, pagg. 82+83.

**Nota 24**

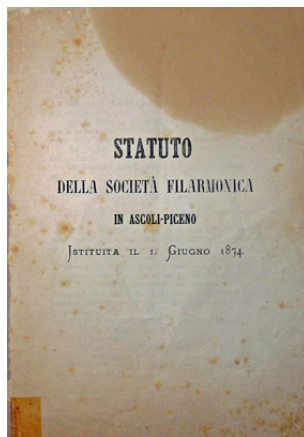
ASAP, Archivio Storico Comunale, A.1893, B.18, Spettacoli. Il 16 aprile 1893 il Presidente del Comitato Operaio Democratico Indipendente, Sig. Emidio Sestili chiede al Commissario del Municipio di Ascoli Piceno l'uso del Teatro Filodrammatico per riunioni elettorali. Il Commissario risponde che non può essere ceduto per uso permanente ma la richiesta deve essere inoltrata di volta in volta.

L'organizzazione del teatro, in quel periodo, viene descritta in una interessante scheda richiesta dal Ministero di Agricoltura Industria e Commercio tramite la Prefettura di Ascoli Piceno, a norma dell'art. 24 del Regolamento del 13 febbraio 1867 in esecuzione della Legge 25 giugno 1865 n. 2337 che riguarda le rappresentazioni di opere musicali o drammatiche per le quali era dovuto un premio agli autori o cessionari. I dati essenziali, descritti nella nota a firma del Sindaco, si riferiscono alla conformazione ad anfiteatro ed alla sua organizzazione *Non ha né palchi né ordini ma vi sono invece due Palchettoni*; vengono indicate anche le



**Nota 25**

ASAP, Fondo Prefettura, A. 1868, b.352 fasc. 2, “Oggetti diversi” - “Diritti d'autore” (Appendice A, § A.8).



**Fig. 1.9** – Frontespizio originale dello Statuto della società Filarmonica.

superfici ed il numero complessivo di posti pari a 300 persone: mq 68.30 la platea; mq 72.10 il palcoscenico; mq 27= il primo palchettone; mq. 29 = il secondo<sup>25</sup>.

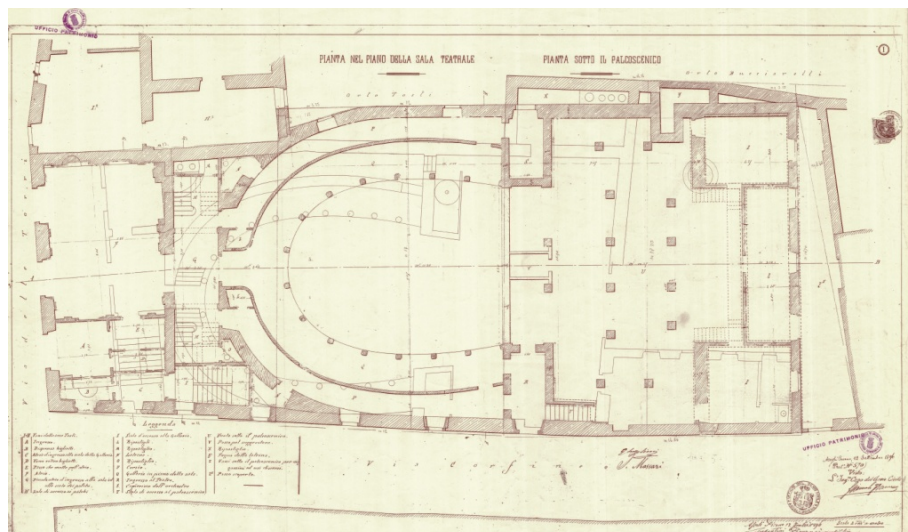
Solo alla fine del secolo, le rappresentazioni teatrali riprendono nuovo impulso grazie all'istituzione di una nuova *Società Filarmonica*. Essa si costituisce stabilmente il 1 giugno 1874<sup>26</sup> (Fig. 1.9), e la sera del 29 dello stesso mese si tiene l'inaugurazione nella sala maggiore dell'Istituto Tanini, dove pose la sua sede sino al gennaio del 1876<sup>27</sup>; dopo quella data si trasferì in alcune sale annesse al teatro Ventidio Basso, per concessione del Municipio. La Società si proponeva di promuovere e sviluppare la cultura dell'arte musicale mediante esercitazioni settimanali, intrattenimenti, accademie vocali e strumentali. Nell'anno 1881, senza perdere il suo carattere originario, si prefisse anche uno scopo pratico e di utilità popolare, istituendo una scuola di canto corale, mediante un aumento della quota mensile dei soci contribuenti ed attraverso sovvenzioni pubbliche. Nel 1880, la Giunta aveva fornito ampie assicurazioni sull'intenzione di restaurare quanto prima il teatro, dichiarando, nel contempo, che l'Ufficio Tecnico aveva ricevuto l'incarico di redigere il progetto<sup>28</sup>.

Il 9 aprile 1897 la Società si costituisce con atto legale in ente giuridico e l'anno successivo acquista il Teatro dei Filodrammatici per trasferirvi la propria sede che era provvisoriamente nei locali superiori del Teatro Ventidio Basso<sup>29</sup>.

L'incarico di eseguire un progetto di trasformazione venne affidato a Giovanni Serpentine (Appendice A, § A.9) che già nel settembre del 1896 aveva elaborato una proposta progettuale (Figg. 1.10, 1.11, 1.12) per sottoporla al vaglio del Genio Civile.

**Fig. 1.10** – Disegni del Teatro dei Filarmonici realizzati da Giovanni Serpentine nel 1896 – Pianta.

Ufficio Patrimonio Comune di Ascoli Piceno.



**Nota 26**

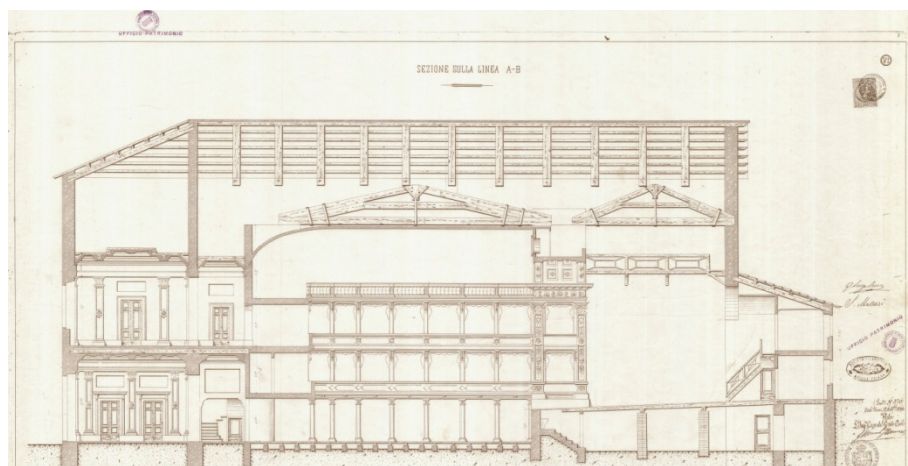
AP, Statuto della Società Filarmonica in Ascoli Piceno istituita il 1 giugno 1874, Ascoli Piceno, 1874, pp. 1-18. all'art.2 del Cap.I sono individuati gli scopi della Società: “Essa ha per iscopo di promuovere e favorire la coltura dell'Arte Musicale col mezzo dei trattenimenti, delle Accademie e di qualunque altro esercizio”.

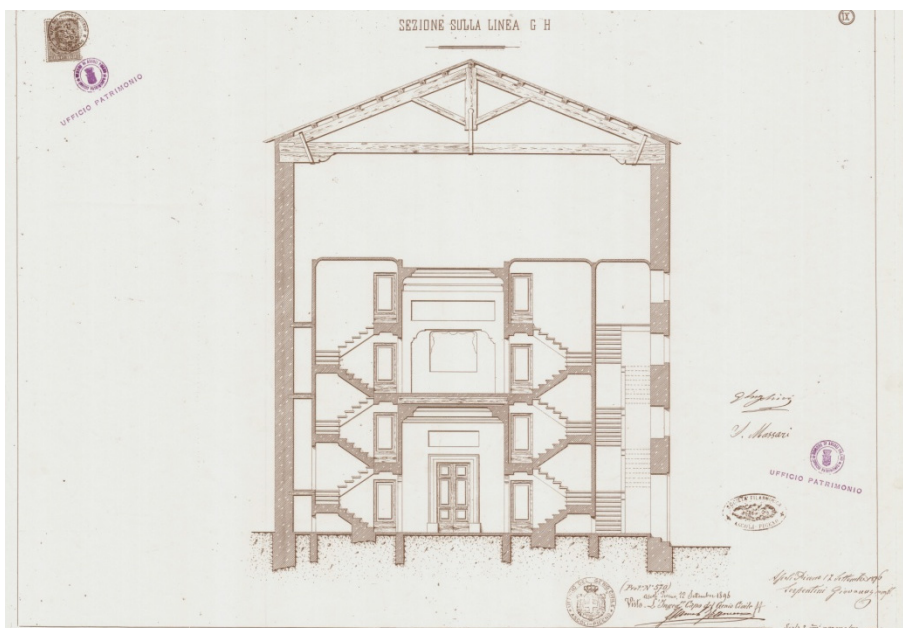
**Nota 27**

Castelli, G., 1899, pagg. 272+275. L'A. nel Cap.IX - Scuole Elementari, cita il maestro Tito Tanini di Siena che venne ad Ascoli intorno al 1846 e vi importò l'impostazione pedagogica che avevano determinato in Toscana un sensibile risveglio educativo. Il Tanini aprì una scuola privata che venne frequentata dai figli delle famiglie più liberali della città. Il metodo e i buoni libri che egli introdusse, consentirono un incremento dell'istruzione primaria della città. Non è quindi improbabile che il Tanini abbia sostenuto l'Accademia Filarmonica nei primordi della sua costituzione. Si veda anche Luna L., 1996, pag. 10.

**Fig. 1.11** – Disegni del Teatro dei Filarmonici realizzati da Giovanni Serpentine nel 1896 – Sezione longitudinale.

Ufficio Patrimonio Comune di Ascoli Piceno.





**Fig. 1.12** – Disegni del Teatro dei Filarmonici realizzati da Giovanni Serpentini nel 1896 – Sezione trasversale. Ufficio Patrimonio Comune di Ascoli Piceno

**Nota 28**

ASAP, ASC, A.1888, 21, Stampe: "Filodrammatica – Parecchi Signori di buona volontà si occupano alacremente intorno alla ricostruzione della Filodrammatica coll'intento di unirla alla Filarmonica".

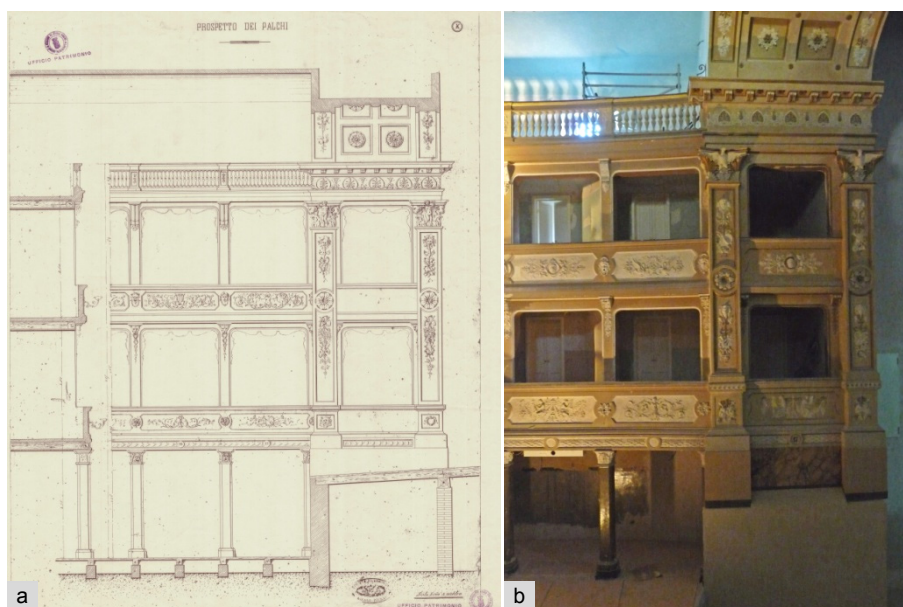
**Nota 29**

S.A., Brevi cenni della Società Filarmonica, Ascoli Piceno, s.d., pag. 4 (Appendice A, § A.10).

**Nota 30**

Gabrielli R., 1929, pagg.100+101. "L'ultimo importante lavoro d'arte compiuta dal Paci in Ascoli fu le decorazioni plastiche del Teatro dei Filarmonici, rimesso completamente a nuovo nel 1898 ma rovinato colla insana deturpazione della sua facciata... Giorgio Paci fu uomo di alta statura, dall'aspetto aristocratico, tutto chiuso nell'immutabile abito nero. Ebbe spirito calmo e sereno, squisita bontà e insuperata gentilezza. Queste doti si rispecchiano nell'opera sua d'artista, fatta di purissime ed armoniose linee ed ispirata quasi sempre alle profonde e soavi pagine delle sacre scritture. Nella sua famiglia l'arte non fu un mestiere ma una religione. Dal 1861 fino a pochi anni prima della morte, tenne cariche pubbliche, distinguendosi sempre per profondo zelo, integrità di carattere e per competenza". Idem, Gli scultori Marchigiani. Giorgio Paci, in "Picenum. Rivista Marchigiana Illustrata", A.XI, n.5, 1914, pagg.131+138. L'A. elenca le opere compiute dal Paci nel Teatro Ventidio Basso e molte altre che arricchiscono con pregevoli decorazioni palazzi e chiese cittadine. Cfr. Teodori V., 2001, pag. 210 in cui viene illustrata la decorazione delle balaustrate dei vari palchi del teatro Ventidio Basso eseguite dagli scultori Giorgio (1820-1914), Emidio (1809-1875) e Giovanni (1815 - 1846) Paci.

Il Teatro presentava uno sviluppo planimetrico rettangolare e si articolava in vari corpi di fabbrica, fra i quali il più significativo era quello che ospitava la sala teatrale. Tale sala conservava l'originaria pianta a ferro di cavallo (Appendice A, § A.11) ma veniva avvolta da due ordini di 17 palchi che terminavano con un loggione a balconata, poggianti su 14 colonnine in muratura di sezione quadrata, con basamento e capitelli in stucco che formavano una galleria a livello della platea. L'imposta dell'arco scenico era formata da una trabeazione arricchita da due angeli in stucco che reggevano la ghirlanda al cui centro era posizionato l'orologio. Le vecchie decorazioni vennero totalmente sostituite per opera del pittore Giorgio Paci, che realizzò un apparato figurazioni di notevole pregio artistico<sup>30</sup> (Fig. 1.13).



**Fig. 1.13 a)** – Prospetto della decorazione dei palchi realizzati dal pittore Giorgio Paci. Ufficio Patrimonio Comune di Ascoli Piceno.

**Fig. 1.13 b)** - Stato attuale delle decorazioni dei vari ordini di palchi.

La facciata principale venne modificata con l'eliminazione del timpano triangolare di coronamento. La trasformazione della facciata non venne accolta favorevolmente dal

pubblico, tanto che il Gabrielli commentò negativamente l’esecuzione dei lavori<sup>31</sup> (Fig. 1.14).

**Fig. 1.14** – La facciata del Teatro prima e dopo gli interventi di restauro avviati nel 2001.



**Nota 31**

Gabrielli R., 1929, pag. 100. L’A. nel riportare la notizia della demolizione del timpano di coronamento della facciata del teatro, afferma che sia stato “... rovinato colla insana deturpazione della sua facciata”.

**Nota 32**

Una tavola lignea murata nel basamento del boccascena ci offre la testimonianza che “Questo palcoscenico fu fatto nel 1898 nella rivoluzione del 1°, 2, 3 e 4 Maggio allo scopo di evitare la fame che infliggeva questa città”. Seguono i nomi degli esecutori materiali dell’opera. Le date riportate sulla tavola fanno riferimento ai tumulti del 1898. Il malcontento sociale trovò la sua causa più immediata nell’aumento del prezzo del grano. In quell’anno, infatti, il prezzo medio per ettolitro del frumento raggiunse la punta massima del ventennio 1880-1900, pari a 19,28 Lire.

Cfr. S.A., I tumulti a Ascoli Piceno, in “Il Centrale”, anno I, n. 43, 4-5 maggio 1898; S.A. I tumulti nella Provincia di Ascoli, in “Il Centrale”, anno I, n. 44, 6-7 maggio 1898; S.A., I tumulti a Ascoli Piceno, in “Il Centrale”, anno I, n. 43, 4-5. maggio 1898. Cfr. anche Pellegrino A., 1997, pagg. 301+303.

Nel maggio del 1898 si pose mano alla sistemazione della zona del palcoscenico, con l’ampliamento del proscenio, l’eliminazione dello spazio per l’orchestra e l’ampliamento del retropalco, con la costruzione dei camerini<sup>32</sup> (Fig. 1.15).

Lo sforzo sostenuto dalla Società Filarmonica ricevette il plauso del Ministero della Pubblica Istruzione per “la istituita scuola corale augurando alla città di Ascoli rapidi progressi e nuove benemerenze nell’arte musicale, sottolineando in particolar modo l’entità della spesa sostenuta “con le soliti oblazioni individuali”, tanto da definire l’opera come una vera “Fatica d’Ercole”<sup>33</sup>. Nel novembre del 1898 avvenne l’inaugurazione, con una stagione lirica inaugurata dal “Rigoletto” di Verdi e dal “Barbiere di Siviglia” di Rossini, come attestato dal manifesto conservato presso la Biblioteca Comunale<sup>34</sup> (Fig. 1.16).

**Fig. 1.15** – Tavola lignea murata nel basamento del boccascena che testimonia la data di esecuzione dei lavori “Questo palcoscenico fu fatto nel 1898 nella rivoluzione del 1°, 2, 3 e 4 Maggio allo scopo di evitare la fame che infliggeva questa città”.



**Nota 33**

Cfr. S.A., n. 43, 4-5 maggio 1898.

**Nota 34**

ASAP, ASC, A.1898, B.20 fasc.4, Ascoli Piceno 31 ottobre 1898, Il Presidente della Società Filarmonica di Ascoli Piceno scrive all’Ill. Sig. Sindaco (Appendice A, § A.12).

**Nota 35**

Mariotti C., 1925, pagg. 86+87. L’A. cita il Teatro Filarmonico e ne data la costruzione al 1832 con una successiva trasformazione ad opera della Società Filarmonica. Da essa poi passò al Sig. Vincenzo Marini “... che lo apre al pubblico più volte l’anno con spettacoli di vario genere”.

Dal 1898 e durante il primo decennio del ‘900 si tennero nel Teatro numerose rappresentazioni e vi si svolsero anche veglioni e feste varie, come attestano numerosi documenti d’archivio conservati nel fondo “Spettacoli”, dell’Archivio Storico Comunale. Ben presto la Società Filarmonica entrò in difficoltà finanziarie tanto da dover mettere all’asta il teatro che venne acquistato dalla famiglia Marini<sup>35</sup>. Le prime rappresentazioni cinematografiche risalgono al 1913 e, praticamente dal 1917 il teatro fu destinato stabilmente a questa attività (Appendice A, § A.13).

Fra le ultime rappresentazioni vale la pena ricordare un’eccezionale esibizione del Circo Equestre Internazionale del cavaliere Bizzarro, avvenuta nel dicembre 1924<sup>36</sup>. Sempre nell’anno 1924 il teatro ospitò un’interessante sperimentazione consistente nella messa in visione di una pellicola con sincronizzazione tra lo schermo e l’orchestra, fra i primi tentativi di istituire un sonoro nella proiezione delle immagini<sup>37</sup>. Nella prima metà del ‘900 le rappresentazioni furono di frequente sospese a causa di urgenti lavori di restauro, modifiche ed ammodernamenti, come quella del Gennaio 1932 per l’istallazione di un moderno proiettore cinematografico, nel 1942, 1946 e

1947 che portarono ad un aumento della capienza complessiva del teatro attraverso la realizzazione di nuove uscite di sicurezza. La sala venne definitivamente chiusa nel febbraio del 1990<sup>38</sup> (Fig. 1.17, 1.18).

Il Teatro dei Filarmonici perse così definitivamente il suo aspetto di uno spazio ottocentesco per essere trasformato in una struttura maggiormente adatta alle rappresentazioni di vario genere. Gli stucchi furono tinteggiati di un colore uniforme che ne appiattì i rilievi e le pareti pianie assunsero coloriture beige e marrone chiaro. Venne smontato l'originario lampadario centrale ed in corrispondenza della chiave dell'arco scenico, i due angeli in stucco persero una ghirlanda al cui centro era un tempo posto l'orologio, non più esistente. Sul palcoscenico gli originali sipari vennero sostituiti dallo schermo di proiezione fisso per gli spettacoli cinematografici.

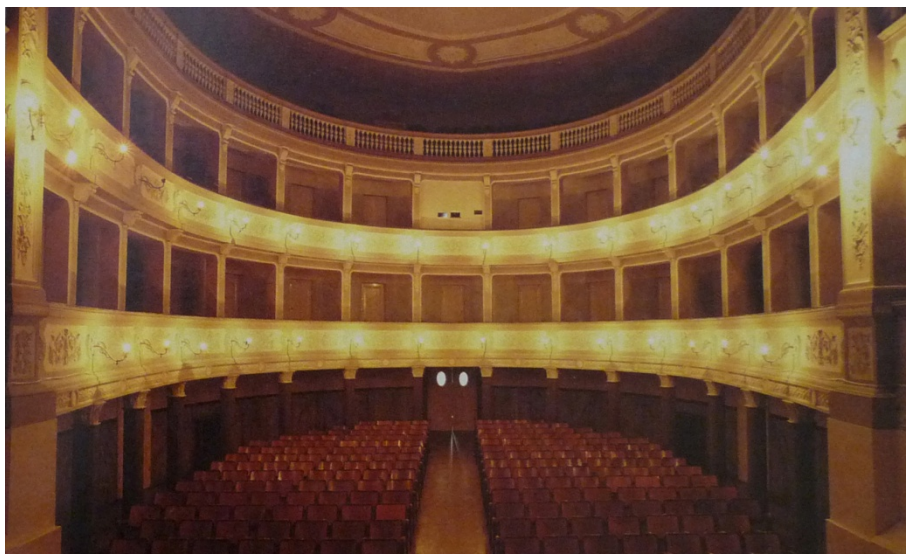


Fig. 1.16 – Manifesto della stagione di inaugurazione del Teatro del 1898.



Fig. 1.17 – Foto dell'Atrio del Teatro della seconda metà degli anni '80.

Fig. 1.18 – Foto dell'interno del Teatro risalente al periodo in cui veniva utilizzato come cinematografo.

Periodicamente furono effettuati alcuni lavori agli apparati decorativi della sala a ferro di cavallo, delimitata dagli ordini e dal loggione che risultava non agibile. Dal 1994 il teatro è di proprietà dell'Amministrazione comunale<sup>39</sup>, che ha già da alcuni anni avviato un'azione di recupero, per soddisfare la sempre crescente richiesta di spazi per manifestazioni pubbliche, soprattutto in relazione al crescente numero di compagnie teatrali locali. Il complesso, prima degli interventi di restauro, iniziati nel marzo 2001 presentava un avanzato stato di degrado, sia per il lungo abbandono che per la scarsa qualità dei materiali utilizzati durante gli adattamenti della fine dell'Ottocento.

### 1.5. Caratteri stilistici e costruttivi del Teatro e descrizioni dei suoi restauri

L'impianto tipologico del Teatro è stato progettato prestando grande cura all'organizzazione generale degli spazi ed alla facciata monumentale dell'edificio verso lo spazio pubblico<sup>40</sup>. Infatti, la facciata principale, su via delle Torri, è caratterizzata da una suddivisione in tre ordini: il basamento bugnato, su cui si aprono i tre portoni archivolati d'ingresso, è interamente in travertino, ed è arricchito, nella parte inferiore da uno zoccolo liscio dell'altezza di cm. 80 circa, alla quota dell'imposta degli archi delle porte d'ingresso da una cornice sagomata e, nella parte superiore da una trabeazione completa, il cui attico (dalla superficie intonacata) costituisce la base dell'ordine superiore; questo, corrispondente al salone del primo piano, è composto da una serie di otto lesene binate di ordine dorico-toscano leggermente rastremate, tra le quali si aprono tre finestroni architravati con cornice in

#### Nota 36

Per la ricostruzione dello spettacolo del Circo Equestre Internazionale del Cav. Bizzarro si veda BCAP, Fondo Riviste storiche, s.c. EJA!, n.40 del 6 dicembre 1924; n.41 del 13 dicembre 1924; n.42 del 20 dicembre 1924. Le rappresentazioni del Circo all'interno del Teatro riscossero un'enorme successo tanto da essere prorogate fino al periodo di Natale. Gli spettacoli in esso previsti erano di vario genere: numeri di equilibrio, balletti, attrazioni di cavalli, intrattenimento di clowns e tonies. Il programma prevedeva anche l'esibizione di scimmie e cani ammaestrati. Complessivamente il circo era composta da 40 persone e 20 cavalli. Il suo fondatore era stato Giuseppe Bizzarro, di origini siciliane che, all'indomani del tragico terremoto che colpì Messina nel 1908, ospitò sotto il suo tendone superstiti e feriti, dilettanti con spettacoli circensi. Attualmente il circo è ancora in attività.

travertino, incorniciati da una seconda cornice archivoltata con, all'altezza dell'imposta degli archi, una fascia sagomata che corre lungo tutto il prospetto principale. Alla sommità delle lesene vi è una trabeazione su cui poggia il terzo ordine, formato da quattro gruppi di due modiglioni in corrispondenza delle lesene sottostanti, tra i quali si aprono tre basse finestre architravate, prive di cornice. I modiglioni a loro volta sorreggono il cornicione terminale su cui originariamente poggiava il timpano triangolare, oggi ridotto ad un finto parapetto rettangolare. L'intera decorazione svolta, sull'angolo di via di Corfinio, per una profondità di circa un metro. Il prospetto laterale, oggi intonato, mostrava con chiarezza la sua originaria derivazione da un edificio a tre piani Sei-Settecentesco (a sua volta rifusione di almeno due costruzioni preesistenti); su di esso si aprono, al piano terra, quattro portoncini architravati, coevi al teatro. Del prospetto originario sono rimaste nove finestre (n. 4 al 1° piano e n. 5 al 2° piano) con cornice sagomata e davanzale in travertino, in parte murate a seguito della trasformazione operate all'interno del teatro. Tra di esse, sono posizionate quattro piccole finestrelle aperte successivamente per dare luce ai corridoi anulari dei due ordini di palchi. La parte terminale del prospetto, con 4 finestre in asse, è di fattura ottocentesca (probabile ampliamento del 1897 – 1899), così come la parte accessoria dei camerini, articolata su due livelli, che mostra nella parte inferiore elementi murari in travertino preesistenti. L'impostazione progettuale del teatro deriva quindi dalla fusione tra il teatro da sala e il teatro per tornei rinascimentali. Dal primo deriva l'arcoscenio e lo sviluppo tecnico del retroscena e dei macchinari; dal secondo deriva la tribuna sovrapposta. L'autonomia spaziale della sala si presta alla funzione di luogo per assistere allo spettacolo ed a quella di “teatro nel teatro”, in quanto luogo di ritrovo della società borghese per esercitare le forme di relazione sociale. Ciò era favorito dalla disposizione dei palchi sovrapposti che alludevano anche a differenze di classe, e dai quali si poteva guardare ciò che avveniva nella sala.

I vari ambienti del teatro, sono organizzati intorno ad un asse longitudinale est-ovest che rappresenta anche il loro asse di simmetria. L'atrio, comunica con via delle Torri attraverso i tre ingressi principali ed è rialzato dal piano stradale di circa 30 cm; ha un impianto planimetrico rettangolare ed è articolato in due diversi ambienti comunicanti: il maggiore è coperto da un soffitto a cassettoni in stucco e decorato, nelle pareti, da 14 lesene di ordine composito con trabeazione ed elementi in stucco. L'ambiente minore aveva un soffitto in camorcanna, che in gran parte è andato perduto ma di cui si vede l'imposta decorata con motivi geometrici. Dall'atrio si accede, tramite un locale di disimpegno, alla platea che contiene due corridoi laterali per il passaggio al palcoscenico ed al sottopalcoscenico.

La sala ha la forma di ferro di cavallo, che è considerata il tipo più evoluto del teatro italiano d'opera. Essa è costituita da un semicerchio raccordato con il boccascena da due curve opportunamente studiate per migliorare gli effetti dell'acustica e della visibilità. Essa è delimitata da due ordini di 17 palchi ed un loggione, il tutto poggiante su una serie di 14 colonnine in muratura che delimitano gli ambulacri di disimpegno per le diverse file di poltroncine. Il pavimento, è leggermente inclinato verso il palcoscenico, con una pendenza di circa 20 cm. Le pareti delle gallerie sono rivestite da uno zoccolo verniciato a finto marmo grigio, mentre le colonnine di sostegno dei due ordini, a sezione quadra con angoli smussati, sono attualmente dipinte in tinta verde scuro ed hanno basi e capitelli con figure in stucco bianco.

L'intera decorazione della sala è affidata a pannelli in stucco realizzati dal Paci, raffiguranti le Arti in forma allegorica, posti intorno alle balaustre dei due ordini di palchi. Il corridoio di distribuzione del primo ordine è analogo a quello posto al piano terra e presenta una copertura in camorcanna leggermente arcuata. Su di esso si aprono diciassette palchi: uno centrale d'onore senza particolari soluzioni decorative, probabilmente quello che le amministrazioni cittadine avevano preteso come corrispettivo per il contributo concesso alla costruzione del teatro, due di proscenio,

**Nota 37**

BCAP, Fondo Riviste storiche, s.c., EJA!, n.39 del 29 novembre 1924 riporta la notizia secondo la quale si era tenuta nel Teatro una proiezione con sincronizzazione tra lo schermo e l'orchestra, dal titolo Haydée.

**Nota 38**

Marinelli G., 2001, pag. 4. Viene riportata la notizia sulla chiusura definitiva del teatro in quanto non più rispondente alle normative di sicurezza nei locali di pubblico spettacolo.

**Nota 39**

Con atto Rep.n.100503 del 30/12/1994 l'Amministrazione Comunale acquista dagli eredi Marini "... il complesso edificio con piccola corte annessa, denominato Teatro Filarmonici sito in Comune di Ascoli Piceno tra Via di Corfinio, Rua dei Seriani e Via delle Torri.

**Nota 40**

La facciata, già restaurata da alcuni anni, attraverso uno studio particolarmente attento delle cromie originarie relative alle parti in stucco, in modo da esaltarne il contrasto con quelle in travertino, si pone in condizioni di visibilità differenti. In origine, la stretta via degli Armillei consentiva, nel punto di confluenza con via delle Torri una visione d'angolo del teatro che era stata sottolineata con il risvolto, per circa un metro degli elementi architettonici di facciata. A seguito della creazione del Largo Clementi, databile nella prima metà del '900, la facciata è osservabile da una distanza maggiore e ciò consente una vista complessiva dei registri architettonici che si sviluppano per sottolineare i vari livelli. Sulle caratteristiche della facciata si veda anche Quinterio F., 2004, pagg. 153-154. L'A. sottolinea come ad Ascoli "...alcuni piani basamentali cominciano nella seconda metà dell'800 ad essere tappezzati dal rivestimento a bugne piane, o lievemente arricciate a stucco, tali da assorbire nel connettivo qualsiasi incorniciatura di porta, se non ricorrendo alla convergenza del bugnato raggiato in prossimità delle aperture architravate o centinate, come nel teatro dei Filodrammatici".

quello di sinistra in diretta comunicazione con il palcoscenico e sette palchi intermedi, alcuni dei quali erano comunicanti tramite una porta in legno ancora visibile. I palchi, divisi da setti in muratura leggera convergenti verso il centro del boccascena sono di piccola dimensione e probabilmente erano dotati di sedie, andate completamente perdute. Il secondo ordine è identico al primo per la disposizione dei palchi ma solo per due di essi è possibile un collegamento. In corrispondenza del palco centrale si accede al foyer, coperto da una volta a padiglione in camorcanna decorata con pittura monocroma a motivi pompeiani, arricchita da una cornice perimetrale in grigio e oro, delimitata da un fitta dentellatura che con il suo chiaro scuro sembra sporgere dal filo della parete. Sui lati corti del soffitto figurano alcuni simboli musicali mentre su quelli lunghi sono presenti quattro ovali con al centro la figura simbolica del cigno. Al di sotto delle pitture parietali sono emersi nel corso dei lavori di restauro, alcune interessanti raffigurazioni in prospettiva che mostrano, in primo piano un partito architettonico di colonne corinzie, dal fusto liscio ma leggermente rastremato che a circa un terzo dell'altezza presenta un rigonfiamento detto entasi, accentuato soprattutto nelle colonne più arcaiche. Dietro al primo colonnato corinzio si scorgono due nicchie, sempre disegnate in forma prospettica con paraste corinzie che sorreggono una volta a lacunari di chiara impostazione classica. Probabilmente, tale sistema decorativo parietale era stato realizzato nella prima fase di costruzione del teatro, mentre il soffitto, di fattura più recente, può ricondursi alla fase dei lavori condotti dal Serpentine nel 1898. Dal secondo ordine, le due scale proseguono fino al piano del loggione che si affaccia verso la platea con balaustra composta da colonnini in legno. Dal livello del loggione si sale poi al sottotetto e si può accedere ad un ampio salone, al di sopra del foyer che riceve illuminazione tramite tre finestre rettangolari, ricavate nel piano attico della facciata. L'illuminazione della sala (priva del lampadario originario del quale nel sottotetto, si vede la piattaforma di manovra) era affidata a 28 appliques floreali in metallo dorato ad una luce (prive del calice di vetro) in corrispondenza dei setti divisorii dei palchi, e da due appliques dello stesso tipo, a sei luci poste in corrispondenza dell'ordine gigante. La spazialità della sala è conclusa da un plafone purtroppo privo delle decorazioni centrali, che sono ancora visibili in una cartolina illustrata risalente agli inizi del '900 raffigurante la sala interna del teatro (Fig. 1.19)<sup>41</sup>.



Fig. 1.19 – Cartolina illustrata risalente agli inizi del '900 raffigurante la sala interna del Teatro. Si nota la decorazione centrale del plafone non più esistente. ASICAP, Raccolta di illustrazioni d'epoca, s.c.

**Nota 41**

ASICAP, Raccolta d'illustrazioni d'epoca, s.c.. Cartolina postale datata 19/4/1905, raffigurante l'interno del Teatro dei Filarmonici.

Gli attuali motivi decorativi sono costituiti da pannelli a motivi floreali a cui si alternano otto medaglioni con cupidi, formanti una fascia che corre tutt'intorno al plafone leggermente voltato, realizzato con struttura in camorcanna sospesa alle capriate di copertura mediante tirantatura.

L'imponente arco scenico presenta in chiave una coppia di angeli in leggero rilievo che recano in mano una tromba e reggono al tempo stesso la ghirlanda al cui centro trovava posto l'orologio, non più esistente. L'intradosso dell'arco è arricchito da un profondo cassettonato in stucco, arricchito da motivi floreali in oro al centro di ogni quadrato.

La bocca dell'opera e il sipario, anch'esso perduto, dividevano la scena dal pubblico presentandola come un quadro animato, incorniciato dalla ricca architettura dell'arco scenico. La fossa dell'orchestra, inoltre, aumenta la distanza apparente tra pubblico e palcoscenico. Questo elemento, introdotto dal teatro tedesco, è stato definito da Wagner “*Golfo Mistico*” perché doveva separare il reale dall'ideale.

Il teatro è caratterizzato dall'ampia zona del palcoscenico dove si sviluppano gli ambienti accessori. Si realizza in questo modo la contrapposizione spaziale tra l'ambiente-sala e il palcoscenico, derivante dalla concezione prospettica rinascimentale della scena, definita da Gropius “*palcoscenico vetrina*”. Lo spazio illusorio della scena è svincolato e contrapposto a quello reale della sala, e la sala a sipario chiuso è un ambiente autosufficiente.

Le strutture di copertura del teatro, il plafone e molte parti degli apparati decorativi erano costruite in legno, materiale ampiamente utilizzato nella costruzione dei teatri, anche in virtù delle eccellenti prestazioni acustiche, riconosciute già dai tempi di Vitruvio, e sempre celebrate dai trattatisti<sup>42</sup>. La sensazione sonora all'interno di un teatro in legno è infatti profondamente diversa rispetto a quella che si potrebbe avere in un teatro costruito in calcestruzzo seppure in presenza di forma identica ed assorbimenti equivalenti. Questo dato è rilevabile anche all'interno della trattatistica, nella quale è utilizzata con certa assiduità la metafora del teatro come strumento musicale. Proprio allo scopo di preservare la natura di alcuni elementi che, anche se non visibili, si è attuato un intervento particolarmente rispettoso delle componenti materiche e strutturali della fabbrica.

Dalle indagini condotte, durante i lavori di restauro del 2001, si è potuto accertare che il legno era in parte ancora efficiente e poco attaccato dagli agenti patogeni, soprattutto nelle varie componenti delle capriate, per cui si poteva ipotizzare un riutilizzo del materiale integrandolo, con alcuni innesti laddove si concentravano le forme più accentuate di degrado, anche mediante sostituzioni parziali e rinforzi metallici, in corrispondenza delle catene e dei puntoni lignei. Gli interventi sul tetto sono stati completati dalla realizzazione di un doppio tavolato quale piano di appoggio “*rigido*” costituito da una struttura reticolare piana di acciaio con funzione di miglioramento sismico e da un cordolo in acciaio sulla sommità delle mura perimetrali. Il plafone della grande sala teatrale è composto, come nella maggior parte dei teatri marchigiani, da una volta in camorcanna con struttura portante lignea avente una luce massima di 16 m, una minima di 15,60 m ed una lunghezza trasversale di 14,80 m. La struttura portante lignea è collegata ai muri in elevato con appoggi murati mentre il sistema di collegamento alla copertura era originariamente ottenuto mediante piattine in ferro di dimensioni 30x5 mm. Alla struttura lignea è agganciato lo stuoiato di canne che costituisce il supporto alla stesura dell'intonaco, in due strati sovrapposti la cui composizione è stata sottoposta ad un'attenta analisi di laboratorio. Il plafone era interessato da fenomeni di degrado strutturale, con avvallamenti in più zone e distacchi localizzati con rischio di ulteriori cedimenti e crolli, che resero urgente l'intervento di consolidamento.

#### Nota 42

Per delineare una ricostruzione della trattatistica in materia, occorre riferirsi primariamente a Marco Vitruvio Polione, *De Architettura*, a cura di Pierre Gros, Einaudi, 1997. Si vedano anche Motta Carini F., 1676; Riccati F., 1790; Milizia F., 1794. Ristampa anastatica a cura di Forni Editore, 1969; Tamburini E., 1984.

## CAPITOLO 2

---

### LA CONOSCENZA COME STRUMENTO DI PROGETTO

#### 2.1. Introduzione

Il teatro "all'italiana" si configura come una delle strutture tipologicamente più diffuse del nostro Paese, perché prodotto storico del melodramma, movimento di cui l'Italia è stata tra il 1700 e il 1800 la culla e il luogo d'elezione.

In particolare, all'interno dell'edificio teatrale sono spesso presenti strutture in legno di particolare valore storico e artistico che ne compongono la sala, quali i palchetti, i plafoni in camorcanna di pregio e le ardite capriate di copertura.

In questi ultimi anni numerosi Enti Pubblici e privati hanno iniziato una politica, tutt'ora in corso, di recupero, valorizzazione e di tutela del patrimonio architettonico teatrale presente nei propri territori, ma l'eccessiva fiducia nella tecnologia e nell'uso di materiali contemporanei e la scarsa conoscenza delle soluzioni tecniche di un tempo, ha portato spesso a smantellare la grande cultura costruttiva dei nostri artigiani custodita dai vari elementi lignei presenti, in nome di un problema di sicurezza e agibilità legato alla salvaguardia dell'incolumità pubblica, utilizzando soluzioni tecniche precostituite e mutate da una casistica spesso decontestualizzata<sup>1</sup>.

Molti interventi realizzati sulle capriate lignee, ad esempio, hanno fatto ampio uso di betoncino epossidico armato per la sostituzione dei nodi puntone-catena ammalorati stravolgendo, di fatto, l'originaria concezione statica e costruttiva di tali elementi. Alla stessa stregua, su molti plafoni di notevole pregio artistico posti a copertura della sala si è intervenuti con ampie fasciature estradossali in FRP, che di fatto, incrementano sì la sicurezza e la resistenza di tutta la struttura, ma, come hanno evidenziato recenti ricerche, non salvaguardano affatto l'intradosso di pregio, introducendo anzi ulteriori vulnerabilità per quest'ultimo<sup>2</sup>. La "cultura del cemento armato" ha inoltre portato ad intervenire pesantemente anche sui palchetti con l'inserimento di cordolature e solette, o addirittura con la sostituzione di tutto l'apparato ligneo con strutture intelaiate in nome di una non ben quantificata sicurezza sismica<sup>3</sup>. Certo è che le linee moderne del restauro architettonico stanno ponendo sempre più l'accento sui contenuti culturali e materiali, specialmente a carattere locale, di ogni contenitore storico, e dei relativi elementi costruttivi presenti all'interno, ovvero al portato di *informazioni* che questi ultimi sono in grado di testimoniare e che, non di rado, risulta a prima vista nascosto. La conservazione di queste *informazioni*, nella loro accezione più ampia, giunte fino a noi, che possono ancora testimoniare quel lungo percorso di conoscenze che si sono sedimentate nel corso dei secoli e a cui dobbiamo, oggi, la nostra cultura costruttiva, appare, quindi, uno degli obiettivi primari del progettista<sup>4</sup>.

Conoscere gli strumenti e le soluzioni tecniche del passato e gli scopi a cui esse erano preposte, si mostra, quindi, sempre più rilevante per poter progettare un intervento di recupero e conservazione pienamente consapevole e rispettoso. A tal proposito, risulta di notevole interesse comprendere l'effettiva bontà delle soluzioni

---

#### Nota 1

Quagliarini E., 2008, pag. 7.

---

#### Nota 2

Quagliarini E., D'Orazio M., 2009.  
Quagliarini E., D'Orazio M., Stazi A. 2006.  
Quagliarini E., D'Orazio M., Stazi A. 2004.

---

#### Nota 3

Quagliarini E., 2005.  
Stazi A., D'Orazio M., Quagliarini E. 2002.

---

#### Nota 4

Quagliarini E., 2006b.  
Doglioni F., 2000.



**Nota 5**

Quagliarini E., 2006c.

**Nota 6**

Dogliani F., 2000.

**Nota 7**

Camertoni P., 2007-2008.

tecniche originarie per scoprirne pregi e difetti alla luce delle attuali conoscenze e poter così intervenire solo laddove effettivamente necessario<sup>5</sup>.

In questa impostazione, ne deriva che la comprensione approfondita e contestualizzata dei vari elementi deve entrare a far parte dell'*input iniziale* del progetto e costituirne uno specifico obiettivo. In tal senso, l'obiettivo in cui si inserisce questo contributo non è quello di fornire soluzioni preconfezionate ai problemi inerenti gli oggetti di studio, quanto piuttosto provare a suggerire una metodologia di riferimento con cui ricercare tali soluzioni e metterle a fuoco in ciascun caso tenendo conto di esperienze più generali. Ovvero, mettere in risalto, tra le molteplici soluzioni progettuali, quelle che abbiano l'obiettivo, oltre che della salvaguardia della materia del bene oggetto di intervento, dei suoi aspetti storico - culturali e delle soluzioni tecnologiche e statiche, di catturare i segnali che i vari elementi possono ancora testimoniare, facendone il punto di riferimento per l'intervento futuro. Ne deriva che l'intervento appare, perciò, improntato ad essere quello strettamente necessario e sufficiente a raggiungere lo scopo, ovvero, mirato e motivato: una precisa risposta terapeutica e il risultato di un percorso a fronte di una precisa diagnosi di carenza o di vulnerabilità e non una previsione indifferenziata, non mirata e generica, che conduce, come spesso è accaduto, alla sostituzione generalizzata delle strutture lignee. Prevale perciò la tendenza a ritenere che, se interventi affiancati e non invasivi consentono di conservare meglio l'opera, il loro impatto visivo è comunque più accettabile, ove non ostentato e opportunamente contenuto, rispetto ad interventi di radicale sostituzione e ricostruzione.

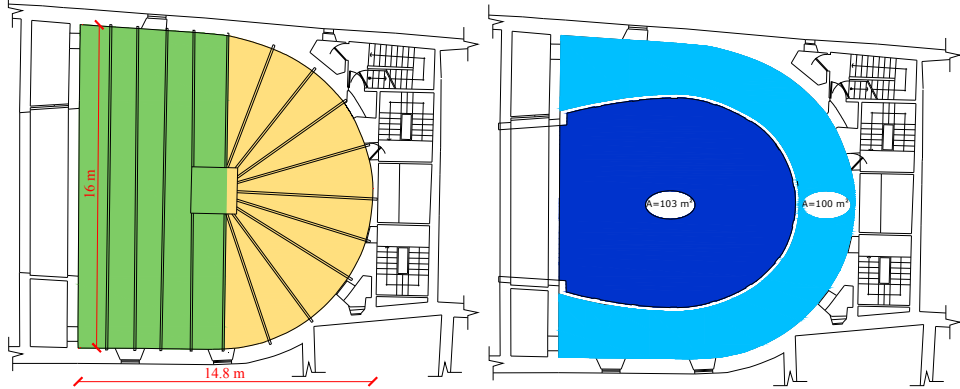

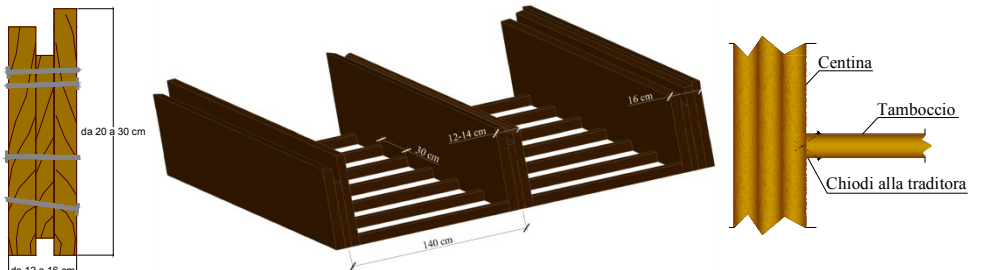
Appare, in ogni caso, facile e sbrigativo liquidare con un giudizio di valore negativo quest'ultima e più "violenta" soluzione, in cui le tracce del passato vengono definitivamente cancellate. In realtà la questione va opportunamente articolata in base alla capacità di risolvere la varietà di casi e situazioni, e non giova affrontarla con spirito manicheo. Come è noto la materia costitutiva dell'opera è considerata nel suo insieme portatrice di testimonianze di cultura costruttiva e di segni del passaggio del tempo. La sua sostituzione fisica o la sua compromissione non sono considerate possibili senza produrre una drastica perdita di identità e di potenziale informativo dell'opera, e pertanto sono escluse in via di principio dall'opera di restauro<sup>6</sup>. Tuttavia, a fronte di rilevanti forme di degrado e di danno, che mettano in pericolo l'esistenza dello stesso manufatto e la sicurezza delle persone, appare giustificabile operare anche interventi di modificazione della materia, in base al principio del minor danno e del minimo intervento. Il problema perciò si sposta sulla capacità di dimostrare, nell'apparato progettuale, che gli interventi sostitutivi siano effettivamente i soli necessari e che costituiscano il minimo intervento indispensabile.

## 2.2. Rilievo geometrico, tecnico – costruttivo e materico

I contenuti di questa fase servono a rappresentare e descrivere i dati di fatto dell'oggetto di studio, atti alla comprensione dell'organismo inteso nella sua unità architettonica, costruttiva e strutturale, fornendo, al contempo, prime indicazioni sulle possibili modifiche e trasformazioni avvenute nel tempo, e attribuendo i primi significati alle *informazioni* da trasmettere e conservare con l'intervento. Questa impostazione permette di delineare, oltre alla geometria e all'assetto costruttivo del plafone, i segni rivelatori del suo comportamento attraverso le varie epoche, per dedurne le forme di vulnerabilità presenti.

Di particolare importanza risulta la disposizione chiara e ordinata di tutti i dati rilevati<sup>7</sup> per facilitare una corretta diagnosi e per far sì che siano funzionali al progetto dell'intervento, come mostrato nelle Schede 2.1, 2.2, 2.3.

## SCHEDA 2.1 – IL RILIEVO TECNOLOGICO COSTRUTTIVO

<b>TIPOLOGIA</b>	<b>Plafone con terminazioni arcuate</b>	<p>La volta può essere suddivisa in due parti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zona centrale: volta policentrica, con centine lignee parallele e tambocchi ortogonali (in verde);</li> <li>• zona opposta al boccascena: semi - cupola con orditura lignea disposta a raggiera e tambocchi nei paralleli (in giallo).</li> </ul> <p><b>Geometria:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luce massima Lmax: circa 16,00 m;</li> <li>• Luce minima Lmin: circa 15,60 m;</li> <li>• Lunghezza L: circa 14,80 m;</li> <li>• Area platea: 103 mq circa;</li> <li>• Area loggione: 100 mq circa;</li> <li>• Area complessiva (A platea + A loggione): 203 mq circa.</li> </ul> 
<b>TIPO DI MATERIALE COSTRUTTIVO</b>	<b>Apparecchiatura della volta e materiali</b>	<p><b>Struttura portante lignea della porzione a semi - cupola:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orditura principale costituita da 9 centine arcuate;</li> <li>• Orditura secondaria composta da tambocchi di controventamento tra le centine, disposti nella direzione dei paralleli, ad interasse di 30 cm circa (Sezione 3,5x4-7 cm).</li> </ul> <p><b>Struttura portante lignea della porzione policentrica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orditura principale costituita da 5 centine parallele ad interasse variabile compreso tra 1,35-1,70 m;</li> <li>• Orditura secondaria composta da tambocchi di controventamento tra le centine, disposti ortogonalmente, ad interasse di 30 cm circa (Sezione 3,5x 4-7 cm).</li> </ul>  <p><b>Composizione centine:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accostamento di 2-4 tavole della lunghezza variabile di 70-100 cm, disposte per coltello a formare uno spessore di 12-16 cm circa e altezza variabile tra 20 e 30 cm circa.</li> </ul> <p><b>Chiodature tra tavole:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chiodi a testa larga di lunghezza circa 15 cm, ribattuti.</li> </ul> <p><b>Chiodature tra centine e tambocchi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chiodatura obliqua, detta "alla traditora".</li> </ul> 

**SCHEDA 2.2 – IL RILIEVO TECNOLOGICO COSTRUTTIVO**

TIPO DI MATERIALE COSTRUTTIVO

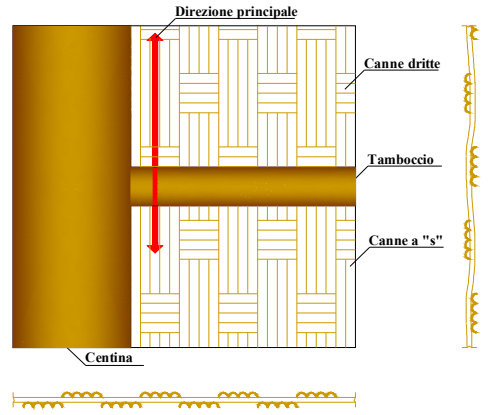
Apparecchiatura della volta e materiali

**Composizione stuoiato di canne:**

- Stuoiato di canne del diametro di 1-2 cm circa, spaccate longitudinalmente in 2-4 parti.
- Tessitura costituita da fasce di 4-5 canne accostate tra loro. Ortogonalmente sono intervallate da fasce ugualmente composte ad interasse di 10-20 cm circa, a formare una maglia bi-ordita ortogonale.
- L'andamento delle canne affiancate è "sinusoidale", quello dei fasci di canne è rettilineo.

**Consistenza chiodature tra stuoiato di canne e struttura lignea:**

- Il collegamento dello stuoiato con le centine ed i tambocchi è costituito da chiodi "ribattuti" ad interasse di 10-15 cm circa.



**Intonaco:**

- Intonaco di circa 2 cm di spessore;
- Si riscontra localmente la presenza di 2 strati ben definiti e poco aderenti.

**Legante e inerti impiegati per intonaco:**

- Calcite e solfato di calcio (gesso). Si riscontrano inoltre tracce di silice dovuta probabilmente ad un'aggiunta pozzolanica.

**Consistenza intonaco-stuoiato:**





- Consistenza basata sugli aggrappi di malta refluita tra le canne.



**Presenza di malta all'estradosso:**

- Presenza di colate di malta in zone localizzate all'estradosso in corrispondenza delle cornici in stucco all'intradosso.



SCHEDA 2.3 – IL RILIEVO TECNOLOGICO COSTRUTTIVO		
<b>COLLEGAMENTI</b>	<b>Collegamento alle strutture verticali</b>	<p>Centine lignee murate ai muri perimetrali.</p> 
	<b>Collegamento alle strutture di copertura</b>	<p>Sistema di collegamento tramite piatti metallici (30x5 mm circa) successivamente tagliati e ripristinati tramite cavi in acciaio.</p> 
<b>TRASFORMAZIONI AVVENUTE NEL TEMPO</b>	<b>Volta rimaneggiata che non consente un sicuro accertamento della configurazione originaria</b>	<p><b>Fonti storiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1897: <i>ristrutturazione integrale:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- rimozione dalla facciata del timpano triangolare di coronamento;</li> <li>- costruzione dei palchi all'interno della sala;</li> <li>- sostituzione delle vecchie decorazioni con le attuali;</li> <li>- ampliamento del proscenio con eliminazione spazio dell'orchestra;</li> <li>- ampliamento retro del palcoscenico con la costruzione dei camerini.</li> </ul> </li> <li>• 1913: <i>cambio destinazione d'uso: prime rappresentazione cinematografiche.</i></li> </ul> 
<b>STATO DI CONSERVAZIONE</b>	<b>Cattivo: mancanza di manutenzione, quadro fessurativo e deformativo accentuato</b>	<p>La volta presenta gravi avvallamenti in diverse zone, soprattutto nella parte centrale, una efficienza compromessa in più punti del collegamento stuoiato - struttura lignea (ad esempio canne spezzate in corrispondenza della chiodatura), una consistenza dell'intonaco che presenta in alcune zone cedimenti dovuti all'inefficienza degli aggrappi con il supporto e al distacco tra gli strati dell'intonaco stesso.</p> <p>La mancanza di manutenzione ha provocato anche la presenza di infiltrazioni (visibili sull'immagine di fianco<sup>8</sup>) che hanno macchiato la superficie intradossale.</p> 

Nota 8

Tratta da Mariano F., 1997, pag.330.

### 2.3. Quadro fessurativo, deformativo e del degrado

Il plafone dei Filarmonici è interessato da un avanzato grado di dissesti; sono ben visibili avvallamenti in più parti della volta (Fig. 2.1) e crolli localizzati (Fig. 2.2).

Il rilievo evidenzia un quadro fessurativo molto diffuso, concentrato soprattutto nella porzione di volta policentrica (Fig. 2.3 a).

*Fig. 2.1 – Intradosso del plafone. Si notano gli avvallamenti della volta.*



*Fig. 2.2 – Porzioni di camorcanna crollate.*



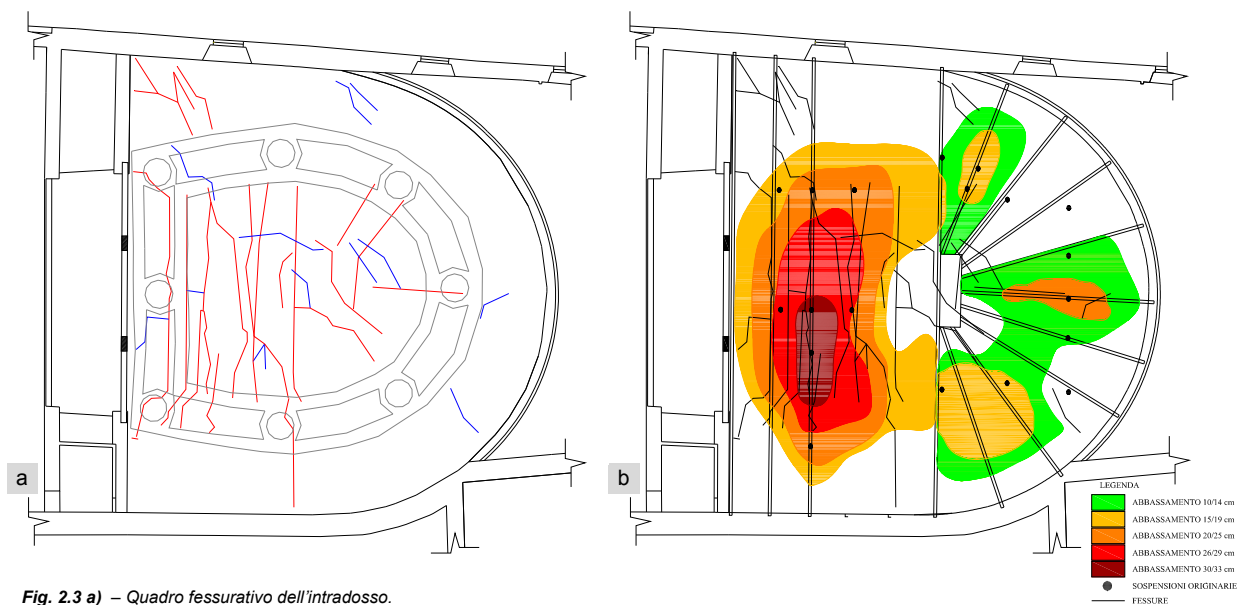


Fig. 2.3 a) – Quadro fessurativo dell'intradosso.

Fig. 2.3 b) – Pianta del plafone con la sovrapposizione delle zone depresse, del quadro fessurativo e della posizione delle sospensioni

Lo studio delle fessure ne individua due principali tipologie (Fig. 2.3 a): quelle in corrispondenza delle centine (in rosso), che si sviluppano secondo la loro direzione di orditura, dovute al loro abbassamento differenziale e quelle trasversali o ad andamento obliquo (in blu) (Fig. 2.4).

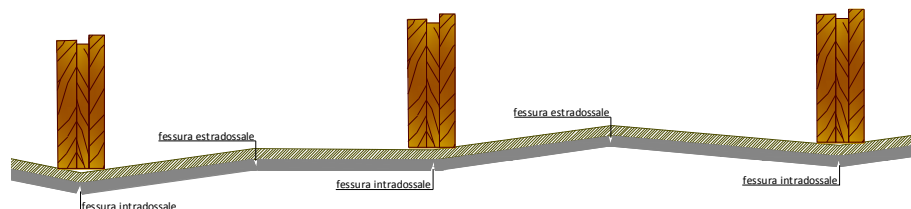


Fig. 2.4 – La parte di intonaco sotto la centina risulta fessurata lungo la direzione della centina stessa. Questo permette di individuare un possibile meccanismo di rottura: l'abbassamento della centina provoca una sollecitazione di trazione per l'intonaco sottostante, causandone la fessurazione all'intradosso; lo stesso meccanismo può essere proposto per la centina successiva, mentre la zona di intonaco compressa tra le due subisce una compressione, dovuta alla spinta esercitata contemporaneamente dalle due centine. Conseguentemente si ha la formazione di una fessurazione "inversa" rispetto alla precedente, questa volta all'estradosso dello strato di intonaco; all'intradosso tale fenomeno può rendersi visibile con la formazione di una fessura molto stretta, assimilabile ad un "filo", sempre in direzione parallela alla centina.

Sovrapponendo l'andamento degli abbassamenti relativi con il quadro fessurativo si nota come le zone di maggiore depressione corrispondono con quelle maggiormente fessurate (Fig. 2.3 b). Individuando, inoltre, i punti di sospensione all'estradosso è evidente come anche questi siano in corrispondenza delle zone maggiormente depresse. Da ciò si evince come è proprio la perdita di efficacia delle sospensioni, causata dal loro rimaneggiamento, a provocare gli abbassamenti differenziali registrati nella volta (Fig. 2.5).

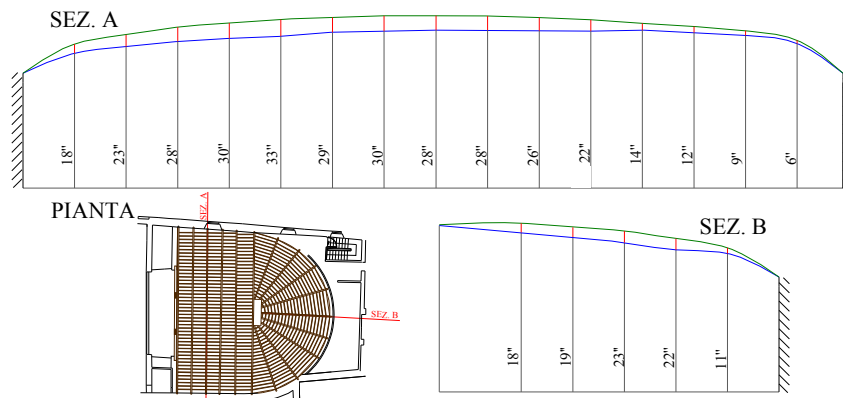


Fig. 2.5 – Abbassamenti delle centine rilevati. Sono individuate in pianta le due centine maggiormente depresse e di queste si riporta la sezione. In verde il profilo originario della volta, in blu quello rilevato. Gli abbassamenti di ogni punto sono indicati in cm. Il rilievo è stato curato dall'Ing. P. Pelliccioni, dall'Arch. E. Petrucci e dall'Arch. R. Terpolilli per l'Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno.

Oltre alle deformazioni e alle fessurazioni visibili all'intradosso, si registrano ulteriori fenomeni di degrado che coinvolgono principalmente la struttura lignea (Figg. 2.6, 2.7 a), provocando anche il crollo di alcune porzioni di volta (Fig. 2.7 b).

Tali fenomeni sono legati per lo più a infiltrazioni d'acqua che in alcuni casi hanno provocato semplicemente la formazioni di macchie sulla superficie intradossale, mentre in altri hanno causato la marcescenza del materiale.

**Fig. 2.6 a)** – Testa di centina ammalorata; la marcescenza è avanzata e si nota una notevole riduzione della sezione.

**Fig. 2.6 b)** – Fessura longitudinale su una delle centine.



**Fig. 2.7 a)** – Ammaloramento dei tambocchi, si nota la loro notevole riduzione di sezione.

**Fig. 2.7 b)** – Porzione di volta crollata, alcuni tambocchi sono mancanti e le canne sono spezzate.



## 2.4. Analisi delle vulnerabilità

In questa parte, si tenterà di dare una valutazione delle soluzioni tecnico - costruttive, originarie e non, rilevate nel plafone, evidenziandone pregi e difetti alla luce delle attuali conoscenze<sup>9</sup>.

Le vulnerabilità descritte nelle Schede 2.4, 2.5, 2.6 riguardano, perciò, le specifiche modalità costruttive del plafone oggetto di studio, che possono in qualche maniera influenzare l'evoluzione dei dissesti in atto o l'innescio di nuovi.

Lo studio incrociato delle vulnerabilità con i rilievi del quadro fessurativo, deformativo e del degrado consente di raccogliere e sintetizzare tutte le informazioni disponibili che possono contribuire e facilitare la diagnosi.

I contenuti di questa fase rappresentano, quindi, una sorta di indice di problemi cui si dovrà puntualmente ed in maniera mirata dare risposta in fase progettuale.

In sostanza, in questa fase, si vuole costituire un'interfaccia tra parte rilevata e parte operativa - previsionale della progettazione per favorire una consequenzialità tra di esse e mantenere un chiaro rapporto tra fattori diagnosticati e interventi previsti.

### Nota 9

Quagliarini E., Petrucci E., Terpolilli R., 2009.

## SCHEDA 2.4 – L'ANALISI DELLE VULNERABILITÀ

MODALITÀ COSTRUTTIVE INIZIALI

Materiali e tecniche costruttive

**Centine:**

- Tavole lignee grossolanamente squadrate e di diversa dimensione.
- Le chiodature tra le centine sono realizzate con chiodi a testa larga ribattuti, la loro condizione è buona, ma in alcuni casi il chiodo non collega tutte le tavole.

**Tambocci:**

- I tambocci sono collegati alle centine tramite chiodi alla "traditora"; in alcuni casi si rileva lo sfilamento dei tambocci.



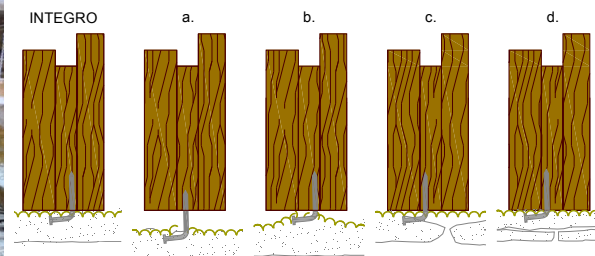
**Stuoiato:**

- La connessione fra stuoiato e canne è realizzata tramite chiodi a testa larga ribattuti, si rileva in alcuni punti lo sfilamento parziale del chiodo provocando l'avvallamento della camorcanna. La parte centrale del plafone è interessata da distacchi del supporto in canne dalle centine di maggiore entità, da 2,5 a 5 cm circa; seguono altri distacchi dell'ordine di 2-3 cm procedendo fino alla centina a ridosso del palcoscenico. Risultano altri distacchi fino a 8 cm ai lati della pianta, in prossimità dei punti dove sono avvenuti i due crolli principali del supporto in canne ed intonaco, nonché dell'orditura secondaria; nella parte a semicupola, con le centine disposte a raggiera, i distacchi si distribuiscono con una maggiore entità al centro, fino a 10 cm, e diminuendo verso i bordi.
- In altre zone a causa della condizione secca delle canne si registra il loro cedimento per inflessione e disgregazione, ciò provoca all'intradosso un avvallamento dell'intonaco che rimane aggrappato allo stuoiato conservando la sua integrità.

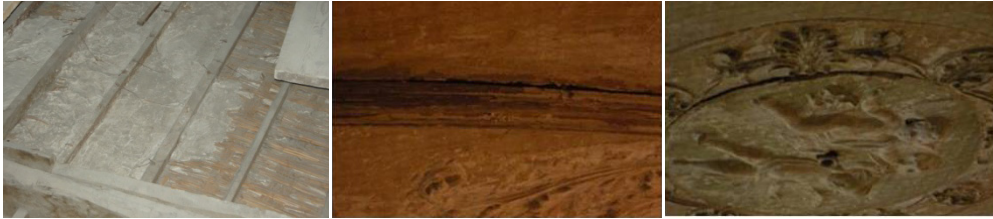




**Intonaco:**

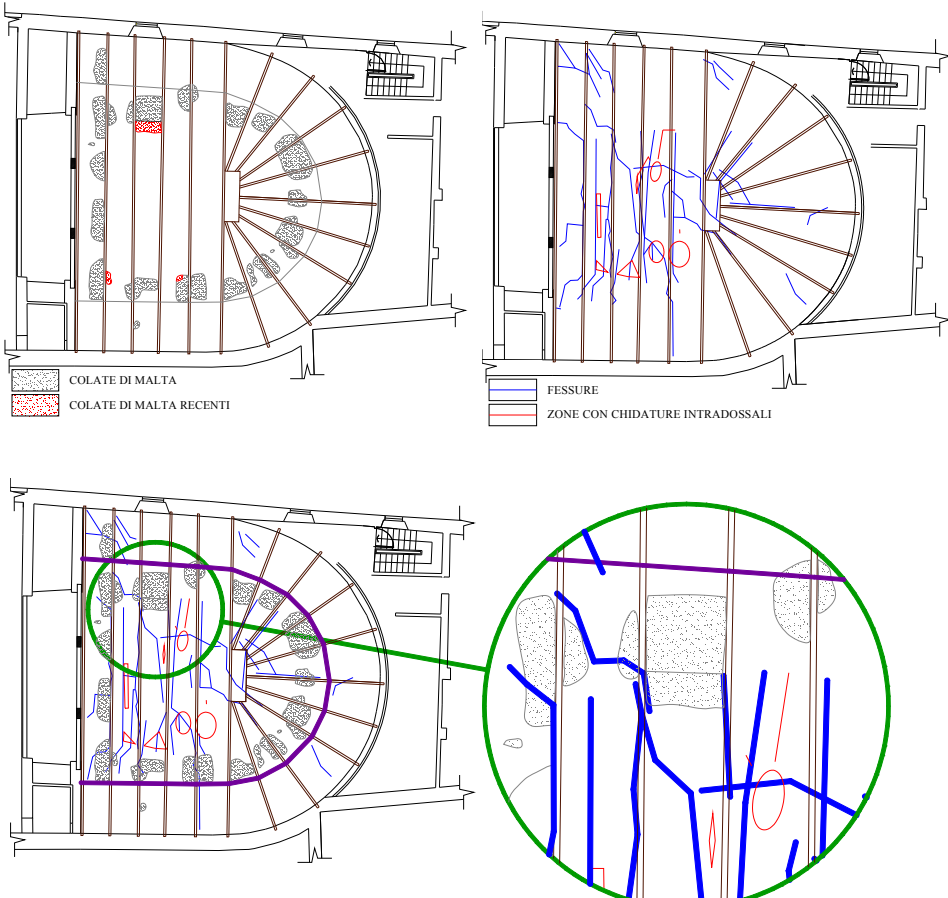
- La connessione tra il supporto di canne e l'intonaco è affidata alla malta che refluisce tra le canne creando una serie di "ponti" di intonaco all'estradosso. In alcuni casi l'aggrappo non è sufficiente e si registra il distacco tra i due materiali. All'estradosso si nota la frattura dell'intonaco sottoposto a tensioni di trazione.
- In alcuni casi si rileva la mancanza di coesione fra gli strati di intonaco, ciò provoca il distacco dello strato intradosso, mentre quello aderente allo stuoiato rimane aggrappato. A tale distacco consegue ovviamente la fessurazione.





SCHEDA 2.5 – L'ANALISI DELLE VULNERABILITÀ		
MODALITÀ COSTRUTTIVE INIZIALI	Materiali e tecniche costruttive	<p><b>Cornici e medaglioni intradosali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In legno le prime, in stucco i secondi: sono sorretti dall'estradosso mediante chiodi fissati ai tambocchi e alle canne, filo di ferro, il tutto annegato in colate di malta. È possibile riscontrare dall'estradosso la mancanza di supporto ad incannucciato al di sopra del medaglione; ciò può indicare che al momento dell'esecuzione ci sia stata una rimozione di stuoiato e successiva stesura di malta direttamente sopra l'elemento decorativo, a sostituzione del supporto. Sia nei medaglioni che nelle cornici sono presenti distacchi.</li> </ul> 
	Elementi strutturali con sezione inadeguata	<p><b>Centine:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La larghezza delle sezioni di ciascuna centina risulta non sempre omogenea, in quanto le tavole accostate tra loro variano in alcuni tratti nel numero (3-4) e nelle dimensioni.</li> </ul> <p><b>Chiodature:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Non sempre distribuite in modo omogeneo. In alcuni punti si rileva lo sfilamento dei chiodi.</li> </ul>
CARENZA DI CONNESSIONI STRUTTURALI E RUOLO PRESIDI ESISTENTI	Connessione centina-copertura con sistemi di collegamento danneggiati	<p>La connessione delle centine con la copertura avviene tramite fasce in acciaio collegate inferiormente alle centine e superiormente alle capriate.</p> <p>Essa risulta seriamente compromessa, in quanto le fasce di collegamento sono state tagliate e poi ripristinate in seguito, con cavi d'acciaio; il comportamento delle connessioni viene così seriamente alterato.</p> 
DISSESTI PREGRESSI NON RIPARATI	Statici	<p><b>Deformazioni/fuori piombo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>In corrispondenza degli avvallamenti differenziali della volta si riscontrano fenomeni di instabilità della struttura lignea all'estradosso. Infatti gli abbassamenti differenziali delle centine e dei tambocchi ad esse contrapposti, provocano una sorta di torsione delle prime. È possibile perciò constatare un ribaltamento parziale fuori piano della centina stessa.</li> </ul>
DEGRADO STRUTTURALE E DEBITO MANUTENTIVO	Degrado elementi lignei	<p>Alcuni elementi dell'orditura minuta (tambocchi) presentano segni di marcescenza, tali da portare alla rottura dell'elemento stesso. Alcune centine presentano fratture longitudinali.</p> 

## SCHEDA 2.6 – L'ANALISI DELLE VULNERABILITÀ

<p>DEGRADO STRUTTURALE E DEBITO MANUTENTIVO</p>	<p><b>Degrado della camorcanna</b></p>	<p><b>Decoesione malta:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distacco localizzato e perdita di efficienza degli aggrappi dovuta alla scarsità o assenza di malta refluita tra le canne.</li> </ul> <p><b>Presenza di acqua:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabile presenza in passato di infiltrazioni d'acqua, che hanno contribuito al degrado.</li> </ul> <p><b>Degrado delle canne:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le canne hanno raggiunto una condizione secca, la cui perdita di elasticità e flessibilità ha fatto sì che le canne si spezzassero.</li> </ul>
<p>PROCESSI DI TRASFORMAZIONE EDILIZIA</p>	<p><b>Interventi sullo stuoiato e sull'intonaco intradossale, quadro fessurativo</b></p>	<p>In corrispondenza della fascia decorativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'estradosso della volta è stato sottoposto ad interventi di parziale asportazione dello stuoiato di canne, per la sistemazione dei medaglioni in stucco all'intradosso. Il supporto è stato prevalentemente sostituito da filo di ferro e chiodi, annegati in colate di malta, per realizzare il collegamento delle decorazioni con la struttura di sostegno del plafone (vedi immagini sotto). Nell'immagine in basso l'elemento decorativo in stucco visibile dall'estradosso per via delle porzioni di incannucciato mancanti, probabilmente rimosse. La presenza di "cappe" di malta all'estradosso può esercitare un'influenza sulle lesioni intradossali; pur seguendo l'andamento predominante, nella zona corrispondente alla colata estradosale, si può riscontrare una "deviazione" della fessura rispetto alla direzione predefinita. Si ipotizza quindi che lo strato di malta, refluyendo verso il basso fino all'intonaco, localmente abbia contribuito a creare una sezione resistente maggiore, pur sempre eterogenea.</li> </ul> <p>Intradosso interno alla fascia decorativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenza di piccole chiodature localizzate per intonaco di ripresa. All'intradosso sono presenti dei chiodi di circa 2 cm, limitati a zone localizzate, che risultano immersi all'interno dell'intonaco, lasciando a vista solamente le teste dei chiodi. Ciò lascia supporre si tratti di un sistema utilizzato per favorire la capacità di "aggrappo", per la ripresa e integrazione di intonaco, a seguito di distacchi di uno o più strati di quest'ultimo.</li> </ul> 

## 2.5. Indagini non distruttive con termografia<sup>10</sup>

### Nota 10

Il seguente paragrafo è stato redatto in collaborazione con E. Esposito e A. del Conte di Artemis s.r.l..

La termografia è una tecnica di misura di tipo non invasivo, applicabile alla diagnostica di patologie e di problematiche costruttive delle superfici edilizie e dei beni culturali. L'apparecchiatura utilizzata (termocamera) rileva le temperature superficiali delle aree eccitate mediante sorgente termica naturale (quale l'irraggiamento solare) o artificiale (come lampade ad incandescenza), fornisce mappe a colori (termogrammi) che consentono una rapida localizzazione dei difetti, e permette un'agevole archiviazione dei dati su supporto informatico. L'analisi di un termogramma permette di individuare, in base alle anomalie termiche rilevate, distacchi, lesioni, aree umide o materiali di diversa natura presenti nell'elemento in esame.

In questo caso, lo scopo principale è stato quello di valutare lo stato di adesione e rilevare la presenza di distacchi dell'intonaco del plafone del soffitto del Teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno.

La campagna di prove diagnostiche si è svolta nelle giornate dal 4 al 7 dicembre 2007 e il 19 febbraio 2008, ed è stata condotta assieme alla società di spin-off universitario Artemis s.r.l..

L'area della volta indagata è quella evidenziata e riportata nella Figura 2.8.

Fig. 2.8 – Panoramica della volta esaminata.



Fig. 2.9 – Faro impiegato come sollecitazione termica per l'indagine sulla volta e sistema di acquisizione.



Fig. 2.10 – Termocamera utilizzata per i rilevamenti.

Il soffitto in questione è stato indagato quasi nella totalità della sua estensione ad eccezione di quelle aree che erano ostacolate dalla presenza di ostruzioni fisiche quali impalcatura e sistemi di puntellamento per la messa in sicurezza di alcune porzioni della volta.

La campagna di prove termografiche si è svolta con minime variazioni della temperatura interna al Teatro, considerazione valida anche per la struttura della volta, ben distanziata dal tetto dell'edificio e quindi non soggetta ad un'eventuale irraggiamento solare. Questa considerazione, oltre alla metodologia utilizzata per l'irraggiamento artificiale della superfici, garantisce una sostanziale indipendenza del livello di riscaldamento raggiunto dalle condizioni ambientali in cui si è svolta la prova.

La tipologia di indagine termografica impiegata è stata quella attiva, sollecitando i campioni di prova mediante il flusso termico generato da un faro di elevata potenza (Figg. 2.9, 2.10). L'indagine può essere considerata non invasiva sia per il sensore di misura, la termocamera non tocca l'oggetto, sia per la sollecitazione termica, in quanto l'illuminamento della luce del faro non comporta alcuna alterazione della superficie illuminata in quanto il tempo di accensione solitamente è di pochi minuti. Nel caso specifico si è impiegato un tempo di accensione pari a 2 minuti per tutte le acquisizioni, sufficiente ad evidenziare la presenza di distacchi negli strati di intonaco. Con un tempo di irraggiamento di quest'ordine, l'incremento delle temperature sul campione di prova è al massimo di qualche grado, sufficiente comunque ad evidenziare la presenza di eventuali aree distaccate.

In Figura 2.11 è stata riportata la planimetria di riferimento per l'individuazione dei campioni analizzati con tecnica termografica e la relativa nomenclatura.

I risultati più significativi ottenuti dall'indagine termografica e le immagini termiche che per tipologia di risultato si possono generalizzare a tutte quelle acquisite, sono stati elaborati all'interno di specifiche schede di commento (Schede 2.7, 2.8) mentre i

risultati globali dell'indagine sono presentati all'interno di un'immagine globale ottenuta come mosaico e unione di tutte le immagini termiche secondo lo schema di posizione dei campioni riportato in Figura 2.11.

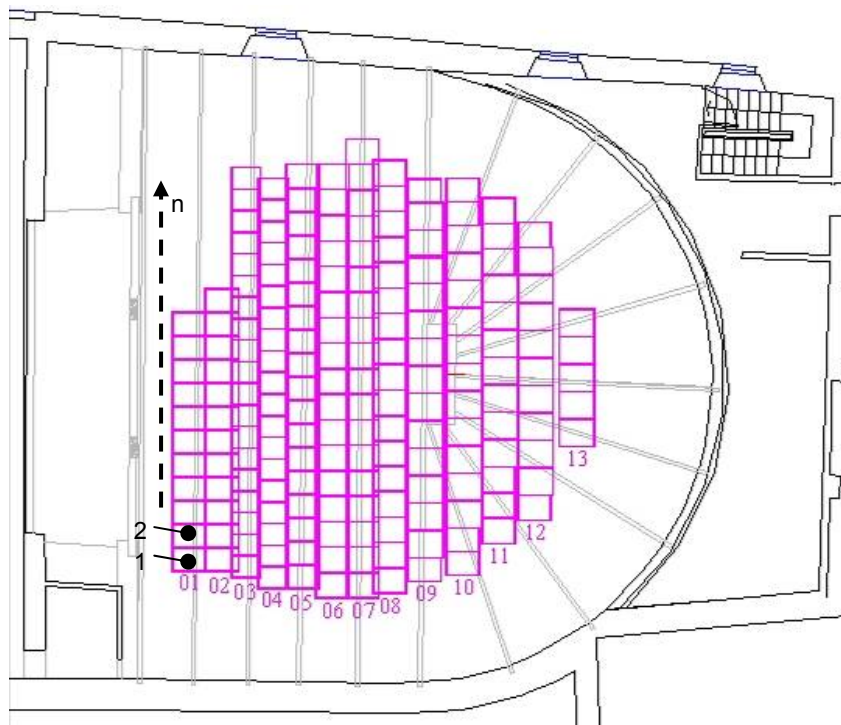


Fig. 2.11 – Planimetria di riferimento per l'individuazione dei campioni di misura.

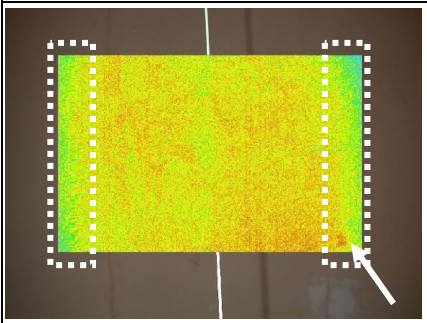
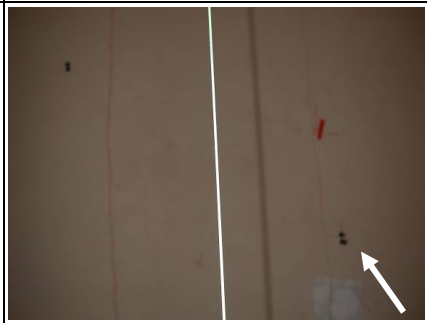
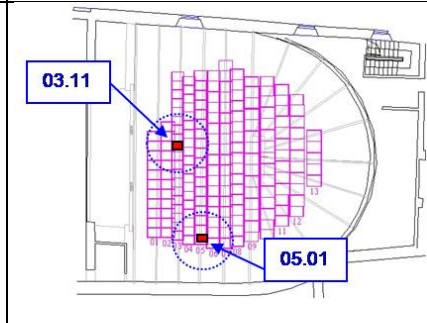
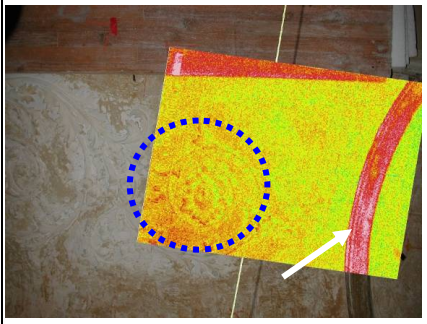
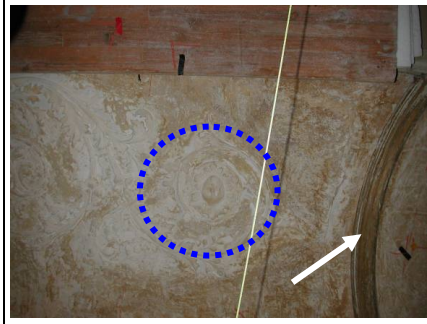
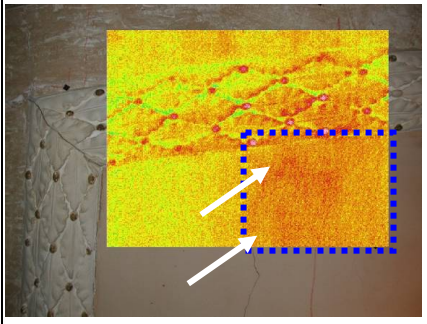
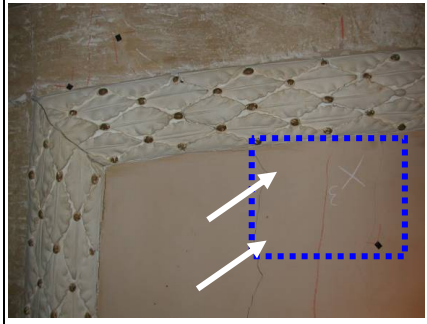
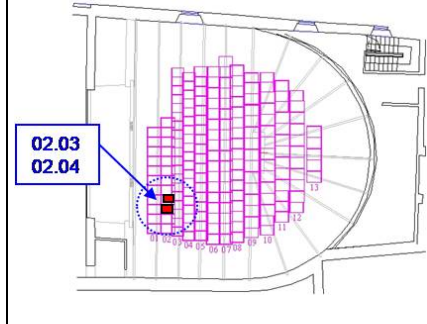
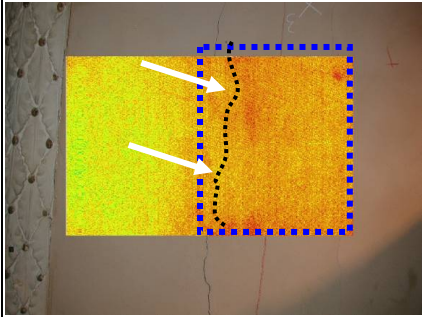
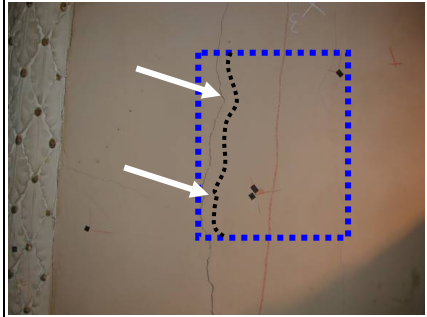
Le singole prove sono state codificate come nel seguente esempio:

01.01 → 01 (numero progressivo della fascia di immagini termiche lungo la direzione trasversale della volta) + 01 (numero progressivo dell'immagine termica acquisita e relativa al campione di indagine), secondo quanto riportato in Figura 2.11 e nella Tabella 2.1.

		Numero serie												
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
Numero Campione	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06
	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08
	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

Tabella 2.1 – Numerazione dei campioni sulla griglia riportata nella planimetria di Figura 2.11.

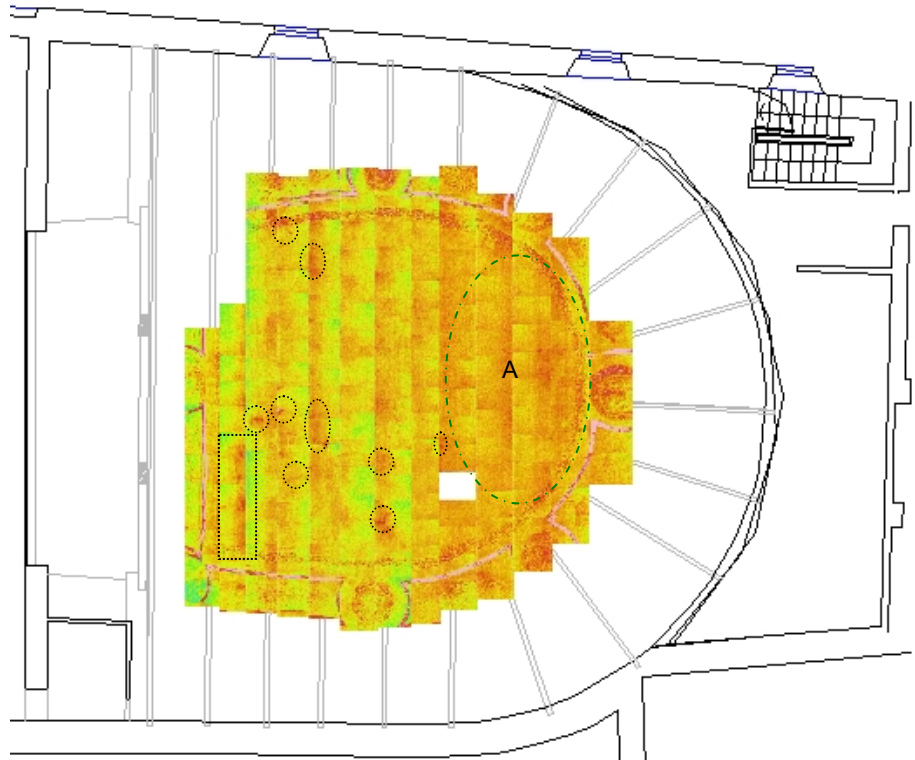
**SCHEDA 2.7 – ANALISI TERMOGRAFICA DEL PLAFONE**

Termogramma 1 – 03.11	Area investigata	Ubicazione della prova
		
<b>Termogramma 2 – 05.01</b>	<b>Area investigata</b>	<b>Osservazioni</b>
		<p>I termogrammi riportati in questa scheda sono relativi a due campioni di intonaco in cui non si evidenziano delle anomalie termiche attribuibili a dei distacchi. Si nota che la distribuzione delle temperature è uniforme. Le aree riquadrate in 03.11 sono leggermente più fredde in quando aree di bordo, mentre la freccia indica la posizione del marker di delimitazione delle aree investigate. Nel termogramma 05.01, invece, gli stucchi appaiono sempre con una temperatura maggiore, ma come quelli riportati in questa immagine non risultano distaccati. Le fasce molto calde sono dovute alla cornici in legno.</p>
<b>Termogramma 1 – 02.03</b>	<b>Area investigata</b>	<b>Ubicazione della prova</b>
		
<b>Termogramma 2 – 02.04</b>	<b>Area investigata</b>	<b>Osservazioni</b>
		<p>Nei termogrammi riportati si evidenzia che le aree corrispondenti a metà immagine (aree riquadrate) hanno una temperatura maggiore e sono disposte al lato di una lesione dell'intonaco (indicata dalle frecce). Questa zona più calda non è attribuibile ad un distacco, ma piuttosto ad una sezione di intonaco più ridotta (a destra della lesione). Sulla cornice in stucco non è possibile esprimere alcun giudizio. Le zone decorate con pittura in oro appaiono nel termogramma come piccoli dischi di alta temperatura (effetto della pittura).</p>

**SCHEDA 2.8 – ANALISI TERMOGRAFICA DEL PLAFONE**

Termogramma 1 – 04.08	Area investigata	Ubicazione della prova
Termogramma 2 – 04.17	Area investigata	Osservazioni
		<p>Le anomalie termiche cerchiata o evidenziate con le linee tratteggiate corrispondono alla presenza di distacchi dell'intonaco, posizionati o all'interno di un campo libero di intonaco o disposti lungo delle lesioni presenti sulla volta. L'area riquadrata ed indicata con "A" nel termogramma 04.17 posizionata lungo la cornice in stucco, è interessata da una serie di piccoli distacchi.</p> <p>Le frecce indicano anomalie termiche dovute ai marker di delimitazione delle aree investigate o a segni grafici apposti sulla volta.</p>
Termogramma 1 – 07.04	Area investigata	Ubicazione della prova
Termogramma 2 – 07.05	Area investigata	Osservazioni
		<p>I due termogrammi relativi a due campioni consecutivi mostrano la presenza di aree distaccate individuabili dalle zone con una distribuzione delle temperature più alta e indicate dalle aree cerchiata, posizionate in corrispondenza o nell'intorno delle lesioni presenti sull'intonaco. Le aree distaccate sono comunque sempre di piccola estensione.</p>

**Fig. 2.12** – Evidenziazione delle aree critiche del plafone. Le immagini che compongono il mosaico sono riportate tutte nella stessa scala termica, ma per effetto delle condizioni di bordo o per un non perfetto riscaldamento omogeneo sulla superficie indagata, queste risultano con tonalità di colore differenti, soprattutto lungo l'area di bordo dell'immagine. L'intera immagine a mosaico ha solo una valenza qualitativa e le aree in cui sono presenti gli stucchi e le cornici in legno vanno escluse dall'analisi. Comunque, si nota in maniera molto evidente che i distacchi sono ristretti ad aree molto limitate e in una piccolissima percentuale, come si può notare dall'immagine in cui le aree caratterizzate da alta temperatura (colore tendente al rosso) sono poche e comunque distribuite lungo le lesioni. Le aree cerchiare riportate rappresentano le zone più critiche della volta in camorcanna interessate da distacchi dell'intonaco e, come già evidenziato, alcune di queste sono localizzate attorno o lungo i lembi di lesioni dell'intonaco stesso. L'area rettangolare rappresenta invece una zona della volta in cui una fascia dell'intonaco risulta essere di spessore inferiore.



I valori di emissività impiegati per la restituzione delle immagini termiche sono di tipo indicativo, in quanto non è stata effettuata una misurazione diretta delle temperature. Questo comporta che la lettura del valore assoluto della temperatura registrata dallo strumento non è perfettamente quella vera. Sono invece corretti i valori dei gradienti termici dei termogrammi. Le immagini termiche riportate sono state visualizzate secondo la stessa scala termica che porta ad ottenere immagini "omogenee" nel colore. Per una corretta interpretazione delle immagini termografiche, tenendo presente che le condizioni al contorno dei singoli campioni di prova sono pressoché le medesime e che il riscaldamento si può assumere all'incirca uniforme e costante, occorre valutare bene il colore e il tipo di materiale delle superfici investigate nonché far attenzione a tutte quelle porzioni di materiale in rilievo, come ad esempio gli stucchi e le cornici in legno. Risulta, infatti, evidente come la mappatura termografica dipende dalle caratteristiche fisiche, chimiche e geometriche dell'oggetto esaminato; bisogna quindi procedere confrontando aree il più possibile simili sotto questi aspetti, per poter così attribuire eventuali disomogeneità termiche, le cosiddette anomalie termiche, alla presenza di un distacco dell'intonaco, ovvero ad altre cause quali differenti spessori o inclusioni di materiali non riscontrabili dall'esame visivo.

In generale l'anomalia termica è un'area in cui la distribuzione delle temperature si discosta dai valori medi della distribuzione dell'intera superficie e, nel caso di un'indagine termografica di tipo attivo come quella svolta nel Teatro dei Filarmonici, l'anomalia termica significativa è quella relativa ad una zona più calda con un colore dell'immagine che tende al rosso. Queste aree corrispondono normalmente ai distacchi. Nelle condizioni di sollecitazione termica considerate ed utilizzate durante le riprese termografiche, i distacchi dell'intonaco della volta, considerato come un materiale multistrato connesso ad un supporto che è la stuoia di canne, vanno ricercati dunque in tutte quelle aree in cui si è rilevata un sensibile incremento delle temperature rispetto alle aree circostanti escludendo le aree degli stucchi in rilievo, le cornici in legno e trattando separatamente eventuali superfici di intonaco rifinite con

colori differenti. È da precisare anche che lungo tutte le lesioni dell'intonaco, specie quelle passanti o molto profonde, sono presenti sempre dei distacchi lungo il bordo della lesione stessa. Dato che la distribuzione cromatica appare comunque di difficile interpretazione se non condotta da tecnici esperti, riportiamo in Figura 2.12 le aree effettivamente a maggiore criticità. Vogliamo far notare che i termogrammi relativi alla zona cerchiata ed indicata con "A" sono caratterizzati da una temperatura media leggermente più alta, in quanto la distanza operativa di ripresa e di riscaldamento è inferiore, dunque hanno subito un maggior riscaldamento a parità di condizioni di misura. Al contrario, la zona centrale del plafone nei punti più alti, a maggior quota, ha ricevuto un riscaldamento leggermente inferiore. È da precisare comunque che la distanza operativa per la presenza delle aree avvallate non è mai costante, quindi tale problematica di riscaldamento non uniforme dovuto alla distanza è presente su tutta l'area investigata.

## 2.6. Indagini non distruttive con vibrometria laser<sup>11</sup>

La vibrometria laser Doppler a scansione (SLDV) è una tecnica innovativa che permette di rilevare la velocità di vibrazione degli elementi esaminati senza prevederne il contatto; consente di pervenire ad una caratterizzazione qualitativa di rivestimenti superficiali e strutture murarie, relativamente al grado di ammorsamento e di vincolo, o alla presenza di difetti e distacchi.

Il vibrometro laser Doppler a scansione può eseguire velocemente una serie di misure di velocità senza contatto su una griglia di punti della struttura sotto test: i moderni SLDV possono esplorare fino a 100 punti al secondo, per un numero totale di punti superiore ai 100.000; la banda di lavoro è estesa da pochi Hertz fino a decine di MHz con sensibilità dell'ordine di un millimetro al secondo (se invece della velocità consideriamo lo spostamento equivalente, siamo nell'ordine di alcune decine di nanometri). Le caratteristiche elencate, insieme con quella di permettere misure senza contatto, rendono la SLDV una tecnologia indicata per situazioni in cui l'uso di sistemi a contatto, ad es. gli accelerometri, non è possibile o è comunque sconsigliato, come nel caso di strutture ad alta temperatura, non raggiungibili da operatore umano, leggere o rotanti, sulle quali in generale non sia possibile applicare sensori (Beni Culturali). In tutti questi casi l'impiego di accelerometri può inficiare l'accuratezza delle misure per l'effetto di massa aggiunta o addirittura danneggiare in modo più o meno importante la struttura stessa. Inoltre, se il numero di punti su cui devono essere eseguite le misure è grande, sarebbe necessario posizionare sulla struttura un numero equivalente di trasduttori, un'operazione sicuramente lunga e costosa. La restituzione dei dati avviene principalmente tramite mappe a colori riportanti i valori misurati sovrapposti ad un'immagine dell'oggetto esaminato; in questo modo, anche personale non esperto ha un'immediata percezione dello stato di degrado della struttura esaminata. La campagna di prove diagnostiche si è svolta nelle giornate dal 4 al 7 dicembre 2007, ed è stata condotta assieme alla società di spin-off universitario Artemis s.r.l.. L'impiego di un sistema vibrometrico nel Teatro dei Filarmonici è stato previsto per la verifica del grado di collegamento tra il sistema di travi di sostegno e la volta in camorcanna.

L'idea base della procedura di misura si basa sulla considerazione che, sollecitata in vibrazione la centina tramite un impulso meccanico, otterremo un elevato livello di vibrazioni nell'intradosso se la centina e il rivestimento sono ben connessi; invece, se i due elementi sono collegati labilmente, la trasmissione dell'energia meccanica sarà notevolmente ostacolata, e si registreranno quindi vibrazioni di piccola entità. Si tratta tuttavia di un'applicazione del tutto nuova, e quindi di carattere fortemente innovativo, per questo tipo di strumenti e non dobbiamo dimenticare che, date le caratteristiche doti di flessibilità della volta in camorcanna, la misura delle vibrazioni comporti un esame molto attento dei dati ottenuti. La strumentazione impiegata consiste in un analizzatore di spettro bicanale ONO-SOKKI CF5220 (Fig. 2.13), un

### Nota 11

*Il seguente paragrafo è stato redatto in collaborazione con E. Esposito e A. del Conte di Artemis s.r.l..*





Fig. 2.13 – Analizzatore di spettro bicanale ONO-SOKKI CF5220.



Fig. 2.14 – Vibrometro VS100.

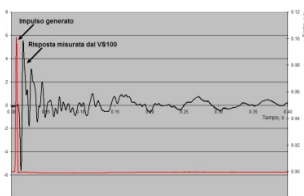


Fig. 2.15 – Esempio di risultato. In rosso l'impulso generato, in nero la risposta misurata dal VS100.

vibrometro Ometron VS100 e un martello strumentato PCB, impiegato per percuotere la trave (nell'estradosso) e generare l'impulso di sollecitazione.

Lo svolgimento della prova ha seguito una procedura molto semplice:

1. un operatore, munito del martello PCB, si è portato nell'estradosso e percuoteva la centina sotto esame sempre nello stesso punto;
2. il segnale generato veniva portato al canale A dell'ONO-SOKKI, mentre al canale B si collegava il vibrometro Ometron;
3. il vibrometro, orientato verso l'alto (Fig. 2.14), registrava quindi le vibrazioni (Fig. 2.15) generate in corrispondenza dei punti (in nero) delle centine 2 e 3 evidenziati nella Figura 2.16, partendo dalle posizioni evidenziate dalle frecce rosse;
4. i dati misurati sono stati normalizzati sulla forza impressa, cosicché siano confrontabili immediatamente;
5. i grafici di Figura 2.16 sovrapposti al diagramma degli abbassamenti indicano, con valori maggiori di 1, le zone dove la mobilità della superficie è inferiore al valore teorico previsto: è interessante notare come, per ambedue le centine, si registri una probabile mancanza di collegamento tra le travi stesse e la volta in corrispondenza della zona di massimo abbassamento. Un'altra area indicata come mal collegata è, sempre per ambedue le centine, quella terminale.

Il metodo proposto sembra quindi, almeno in questo primo test, dare risultati ben sovrapponibili e coerenti con i rilievi eseguiti precedentemente (abbassamento della volta), che sembrano indicare un utilizzo positivo di questa tecnica per valutare lo stato di connessione dei componenti la volta del Teatro. Si è trattato di un test preliminare e, qualora lo si volesse estendere ad aree più vaste, sarebbe sicuramente richiesto un miglioramento delle modalità di raccolta dati, attualmente poco efficiente da un punto di vista temporale. Anche il semplice modello impiegato per la valutazione dei dati stessi, basato sulla propagazione di onde primarie, va sicuramente migliorato e integrato con considerazioni riguardanti la presenza di altri tipi di onde, quali le flessionali indotte sulle travi dall'impulso meccanico. Nonostante queste osservazioni, si ritiene comunque che sia estremamente interessante proseguire le indagini appena iniziate, visti i riscontri positivi ottenuti.

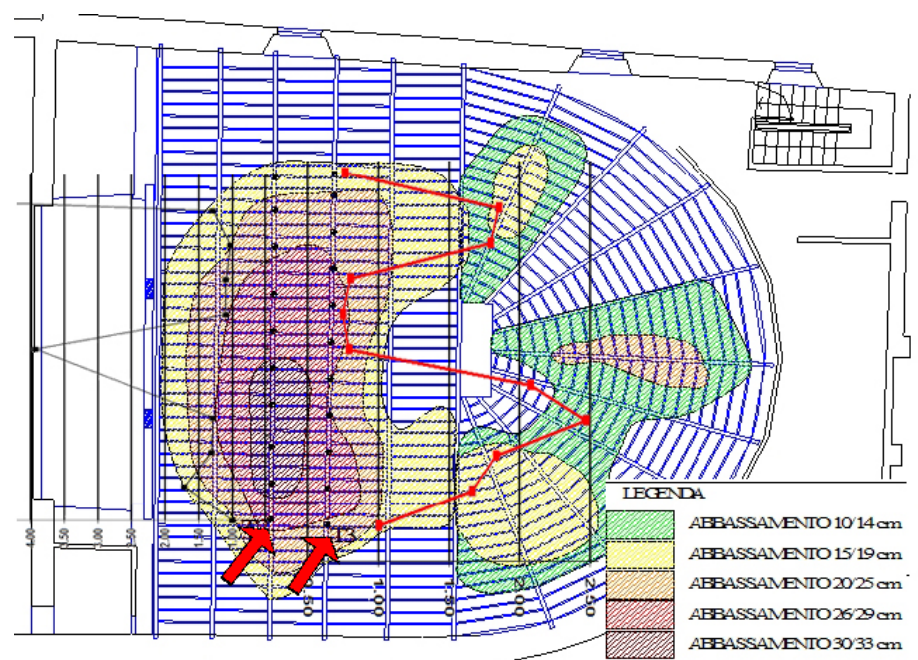


Fig. 2.16 – Misura mobilità volta in camorcanna riportata sul rilievo dell'abbassamento della volta.

## 2.7. Analisi chimiche su campioni di malta<sup>12</sup>

Allo scopo di completare il rilievo materico del plafone sono state effettuate analisi di laboratorio per la determinazione della composizione di alcuni campioni prelevati nel Plafone dei Filarmonici. Sono stati prelevati due campioni: uno lato sud (A, Fig. 2.17) e uno lato nord (B, Fig. 18). Il campione lato sud si componeva di due strati (A1 e A2).

### Nota 12

Le prove del seguente paragrafo sono state effettuate presso il Laboratorio Kimia, z.i. Ponte Felcino (PG). A tal proposito si ringrazia il geom. G. Calisti e l'arch. M. Pesola.



Fig. 2.17 a) – Prelievo lato sud.  
Fig. 2.17 b) – Campione A lato sud.



Fig. 2.18 a) – Prelievo lato nord.  
Fig. 2.18 b) – Campione B lato nord.

Le analisi spettrofotometriche nell'infrarosso sono state condotte sui campioni in polvere dispersi in KBr (bromuro di potassio), utilizzando uno strumento FTIR Bruker Tensor 27 nell'intervallo di frequenze 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  con una risoluzione di 4  $\text{cm}^{-1}$ . Dall'analisi FTIR condotte risulta che la composizione dei tre campioni è molto simile tra di loro. Le matrici sono costituite principalmente da calcite e solfato di calcio (gesso). Si evincono tracce di silice dovuto probabilmente ad una aggiunta pozzolanica. I grafici 2.1, 2.2, 2.3 mostrano i risultati.

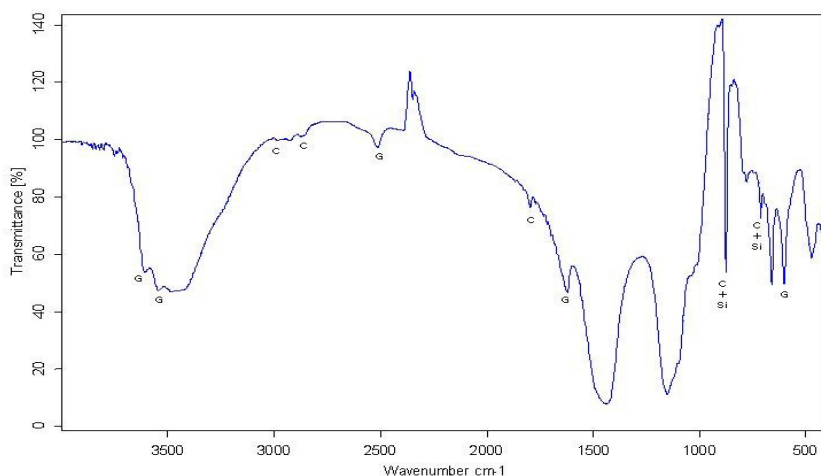
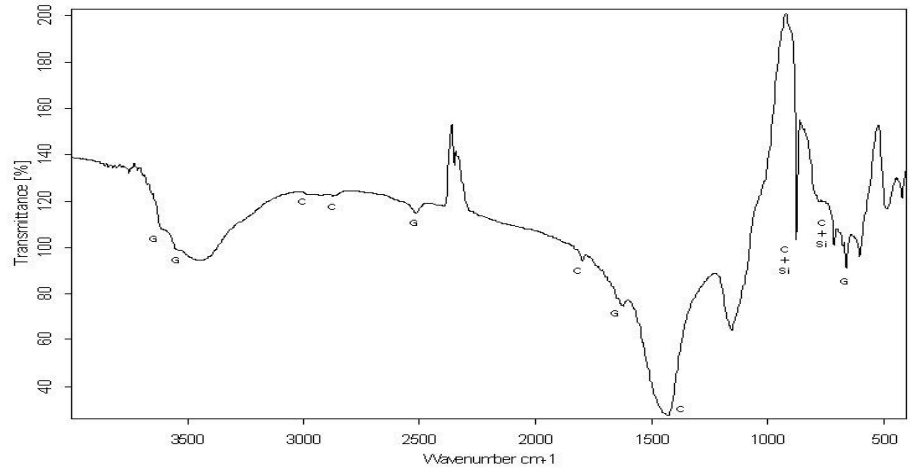
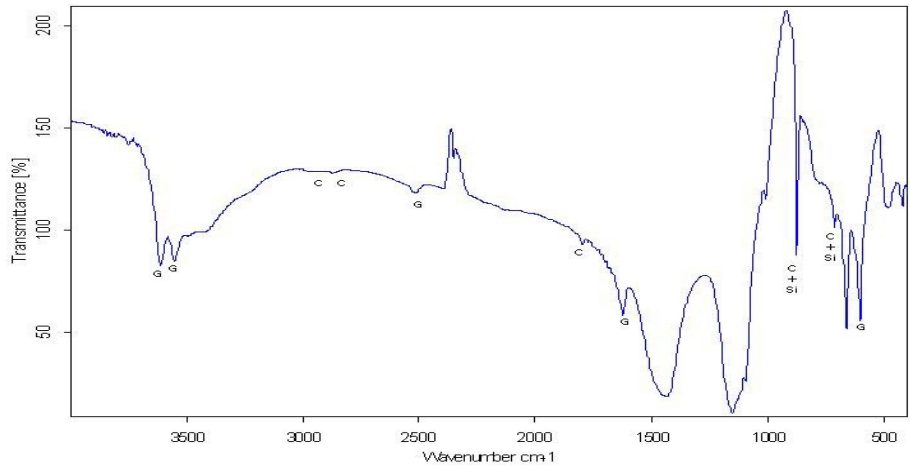


Grafico 2.1 – Analisi FTIR campione A1 (C = calcite, G = gesso, Si = silice).

**Grafico 2.2** – Analisi FTIR campione A2 (C = calcite, G = gesso, Si = silice).



**Grafico 2.3** – Analisi FTIR campione B (C = calcite, G = gesso, Si = silice).



In base ai risultati sopraccitati si ipotizza che le malte in questione siano di tipo pozzolanico dove il legante è di tipo aereo che, per effetto del processo di carbonatazione, si è trasformato in calcite e la parte pozzolanica è costituita da silicati e quarzo.

## 2.8. Dalla conoscenza alla diagnosi – Linee guida per l'intervento

In data novembre 2007, il plafone della sala principale del Teatro "Filarmonici" di Ascoli Piceno, realizzato nel 1832, presentava un avanzato grado di dissesti ed era caratterizzato da cedimenti localizzati della camorcanna ed abbassamenti considerevoli dell'orditura lignea principale, con conseguenti fessurazioni dell'intonaco intradossale, nonché avvallamenti dello stuoiato e distacchi tra gli strati d'intonaco.

In particolare durante alcuni interventi effettuati in passato, erano state imprudentemente tagliate le sospensioni metalliche per il sostegno del plafone, e in seguito ripristinate con cavi, andando però a modificare l'assetto e la deformabilità originaria del plafone; un fattore che ha contribuito ad accelerare i fenomeni di abbassamento riscontrati.

Le indagini termografiche condotte sul plafone hanno permesso di rilevare i distacchi dell'intonaco, soprattutto quei distacchi che sono presenti all'interno della sezione dell'intonaco (tra gli strati costituenti l'intonaco). Più difficile è individuare il distacco dell'intonaco dalle singole canne che formano il cannucciato. Questo è dovuto al fatto che non esiste un piano uniforme e chiuso di connessione tra l'intonaco e le canne, piuttosto è una struttura di connessione lungo la superficie di una maglia a rete; oltre a questo sussiste anche il fatto che le proprietà termiche dei due materiali sono abbastanza simili. Nel momento in cui lo strato di intonaco si riscalda, all'estradosso si trovano aria e canne, il che non conduce ad ottenere un buon contrasto termico.

Una serie di distacchi sono stati localizzati attorno o lungo i lembi delle lesioni, soprattutto per quelle passanti e di notevole dimensione. I distacchi veri e propri sono comunque molto limitati, solo piccole aree percentualmente trascurabili se confrontate con l'estensione di tutta la volta.

L'intera struttura è molto flessibile ed anche l'intonaco risulta molto deformabile e quindi segue l'andamento del cannucciato fino a quando le deformazioni non sono vistose. Questi sono i punti in cui si sono verificate le lesioni.

Dall'analisi delle vulnerabilità e delle indagini condotte, emerge il seguente quadro generale di riferimento da tenere in considerazione per la progettazione dell'intervento<sup>13</sup>:

- in un'ottica conservativa, particolare cura dovrà effettuarsi per evitare/ridurre gli sgretolamenti ed i distacchi degli strati di intonaco, dovuti al riassetto del plafone. Tendenzialmente, a tal fine, appare da preferirsi di evitare di recuperare la forma originaria, e di assestarsi ad una quota intermedia.
- Le centine non sembrano presentare eccessive carenze strutturali. Gli abbassamenti più consistenti appaiono essersi verificati laddove erano presenti le vecchie sospensioni metalliche, poi tagliate e infine riprese con cavi metallici. Questi attuali elementi di presidio difficilmente potranno essere riutilizzati o ripristinati. Le sospensioni con le strutture di copertura sono, pertanto, da sostituire. La necessità è quella di assicurare un comportamento quanto più possibile uniforme della volta, stabilizzandone la struttura. È di fondamentale importanza, perciò, che i nuovi presidi siano realizzati con sistemi adeguati che non trasferiscano le sollecitazioni gravanti sulla copertura al plafone (es. carico da neve o variazioni termiche) e che quindi rendano la struttura del plafone indipendente da agenti esterni che possano provocarne variazioni dello stato tensionale. Per questo motivo sarà importante realizzare sospensioni non rigide flessionalmente, capaci, cioè di permettere movimenti relativi di tutto il sistema voltato.
- Le operazioni per ottenere una riduzione degli avvallamenti, dovrebbero essere preferibilmente eseguite dall'estradosso, in quanto la parte inferiore del plafone è fortemente soggetta a rischio di distacco dell'intonaco. La pressione che si andrebbe ad esercitare dal basso aumenterebbe, di fatto, la possibilità di

**Nota 13**

Quagliarini E., 2009a.

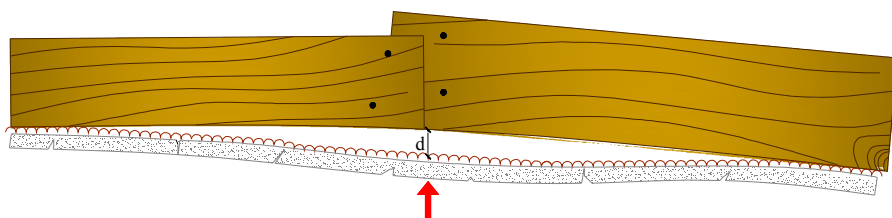
sgretolamenti e distacchi dell'intonaco, sia nei punti di minor aderenza dei vari strati, sia nei punti di minor aderenza con lo stuoiato di canne, soprattutto in virtù del fatto che lo stesso stuoiato, non essendo più perfettamente aderente con le centine e i tambocci, non riuscirebbe a fare da adeguato contrasto (Fig. 2.19). In questa ottica, allo scopo di preservare l'intradosso, e dunque gli elementi di pregio che esso porta, è indispensabile che durante il sollevamento l'intonaco rimanga aderente al supporto di canne. È indispensabile, quindi, considerando anche che in molti punti l'aggrappo dell'intonaco sulle canne è fortemente compromesso, che l'intradosso venga "imbracato" all'intradosso realizzando un sistema di sostegno che ne impedisca i distacchi durante il sollevamento.

- Laddove lo stuoiato di canne sia precariamente ancorato alle strutture in legno sarà opportuno prevedere un nuovo sistema di aggancio dall'estradosso, che non risulti eccessivamente rigido durante la fase di sollevamento, così da dare la possibilità a tutta la struttura di assestarsi ed evitare possibili fessurazioni.
- L'ancoraggio delle sospensioni andrebbe studiato sia superiormente, considerando i casi in cui si possa usufruire o meno delle capriate della copertura, che inferiormente, con collegamenti alle centine che mantengano inalterata l'entità delle connessioni con il supporto in canne, evitando gli sfilamenti delle chiodature durante il sollevamento. Anche in questo caso deve essere garantita una sufficiente deformabilità, per permettere i normali assestamenti della struttura.
- In particolare, durante il sollevamento occorrerà avere specifica cura nel non "chiudere" rigidamente le fessure (così che queste ultime possano fungere da vere e proprie "cerniere" durante la fase di sollevamento e possano in questo modo richiudersi, scongiurando la possibilità di formazione di nuove fessurazioni, Fig. 2.20)<sup>14</sup>. E garantire, invece, un consolidamento all'intonaco esistente ancora integro ("micro-consolidamento"), prima del sollevamento, per assicurare la giusta tenuta dello stesso durante questa fase, che successivamente, per andare a sanare eventuali micro-fessurazioni nate in questa fase.

**Nota 14**

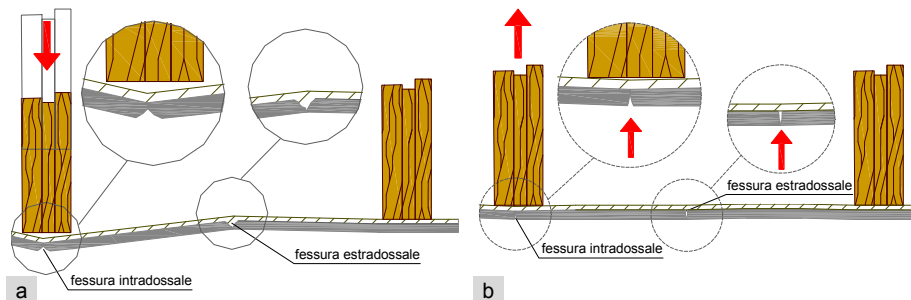
Lo scopo è, infatti, quello di convogliare le sollecitazioni dovute al sollevamento nelle fessure preesistenti preservando il più possibile le parti di intonaco rimaste integre. Consolidando rigidamente le fessure si potrebbe correre, ad esempio, il rischio che in caso di nuove sollecitazioni si aprano fessure nella parte di intonaco integra in quanto meno rigida di quella consolidata.

**Fig. 2.19** – Dettaglio del distacco tra la centina e lo stuoiato; la spinta esercitata dal basso, prima di agire sulla centina, deve colmare l'intercapedine provocando una sollecitazione maggiore nell'intonaco già lesionato.



**Fig. 2.20 a)** – Schema del meccanismo di danno dovuto al cedimento differenziale delle centine.

**Fig. 2.21 b)** – Schema del meccanismo di chiusura delle cerniere con il sollevamento.



## CAPITOLO 3

---

### LA SPERIMENTAZIONE DI LABORATORIO E I MODELLI DI INTERPRETAZIONE

#### 3.1. Introduzione

Quello delle volte in camorcanna è un sistema costruttivo molto diffuso nel territorio italiano, in particolare la tipologia che prevede la sospensione del sistema alle strutture di copertura è stata praticamente utilizzata a chiusura di ogni sala teatrale all'italiana realizzata tra il '700 e l'800<sup>1</sup>.

Nonostante questo non esistono in letteratura studi sperimentali su volte o porzioni di volte di dimensioni paragonabili a quelle storiche esistenti, ma solo su campioni di piccole dimensioni<sup>2</sup>.

In particolare, i meccanismi di danno osservati in questo tipo di volte dipendono molto spesso dal malfunzionamento delle sospensioni che in generale può avere origine da molti fattori, ad esempio il rilassamento del materiale, errori costruttivi iniziali o, in molti casi, la cattiva manutenzione e il rimaneggiamento dei presidi esistenti.

Con la sperimentazione in scala, realizzata presso il Laboratorio del Dipartimento di Architettura, Costruzioni e Strutture dell'Università Politecnica delle Marche<sup>3</sup>, si è infatti, dimostrato che il quadro fessurativo presente nel Teatro dei Filarmonici di Ascoli (e rilevato in molti altri esempi della stessa tipologia costruttiva) non dipende dalle peculiarità del plafone, ma è tipico del sistema costruttivo stesso.

In particolare con la sperimentazione, effettuata su tre plafoni, si è riprodotto il fenomeno di cedimento differenziale tra le centine, dovuto al fatto che alcune sospensioni non sono efficienti.

Una volta individuati i meccanismi alla base del danneggiamento di tali volte, l'interesse è stato rivolto all'individuazione dell'intervento di recupero più efficace e allo stesso tempo meno invasivo e, quindi, conservativo. È stata dunque testata l'efficacia di una serie di interventi innovativi, progettati secondo le linee guida introdotte nel § 2.8<sup>4</sup>.

Ogni intervento si prefiggeva come scopo principale quello di recuperare la forma originaria del plafone. Poiché si trattava di interventi innovativi, mai realizzati prima, è stato necessario verificarne la fattibilità e l'efficacia preliminarmente in laboratorio, utilizzando le volte precedentemente portate a fessurazione.

Tutti gli interventi che sono stati realizzati sono stati scelti in base ad un'ottica conservativa nei riguardi dell'intero sistema costruttivo originario, allo scopo di garantire la massima conservazione della materia e minimizzare le eventuali perdite di intonaco che avrebbero potuto verificarsi durante il sollevamento della volta.

La novità principale dell'intervento proposto è stato il sollevamento dall'estradosso: generalmente, infatti, gli avvallamenti registrati in questa tipologia di volte sono recuperati spingendo dall'intradosso tramite puntellatura regolabile<sup>5</sup>.

---

#### Nota 1

Quagliarini E., Ciarloni L., 2005.

---

#### Nota 2

Quagliarini E., 2002.

D'Orazio M., Quagliarini E., 2002.

D'Orazio M., Quagliarini E., Stazi A., 2001.

---

#### Nota 3

Seri E., 2007-2008.

Quagliarini E., Lenci S., Seri E., 2010.

---

#### Nota 4

Vallucci S., 2008-2009.

---

#### Nota 5

Prezzario ufficiale della Regione Marche in materia di lavori pubblici. Deliberazione della Giunta regionale n. 1108 del 06/07/2009, pubblicato nel supplemento n. 3 al BUR n. 70 del 23/07/2009.

Voce 24.05.006. – Riassetto di controsoffitti in canne e gesso.

### 3.2. La costruzione dei plafoni in scala

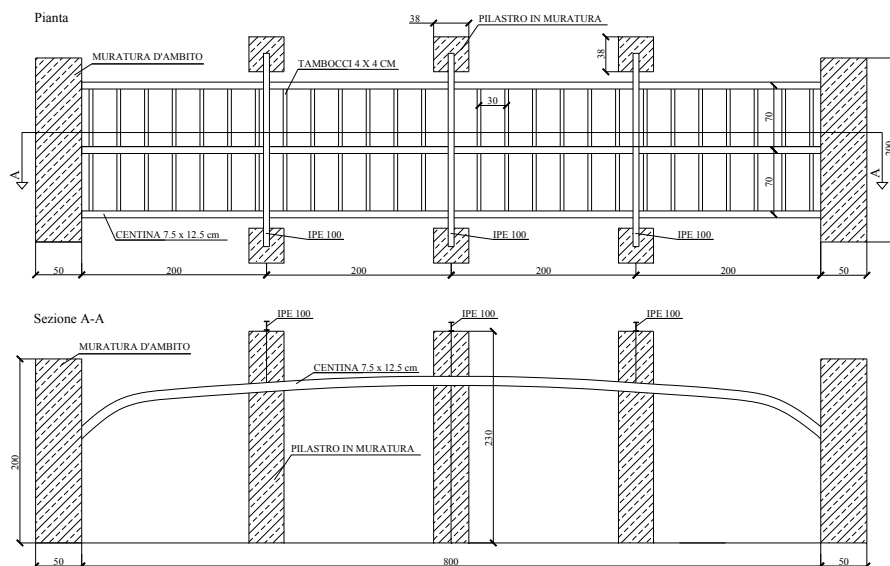
**Nota 6**

Quagliarini E., Malatesta C., 2005.

Una volta individuate le caratteristiche geometriche del Plafone dei Filarmonici, è stato necessario stabilire la scala della riproduzione delle volte in laboratorio. Per motivi di spazio disponibile in Laboratorio e per analizzare in modo più semplice i dati sperimentali, è stato deciso di realizzare tre plafoni con luce di 8 m (Fig. 3.1), così da avere dimensioni dimezzate rispetto a quelle del teatro dei Filarmonici e allo stesso tempo riprodurre una dimensione massima abbastanza frequente in quanto esistono vari casi di volte in camorcanna<sup>6</sup> con luci di 8 m.

Per il dimensionamento degli elementi si rimanda all'Appendice B, § B.1.

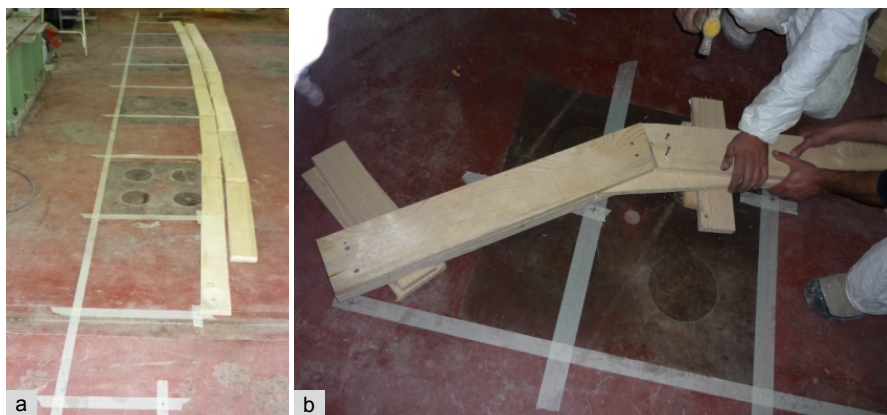
**Fig. 3.1** – Pianta e Sezione della volta tipo costruita in laboratorio. Per ulteriori dettagli sul dimensionamento degli elementi si veda l'Appendice B, § B.1.



Le centine sono state realizzate a terra, con lo scopo di riprodurre la curvatura prevista è stato tracciato sul pavimento il profilo delle volte, indicando così la posizione di ogni tavola (Fig. 3.2 a). Le centine sono state costruite tramite l'assemblaggio chiodato di tre file di tavole; le giunzioni tra le tavole sono state realizzate in modo tale che i bordi di quelle esterne coincidessero con la mezzeria di quelle interne e viceversa (Appendice B, Fig. B.1). In questo modo si è cercato di creare giunzioni quanto più possibile rigide (Fig. 3.2 b).

**Fig. 3.2 a)** – Immagine di una centina a terra durante la sua realizzazione.

**Fig. 3.2 b)** – Dettaglio di una centina durante la sua realizzazione. La sovrapposizione delle tavole è avvenuta in modo tale che i bordi delle tavole centrali fossero sfalsati con quelli delle tavole laterali.



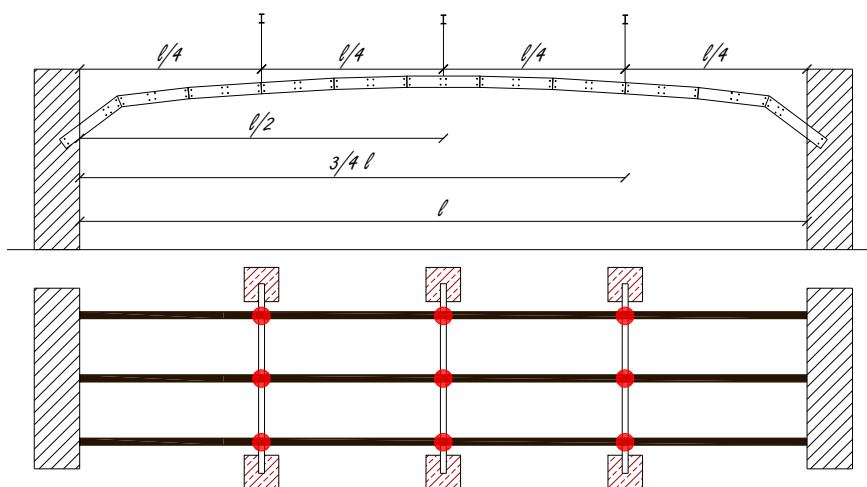


**Fig. 3.3 a)** – Immagine delle centine inserite all'interno delle tasche lasciate nelle murature.

**Fig. 3.3 b)** – Immagine degli appoggi delle centine. Le tasche sono state riempite con malta di calce idraulica naturale.

Una volta realizzate le centine sono poi state inserite in apposite tasche lasciate nelle due murature laterali, realizzate con mattoni pieni, ad un'altezza di imposta di circa 1,2 m da terra (Fig. 3.3).

Ogni centina è stata sospesa in tre punti, disposti a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{3}{4}$  dell'intera luce della volta (Fig. 3.4).



**Fig. 3.4** – Posizionamento delle sospensioni in prospetto e in pianta.

La sospensione è stata garantita da tenditori di acciaio (Fig. 3.5), questi inferiormente sono stati collegati alla centina tramite un golfare saldato a un profilo a C ad essa bullonato (Fig. 3.6 a), mentre superiormente sono stati collegati, tramite una catena di acciaio, a un supporto indipendente realizzato con una IPE 100 appoggiata a pilastri in muratura (Fig. 3.6 b).



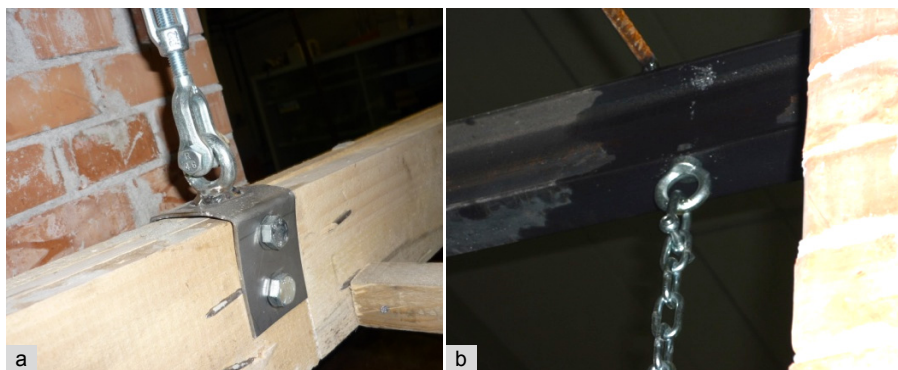
**Fig. 3.5 a)** – Immagine delle sospensioni delle centine.

**Fig. 3.5 b)** – Sospensione in acciaio della centina.



**Fig. 3.6 a)** – Dettaglio dell'ancoraggio della sospensione alla centina.

**Fig. 3.6 b)** – Dettaglio dell'ancoraggio della sospensione alla struttura superiore indipendente.



**Fig. 3.7 a)** – Particolare della chiodatura obliqua, detta anche alla "traditora", del tamboccio sulla centina.

**Fig. 3.7 b)** – Immagine della struttura lignea della volta.



Terminata la sospensione delle centine sono stati collegati ad esse, tramite chiodi infissi in maniera obliqua (*Fig. 3.7 a*), i tambocchi ad interasse costante (*Fig. 3.7 b*).

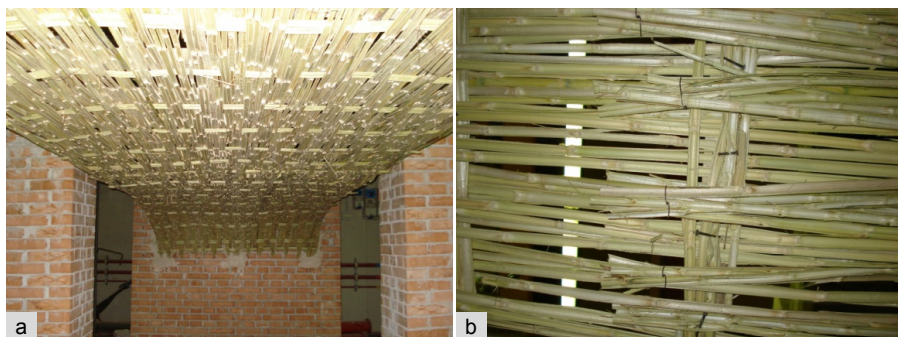
Lo stuoiato è stato realizzato a terra e solo successivamente posto in opera; sono state disposte inizialmente le canne affiancate e solo successivamente sono stati intrecciati i fasci di canne ortogonali. In questo modo le fasce trasversali erano rettilinee mentre le canne longitudinali avevano un andamento sinusoidale, così come rilevato nel caso di studio (*Scheda 2.2 e Fig. 3.8 a*).

Il collegamento con la struttura lignea è stato realizzato inserendo tra una canna e l'altra, ad interasse costante di 15 cm sulle centine e 10 cm sui tambocchi, chiodi ribattuti allo scopo di sostenere più canne contemporaneamente.

Nelle zone di sovrapposizione longitudinale, di circa 50 cm, le canne sono state collegate tra loro anche attraverso legature con filo di ferro, come spesso succede in opera (*Fig. 3.8 b*).

**Fig. 3.8 a)** – Lo stuoiato in opera.

**Fig. 3.8 b)** – Dettaglio del collegamento dello stuoiato con la struttura lignea e della sovrapposizione delle canne: è visibile il filo di ferro utilizzato per legare le estremità delle canne.



Terminata la realizzazione del supporto è stata eseguita la stesura dell'intonaco che si componeva di più strati; il primo, quello a contatto con le canne, è stato realizzato con malta di calce idraulica naturale (*Fig. 3.9 a*). L'attenzione degli operatori è stata

rivolta in questa fase soprattutto a far refluire l'intonaco fra le canne in modo tale da creare una serie di "ponti" di intonaco che ne garantissero l'aggrappo (Fig. 3.9 b).

Terminata la stesura di questo primo strato, la superficie si presentava rugosa (Fig. 3.10 a); allo scopo di regolarizzarla è stata dunque realizzata un'ulteriore mano con la stessa malta (Fig. 3.10 b). Infine, per permettere un più agevole rilievo del quadro fessurativo durante l'esecuzione della prova, è stata realizzata una rasatura di stucco di calce idraulica naturale, pozzolana e inerti fini (Fig. 3.10 c).

Nella Tabella 3.1 sono indicate sinteticamente tutte le caratteristiche geometriche degli elementi che componevano i plafoni della sperimentazione confrontati con quelle del plafone dei Filarmonici. In Figura 3.11 è riportata una foto dall'alto di uno dei tre plafoni realizzati.

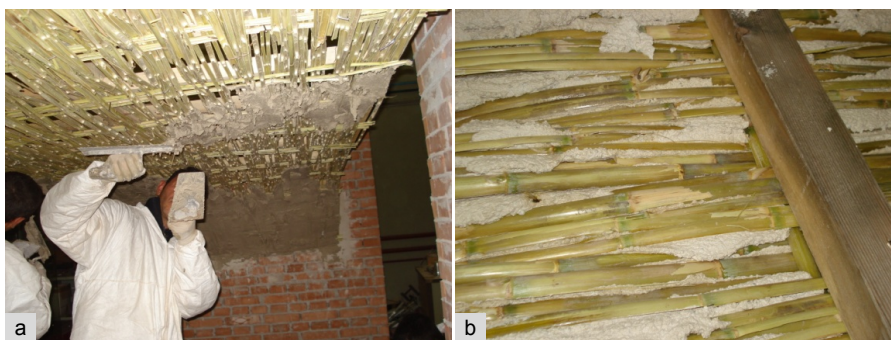


Fig. 3.9 a) – Realizzazione dello strato di intonaco a contatto con le canne.

Fig. 3.9 b) – Immagine dell'intonaco che refluisce all'estradosso tra le canne.



Fig. 3.10 a) – Immagine del primo strato di intonaco.

Fig. 3.10 b) – Immagine del secondo strato di intonaco.

Fig. 3.10 c) – Immagine dello strato di finitura dell'intonaco.

Elemento	Sistema Originario	Sperimentazione	Scala
Luce massima centina	16 m	8 m	1:2
Monta massima centina	1,12 m	0,56 m	1:2
H centina	25 cm	12,5 cm	1:2
B centina	12 cm	7,5 cm	Fuori scala
Interasse centina	1,4 m	0,7 m	1:2
Lunghezza tavole centina	Circa 1,60 m	0,80 m	1:2
n° tavole centina	10-11	10-11	1:1
Interasse medio delle chiodature delle tavole della centina	Circa 15 – 20 cm e di altezza variabile	Circa 30 cm e di altezza regolare	Fuori scala
Distanza minima delle chiodature dal bordo	Variabile	Circa 5 cm	Fuori scala
Sezione tambocci	3,5x7 cm	4x4 cm	Fuori scala
Interasse tambocci	15 cm	30 cm	2:1
Diametro canne	Circa 2 cm	Circa 2 cm	1:1
Passo chiodature stuoiato – struttura lignea	10 cm sui tambocci 15 cm sulle centine	10 cm sui tambocci 15 cm sulle centine	1:1
Spessore intonaco	2-2,5 cm	Volta n°1 2,5 cm	Volte n°2 - 3 2,0 cm

Tabella 3.1 – Tabella riassuntiva delle dimensioni degli elementi delle volte nel sistema originario e nella sperimentazione. Per ulteriori dettagli sul dimensionamento degli elementi si veda l'Appendice B, § B.1.

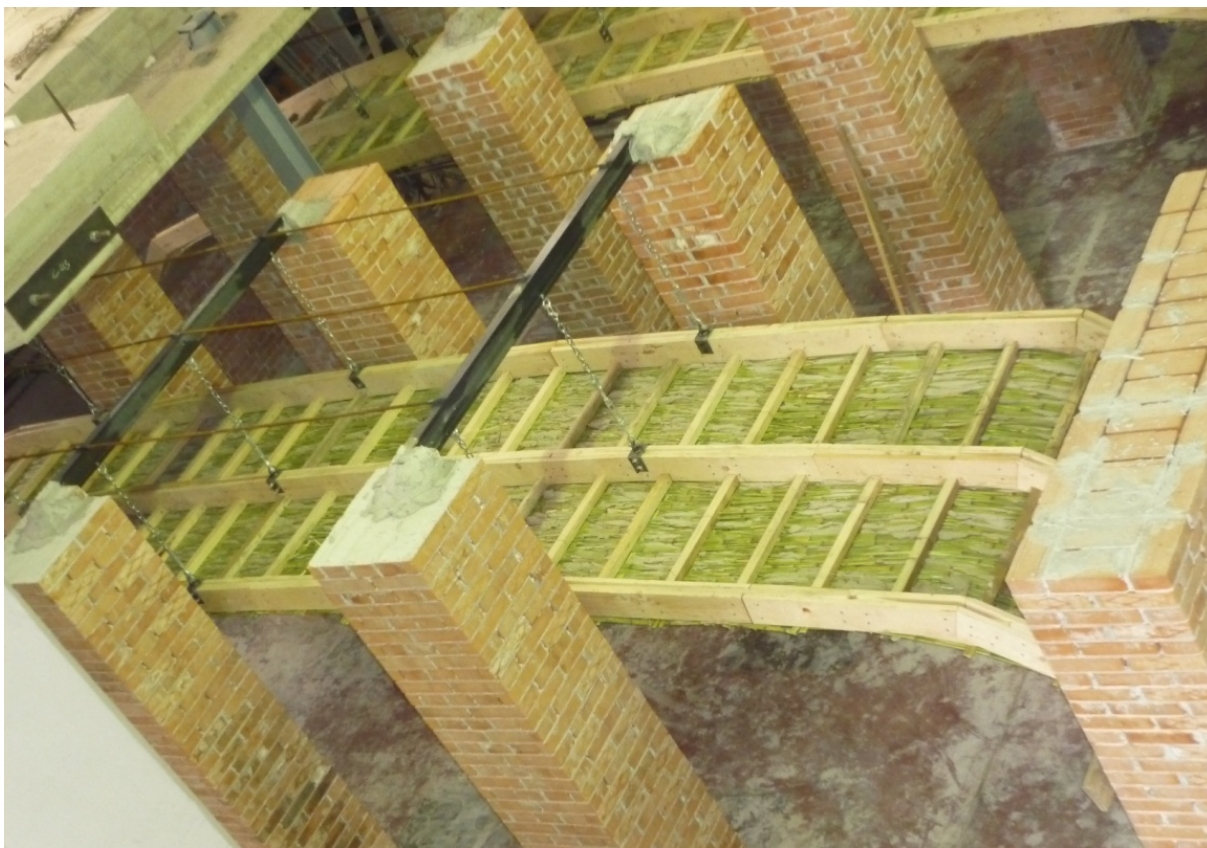


Fig. 3.11 – Immagine dall'alto di una delle volte in camorcanna realizzate nel Laboratorio del D.A.C.S.

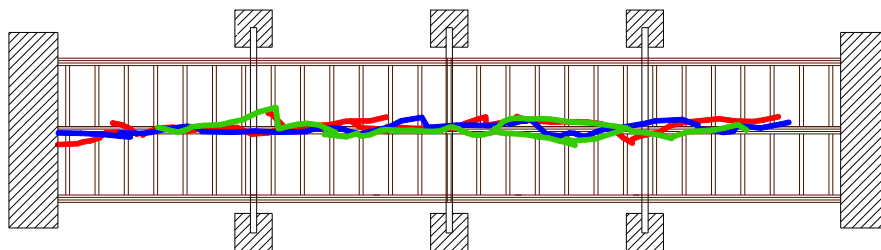
### 3.3. La riproduzione del quadro fessurativo

Così come già anticipato nel § 3.1, lo scopo della prova di fessurazione è stato la riproduzione del quadro fessurativo rilevato nel plafone dei Filarmonici, e quindi la verifica che è stato proprio il cedimento differenziale tra le centine a provocare la sua formazione. Inoltre si è voluto anche dimostrare che questo è un meccanismo di danno tipico per la tipologia costruttiva e che non dipende quindi dalle peculiarità del plafone. Per creare inizialmente l'abbassamento differenziale sono state sganciate le sospensioni della centina centrale, mentre quelle delle centine laterali sono rimaste sempre in tiro. I trasduttori induttivi di spostamento posizionati in punti strategici della volta sia all'intradosso che all'estradosso, così come descritto ampiamente nell'Appendice B, § B.2, Fig. B.8, hanno misurato nel tempo le deformazioni della volta. Allo scopo di enfatizzare il quadro deformativo che si era formato dopo lo sgancio della centina centrale, quest'ultima è stata caricata in successivi step di carico, descritti nel dettaglio nell'Appendice B, § B.2, Figg. B.9, B.10.

Fig. 3.12 – Sovrapposizione del quadro fessurativo delle tre volte. Si nota come la fessura principale corre sotto la centina centrale, l'unica ad avere le sospensioni allentate.

**LEGENDA**

- Quadro fessurativo della volta n°1
- Quadro fessurativo della volta n°2
- Quadro fessurativo della volta n°3



Confrontando i risultati ottenuti dalla prova effettuata sulle tre volte, è evidente che il cedimento differenziale delle centine dovuto all'allentamento delle sospensioni produce un quadro fessurativo tipico della tipologia costruttiva; lo dimostra il fatto che il percorso preferenziale della fessura per le tre volte è stato pressoché identico (Figg. 3.12, 3.13).

Nonostante il quadro fessurativo al termine della prova fosse analogo, durante le fasi di carico il comportamento di una delle tre volte è stato differente (Grafico 3.1).



Fig. 3.13 a) – Quadro fessurativo della volta n°1.  
Fig. 3.13 b) – Quadro fessurativo della volta n°2.  
Fig. 3.13 c) – Quadro fessurativo della volta n°3.

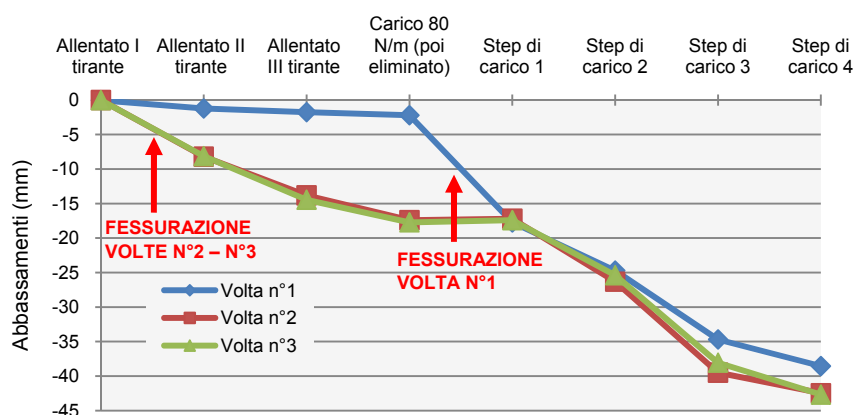


Grafico 3.1 – Grafico degli abbassamenti in mezzera in funzione del carico. Le volte n°2 e 3 hanno avuto lo stesso comportamento, la volta n°1 ha avuto invece un comportamento pre-fessurativo diverso.

In particolare il momento di apertura della fessura della volta n°1 è avvenuto per carichi maggiori rispetto a quelli delle altre due volte per le quali si è registrato un comportamento praticamente identico. Infatti nel caso delle volte n°2 e n°3 il peso proprio (sgancio del II tirante) ha provocato la fessurazione dell'intradosso mentre per la fessurazione della volta n°1 è stato necessario aggiungere un carico distribuito di 700 N/m su una porzione di centina (Step di carico 1, Fig. B.10). È importante però sottolineare come subito dopo la fessurazione il comportamento della volta n°1 ritorna in linea con quello delle altre due volte, in accordo con il fatto che a quel punto la camorcanna non contribuisce più alla resistenza d'insieme, ma si comporta come un semplice carico appeso.

Dall'analisi dei dati, il diverso comportamento, in particolare la maggiore resistenza opposta alla deformazione e quindi alla fessurazione, è stato ricondotto a un fattore di tipo costruttivo; infatti per la realizzazione dell'intonaco della prima volta è stata necessaria una maggiore quantità di materiale in quanto la tessitura dello stuoiato, essendo in alcuni punti meno fitta che negli altri casi, non riusciva a garantire un'adeguata superficie di aggancio all'intonaco. Inoltre la finitura successiva, necessaria per mettere in luce più chiaramente il quadro fessurativo è stata data in tre mani nella volta n°1, in due mani nelle altre due volte. La conseguenza di ciò è un maggiore spessore dello strato di intonaco totale (malta del corpo dell'intonaco e finitura a stucco) che provoca un aumento di rigidità flessionale che ha causato il diverso andamento deformativo della volta n°1 rispetto alle altre due volte<sup>7</sup>.

**Nota 7**

La finitura è composta prevalentemente da stucco, tale materiale è generalmente molto più rigido rispetto alla malta utilizzata per il corpo dell'intonaco. Maggiore è lo spessore di tale strato, maggiore sarà dunque la rigidità complessiva dello strato di intonaco totale. A questo si aggiunge il fatto che essa è posizionata all'intradosso e che quindi lo strato più rigido è situato nel punto dove maggiormente si concentrano le tensioni di trazione dovute alla flessione.

### 3.4. La caratterizzazione dei materiali

**Nota 8**

Il coefficiente di efficienza della sezione a flessione è stato introdotto per tener conto del fatto che le centine sono realizzate tramite l'accoppiamento di più tavole. Tramite tale coefficiente riduttivo si tiene conto del gioco sulle giunzioni. Per ulteriori dettagli vedi l'Appendice B, § B.3.2.

**Nota 9**

Quagliarini E., D'Orazio M., 2005, pagg. 155-158.  
Rossi M., 2000-2001.

Allo scopo di analizzare il comportamento sperimentale delle volte e poterne poi confrontare i risultati con quelli del modello analitico è stato necessario realizzare una serie di prove di caratterizzazione dei materiali utilizzati.

In particolare, sono state effettuate prove di trazione sul legno per la determinazione del modulo elastico e della tensione di rottura a trazione del materiale; prove di flessione su travi centinate per la determinazione dell'efficienza della sezione<sup>8</sup>, prove di flessione e compressione su campioni della malta utilizzata per l'intonaco e sono stati processati i dati di precedenti prove di scorrimento su pannelli in camorcanna per valutare il vincolo di interfaccia tra canne e intonaco<sup>9</sup>.

Da tali prove sono stati ottenuti i parametri meccanici necessari per la modellazione numerica della sperimentazione riportati nella Tabella 3.2. Le prove sono descritte nel dettaglio nell'Appendice B, § B.3.

**Tabella 3.2** – Risultati delle prove sperimentali preliminari.

Materiale	Proprietà	Valore	Deviazione Standard	Unità Di Misura
LEGNO	Tensione di rottura a trazione	43	2	MPa
	Modulo elastico a trazione	1300	230	MPa
	Coefficiente di efficienza flessionale della sezione <sup>8</sup>	0,88	0,04	----
MALTA	Tensione di rottura a flessione	0,61	0,04	MPa
	Tensione di rottura a compressione	2	0,14	MPa
INTERFACCIA CANNE - INTONACO	Tensione tangenziale massima	0,12	0,03	MPa

### 3.5. I risultati della modellazione

La simulazione numerica effettuata con un software di calcolo agli elementi finiti ha avuto lo scopo di riprodurre analiticamente il comportamento sperimentale delle volte in camorcanna così da mettere a punto un modello che potesse essere applicato ad altre volte<sup>10</sup>.

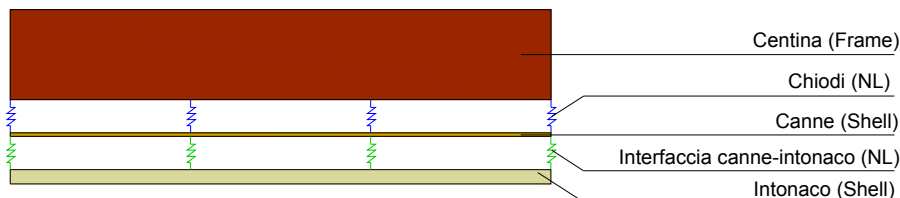
Per avere un immediato riscontro sulla bontà di tale modello, questo è stato applicato alla sperimentazione effettuata nel Laboratorio del D.A.C.S., descritta dettagliatamente nel § 3.2. Per la definizione di tutti i parametri che definiscono le caratteristiche degli elementi che componevano la volta sono stati utilizzati i risultati delle prove sperimentali di caratterizzazione del materiale descritte nel § 3.4.

Nella Figura 3.14 è schematizzata la stratigrafia inserita nel modello.

**Nota 10**

Quagliarini E., D'Orazio, 2005, pagg. 101-119.  
Quagliarini E., Lenci S., Seri E., 2010.

**Fig. 3.14** – Schema della stratigrafia della volta inserita nel modello. Tutti gli elementi sono caratterizzati nel dettaglio nell'Appendice C, § C.2. NL = elemento a comportamento non lineare.



A causa delle differenze costruttive tra le volte sperimentali è stato necessario realizzare parallelamente due analisi, una per simulare la volta n°1, un'altra per simulare le altre due volte. Le due analisi differivano solamente per le caratteristiche

dell'intonaco, di cui in particolare per la volta n°1 erano stati implementati un maggiore spessore e una maggiore rigidità (Nota 7, § 3.3).

Dopo aver creato i modelli analitici delle volte sperimentali, sono stati simulati attraverso il software gli stessi step di carico della sperimentazione (Figg. B.9, B.10).

Alla luce dei risultati sperimentali, in particolare in relazione al fatto che l'intonaco contribuisce in maniera significativa alla rigidità del sistema e quindi alla sua deformazione, è stato deciso di realizzare un modello evolutivo, si è valutato, infatti, il comportamento della volta con l'intonaco integro (NF) e con l'intonaco fessurato (F). La differenza tra la simulazione NF e F è che nella seconda per simulare l'intonaco fessurato sono state eliminate le shell sotto le centine con cui abbiamo schematizzato l'intonaco; in questo modo si è riprodotta la fessurazione lasciando che le porzioni di intonaco integre lavorassero separatamente. Per il passaggio tra NF e F sono state tenute sotto controllo le tensioni di trazione all'intradosso con l'intonaco integro; quando queste avevano superato la resistenza a trazione dell'intonaco, determinata tramite le prove di caratterizzazione prima descritte (§ 3.4), avveniva il passaggio da NF a F. Nel modello per le volte n°2 e n°3 tale passaggio è avvenuto dopo lo sgancio del II tirante, mentre per la volta n°1 è avvenuto per il primo step di carico; in entrambi i casi il comportamento analitico ha riprodotto quello sperimentale. Ciò indica che il modello è affidabile dal punto di vista tensionale.

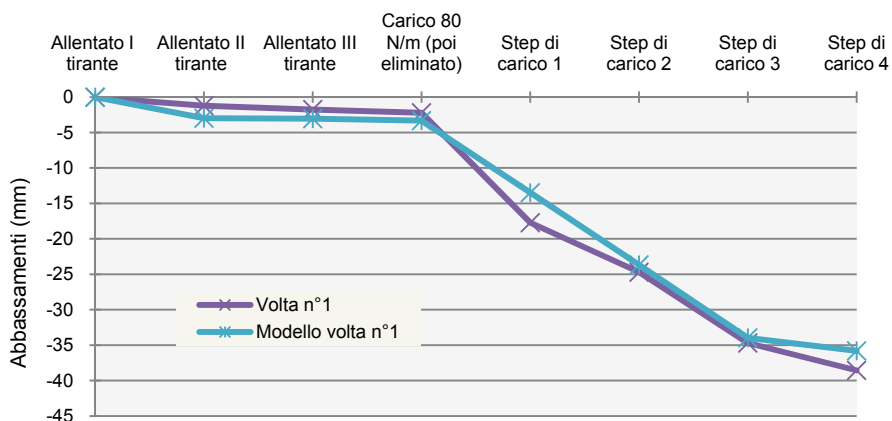
Dal punto di vista deformativo, sono stati confrontati i risultati sperimentali con gli abbassamenti del modello. Dai Grafici 3.2 e 3.3 è evidente come il modello riesca a simulare con ottima approssimazione il comportamento sperimentale anche dal punto di vista deformativo. Confermando l'efficacia dello stesso come strumento di previsione del comportamento meccanico delle volte in camorcanna sospese.

In particolare, dalla sperimentazione è emerso che l'intonaco ha un ruolo fondamentale nel comportamento globale della struttura, tanto che piccole variazioni di spessore, soprattutto dello strato di finitura (realizzato con un materiale molto più rigido rispetto alla malta utilizzata per il corpo dell'intonaco, Nota 7, § 3.3), hanno provocato sostanziali differenze nel comportamento sperimentale. Analizzando i dati ottenuti attraverso la sperimentazione e la modellazione numerica si evince come sia necessario distinguere tra il comportamento del sistema prima e dopo la fessurazione dell'intonaco.

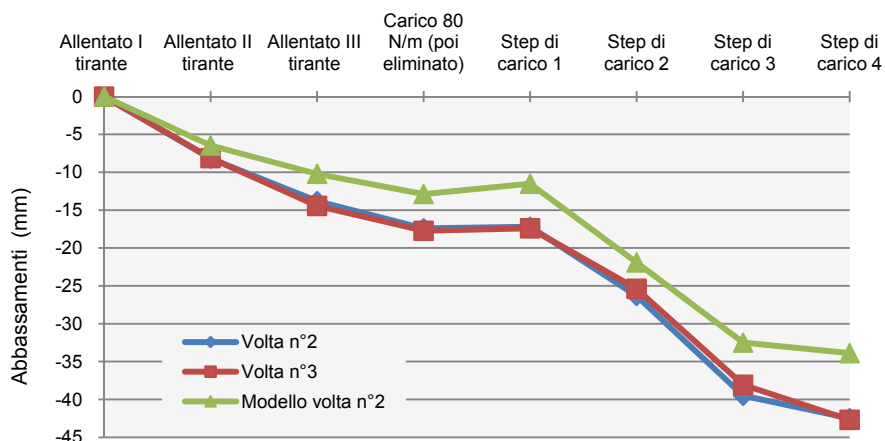
Nella fase pre-fessurativa l'intonaco svolge un importante ruolo strutturale; fino a che esso rimane integro ha un comportamento a piastra che aumenta molto la rigidità del sistema diminuendone le deformazioni. Per questo motivo in tale fase c'è un notevole distacco tra le deformazioni dei due modelli. Infatti, la maggiore rigidità dell'intonaco della volta n°1, a parità di carico, ha generato un minore stato tensionale di trazione all'intradosso così che per la fessurazione dell'intonaco è stato indispensabile un carico maggiore.

La fessurazione dell'intonaco ha comportato un aumento immediato delle deformazioni in prossimità della fessura; le porzioni di intonaco rimaste integre hanno continuato però a fornire il loro contributo strutturale, seppur in maniera meno efficace rispetto a prima della formazione della fessura. Nella fase post-fessurativa, quindi, il maggiore modulo elastico dell'intonaco non influisce in modo determinante, il ruolo principale passa alle centine. Ciò è suffragato dal fatto che dopo la fessurazione si nota il superamento, a parità di carico, delle deformazioni della volta n°1 rispetto alla volta n°2, ciò può essere spiegato tenendo conto del maggiore spessore dell'intonaco della volta n°1 che provoca un aumento dei carichi di circa il 20% sulle centine, causa dei maggiori abbassamenti. In questa fase, quindi, sono di fondamentale importanza la sezione delle centine e la qualità del legno.

**Grafico 3.2** – Confronto tra il modello e il comportamento sperimentale. Abbassamenti in mezzeria in corrispondenza del trasduttore n°2.



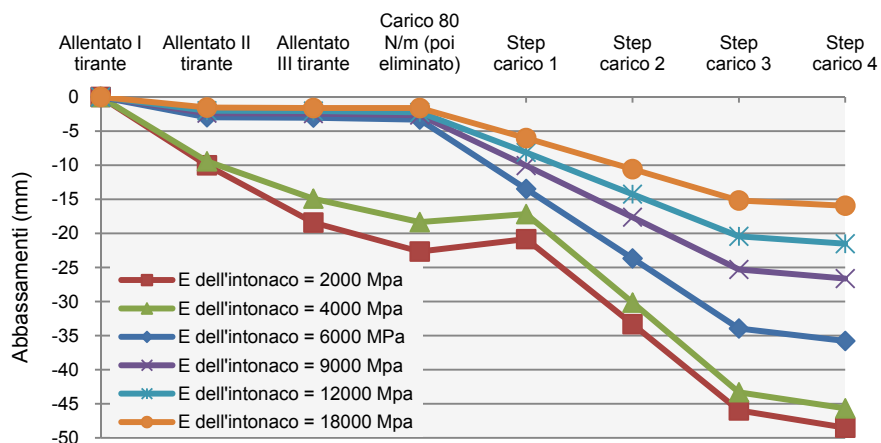
**Grafico 3.3** – Confronto tra il modello e il comportamento sperimentale. Abbassamenti in mezzeria in corrispondenza del trasduttore n°2.



### 3.6. I risultati dell'analisi parametrica

Per valutare l'incidenza di ogni elemento costituente il sistema costruttivo si è effettuata un'analisi parametrica sulle caratteristiche meccaniche dell'intonaco, delle centine, dello stuoiato, delle chiodature tra struttura lignea e stuoiato e sul vincolo di interfaccia tra intonaco e stuoiato. I parametri valutati sono riportati nel dettaglio nell'Appendice C, § C.4, Tabella C.8.

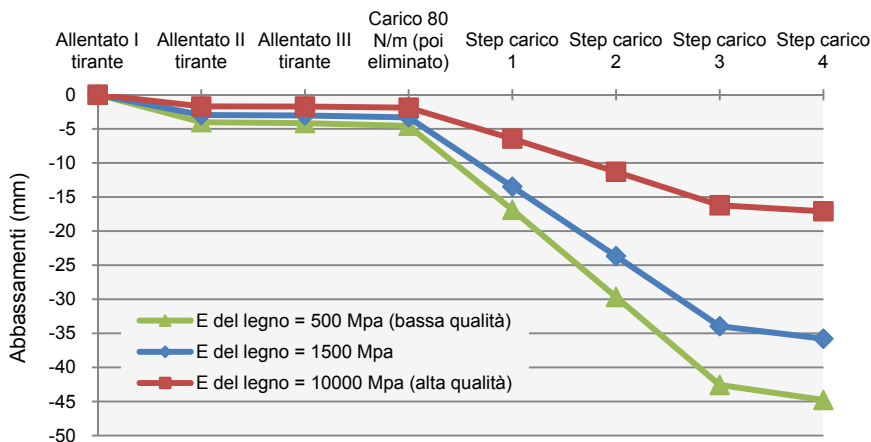
**Grafico 3.4** – Analisi parametrica: effetti della variazione del modulo elastico dell'intonaco.



I risultati dell'analisi parametrica sul modulo elastico dell'intonaco (*Grafico 3.4*) evidenziano quanto detto prima, cioè quanto sia importante nella fase pre-fessurativa il ruolo dell'intonaco. Aumentando E si hanno variazioni sostanziali sia dal punto di vista deformativo, con la riduzione degli abbassamenti, che dal punto di vista tensionale con la diminuzione delle tensioni di trazione all'intradosso.

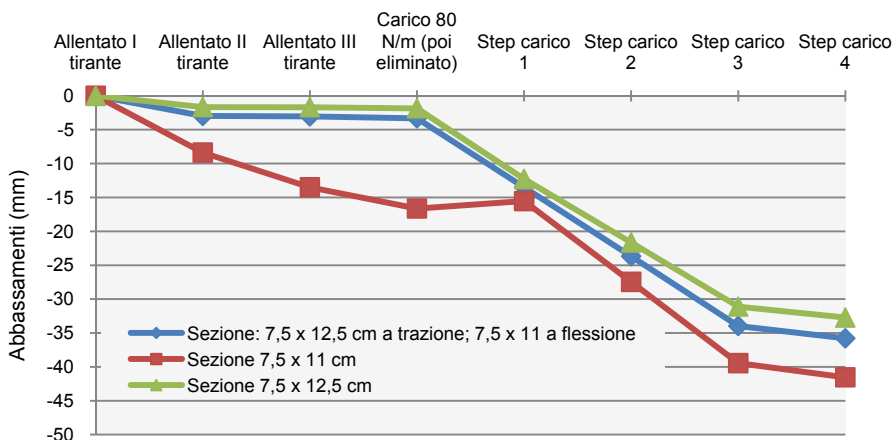
L'analisi parametrica evidenzia come, modificando il modulo elastico del legno, si hanno variazioni nel comportamento globale della struttura principalmente nella fase post-fessurativa.

È inoltre da sottolineare come dal punto di vista tensionale non si registrino variazioni della tensione di trazione sulla superficie intradosale (*Grafico 3.5*).



**Grafico 3.5** – Analisi parametrica: effetti della variazione del modulo elastico del legno.

Al contrario, la variazione della sezione della centina, e quindi dell'efficienza delle chiodature di cui si tiene conto tramite un fattore riduttivo (*Appendice B, § B.3.2*), influenza anche la fase pre-fessurativa in quanto variando la sezione, in particolare la sua altezza, si generano variazioni dello stato tensionale all'intradosso. Diminuendo la sezione le tensioni di trazione generate, a parità di carico, sono superiori, per cui si raggiunge la fessurazione dell'intonaco per carichi minori. Ciò provoca dal punto di vista deformativo notevoli aumenti degli abbassamenti (*Grafico 3.6*).



**Grafico 3.6** – Analisi parametrica: effetti della variazione dell'efficienza flessionale della sezione della centina.

Sono state realizzate analisi parametriche anche per gli altri parametri che caratterizzano il modello, dai risultati di tali analisi si evince che tutte le altre grandezze in gioco, come ad esempio la rigidità delle chiodature o la rigidità dell'interfaccia canne - intonaco non influenzano significativamente il comportamento globale della struttura.





Fig. 3.15 – Eliminazione con scalpello della superficie di finitura liscia.



Fig. 3.16 – Posa in opera del cuneo di legno arrotondato per facilitare la posa in opera del cavallotto in CFRP.

**Nota 11**

Durante le fasi di progettazione è stato preso anche in considerazione l'utilizzo di fibre di vetro (GFRG – Glass Fiber Reinforced Grout). Prove preliminari hanno però evidenziato la bassa impregnazione e la scarsa aderenza della matrice di malta scelta per l'intervento. Per cui tale soluzione è stata scartata.

**Nota 12**

Durante la prova di fessurazione le sospensioni delle centine laterali sono sempre state lasciate in tiro, per questo motivo gli abbassamenti registrati sono stati trascurabili e non è stato necessario recuperarli durante la fase di sollevamento della volta. Di conseguenza non è stato necessario lasciare lasco il tessuto, ma è stato possibile impregnarlo in tutte le sue parti, sia quelle a contatto con la centina che quelle a contatto con lo stuoio. Inoltre non è stato necessario porre in opera il cuneo di legno data la conformazione a "L" di questi cavallotti (Fig. 3.18 b).

Fig. 3.17 – Pianta della volta con il posizionamento dei cavallotti all'estradosso.

**3.7. La sperimentazione dell'intervento**

Come detto precedentemente, l'intervento si è posto l'obiettivo di sollevare dall'estradosso il plafone utilizzando una sorta di "imbracatura" intradossale appesa alle centine, che garantisse il sostegno all'intonaco durante il sollevamento e il suo consolidamento in esercizio. Due sono le soluzioni testate per realizzare l'imbracatura: attraverso una rete in fibra di carbonio (intervento continuo) o attraverso fasciature sempre in fibra di carbonio (intervento discontinuo)<sup>11</sup>.

In entrambi i casi la sospensione dell'imbracatura dalle centine è avvenuta attraverso dei "cavallotti" a  $\Omega$  risvoltati nelle centine e realizzati sempre in fibra di carbonio.

Come spiegato precedentemente le volte n°2 e n°3 sono costruttivamente identiche, mentre la volta n°1 ha un maggiore strato dell'intonaco. Si è deciso dunque di testare lo stesso intervento di recupero (tipo continuo) nelle volte n°1 e n°2 in modo da valutare l'efficacia dell'intervento continuo su due volte costruttivamente diverse. Nella volta n°3 si è realizzato, invece, l'intervento di tipo discontinuo. In questo modo è possibile confrontare l'efficacia di tale intervento rispetto a quello continuo, realizzati entrambi su volte costruttivamente identiche (n°2 e n°3). Per il dimensionamento degli elementi si veda l'Appendice D, § D.1.

**3.7.1. Le fasi preparatorie**

La prima fase dell'intervento ha avuto come scopo quello di irruvidire la superficie intradossale mediante scalpellatura della superficie liscia di finitura (Fig. 3.15).

In corrispondenza dei punti di posizionamento dei cavallotti sono stati incollati con adesivo tixotropico cunei in legno arrotondati con lo scopo di dare alla fibra una conformazione senza spigoli, e quindi senza punti critici in quanto la fibra, seppur molto resistente a trazione, ha una bassa resistenza a taglio e lo sfregamento su spigoli vivi avrebbe potuto causarne la rottura (Fig. 3.16). I cavallotti sono stati realizzati mediante la posa in opera di un tessuto unidirezionale in fibra di carbonio, incollati tramite adesivo tixotropico allo stuoio (Fig. 3.17). Dopo essere stato posizionato, il cavallotto è stato fissato allo stuoio estradosso con due stesure successive di resina epossidica.

Per garantire un certo grado di flessibilità alla giunzione per eventuali assestamenti del sistema costruttivo in fase di sollevamento il vincolo che tali cavallotti costituivano doveva rimanere lasco durante il sollevamento; per far questo si è avuta cura di non impregnare in questa fase con la resina la superficie di contatto con la centina (Fig. 3.18 a)<sup>12</sup>.

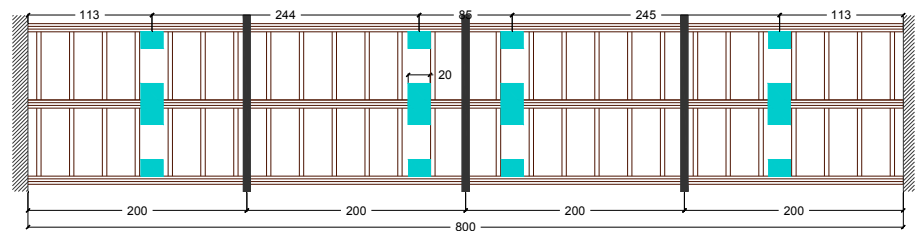
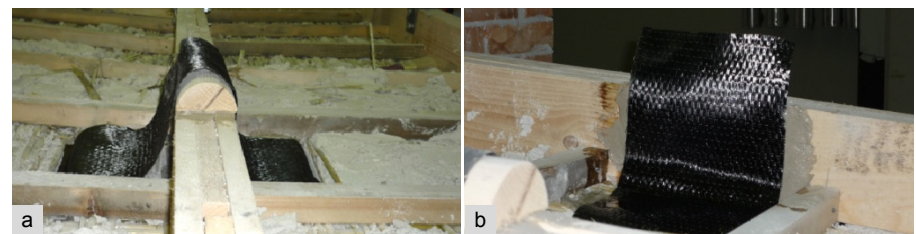
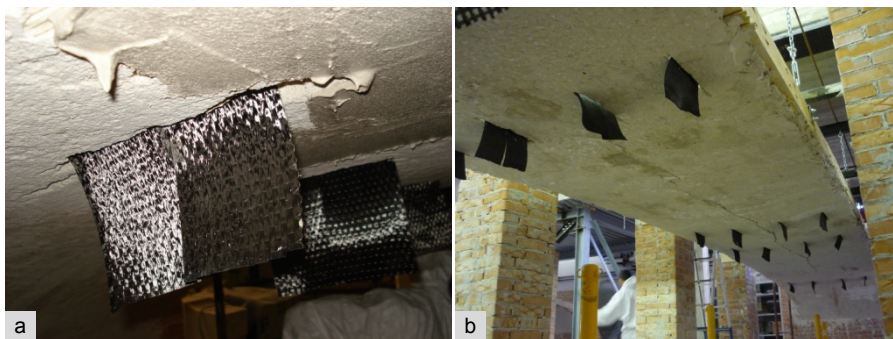


Fig. 3.18 a) – Cavallotto in CFRP all'estradosso sulla centina centrale, lasco sopra.

Fig. 3.18 b) – Cavallotto in CFRP all'estradosso sulla centina laterale. Esso non ha bisogno di essere lasciato lasco e perciò è incollato sia allo stuoio che alla centina.





**Fig. 3.19 a)** – Tessuto del cavallotto sporgente all'intradosso attraverso tagli nella camorcanna.  
**Fig. 3.19 b)** – Risvolti all'intradosso.



**Fig. 3.20** – Estradosso della volta, è visibile la stesura della resina tixotropica e il taglio nella camorcanna.

Per realizzare l'aggancio tra i cavallotti e l'imbracatura intradosale, il tessuto che costituisce il cavallotto è stato fatto sporgere all'intradosso (Fig. 3.19), per mezzo di tagli precedentemente realizzati (Fig. 3.20). La distanza dei tagli dalla centina è stata di 15 cm, mentre la sporgenza è stata di circa 10 cm.

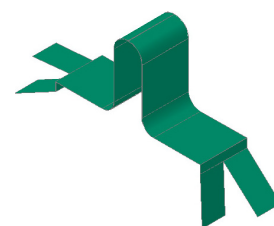
I risvolti all'intradosso sono stati fondamentali per assicurare punti di sospensione alla rete o alle fasce. Per far sì, infatti, che si attivi il loro comportamento a rete o a graticcio è necessario che siano ancorate a un supporto. Solo grazie a questi punti di ancoraggio all'estradosso è stato possibile quindi garantire, in fase di sollevamento, il sostegno dell'intonaco esistente.

Le sagomature finali di ogni cavallotto sulle centine sono rappresentate in Fig. 3.21 e Fig. 3.22.

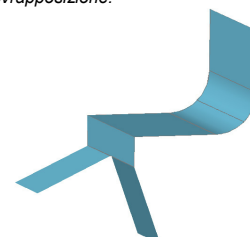
### 3.7.2. Intervento di tipo continuo

Come detto precedentemente le volte soggette all'intervento di tipo continuo sono state la n°1 e n°2. Nel caso dell'intervento di tipo continuo è stato preferito risvoltare i cavallotti in corrispondenza delle sovrapposizioni tra i fogli della rete, in questo modo è stata garantita una maggiore continuità e un migliore collegamento. È stata quindi realizzata una prima mano di malta rasante, composta da calce idraulica naturale, pozzolane e inerti silicei; anche in questo caso grandissima attenzione è stata rivolta a non chiudere le fessure<sup>13</sup> (Fig. 3.23 a).

A fresco è stata poi applicata sulla malta la rete bidirezionale in fibra di carbonio (Fig. 3.23 b); al fine di sospendere entrambi i fogli di rete di carbonio sovrapposti tale rete è stata intagliata in corrispondenza delle sporgenze all'intradosso dei cavallotti (Fig. 3.24 a).



**Fig. 3.21** – Sagomatura finale dei cavallotti centrali nel caso di intervento continuo. Questa sagomatura si è resa necessaria per abbracciare da sotto entrambi i fogli di rete nella zona di sovrapposizione.



**Fig. 3.22** – Sagomatura finale dei cavallotti laterali nel caso di intervento continuo.



**Fig. 3.23 a)** - Stesura della malta rasante.  
**Fig. 3.23 b)** - Applicazione della rete bidirezionale.

#### Nota 13

Nella volta n°1, prima della malta rasante è stato applicato un primer su tutta la superficie intradosale. Lo scopo del primer è quello di dare all'intonaco da consolidare una maggiore aderenza e di togliere eventuali patine polverose esistenti. Affinché la fessura svolgesse il ruolo di cerniera durante il sollevamento è stata posta molta attenzione a non impregnarla.

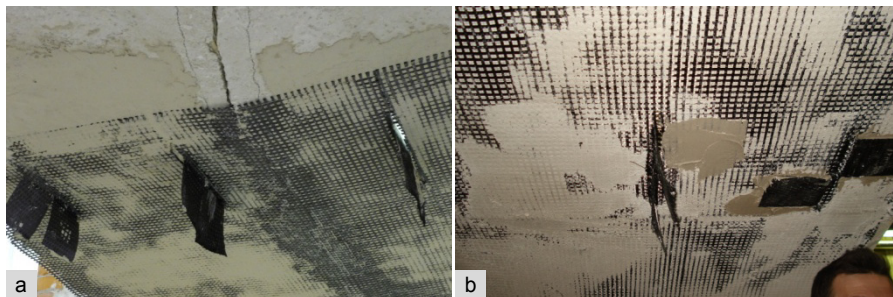
Tali sporgenze sono state incise verticalmente e le due ali formatasi sono state risvoltate sulla stessa rete (Fig. 3.25 b). Terminata la posa in opera della rete bidirezionale si è proceduto, dopo la sua asciugatura, a risvoltare le ali dei cavallotti. In prossimità di ogni risvolto è stata applicato uno strato di resina epossidica

tixotropica su cui è stato immediatamente fatto aderire il tessuto del cavallotto (Fig. 3.25).

Allo scopo di realizzare un sostegno il più possibile continuo su tutta la larghezza della volta, le due ali dei risvolti sono state risvoltate nei due lati opposti. Al fine di irruvidire la superficie è stato passato sopra i risvolti uno spolvero di quarzo.

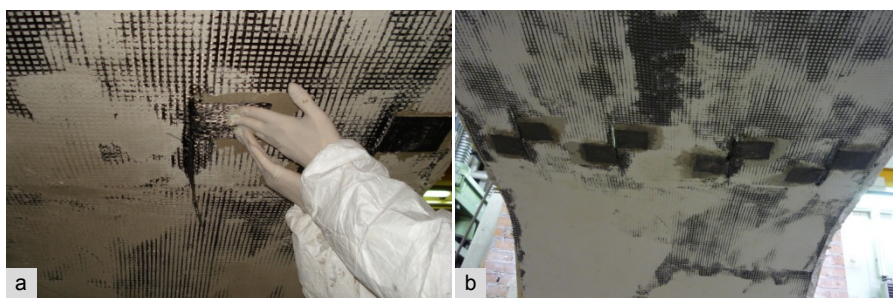
**Fig. 3.24 a)** – Sporgenza delle ali dei cavallotti. È ben visibile la fessura libera e non stuccata.

**Fig. 3.24 b)** – Applicazione della resina tixotropica.



**Fig. 3.25 a)** – Risvolto della fibra su resina tixotropica.

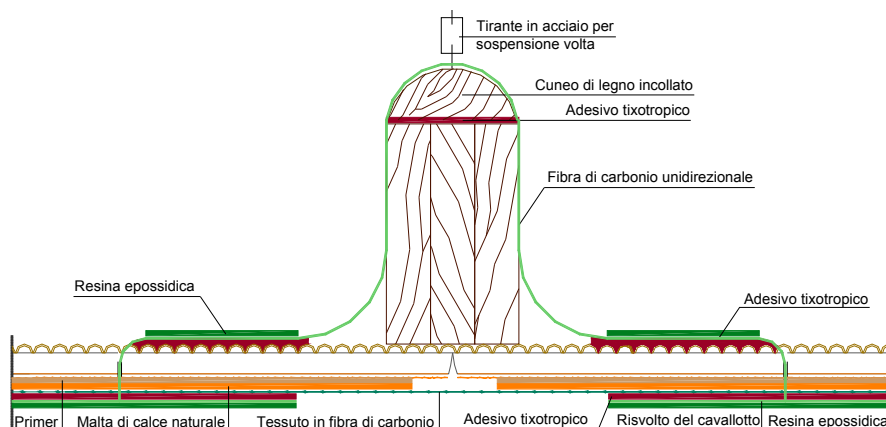
**Fig. 3.25 b)** – Risvolti dei cavallotti incollati sopra la rete.



Terminato il consolidamento della volta si è proceduto al suo sollevamento, eseguito mediante tenditori applicati a tiranti di acciaio all'intradosso.

La volta è stata sollevata per una quantità pari a quella dell'abbassamento misurato durante la prova di fessurazione sulla volta non consolidata. Il sollevamento è stato monitorato attraverso tre trasduttori induttivi di spostamento posizionati in corrispondenza dei trasduttori n°1, 2 e 5 della prova di fessurazione (Appendice B, § B.2, Fig. B.8) ed è avvenuto con la rete per il consolidamento lasciata a vista all'intradosso, senza cioè stendere lo strato di impregnazione finale. Ciò è stato necessario per facilitare la chiusura delle fessure esistenti e per evitare che le sollecitazioni indotte dal sollevamento provocassero la fessurazione del nuovo strato di malta che per questo motivo è stato realizzato al termine delle operazioni di innalzamento del plafone. In Fig. 3.26 è indicata l'intera stratigrafia dell'intervento di tipo continuo effettuato prima del sollevamento.

**Fig. 3.26** – Schema del consolidamento della volta prima del sollevamento. Il primer è stato dato solo nella volta n°1. Gli spessori nel disegno sono fuori scala.



Subito dopo il sollevamento è stato effettuato il taglio del cavallotto in prossimità del cuneo in legno, i due lembi sono stati incollati alla centina con adesivo tixotropico e a fresco è stato steso a pennello uno strato di resina epossidica (Fig. 3.27).



Fig. 3.27 a) – Taglio del cavallotto in sommità.  
Fig. 3.27 b) – Incollaggio del cavallotto alla centina.

A causa del sollevamento e della conseguente chiusura delle fessure, all'intradosso, in prossimità della filatura, la rete è rimasta lievemente lasca (Fig. 3.28). Questo potrebbe non far entrare in funzione da subito la rete, durante le successive prove di carico. A tal proposito sarebbe stato necessario ripristinare la sua perfetta aderenza al supporto tagliandola in corrispondenza degli avvallamenti, e ripristinandone la continuità realizzando un "cerotto" (applicando cioè un nuovo foglio di rete). Tale soluzione è però stata scartata per una serie di problematiche di tipo operativo. Innanzitutto gli avvallamenti erano esigui, e realizzare il taglio sarebbe stato operativamente complesso. A questo si aggiunge la difficoltà di incollare l'eventuale secondo foglio di rete sul primo: volendo utilizzare la resina si avevano delle difficoltà in quanto la malta rasante utilizzata per far aderire il primo strato di rete, refluendo tra la maglia delle rete stessa, rendeva la superficie troppo corrugata; volendo invece utilizzare la stessa malta già utilizzata, la lunghezza di ancoraggio della rete risultava eccessiva. In questo modo si avrebbe avuto una stratigrafia complessiva come in Fig. 3.29 che sarebbe stata sovrabbondante sia per lo spessore del composito, sia per l'incremento di carico apportato al sistema voltato.



Fig. 3.28 – Particolare della rete rimasta leggermente lasca in prossimità della fessura dopo il sollevamento.

Per questi motivi è stato deciso di non tagliare la rete, ma semplicemente di impregnarla con l'applicazione su superficie asciutta della stessa malta rasante di calce idraulica naturale utilizzata per il primo strato di intonaco a ridosso di quello esistente, in questo modo si è formato un vero e proprio CFRG intradossale a consolidamento del plafone.

L'intervento quindi si è concluso semplicemente con la realizzazione di uno strato di finitura con una malta di calce idraulica naturale, pozzolane naturali ed inerti di granulometria fine. Lo spessore complessivo di tutti gli strati applicati per il consolidamento della volta è stato di circa 8 mm e durante il sollevamento non si sono riscontrati problemi.

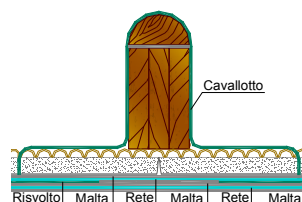


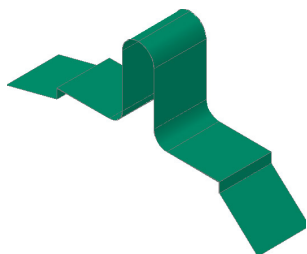
Fig. 3.29 – Stratigrafia dell'intradosso in caso di eventuale realizzazione del cerotto di rete incollato con malta.

### 3.7.3. Intervento di tipo discontinuo

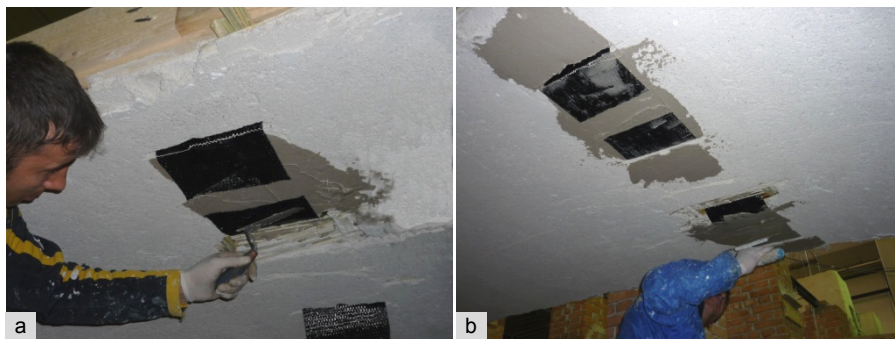
L'intervento di tipo discontinuo ha interessato la volta n°3. In questa tipologia di intervento l'imbracatura, costituita da fasce in fibra di carbonio, è stata disposta in maniera discontinua sulla superficie intradossale. Tale disposizione ha fatto lavorare il composito come un cavo e ha permesso che le fasce fungessero da appoggio all'intonaco con il ruolo di sostenerlo durante il sollevamento.

A differenza dell'intervento descritto in precedenza, in questo caso le ali dei cavallotti sono state disposte direttamente sull'intonaco irruvidito a cui sono state incollate grazie ad uno strato di adesivo tixotropico (Fig. 3.30 a); inoltre i risvolti non sono stati incisi verticalmente per cui si avevano per ogni cavallotto 2 ali da risvoltare e non 4 (Fig. 3.31).

**Fig. 3.30 a)** – Risvolti di un cavallotto.  
**Fig. 3.30 b)** – Stesura a spatola dell'adesivo tixotropico per incollare le fasce trasversali.



**Fig.3.31** – Sagomatura finale dei cavallotti centrali nel caso di intervento discontinuo.



È stato poi steso un ulteriore strato di adesivo tixotropico in corrispondenza dei risvolti dei cavallotti (*Fig. 3.30 b*) allo scopo di incollare le fasce unidirezionale in fibra di carbonio di larghezza 20 cm, di lunghezza pari alla larghezza della volta. È importante sottolineare che anche in questo caso la fessura non è stata impregnata, ma è stata lasciata libera di richiudersi in fase di sollevamento (*Fig.3.32*).

**Fig. 3.32 a)** – Applicazione della fascia trasversale in fibra di carbonio, larghezza 20 cm.

**Fig. 3.32 b)** – Dettaglio della fascia in prossimità della fessura che non è impregnata con la resina tixotropica e dunque la fascia rimane lasca.

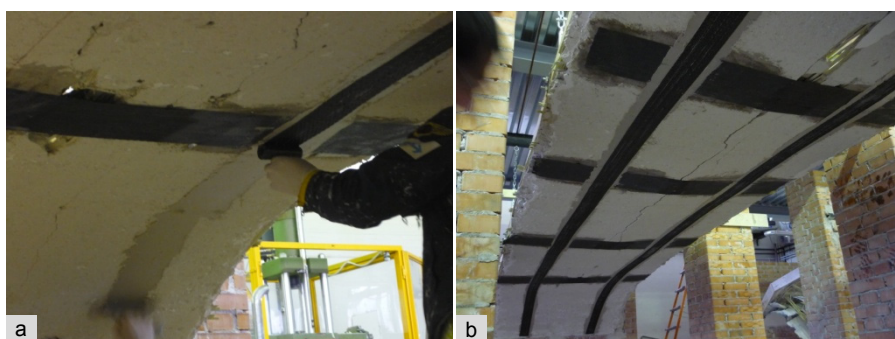


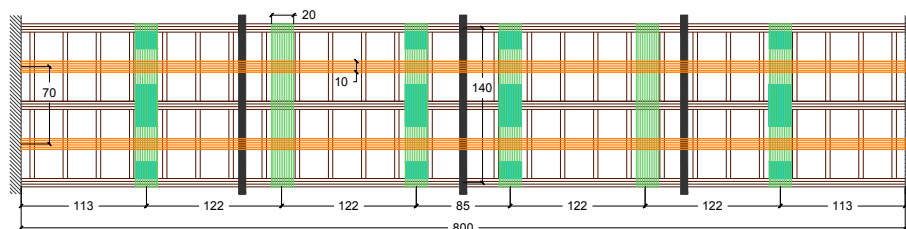
Sono state predisposte sei fasce trasversalmente alle centine, di cui quattro erano in corrispondenza dei risvolti dei cavallotti, mentre due, disposte tra i cavallotti, avevano lo scopo di regolarizzare la maglia.

Successivamente sono state poste parallelamente alle centine ulteriori fasce sempre in CFRP, di larghezza 10 cm allo scopo di garantire un comportamento a graticcio di tutto l'insieme (*Figg. 3.33, 3.34*). Sulle fasce appena disposte è stata stesa a pennello la resina epossidica ed è stata applicata una polvere di quarzo per garantire un miglior ancoraggio meccanico della superficie intradossale.

**Fig. 3.33 a)** – Applicazione della fascia longitudinale in fibra di carbonio, larghezza 10 cm.




**Fig. 3.33 b)** – Graticcio intradossale costituito da fasce trasversali e longitudinali.



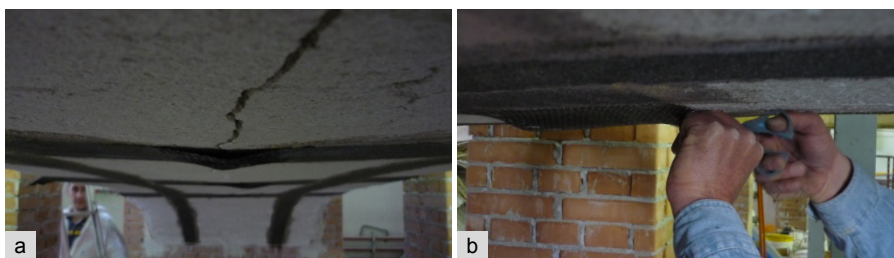


**Fig. 3.34** – Pianta della volta con il posizionamento dei cavallotti, delle fasce trasversali e longitudinali. La disposizione di tutti gli elementi in fibra di carbonio è simmetrica. La collocazione delle fasce trasversali è legata a quella dei cavallotti.

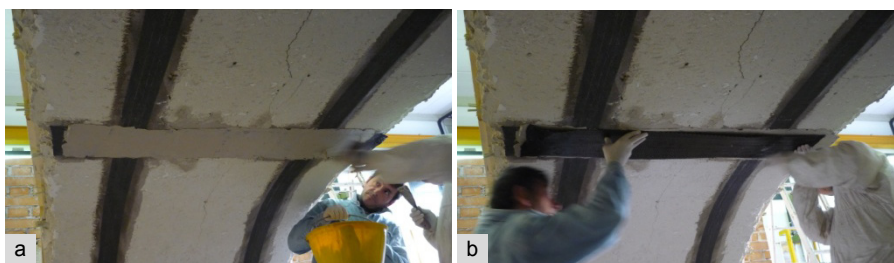
**LEGENDA**

-  Cavallotti in CFRP
-  Fasce in CFRP (20 cm)
-  Fasce in CFRP (10 cm)

Terminata l'asciugatura del materiale per il consolidamento, si è proceduto con il sollevamento della volta, con le stesse modalità descritte per la tipologia di intervento continuo. Dopo aver recuperato gli abbassamenti della volta, si è proceduto con il taglio dei cavallotti in sommità e il loro incollaggio alle centine con resina tixotropica e successiva stesura sulle fasce di resina epossidica (Fig. 3.27). Così come nelle volte consolidate con l'intervento con rete, il tessuto intradossale è rimasto lasco in prossimità della fessura (Fig. 3.35 a), proprio perché essa non essendo stata stuccata ha avuto la possibilità di richiudersi. In questo caso si è deciso di procedere con il ripristino della rettilineità della fascia in quanto questa era molto più lasca rispetto all'intervento con rete.



**Fig. 3.35 a)** – Immagine della volta in cui è visibile la parte lasca della fascia in prossimità della fessura centrale dopo il sollevamento.  
**Fig. 3.35 b)** – Taglio del tessuto unidirezionale.



**Fig. 3.36 a)** – Stesura di un ulteriore strato di resina tixotropica sopra la fascia preesistente dopo il sollevamento.  
**Fig. 3.36 b)** – Incollaggio della fascia unidirezionale, che funge da "cerotto".

I due lembi tagliati della fascia sono stati incollati su un supporto di adesivo tixotropico avendo cura di non impregnare la fessura, che durante la prova di rottura doveva lavorare come punto di cerniera dove sfogare le nuove sollecitazioni. Sopra alla fascia è stato poi steso un nuovo strato di adesivo tixotropico (Fig. 3.36 a) su cui è stato fatto aderire un ulteriore nastro unidirezionale di fibra di carbonio (Fig. 3.36 b) su cui è stato passato uno strato di resina epossidica. Quest'ulteriore nastro è stato necessario per garantire la continuità del sistema a tenuta del graticcio.

Le ultime fasi dell'intervento sono analoghe a quelle già descritte nel caso di intervento continuo. Dopo il sollevamento è stata applicata una mano di malta rasante e una di finitura, per uno spessore complessivo di tutti gli strati di circa 8 mm. Anche in questo caso, la fase di sollevamento non ha presentato alcuna problematica.

In Tabella 3.3 si riporta un quadro riassuntivo di come le linee guida dell'intervento di recupero descritte nel § 2.8 sono state rese esecutive con gli interventi descritti nel presente paragrafo.

LINEE GUIDA	“MODALITÀ DI ESECUZIONE”	
<b>Microconsolidamento</b>	Scarnitura superficie pittorica esistente Silicato di etile applicato a spruzzo.	
<b>Sospensioni non rigide flessionalmente</b>	Aggancio sulle centine: ganascia con golfare. Aggancio sugli arcarecci: catena con grillo. Tirante: catene ad anelli.	
<b>Ripristino del collegamento all'estradosso tra struttura lignea e stuoiato</b>	Cordoni puntuali di resina epossipoliuretana per colmare i distacchi. Cavallotti puntuali a $\Omega$ per collegamento centina – stuoiato. Fasce estradosali puntuali per collegamento tambocchi – stuoiato.	
<b>Realizzazione dell'imbracatura all'intradosso per evitare distacchi</b>	Cavallotti a $\Omega$	<i>Intervento continuo</i> Rete bidirezionale in fibra di carbonio incollata con malta a formare il primo strato di CFRG.
	collegati a	<i>Intervento discontinuo</i> Fasce monodirezionali in fibra di carbonio incollate con resina a formare un CFRP di consolidamento.
<b>Comportamento a cerniera delle fessure</b>	<i>Intervento continuo</i>	Fessura e rete non impregnata di malta.
	<i>Intervento discontinuo</i>	Fessura e fasce non impregnate di resina.
<b>Sollevamento</b>	Realizzato per parti e gradualmente tramite tenditori.	
<b>Consolidamento dell'intonaco</b>	<i>Intervento continuo</i>	Realizzazione 2° strato di intonaco a formare il CFRG completo.
	<i>Intervento discontinuo</i>	Realizzazione del “cerotto” in fibra di carbonio: taglio e ripristino delle fasce tramite impregnazione con resina a formare un FRP completo.

Tabella 3.3 – Quadro riassuntivo sintetico di come sono state rese esecutive le linee guida per l'intervento descritte nel § 2.8 avendo come obiettivo quello di sollevare la volta dall'estradosso.

### 3.7.4. Prove di carico sulle volte consolidate

Lo scopo di tali prove è stato quello di verificare l'efficacia e la funzionalità delle due tipologie di intervento realizzate e descritte nel § 3.7.

Parallelamente a questo si è voluto confrontare a parità di carico il comportamento delle volte non consolidate (NC) con quelle consolidate (C). In particolare si è cercato di capire se le modalità di fessurazione del sistema consolidato differissero da quelle del sistema non consolidato e di quantificare l'aumento di resistenza e di rigidezza apportato al sistema.

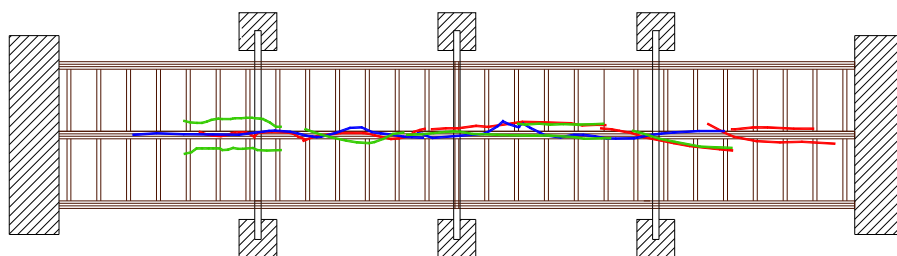
Le modalità di esecuzione della prova sono descritte nel dettaglio nell'Appendice D; la strumentazione utilizzata è la stessa della prova di fessurazione descritta nel § 3.3. di cui sono stati inoltre riprodotti gli stessi step di carico.

Una volta raggiunta la fase di pieno carico come nelle volte NC, sono stati confrontati gli abbassamenti; è stato dunque immediatamente constatato un notevole incremento di rigidezza di tutto il sistema che ha causato la diminuzione delle deformazioni. Per questo motivo si è proceduto ad incrementare il carico fino alla rottura della volta.

Fig. 3.37 – Quadro fessurativo all'intradosso delle tre volte consolidate. È evidente come sia nel caso di intervento con rete che nel caso di intervento con fasce la fessura principale corre al di sotto della centina centrale, l'unica a essere allentata. Le fessure che si sono formate durante la prova di fessurazione sulle volte non consolidate costituiscono un percorso preferenziale per la formazione delle fessure delle volte consolidate. Ciò è di fondamentale importanza in quanto assicura che non si formino nuove fessure sull'intonaco rimasto integro.

#### LEGENDA

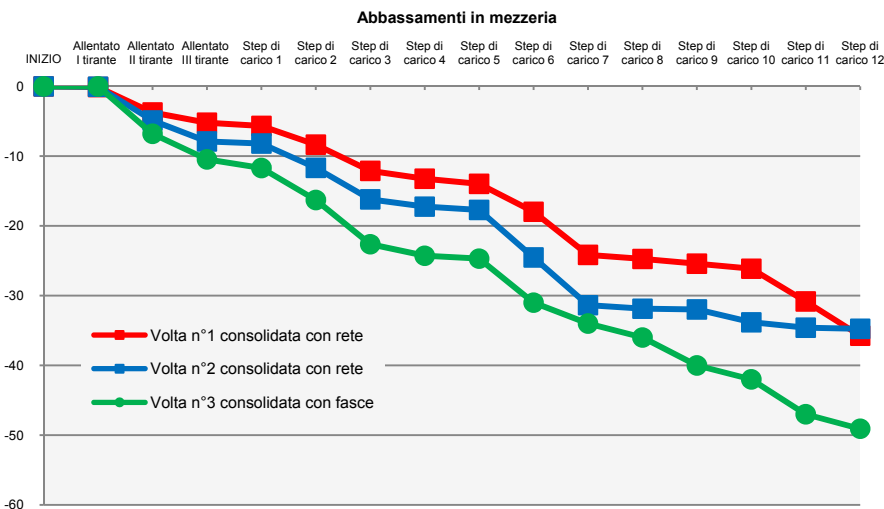
- Quadro fessurativo della volta n°1
- Quadro fessurativo della volta n°2
- Quadro fessurativo della volta n°3



Dall'analisi del quadro fessurativo prima della rottura (Fig.3.37) è evidente come le due tipologie di intervento per il consolidamento hanno prodotto quadri fessurativi analoghi; nelle volte n°1 e n°2 è stato sufficiente per provocare le prime filature sull'intradosso allentare il I tirante, mentre per la volta n°3, quella con l'intervento discontinuo, è stato necessario allentare il II tirante.

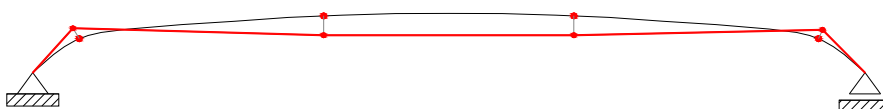
Ciò è compatibile considerando che l'intervento con la rete irrigidisce maggiormente rispetto a quello con le fasce.

Dal grafico 3.7 confrontando gli abbassamenti è evidente come la rigidezza delle volte consolidate con l'intervento continuo (rete) è maggiore rispetto a quella con l'intervento discontinuo (fasce) per il quale si registrano maggiori deformazioni verticali.

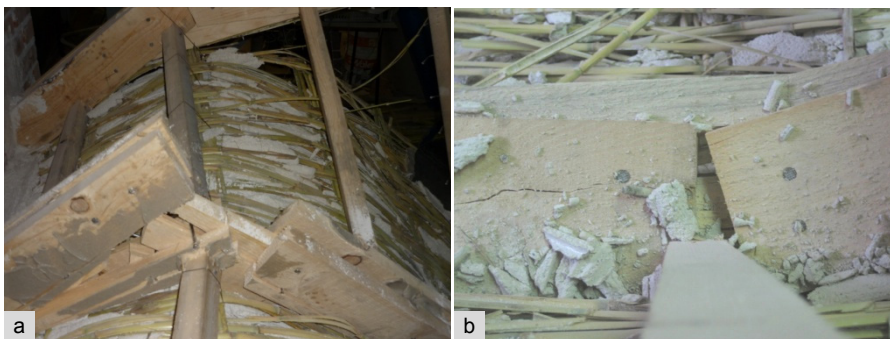


**Grafico 3.7** – Confronto degli abbassamenti in mm in funzione del carico delle tre volte consolidate in corrispondenza del trasduttore n°2.

Una volta raggiunta circa la tonnellata di carico, ogni plafone è risultato avere risorse a rottura ancora elevate; il carico distribuito applicato, infatti, nonostante fosse molto maggiore a quello atteso nella pratica di esercizio, non era sufficiente a portare al collasso la struttura. Per valutare le risorse dei rinforzi apportati dal consolidamento, ogni plafone è stato caricato puntualmente con un martinetto idraulico in prossimità della mezzeria ed è stato portato a rottura. Dopo la rottura è stato effettuato un accurato rilievo di come si presentavano le strutture. Sono stati rilevati i vari tipi di dissesto che riguardavano le centine, i tambocci, lo stuoiato di canne, la rete, le fasce e i cavallotti. Lo scopo è stato quello di individuare le modalità di collasso dei materiali utilizzati. Analizzando il comportamento delle tre volte sono state individuate per entrambe le tipologie di consolidamento le stesse modalità di rottura. Il collasso delle volte è avvenuto per formazione di cerniere plastiche nella centina centrale, l'unica ad essere caricata (Figg. 3.38, 3.39).



**Fig. 3.38** – Formazione di cerniere plastiche sulla centina centrale.



**Fig. 3.39 a)** – Cerniera plastica in prossimità dell'imposta in corrispondenza con il punto di massima curvatura della centina.

**Fig. 3.39 b)** – Cerniera plastica in prossimità delle connessioni chiodate tra le tavole.



Nel caso della volta n°1, la rete bidirezionale a sostegno della superficie non è risultata sfilata in nessun punto, non sono stati riscontrati cioè scorrimenti tra la rete e la matrice di malta nella quale era immersa. Inoltre non sono stati rilevati scorrimenti in prossimità delle zone di sovrapposizione dei fogli di rete. Nella volta n°2, in corrispondenza del punto di applicazione del carico puntuale, è stato invece rilevato uno scorrimento tra i fogli della rete e nello stesso punto lo stuoio è risultato spezzato (Fig. 3.40 a).

**Fig. 3.40 a)** – Scorrimento rete e rottura dello stuoio nella volta n°2.

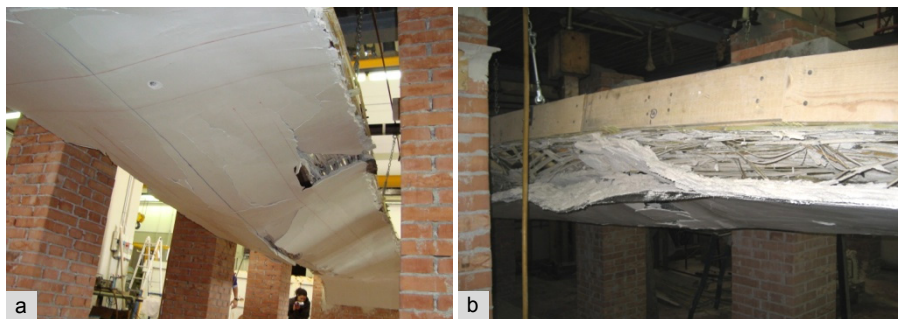
**Fig. 3.40 b)** – Collasso della volta n°1. L'intonaco è rimasto sempre aderente allo stuoio di canne.



Nella volta n°3 dove è stato realizzato l'intervento di tipo discontinuo, non sono state riscontrate espulsioni di intonaco. Le fasce non si sono staccate dall'intonaco e non sono stati rilevati scorrimenti tra il tessuto e la malta. Nelle volte n°2 e n°3 l'intonaco ha iniziato a staccarsi dallo stuoio di canne solo dopo l'applicazione del carico puntuale, in corrispondenza dell'impronta di carico, e solo immediatamente prima della completa rottura del sistema voltato (Fig. 3.41). Al contrario nella volta n°1 l'intonaco è rimasto sempre aderente allo stuoio (Fig. 3.40 b).

**Fig. 3.41 a)** – Intradosso della volta n°3 subito prima del collasso.

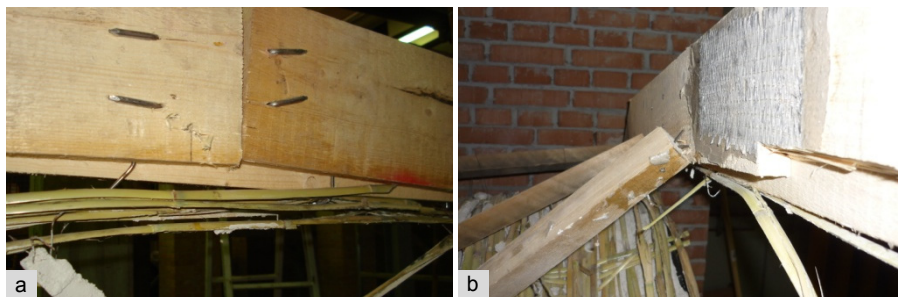
**Fig. 3.41 b)** – Distacco nella volta n°2 dell'intonaco dallo stuoio subito prima del collasso.



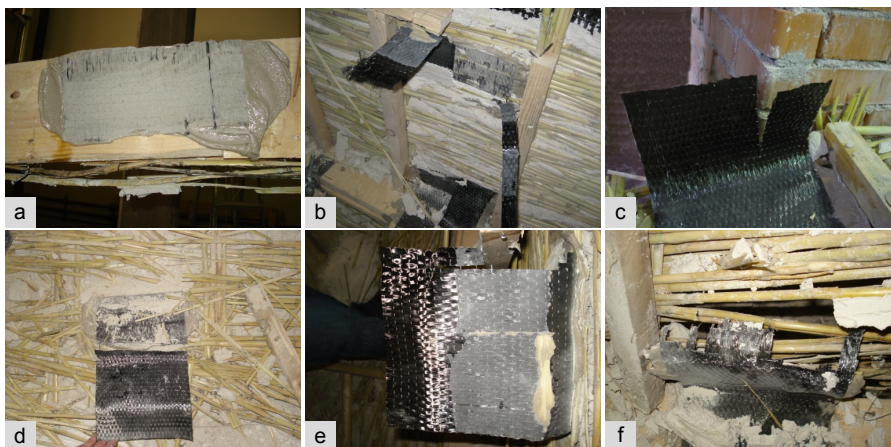
Le chiodature sulle centine e sui tambocchi sono risultate in molti casi allentate, per questo motivo in alcuni punti lo stuoio è risultato abbassato rispetto alle centine o comunque sfilato dai chiodi. In alcuni punti delle centine la chiodatura ha ceduto staccandosi dalla struttura lignea e portandosi dietro lo stuoio che è risultato in parte spezzato. I tambocchi erano per lo più sfilati dalle centine, ma erano rimasti integri (Fig. 3.42).

**Fig. 3.42 a)** – Allentamento del chiodo di collegamento dello stuoio alla struttura lignea.

**Fig. 3.42 b)** – Sfilamento dei chiodi alla traditora dei tambocchi sulle centine.



Per quanto riguarda l'estradosso, sono state riscontrate diverse modalità di rottura per i cavallotti presenti sia nel caso di intervento continuo che nel caso di intervento discontinuo: lo scollamento, la rottura del composito e la rottura del materiale di supporto (Fig. 3.43).



**Fig. 3.43 – MODALITÀ DI ROTTURA DEI CAVALLOTTI**

**Fig. 3.43 a)** – Scollamento della fibra dall'adesivo della centina.

**Fig. 3.43 b)** – Scollamento della fibra dall'adesivo dello stuoiato.

**Fig. 3.43 c)** – Rottura del composito parallelamente alla tessitura della fibra.

**Fig. 3.43 d)** – Rottura del composito ortogonalmente alla tessitura della fibra.

**Fig. 3.43 e)** – Rottura del materiale di supporto (legno, di cui ne rimane un frammento attaccato alla fibra in basso a destra).

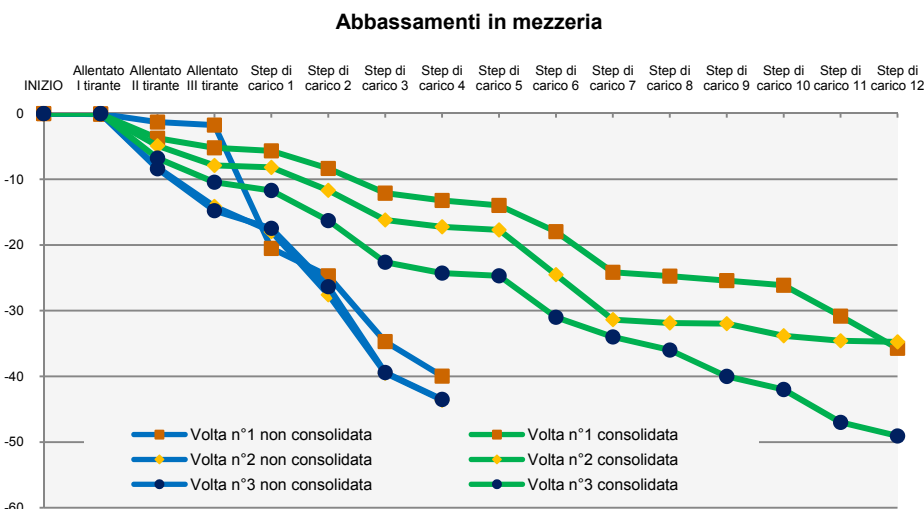
**Fig. 3.43 f)** – Rottura del composito svoltato sulla cambranna.

### 3.8. Valutazione dell'efficacia degli interventi

Le due tipologie di intervento sperimentate in laboratorio avevano come requisito principale quello di evitare la caduta dell'intonaco sia durante le fasi di sollevamento che durante la prova di carico atta a simulare il periodo di esercizio della volta stessa. Dalla sperimentazione è parso subito evidente che sia in caso di posa in opera di rete continua che di fasce discontinue, durante il sollevamento prima, e durante la prova di carico poi, l'intonaco è rimasto aderente al supporto di canne, requisito fondamentale considerando l'istanza di massima conservazione. Di grande rilevanza è anche il fatto che non sono state riscontrate, nella volta con il rinforzo a fasce, sostanziali differenze tra le zone sottostanti il tessuto e quelle libere; in nessuna delle due è stato rilevato distacco del materiale né fessurazione.

In generale il comportamento globale ha rispecchiato totalmente le aspettative e quindi l'intervento ha adempiuto a pieno ai requisiti richiesti.

Di seguito è stato realizzato un confronto tra il comportamento delle tre volte consolidate e non (Grafico 3.8).



**Grafico 3.8** – Confronto tra gli abbassamenti in mm in funzione del carico delle volte, consolidate e non, in corrispondenza del trasduttore n°2 posizionato in corrispondenza della mezzeria della centina centrale.

La volta n°1 dopo l'intervento ha avuto un maggior abbassamento in fase di allentamento delle sospensioni rispetto alla stessa non consolidata.

Ciò è dovuto al fatto che in corrispondenza della fessura formatasi nella prova di fessurazione (non stuccata), la rete era lasca (§ 3.7.2, Fig. 3.28); tale circostanza ha impedito alla rete stessa di entrare in azione nelle prime fasi di carico (per farlo infatti la rete deve essere in completa trazione e quindi per il corretto funzionamento di sostegno dell'intradosso da parte della rete è stato necessario che la volta si abbassasse fino ad essere a contatto con la rete).

Le volte n°2 e n°3 hanno avuto, invece, un'immediata riduzione della freccia rispetto alle stesse prima dell'intervento.

Complessivamente è possibile affermare che il sistema consolidato si è opposto notevolmente agli abbassamenti rispetto a quello non consolidato<sup>14</sup>.

Le volte n°1 e n°2 consolidate hanno avuto pressoché lo stesso comportamento in tutte le fasi di carico. In entrambi i casi sono stati registrati abbassamenti minori rispetto alle stesse volte non consolidate pur triplicando il carico distribuito.

Anche la volta n°3 consolidata in maniera discontinua ha avuto abbassamenti minori rispetto alla stessa non consolidata, ma maggiori rispetto alle altre due volte consolidate con l'intervento di tipo continuo.

In generale è dunque possibile affermare che il sistema di consolidamento composto all'estradosso da cavallotti e all'intradosso da rete o fasce, ha prodotto risultati soddisfacenti, in quanto ha migliorato le prestazioni del sistema nel suo insieme.

In nessuno dei tre plafoni sono stati registrati distacchi dei cavallotti dalle centine, ciò ha dato garanzia che l'incollaggio tra i due elementi è stato sufficiente ad assicurare il loro funzionamento.

La presenza dei cavallotti risvoltati all'intradosso ha garantito la messa in trazione della rete e delle fasce, aumentando da un lato la rigidezza del sistema e dall'altro evitando l'espulsione dell'intonaco.

È importante sottolineare che per carichi distribuiti fino a un totale di quasi una tonnellata non si sono registrate perdite di intonaco e ciò è di fondamentale importanza sia dal punto di vista della salvaguardia delle decorazioni di pregio, ma anche e soprattutto per la salvaguardia delle persone durante le fasi di esercizio del teatro.

**Nota 14**

*Per le valutazioni di tipo quantitativo si veda l'Appendice D, § D.2.*

## CAPITOLO 4

### IL PROGETTO DI RECUPERO E LA SUA REALIZZAZIONE

#### 4.1. Introduzione

Seguendo le linee guida tracciate nel Capitolo 2, § 2.8, e sulla base dei risultati ottenuti dalla sperimentazione realizzata in laboratorio, descritta dettagliatamente nel Capitolo 3, nell'Appendice B e nell'Appendice D, è stato possibile progettare l'intervento di recupero e conservazione della volta della sala principale del Teatro dei Filarmonici.

L'intervento si propone di conservare il sistema costruttivo originario, minimizzando eventuali perdite di materiale che potrebbero verificarsi durante le fasi di sollevamento della volta, e di salvaguardare l'incolumità pubblica durante la fase di esercizio del Teatro.

È stato dunque deciso di riappendere il sistema voltato avendo cura di ridistribuire adeguatamente le varie sospensioni. È importante sottolineare che con l'intervento di recupero non sono stati aggiunti nuovi carichi, ma sono stati ridistribuiti quelli esistenti. In quest'ottica conservativa è apparso ragionevole percorrere l'idea di recuperare, per quanto possibile, gli abbassamenti rilevati, e si è ritenuto opportuno sollevare il plafone dall'estradosso sostituendo le sospensioni originarie con nuove sospensioni.

Per quanto riguarda le centine, da un punto di vista del materiale e delle giunzioni, queste non sembravano presentare carenze, per cui non sono stati previsti interventi di rinforzo, se non puntualmente.

In particolare sono state progettate le sospensioni e i loro ancoraggi rispettando i seguenti requisiti:

- scaricare le catene delle capriate dal peso della camorcanna, evitando così di sottoporle a una forte inflessione, e affidarlo ai puntoni delle stesse capriate in modo tale da garantire un buon funzionamento di tutto il sistema. Realizzare l'ancoraggio superiore delle sospensioni tramite nuovi arcarecci appoggiati ai puntoni delle capriate di copertura garantendo così un'adeguata redistribuzione del carico;
- realizzare sospensioni non rigide flessionalmente, costituite da catene per permettere movimenti relativi di tutto il sistema voltato. Realizzare un ancoraggio alle centine che permetta movimenti nel piano delle stesse e impedisca i loro abbassamenti.

Prima della fase di sollevamento è stato ritenuto opportuno inoltre un consolidamento all'intonaco esistente ancora integro ("micro-consolidamento") mediante l'applicazione di silicato di etile, contenente un'elevata capacità consolidante grazie alla reazione tra gli etilsilicati e l'acqua contenuta nei materiali stessi (Fig. 4.1), senza stuccare né riempire le fessure esistenti sotto le centine (Fig. 2.20, Capitolo 2).

Inoltre, onde non fare affidamento sulle chiodature esistenti, è stata prevista la posa in opera di "cavallotti" a  $\Omega$  atti a garantire il collegamento tra centine (ed eventualmente tambocci) e stuoiato. Laddove lo stuoiato risulti particolarmente



Fig. 4.1 – Preconsolidamento della superficie intradosale del plafone con silicato di etile.

distanziato dagli elementi lignei di sostegno, in corrispondenza del “cavallotto” è stata pensata l’interposizione di un cordone deformabile tra centina e stuoiato per facilitare la messa in opera dei “cavallotti” e non avere un vincolo rigido di connessione fra i due elementi.

Per evitare perdite d’intonaco durante la fase del sollevamento è stata necessaria un’imbracatura di tutta la superficie intradossale. Per realizzare tale imbracatura è stata scelta, tra le due tipologie d’intervento proposte dalla sperimentazione di laboratorio, la soluzione di tipo discontinuo realizzata con un graticcio di fasce unidirezionali in fibra di carbonio lasciate a vista, così da evitare fessurazioni sulla superficie di finitura superficiale. La scelta dell’intervento discontinuo è motivata dalla maggior semplicità di posa in opera delle fasce rispetto alla rete e dall’abbattimento dei costi per l’utilizzo di minor quantitativo di materiale, rispetto all’intervento di tipo continuo.



Fig. 4.2 – Cornice in stucchi dopo la rimozione dei medaglioni.

Inoltre è stato previsto lo smontaggio dei medaglioni in stucco (Fig. 4.2), e, laddove necessario, delle cornici lignee.

Fase preliminare alla realizzazione dell’intervento è stata la verifica delle strutture esistenti; sono state verificate sia le capriate di copertura, sia la struttura portante del plafone in camorcanna. Nel § 4.2, e più dettagliatamente nell’Appendice E, sono descritte tutte le verifiche principali effettuate prima dell’inizio dei lavori.

#### 4.2. Verifica delle capriate esistenti

Nella progettazione dell’intervento si è deciso, come detto al precedente paragrafo, di utilizzare le capriate esistenti come sostegno principale per le fasi di sollevamento del plafone e per la sua sospensione durante la normale condizione di esercizio, facendo gravare i carichi sui puntoni.

Al fine di garantire che le capriate in legno esistenti fossero in grado di sostenere sia le fasi di sollevamento che di normale esercizio, si è proceduto a verificare analiticamente le loro risorse strutturali.

Tutte le capriate sono costituite da un modello a triangolo indeformabile caratterizzato da un monaco che non è a contatto con la catena. La staffa metallica di collegamento tra catena e monaco ha la sola funzione di contenere l’inflessione della catena e mantenerla nel piano.

In particolare sono state individuate quattro tipologie di capriate di copertura a sostegno del plafone della sala principale:

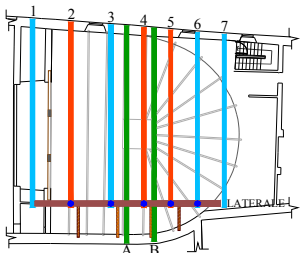
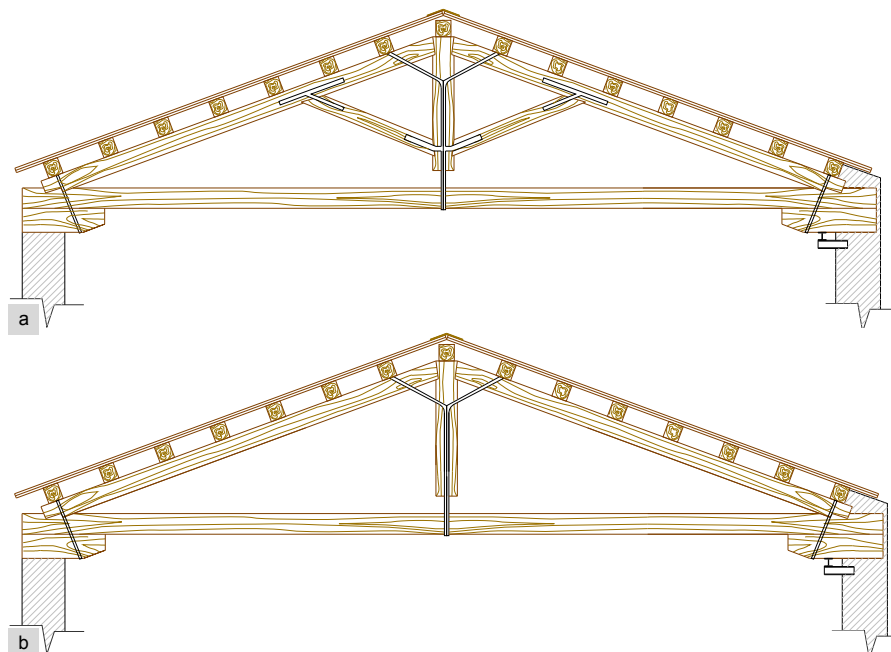


Fig. 4.3 – Individuazione in pianta delle tipologie di capriate presenti nel Teatro Filarmonici.

LEGENDA

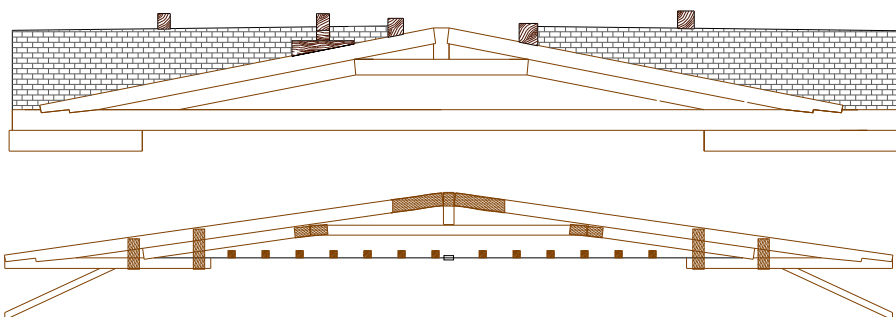
- Capriate con saette
- Capriate senza saette
- Capriata laterale
- Capriate a sostegno della passerella esistente
- Punti di appoggio delle capriate principali sulla capriata laterale

- capriate con saette (Fig. 4.4 a);
- capriate senza saette (Fig. 4.4 b);
- una capriata a doppia catena (nel proseguo detta “laterale”, poiché disposta a lato (Figg. 4.3, 4.5) delle capriate principali in maniera ortogonale a quest’ultime) che fa da appoggio a cinque delle precedenti capriate;
- le capriate a sostegno della passerella esistente: che non sorreggono alcun carico della copertura, e che poggiano direttamente sulle murature portanti dell’edificio. È importante sottolineare che la parte del plafone sorretta da queste due capriate non ha subito abbassamenti (Figg. 4.6, 4.7).



**Fig. 4.4 a)** – Capriata con saette: Tipo 1.

**Fig. 4.4 b)** – Capriata senza saette: Tipo 2.



**Fig. 4.5** – Capriata laterale. Visibili gli appoggi sui puntoni di alcune capriate di copertura.

**Fig. 4.6** – Capriata a sostegno della passerella.

Le verifiche sono quindi state eseguite su tutti gli elementi costruttivi delle quattro tipologie di capriate descritte in questo paragrafo. Nell'appendice E sono descritte in dettaglio tutte le metodologie affrontate seguendo le prescrizioni della normativa tecnica di riferimento (NTC 2008). In particolare, dalle verifiche effettuate, è emerso che le limitate risorse strutturali delle capriate senza saette, a causa dell'elevata luce libera d'inflessione dei loro puntoni, non erano in grado di sostenere l'incremento delle sollecitazioni dovute alla redistribuzione dei carichi. Questo ha indirizzato l'intervento a caricare del peso del plafone, sia durante il sollevamento sia nella fase di esercizio, solo le capriate con saette, che, grazie proprio a questi ultimi elementi, risultano invece dotate di buone risorse di resistenza.

Dalla redistribuzione dei carichi della camorcanna, effettuati in questo modo, è stato così aumentato il carico concentrato in corrispondenza delle capriate con saette, e nei rispettivi punti di appoggio sulla capriata laterale. A seguito di questa redistribuzione è stato necessario progettare un sistema di rinforzo per la capriata laterale, da mettere in opera prima della fase di sollevamento della volta, come ampiamente descritto al § 4.3.1.



**Fig. 4.7** – Appoggio della capriata a sostegno della passerella.

### 4.3. Intervento esecutivo finale

La prima fase dell'intervento è consistita nel predisporre adeguati ponteggi e accertare, in sicurezza, l'evolversi del quadro fessurativo e deformativo del plafone in oggetto, verificando se tale quadro corrispondesse a quello fornito dall'Amministrazione Comunale di Ascoli Piceno.

La progettazione delle fasi esecutive ha seguito una specifica cronologia:

1. esecuzione della sabbiatura sull'intonaco intradossale al fine di rimuovere gli strati di pittura presenti e rendere scabra la superficie, con totale salvaguardia della fascia dei decori. Inoltre è stata prevista una fase di preconsolidamento mediante applicazione di silicato di etile, per consolidare le eventuali micro fessurazioni dell'intonaco esistente.
2. Rinforzo strutturale della capriata laterale.
3. Messa in opera di nuovi arcarecci in acciaio gravanti sui puntoni delle capriate con saette (Tipo 1) a cui appendere, per mezzo di catene ad anelli, tutto il plafone in camorcanna.
4. Messa in opera di profili metallici a U rovescia ancorati alle centine lignee cui sono state agganciate le catene in acciaio per il successivo sollevamento della volta.
5. Realizzazione di piccoli tagli sulla camorcanna per risvoltare i successivi cavallotti all'intradosso, e disposizione di elementi curvi in legno (cunei) sopra le centine con la specifica funzione di arrotondare la superficie, altrimenti spigolosa, su cui risvoltare i cavallotti.
6. Disposizione estradossale dei cavallotti iniziando dalla parte centrale del plafone delimitata dalla cornice decorativa (che rappresenta la parte maggiormente dissestata), e proseguendo con la parte di volta a raggiera, facendo bene attenzione a risvoltare le estremità dei cavallotti all'intradosso, grazie ai precedenti tagli, e a incollarle all'intonaco esistente, così da permettere ai cavallotti stessi di essere collegati alle successive fasce di rinforzo.
7. Incollaggio, direttamente sulla superficie d'intonaco esistente nella parte centrale del plafone delimitata dalle cornici, di fasce di tessuto unidirezionale disposte ortogonalmente alle centine e sovrapposte ai risvolti dei cavallotti, prevedendo altre fasce di larghezza inferiore alla precedente parallelamente alle centine così da formare il graticcio di sostegno.
8. Disposizione delle fasce nella parte di volta a semicupola.
9. Sollevamento, compiuto per parti e in maniera graduale, iniziando dalla parte del plafone soggetto ad abbassamenti maggiori, fino al raggiungimento di una geometria regolare del plafone, con monitoraggio continuo sia all'estradosso sia all'intradosso degli spostamenti del plafone.
10. Rifacimento di parti mancanti di camorcanna.
11. Stesura dello strato di rasatura allo scopo di livellare la superficie intradossale.
12. Finitura della superficie intradossale.

#### 4.3.1. Il consolidamento della capriata laterale

Dopo aver modellato opportunamente la capriata laterale, così come descritto in Appendice E, § E.3, dalle verifiche è stato dedotto che parte delle sezioni della struttura non sarebbe riuscita a fronteggiare la ridistribuzione dei carichi dovuta all'intervento. Di conseguenza è stato necessario progettare un intervento di consolidamento per diminuire le sollecitazioni a carico degli elementi lignei.

Il consolidamento è stato realizzato con un intervento reversibile e in linea con la tecnologia costruttiva della capriata laterale, non alterando il comportamento strutturale del sistema (Fig. 4.8)<sup>1</sup>.

#### Nota 1

Quagliarini E., 2006b.

Quagliarini E., Stazi A., 2006.

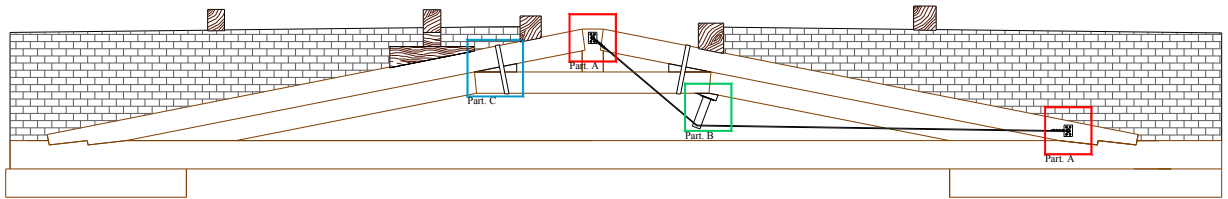


Fig. 4.8 – Capriata laterale con intervento sul puntone destro.

L'intervento ha previsto la disposizione di zeppe in legno e fasciature metalliche in prossimità dei due nodi puntone – sottocatenata come mostrato in Figura 4.9. Ha previsto inoltre la messa in opera di due cavi in acciaio, nel piano della stessa capriata, ancorati alle estremità a perni saldati su piastre in acciaio fissate, con bulloni, alla stessa capriata (Fig. 4.10 a, b, c).



Fig. 4.9 – Fasciatura del nodo puntone – sottocatenata della capriata laterale e inserimento della zeppa di legno.

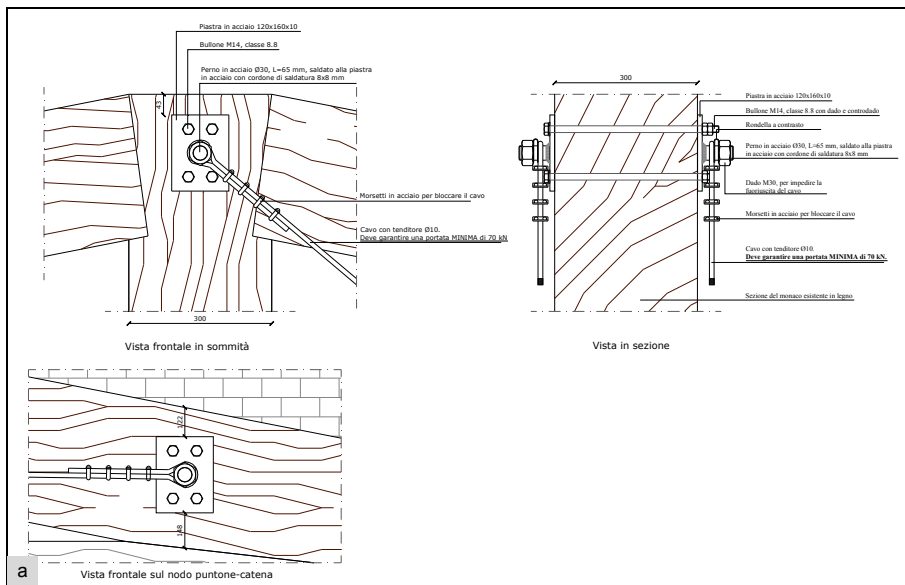


Fig. 4.10 a) – Particolare A: ancoraggio del cavo in acciaio sul monaco e sul nodo puntone – catena. Il cavo è ancorato ad un perno saldato ad una piastra in acciaio, fissata alla capriata mediante 4 bulloni. L'ancoraggio è lo stesso sia sul monaco, sia sul nodo catena – puntone.

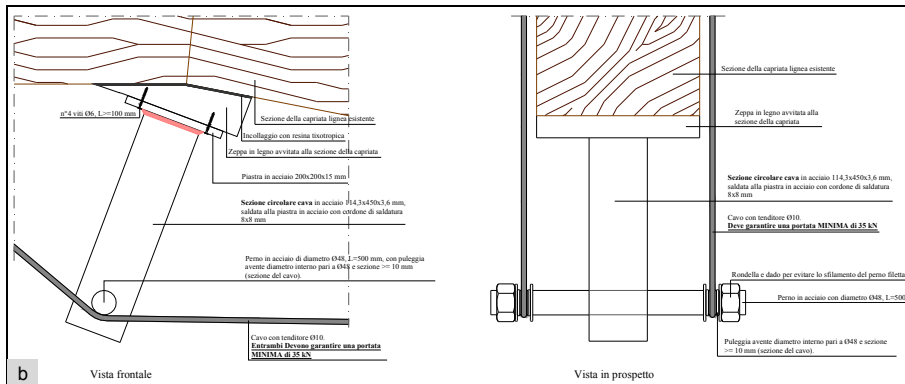
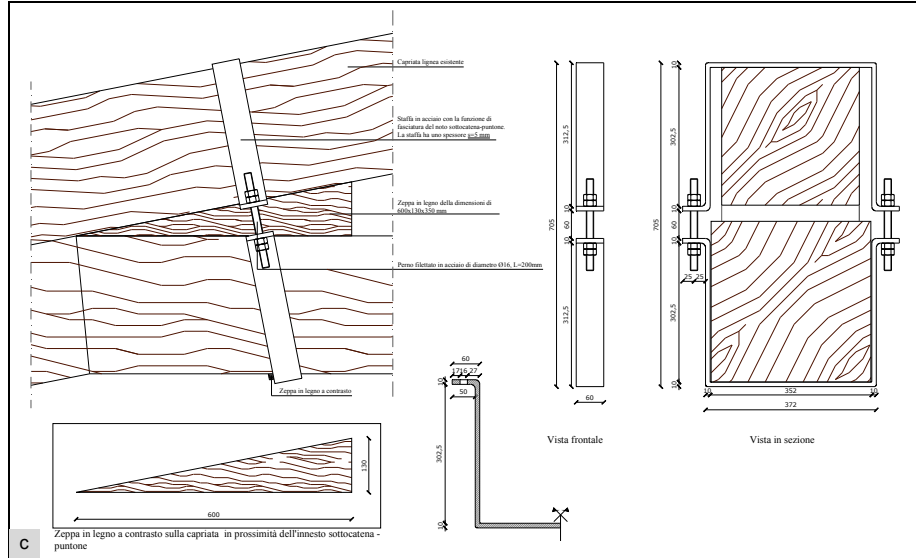


Fig. 4.10 b) – Particolare B: biella in acciaio in prossimità del nodo sottocatenata – sottopuntone. Realizzata con un profilo cavo in acciaio saldato, in officina, a una piastra fissata mediante viti alla capriata, previo incollaggio di una zeppa in legno opportunamente sagomata così da creare una superficie piana su cui fissare il puntone. Il cavo scorre, grazie a una puleggia, all'estremità della biella su di un perno solidale al profilo cavo.



**Fig. 4.10 c) – Particolare C:** disposizione di zeppa in legno e successiva fasciatura del nodo sottopuntone – sottocatena della capriata laterale. Le due parti della fasciatura sono unite tramite barre filettate in acciaio e dadi di chiusura.



In prossimità del nodo sottopuntone – sottocatena è stato previsto che i cavi siano fatti scorrere, attraverso una puleggia, su un perno solidale ad una biella costituita da un profilo cavo in acciaio (Figg. 4.11, 4.12, 4.13 b). Questa biella doveva avere un'altezza tale che gli angoli formati dal cavo fossero pressoché uguali: questo per far sì che la biella fosse sottoposta a solo sforzo di compressione. La biella, sostenuta dal cavo dopo la sua tesatura, ha la funzione di limitare l'abbassamento del puntone della capriata che potrebbe essere causato dal carico su di essa gravante dopo la sospensione dell'intera volta.

Il dimensionamento dell'intervento è stato eseguito facendo riferimento alla normativa vigente. I calcoli del dimensionamento sono descritti in dettaglio nell'Appendice E, § E.3.

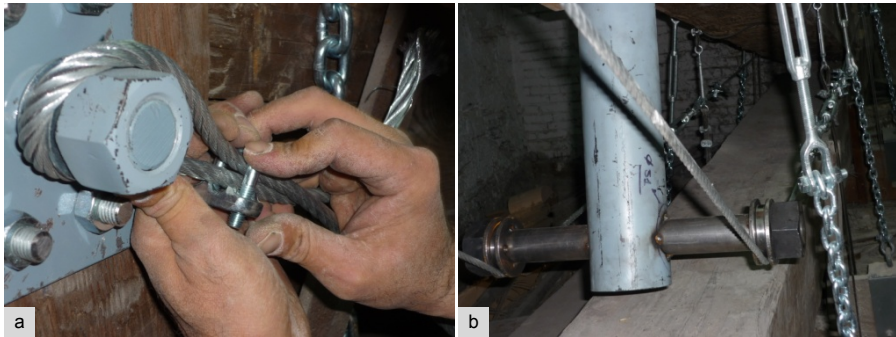
È importante sottolineare che questo intervento, compreso la tesatura dei cavi con l'ausilio di due tenditori, è stato realizzato prima della sospensione della volta.

**Fig. 4.11 – Intervento sulla capriata laterale** dopo la tesatura dei cavi di acciaio.



**Fig. 4.12 – Fissaggio della biella in acciaio alla zeppa lignea** (opportuna-mente sagomata) incollata precedente-mente alla capriata.





**Fig. 4.13 – Ancoraggio dei cavi:**  
**a)** alle estremità sulle piastre bullonate alla capriata;  
**b)** alla biella in acciaio nel nodo interno della capriata.

### 4.3.2. I nuovi arcarecci

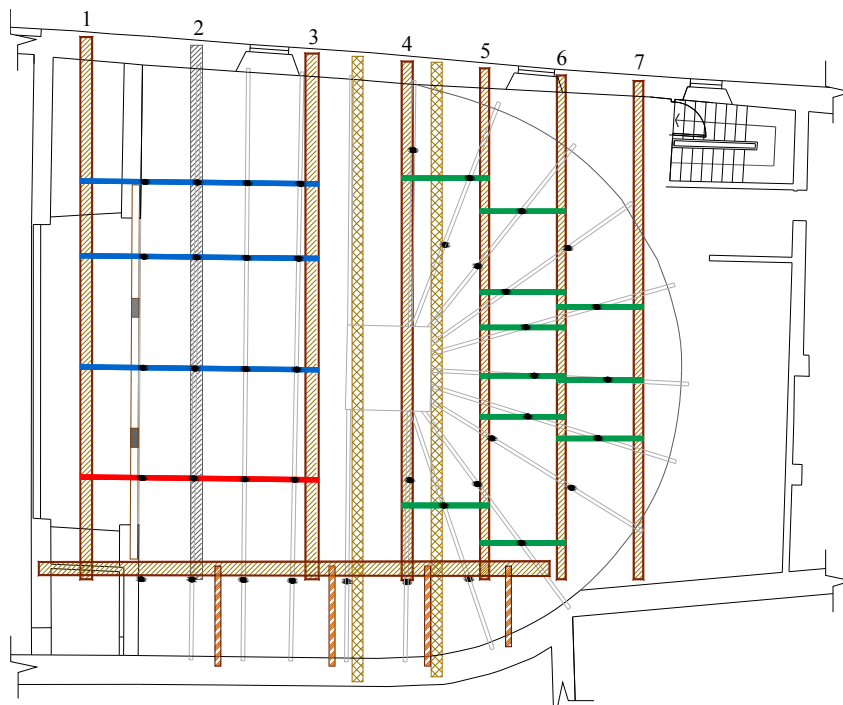
In funzione di quanto specificato nel precedente Capitolo 2, al § 2.8, per la rimessa in forma del plafone è stato previsto di riappendere quest'ultimo ad una struttura ad esso indipendente, ovvero a nuovi arcarecci progettati per assolvere la funzione di sostenere puntualmente l'intera volta in camorcanna.

In fase progettuale ci si è trovati a decidere quale fosse il materiale più adeguato per la realizzazione dei nuovi arcarecci. È stato considerato l'utilizzo di travi in legno e tralci in alluminio, ma per ragioni operative, dati i ridotti spazi lavorativi nel sottotetto del teatro, e le grandi luci da coprire nella parte centrale del plafone, è stato deciso di realizzare gli arcarecci con profili in acciaio. Questi garantivano da un lato la componibilità degli arcarecci facilitando le varie fasi di cantiere, e dall'altro ingombri minori e pesi contenuti dei singoli elementi che compongono gli arcarecci stessi.

La Figura 4.14 rappresenta la disposizione definitiva degli arcarecci e delle sospensioni ad essi ancorate, che ha tenuto conto degli arcarecci in legno esistenti e dei tubi di aerazione presenti. È importante ricordare che, dai risultati delle verifiche effettuate sulle capriate esistenti, la capriata n°2 senza saette (Fig. 4.14), avendo scarse risorse strutturali, è stata sgravata dal carico del plafone<sup>2</sup>.






#### Nota 2

È stata considerata anche la possibilità di consolidare i puntoni della capriata n°2 senza saette, al fine di poterla caricare. La scelta progettuale è stata però quella di conservare il sistema costruttivo originario della capriata e quindi il suo funzionamento statico, sgravandola dai carichi del plafone. Un consolidamento della struttura, oltre a non mantenere l'autenticità costruttiva del sistema, avrebbe inoltre aumentato le difficoltà delle fasi operative, ma soprattutto avrebbe aumentato notevolmente i costi di cantiere.



**Fig. 4.14 – Posizione dei nuovi arcarecci e delle nuove sospensioni.**

#### LEGENDA

-  Nuovi arcarecci di sostegno per le sospensioni nella parte centrale del plafone. Lunghezza complessiva 6,50 m (composta da 3 profili IPE 240 di lunghezze pari a: 2,00 m, 2,00m, 2,50m)
-  Nuovo arcareccio di sostegno per le sospensioni nella parte centrale del plafone, con luce maggiore. Lunghezza complessiva 7,00 m (composta da 4 profili IPE 240 di lunghezze pari a: 2,00 m, 2,00m, 0,50 m, 2,50m)
-  Nuovi arcarecci di sostegno per le sospensioni nella parte di volta a raggiera (Tubolari 80x80x4 mm)
-  Sospensioni in acciaio
-  Capriata senza saette non soggetta al carico degli arcarecci

Sono quindi stati posti in opera tre arcarecci realizzati mediante l'assemblaggio di tre IPE 240 (in blu in Fig. 4.14), e uno realizzato con quattro IPE 240 (in rosso in Fig. 4.14), avente una luce maggiore per via del fatto che le capriate di sostegno (n°1 e n°3 in Fig. 4.14) non erano parallele tra loro.

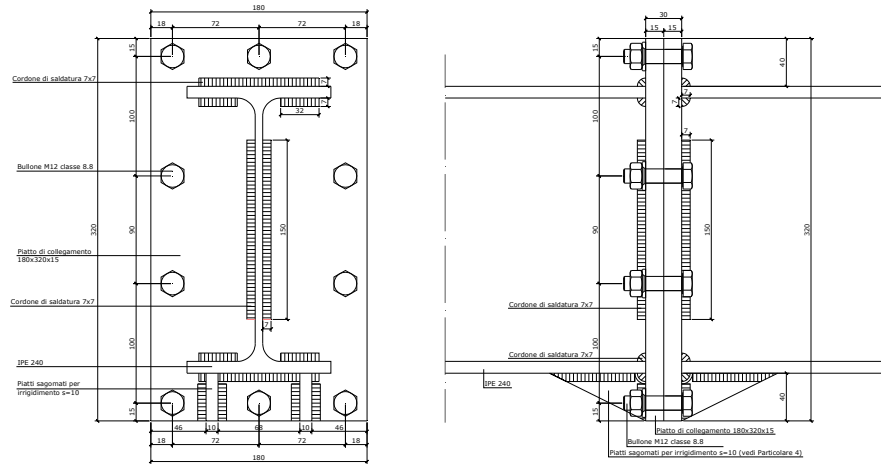
I giunti tra un profilo e l'altro sono stati previsti e realizzati con collegamenti flangiati e bullonati come nelle Figure 4.15 e 4.16. Il dimensionamento degli elementi costituenti il collegamento è descritto in Appendice E, § E.4.

**Fig. 4.15** – Paricolare del collegamento flangiato bullonato tra un profilo IPE 240 e l'altro.

Nella parte inferiore delle piastre sono stati previsti degli irrigidimenti realizzati con fazzoletti in acciaio opportunamente sagomati.



**Fig. 4.16** – Realizzazione del collegamento flangiato bullonato.



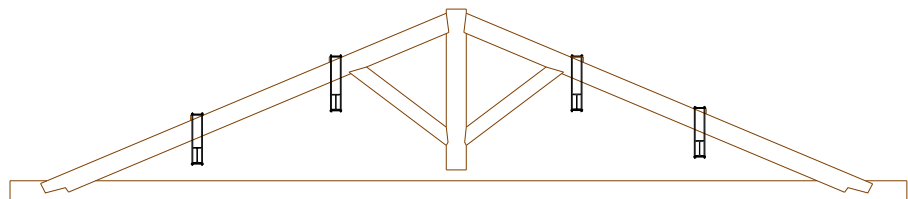
Sulla base di quanto emerso dalle verifiche di sicurezza sulle capriate di copertura della parte di volta a botte ribassata (Appendice E, § E.1, E.2, E.3) sono state fatte le scelte progettuali alla base dell'intervento che è poi stato realizzato.

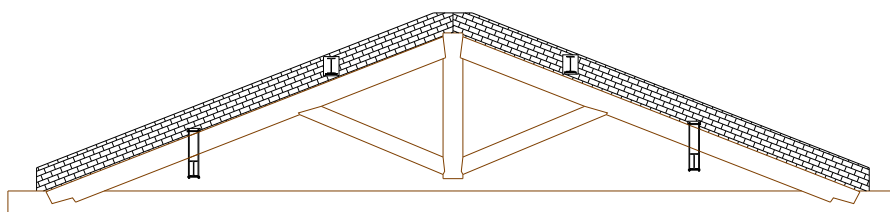
Per non caricare la capriata n°2 senza saette, si è deciso di appoggiare gli arcarecci a sostegno delle sospensioni sopra i puntone delle capriate n°1 e n°3, avendo cura che l'appoggio alle estremità fosse rialzato di una quantità tale da garantire che, con l'inflessione dovuta ai carichi, l'arcareccio stesso non andasse a contatto con la stessa capriata n°2 (Fig. 4.14). Tale soluzione è stata però subito abbandonata, in quanto per garantire tutto questo la sezione dell'arcareccio risultava eccessiva in riferimento allo spazio libero tra puntone e tavolato di copertura (spazio in cui sarebbe dovuto essere posto in opera l'arcareccio).

A tal proposito è stata vagliata una seconda ipotesi secondo la quale, invece di essere totalmente appoggiati, gli arcarecci risultavano essere in parte sospesi e in parte appoggiati sulla capriata n°3, e totalmente sospesi alla capriata n°1 (Figg. 4.17÷4.20 a, b), andando quindi a risolvere il problema sia di spazio libero tra puntone e tavolato di copertura, sia di inflessione dell'elemento a sostegno delle sospensioni.

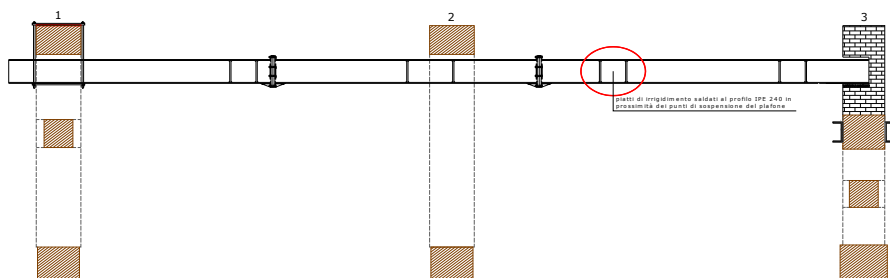
La Figura 4.21 a), b) mostra il progetto del sistema di sospensione dell'arcareccio alle capriate esistenti di copertura, e la sua realizzazione.

**Fig. 4.17** – Posizionamento degli arcarecci sospesi alla capriata n°1.

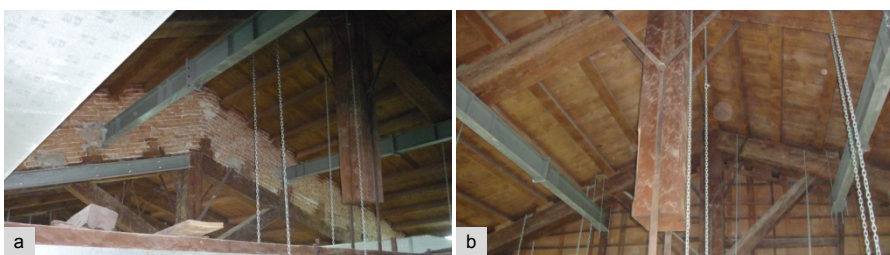




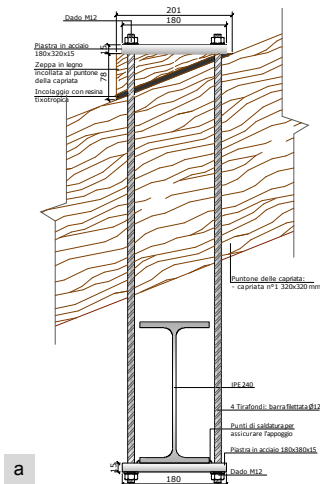
**Fig. 4.18** – Posizionamento degli arcarecci in parte sospesi e in parte appoggiati sulla capriata n°3. Prima di appoggiare i due arcarecci centrali sono state eseguite due tasche nella muratura a sostegno della copertura presente al di sopra dei puntoni.



**Fig. 4.19** – Vista in prospettiva dell'arcareccio costituito da IPE 240. Appoggio nella capriata n°3 e sospensione nella capriata n°1. La capriata n°2 non viene caricata dal peso della camorcanna.



**Fig. 4.20** – Arcarecci della parte centrale del plafone costituiti da IPE 240.  
a) Appoggio presente nella capriata n°3 e assente nella capriata n°2, volutamente sgravata dai carichi.  
b) Sospensione degli stessi arcarecci alla capriata n°1.

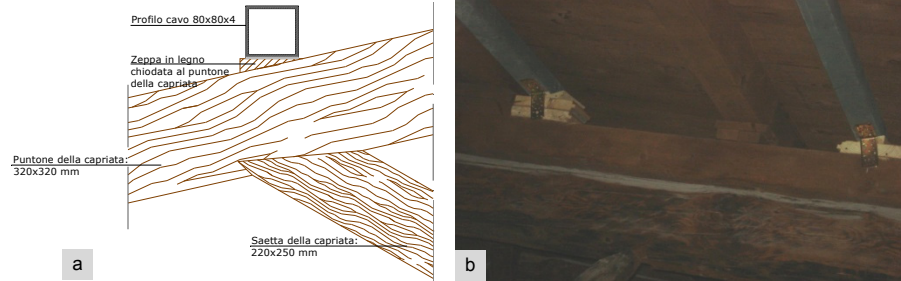


**Fig. 4.21** – Particolare della sospensione dell'arcareccio IPE 240 al puntone della capriata n°1 di copertura. Il sistema di sospensione, è stato realizzato mediante due piastre in acciaio, una alla base con funzione di appoggio per il profilo IPE e l'altra in sommità con la funzione di "aggrappo" al puntone delle capriate tenute insieme da quattro tirafondi di dimensioni tali da garantire un'adeguata rigidezza del sistema. Per garantire un perfetto appoggio l'IPE 240 è stata ulteriormente fissata, ad una sola estremità, sulla piastra con dei punti di saldatura. Invece in sommità, si è dovuto aver cura di prevedere, in prossimità della piastra, una zeppe in legno incollata al puntone e opportunamente sagomata per garantire che l'appoggio risultasse perfettamente orizzontale.  
a) Sospensione prevista da progetto.  
b) Realizzazione del progetto.

La descrizione fatta fin'ora riguarda gli arcarecci disposti in corrispondenza della parte centrale del plafone.

Per quanto riguarda invece quelli disposti in corrispondenza della parte di volta a semicupola, il progetto ha previsto che fossero realizzati arcarecci costituiti da tubolari in acciaio cavi delle dimensioni di 80x80x4 mm, con una luce pari a quella necessaria per coprire la distanza tra una capriata e l'altra (*in verde in Fig. 4.14*), semplicemente appoggiati ai puntoni previa disposizione di zeppe in legno, opportunamente chiodate alla sezione del puntone, con la sola funzione di rendere orizzontale la superficie di appoggio (*Figg. 4.22 a, b*).

**Fig. 4.22 a)** – Sezione del profilo cavo.  
**Fig. 4.22 b)** – Ancoraggio degli arcarecci della parte di volta a raggiera, opposta al boccascena. I profili sono stati fissati alle zeppe lignee con angolari in acciaio e viti.

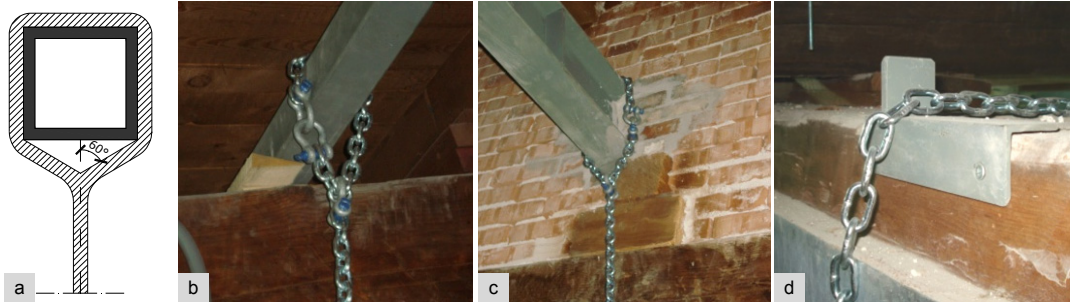


### 4.3.3. Il sistema di sospensione

Dopo aver messo in opera tutti gli arcarecci, sono state posizionate le sospensioni, ancorate all'arcareccio mediante un cappio realizzato con una catena ad anelli e grilli a cuore.

Considerando il carico a cui è sottoposta la sospensione in acciaio, è stato valutato l'angolo di inclinazione massimo che dovevano avere le catene con cui è stato realizzato il cappio.

Per far sì che venisse garantito un buon funzionamento del sistema di ancoraggio in sommità, l'angolo massimo è risultato pari a 60° (Fig. 4.23 a+c).

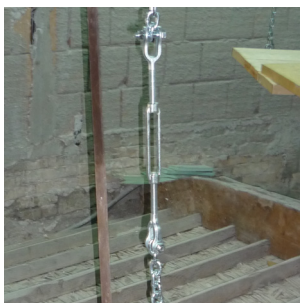


**Fig. 4.23 a)** – Schema dell'ancoraggio della catena in acciaio agli arcarecci. Individuazione dell'inclinazione massima delle catene che costituiscono il cappio risvoltato in sommità.

**Fig. 4.23 b)** – Ancoraggio delle catene ad anelli agli arcarecci della parte di volta a semicupola.

**Fig. 4.23 c)** – Posizionamento delle sospensioni sugli arcarecci della volta a botte.

**Fig. 4.23 d)** – Sospensioni ancorate direttamente alle capriate. Angolare in acciaio per non rovinare la sezione lignea.



**Fig. 4.24** – Tenditore in acciaio agganciato alla nuova sospensione affiancata alla vecchia, che è stata rimossa in un secondo momento.

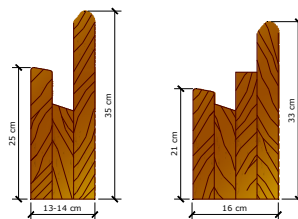
Alcune sospensioni sono state poi posizionate direttamente sui puntoni delle capriate. In questo caso per non intaccare la sezione del legno, prima della messa in opera delle catene sono stati disposti degli "angolari" in acciaio fissati alla capriata lignea con delle viti (Fig. 4.23 d).

Tutte le sospensioni sono state realizzate mediante catene in acciaio ad anelli. Su di esse sono poi stati attaccati alcuni tenditori (Fig. 4.24), grazie ai quali è stata successivamente sollevata la volta in camorcanna. Nella parte centrale del plafone su ogni catena è stato necessario agganciare due tenditori (da 16 cm), in quanto uno solo non avrebbe avuto corsa sufficiente per recuperare i notevoli abbassamenti. Nella parte di volta a raggiera, invece, sono stati messi in opera due tenditori solo nelle parti più abbassate, mentre nelle altre catene è stato sufficiente metterne uno solo, poiché in questo caso la corsa era sufficiente.

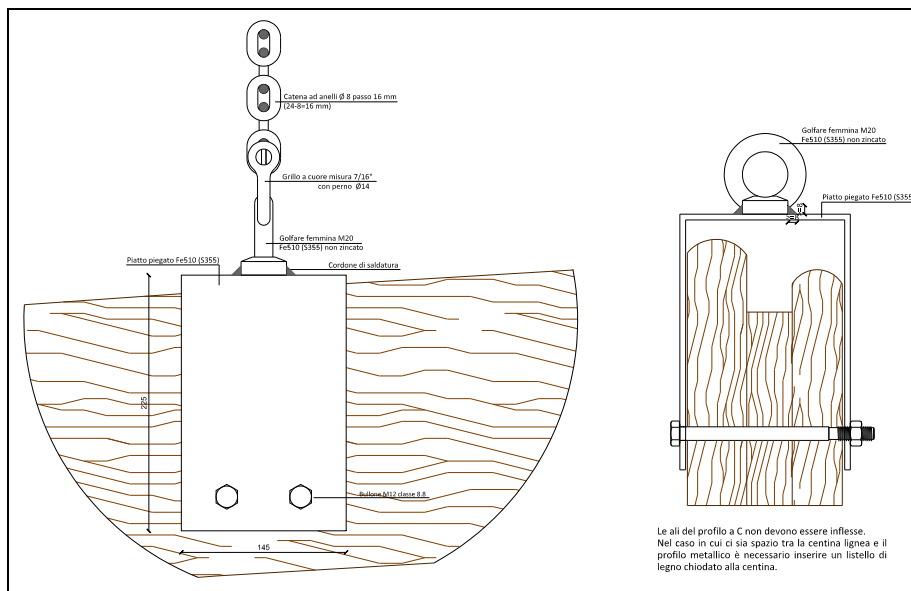
Una volta posizionate tutte le sospensioni, sono stati messi in opera i profili a U rovescia fissati alle centine lignee con due bulloni di diametro pari a 12 mm, allineati orizzontalmente.

Tali profili sono stati realizzati con un acciaio tipo S355, così da minimizzare il loro spessore e quindi il loro peso.

Date le irregolarità delle centine (Fig. 4.25), per semplificare le operazioni di cantiere, è stato deciso di realizzare due profili a U rovescia differenti solo per la larghezza (Tipo 1: larghezza pari a 14 cm; Tipo 2: larghezza pari a 16 cm). Lo stralcio di progetto in Figura 4.26, mostra la disposizione dei profili sulle centine (Figg. 4.27, 4.28 a, b).



**Fig. 4.25** – Schema delle centine del plafone dei Filarmonici. Costituite da 3-4 tavole accostate e chiodate con chiodi a testa larga ribattuti. L'altezza di ogni tavola può presentare notevoli dislivelli.



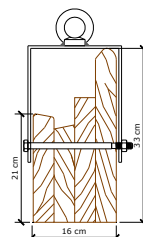
**Fig. 4.26** – Particolare dell'ancoraggio dei profili a U rovescia in acciaio sulla centina lignea. Sul profilo è stato saldato un golfare femmina al quale è stata agganciata, per mezzo di grilli a cuore, la catena in acciaio ad anelli. Per non creare problemi in fase di saldatura, tutti i materiali erano costituiti da acciaio non zincato. Dopo la saldatura è stato eseguito un trattamento protettivo per evitare eventuali ossidazioni, in opera, dell'elemento così ottenuto (i profili sono arrivati in cantiere pronti per essere messi in opera).

Con questo sistema è stato riappeso l'intero plafone, sollevandolo poi fino a riportarlo alla configurazione desiderata.

Il sistema di ancoraggio alle centine, costituito da golfari e grilli, garantisce quel "gioco flessionale" stabilito nelle linee guida (Capitolo 2, § 2.8), permettendo alla struttura lignea di muoversi nel suo piano e impedendo, allo stesso tempo, i suoi abbassamenti.

Le dimensioni dei golfari, delle catene ad anelli, dei grilli e dei tenditori sono state scelte in funzione alla loro portata che è stata raffrontata con il peso che, in fase di esercizio e in fase di sollevamento del plafone, va a gravare su ogni singolo elemento.

La Figura 4.29 mostra la disposizione degli arcarecci e delle sospensioni ad essi ancorate.



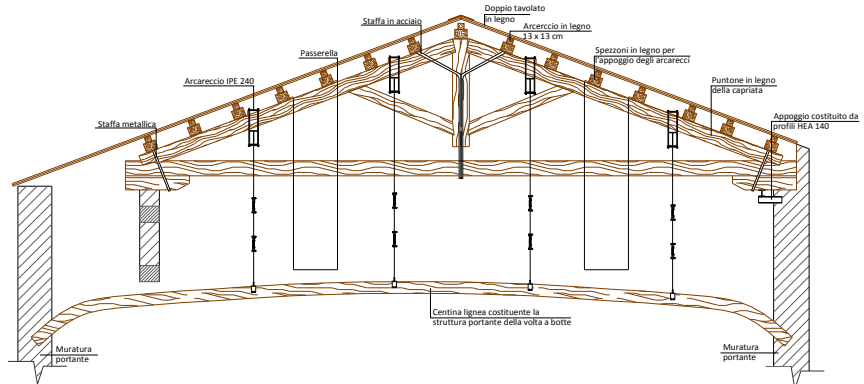
**Fig. 4.27** – Particolare dell'ancoraggio dei profili a U rovescia sulla centina lignea costituita da quattro tavole in legno.



**Fig. 4.28 a)** – Messa in opera dei profili a U rovescia sulle centine. Nel caso in cui la centina risulti di spessore minore del profilo, si è dovuto aver cura di predisporre dei listelli lignei di adeguato spessore, chiodati alla centina, per raggiungere la dimensione voluta, onde evitare di flettere il profilo durante la sua bullonatura.

**Fig. 4.28 b)** – Ancoraggio delle catene sui profili a U rovescia.

**Fig. 4.29** – Visione complessiva del sistema di sospensione della volta in camorcanna, vicino al boccascena: capriata n°1.



#### 4.3.4. Disposizione delle passerelle



**Fig. 4.30** – Messa in opera delle passerelle appese ai puntone delle capriate di copertura.

La disposizione delle passerelle (Fig. 4.30) è stata necessaria, oltre che per le varie fasi di cantiere, per poter ispezionare e mantenere il plafone in fase di esercizio. Il progetto esecutivo ha previsto due passerelle su ogni capriata, una in ogni puntone in maniera tale da garantire un buon funzionamento di tutto il sistema. Nelle capriate con le saette è risultato opportuno posizionare la catena che sorregge il piano di calpestio in prossimità del nodo puntone – saetta.

Le catene ad anelli sostenevano due tubolari metallici di dimensioni 8x8 cm su cui poggia un piano costituito da tavole in legno di spessore di 3 cm.

L'appoggio sui puntone è stato effettuato previa disposizione di un angolare in acciaio con la funzione di non alterare la superficie e gli spigoli della sezione. La catena è stata inoltre bloccata con uno spezzone di legno chiodato alla sezione del puntone.

#### 4.3.5. I cavallotti in CFRP



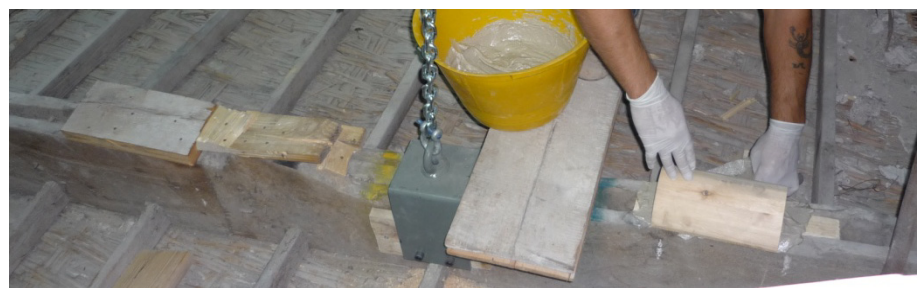
**Fig. 4.31** – Esecuzione dei tagli nella camorcanna visti dall'intradosso.

Per quanto riguarda i cavallotti in fibra di carbonio, il procedimento per la determinazione dell'area di aderenza tra la fibra e lo stuoiato è identico a quello svolto per la sperimentazione di laboratorio descritto nell'Appendice D, § D.1.

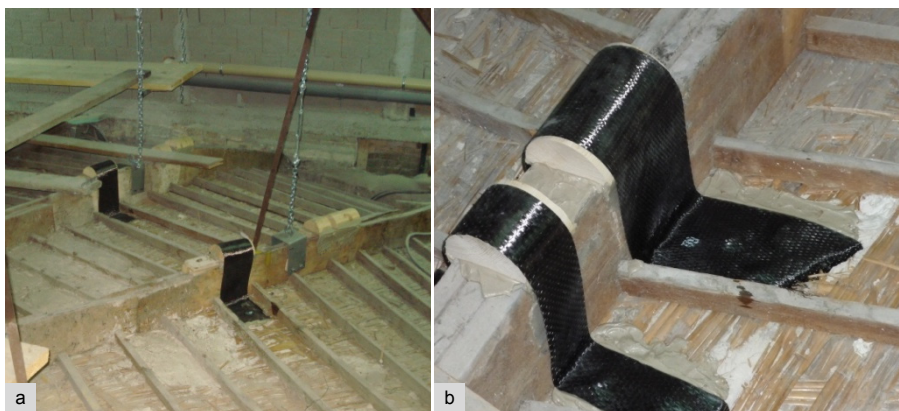
Come è stato fatto per la sperimentazione, e come è stato stabilito dal progetto, una volta individuate le posizioni esatte dei cavallotti, sono stati eseguiti tagli sulla camorcanna (Fig. 4.31), sui quali sono stati poi fatti passare i risvolti dei cavallotti da incollare all'intradosso.

Come per la sperimentazione, i cavallotti sono stati adagiati sulle centine in corrispondenza dei cunei lignei (Fig. 4.32), e incollati con resina epossidica solo sullo stuoiato in canne all'estradosso lasciando lasca la parte a contatto con le centine (Fig. 4.33).

**Fig. 4.32** – Chiodatura di listelli in legno per rendere orizzontale la superficie di appoggio, in quanto le centine sono costituite dall'assemblaggio di più tavole che risultano irregolari e di altezze differenti l'una dall'altra. Fase successiva è l'incollaggio di cunei lignei, che hanno la semplice funzione di arrotondare la superficie delle centine, per far in modo che la fibra dei cavallotti non vada in contatto con superfici spigolose.



Come stabilito dal progetto, i cavallotti sono stati poi risvoltati all'intradosso grazie ai tagli precedentemente eseguiti, e incollati con resina epossidica all'intonaco esistente (Fig. 4.34).



**Fig. 4.33 a)** – Messa in opera di cavallotti in CFRP. In prossimità delle cornici decorative non è stato possibile eseguire tagli nella camorcanna, poiché avrebbero danneggiato le decorazioni intradossali. Data la necessità di sorreggere anche queste porzioni, sono stati messi in opera cavallotti senza risvolti all'intradosso, ma solo incollati allo stuoioato.

**Fig. 4.33 b)** Cavallotti affiancati per tener conto dell'irregolarità della posizione dei tambocchi. La presenza di cavallotti in corrispondenza delle sospensioni, inoltre, sono importanti poiché garantiscono che la camorcanna non si stacchi dalle centine nel momento del sollevamento.



**Fig. 4.34** – Risvolti dei cavallotti incollati all'intontaco intradossale. I risvolti sono stati fatti sporgere all'intradosso attraverso i tagli eseguiti nella precedente fase (Fig. 4.31). Una volta all'intradosso, sono stati incollati direttamente con resina epossidica.

Laddove lo stuoioato presentava sfilamenti delle chiodature dalla struttura lignea, è stato necessario introdurre agganci puntuali all'estradosso, realizzandoli con fasciature in fibra di carbonio e resina epossidica (Fig. 4.35). In alcune zone, dove lo stuoioato risultava molto abbassato rispetto al sostegno ligneo, è stato invece necessario introdurre cordoni di resina epossipoliuretana<sup>3</sup>, per ripristinare il collegamento tra struttura lignea e stuoioato (Fig. 4.36).

**Nota 3**

Quagliarini E., D'Orazio M., 2004.



**Fig. 4.35** – Fasce in CFRP per sostenere lo stuoioato alla struttura lignea prima del sollevamento. Le fasce sono state messe in opera con lo stesso procedimento dei cavallotti, ovvero incollate con resina epossidica solo sullo stuoioato, e non sui tambocchi in legno.







**Fig. 4.36** – Cordone in resina epossipoliuretana tra centina e stuoioato.

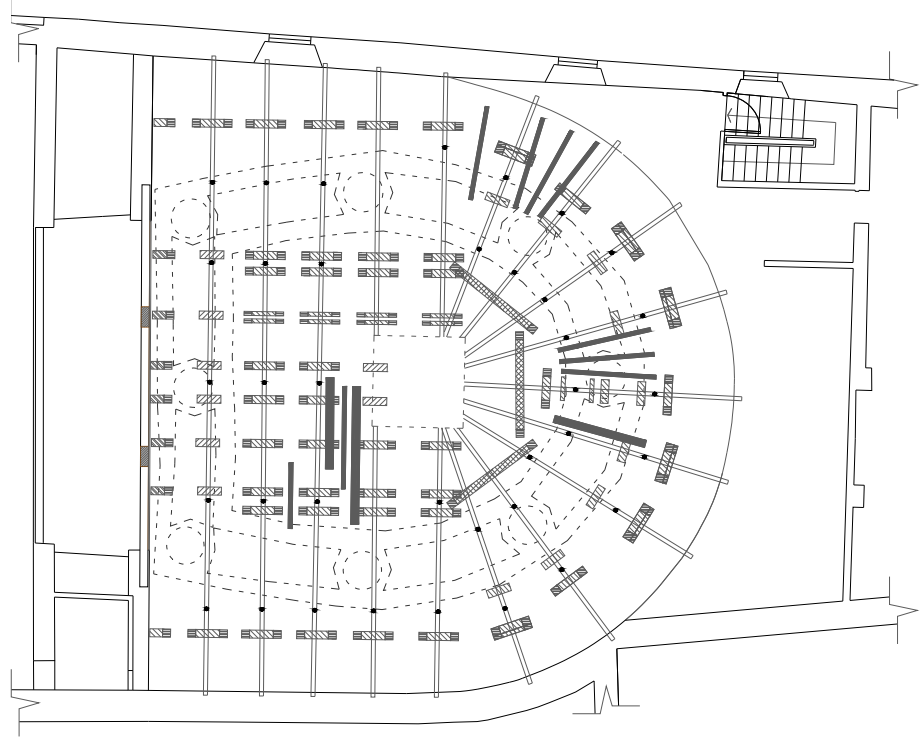
La Figura 4.37 mostra la posizione definitiva dei cavallotti sull'intero plafone a fine intervento.



**Fig. 4.37** – Pianta del plafone. Schema della disposizione dei cavallotti e delle fasce all'estradosso.

**LEGENDA**

-  Cavallotti
-  Risvolti dei cavallotti
-  Fasce unidirezionali
-  Posizione delle sospensioni



**4.3.6. Le fasce in CFRP**



**Fig. 4.38** – Fessure non impregnate con resina epossidica.

Anche per le fasce, come per i cavallotti, per il dimensionamento è stata seguita la metodologia descritta in Appendice D, § D.1.

Terminato il posizionamento dei cavallotti sia nelle centine della volta a botte, sia in quelle della volta a raggiera, sono state poste in opera le fasce unidirezionali in fibra di carbonio. Durante la fase di incollaggio delle fasce è stato molto importante non impregnare le fessure con la resina epossidica (Figg. 4.38, 4.39, 4.40 a), per permettere che i lembi delle fessure potessero riavvicinarsi in fase di sollevamento (Capitolo 2, § 2.8), evitando in tal modo l'eventuale formazione di ulteriori fessure sull'intonaco esistente.

**Fig. 4.39** – Messa in opera delle fasce unidirezionali sulla superficie intradosale nella parte centrale del plafone. Come stabilito dal progetto le fasce sono state posizionate sopra ai risvolti dei cavallotti e fissate con resina epossidica. A fresco poi è stato applicato uno spolvero di quarzo per garantire un miglior ancoraggio meccanico sulla superficie intradosale.



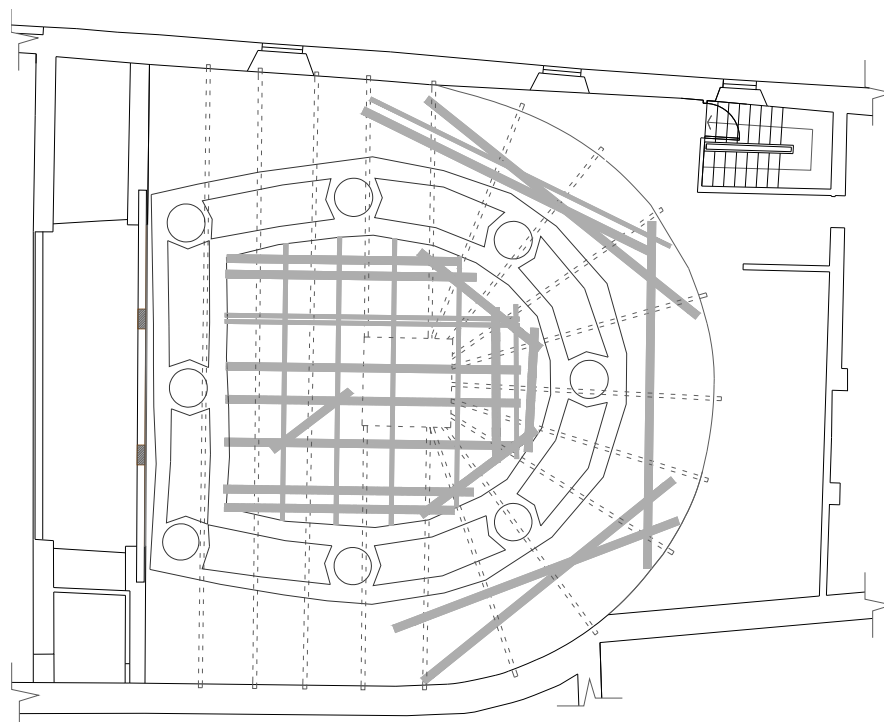
Una volta disposte tutte le fasce principali, cioè quelle perpendicolari alle centine della volta, si è proceduto mettendo in opera ulteriori fasce di ampiezza minore (pari

a 10 cm) nella parte centrale della volta (cioè quella delimitata dalla cornice decorativa), in maniera tale da formare un graticcio che nella fase del sollevamento ha sorretto tutta la superficie intradossale del plafone (Fig. 4.40 b).



**Fig. 4.40 a)** – Messa in opera delle fasce unidirezionali sulla superficie intradossale nella parte di volta a raggiera.

**Fig. 4.40 b)** – Messa in opera delle fasce in fibra di carbonio parallele alle centine.



**Fig. 4.41** – Pianta del plafone. Schema della disposizione delle fasce all'intradosso.

**LEGENDA**

■ Fasce unidirezionali

In Figura 4.41 si riporta la disposizione definitiva delle fasce in fibra di carbonio sulla superficie intradossale del plafone.

Le Figure 4.42 a), b), mostrano in sintesi le varie fasi successive della realizzazione dell'intervento di consolidamento previste dal progetto e le modalità della loro posa in opera.

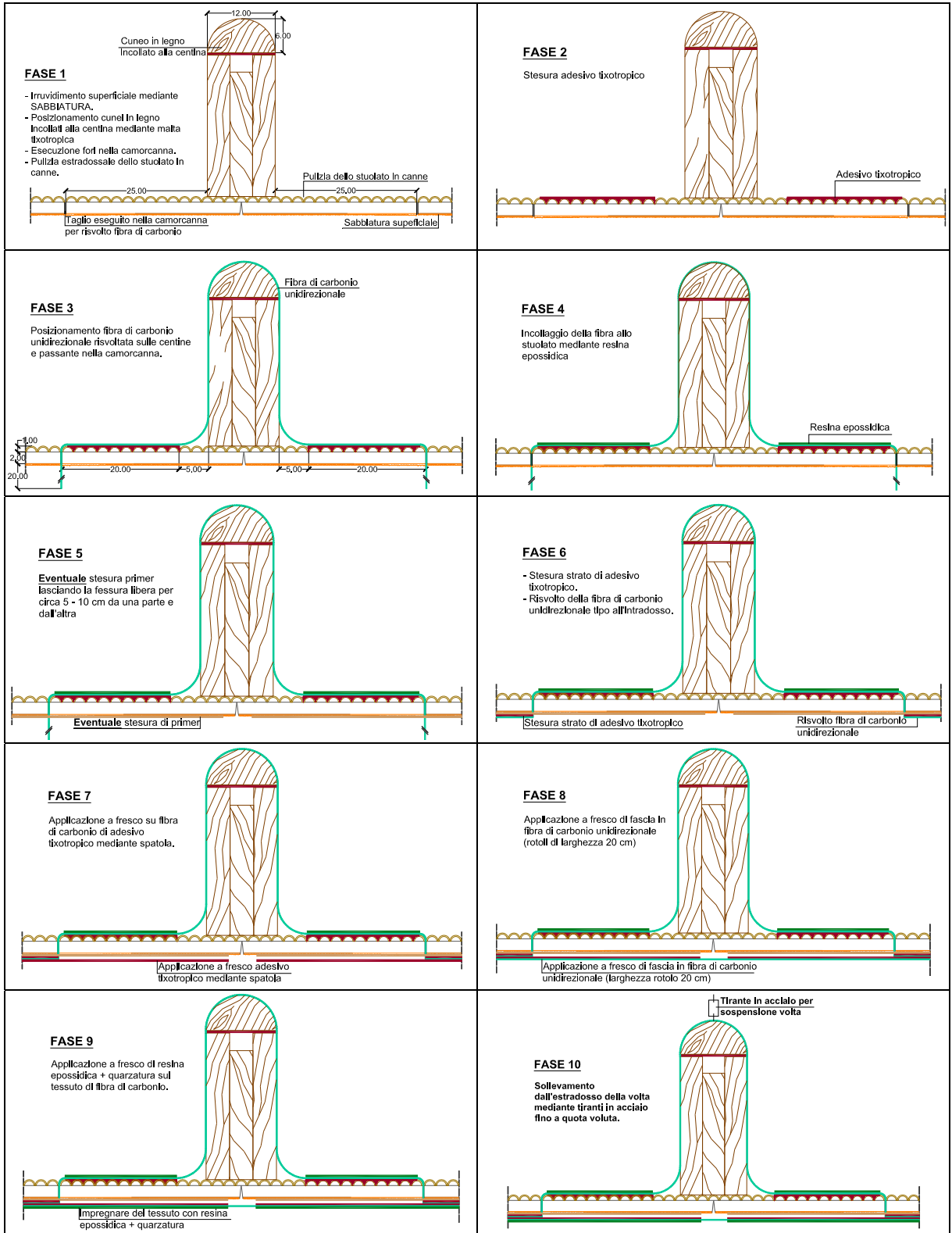


Fig. 4.42 a) – Fase 1 + Fase 10. Sequenza delle fasi esecutive eseguite per la realizzazione del consolidamento del plafone del teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno. Gli spessori nel disegno sono fuori scala.

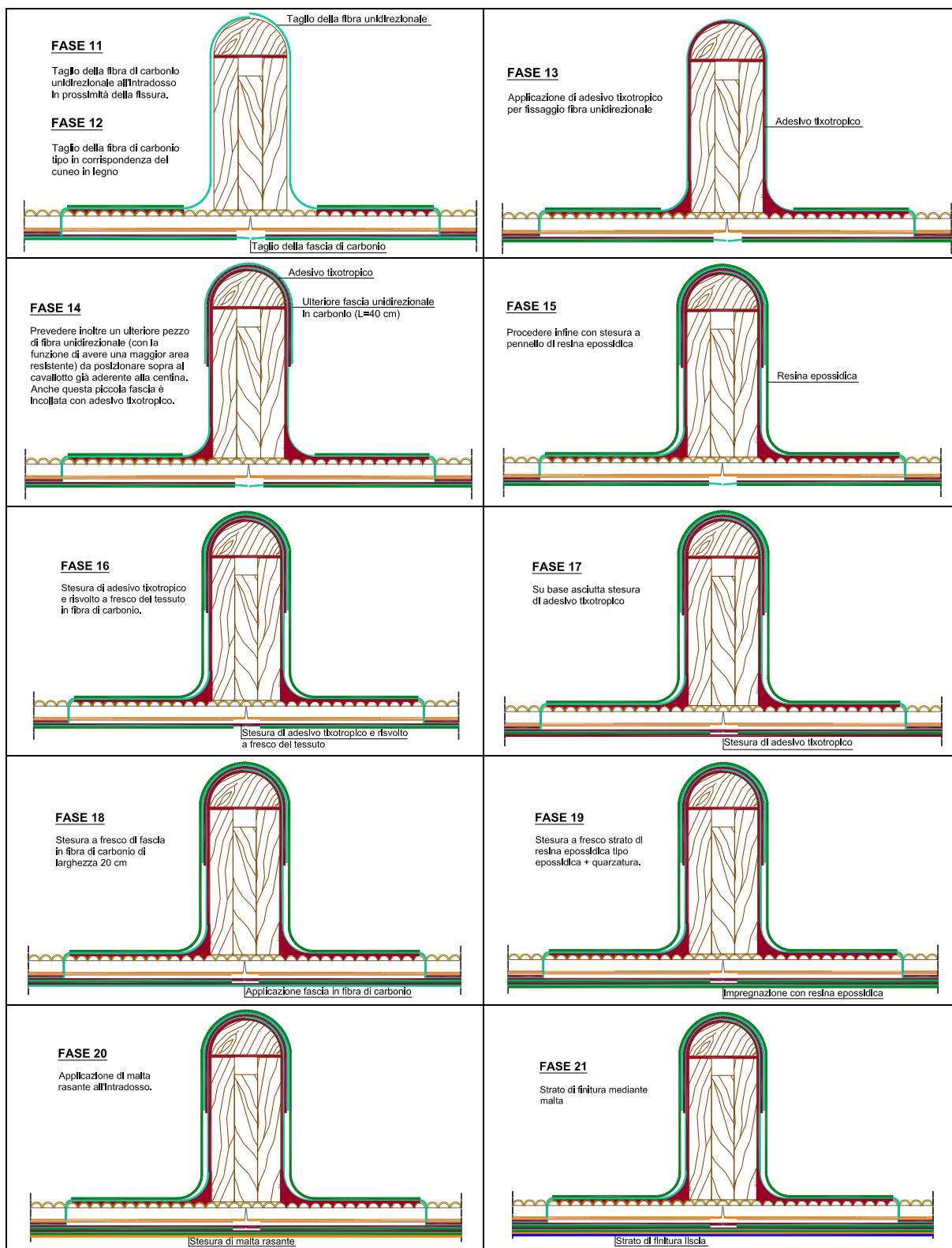


Fig. 4.42 b) – Fase 11 + Fase 21. Sequenza delle fasi esecutive eseguite per la realizzazione del consolidamento del plafone del teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno. Gli spessori nel disegno sono fuori scala.

### 4.3.7. Il sollevamento del plafone

Dopo aver misurato gli abbassamenti (Fig. 4.43) si è notato un generale aggravamento degli stessi, rispetto a quelli misurati precedentemente.

Dato l'avanzato stato di dissesti e avvallamenti a cui era soggetto il plafone, (per maggiori informazioni si veda il Capitolo 2, § 2.3), è stato necessario prevedere una precisa sequenza delle fasi del sollevamento, avendo cura di eseguirle gradualmente e per parti, iniziando da quelle corrispondenti alle zone di maggior abbassamento.

**Fig. 4.43** – Individuazione dei punti di riferimento per ogni centina riportata all'intradosso, con i quali è stato eseguito il rilievo degli abbassamenti. Ogni punto è stato indicato con una sigla: nx. La prima lettera indicava il numero della centina, la seconda invece indicava il punto considerato: ad esempio i punti della centina n°2 sono così individuati: 2A, 2B, 2C, etc....



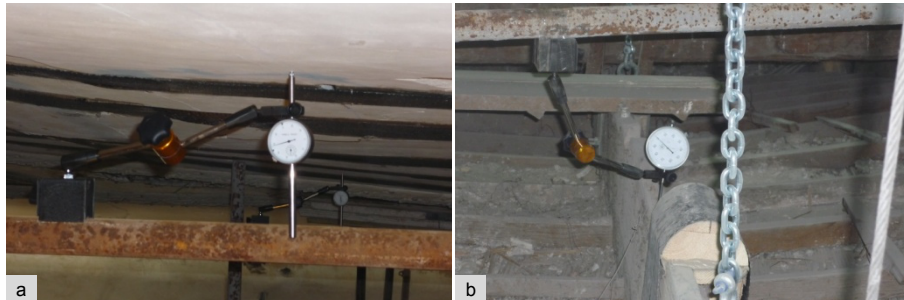
L'obiettivo è stato quello di ristabilire una ragionevole forma geometrica del plafone, recuperando quanto più possibile gli abbassamenti rilevati.

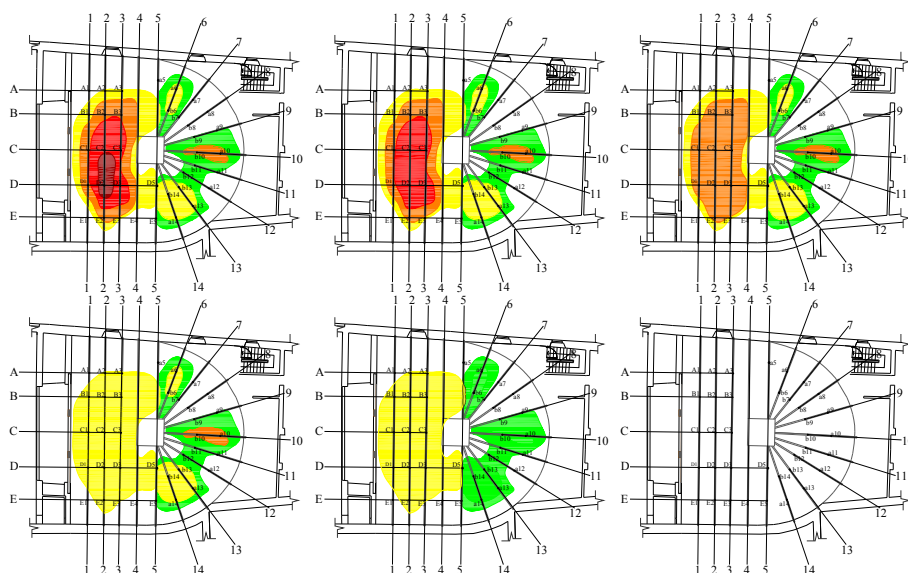
Le varie fasi del sollevamento sono state monitorate con alcuni comparatori centesimali (Fig. 4.44 a,b) disposti, su supporti indipendenti, in posizioni corrispondenti tra intradosso ed estradosso. I comparatori posti all'estradosso hanno permesso di osservare la quantità di abbassamento recuperata grazie ai tenditori delle sospensioni, mentre quelli all'intradosso hanno permesso di capire se la camorcanna rimaneva solidale con la struttura lignea (la quantità misurata all'intradosso corrisponde con quella misurata all'estradosso), o se, al contrario, era soggetta a distacchi (la quantità misurata all'intradosso non corrisponde con quella misurata all'estradosso).

Durante la sospensione, ogni punto è stato sollevato di massimo 1 cm per volta; si è accompagnato il sollevamento delle parti più abbassate mettendo in tiro continuamente tutti gli altri tiranti che non sono stati però forzati. Questo procedimento è stato eseguito fino al raggiungimento della forma desiderata. Successivamente sono stati posizionati i comparatori centesimali anche sotto le tre centine più abbassate della volta a raggiera e si è iniziato il sollevamento sempre iniziando dalla parte più abbassata. La sequenza delle fasi del sollevamento è rappresentata in Figura 4.45.

**Fig. 4.44 a)** – Comparatore centesimale all'intradosso.

**Fig. 4.44 b)** – Comparatore centesimale all'estradosso.





**Fig. 4.45** – Schema delle fasi del sollevamento del plafone. Le linee numerate (1,2,3,...) indicano le linee medie delle centine; i punti indicati con lettere e numeri rappresentano la posizione delle sospensioni.

**LEGENDA**  
 Successive fasi del sollevamento

- 1° Fase: ≈ 5 cm
- 2° Fase: ≈ 5 cm
- 3° Fase: ≈ 5 cm
- 4° Fase: ≈ 5 cm
- 5° Fase: ≈ 5 cm

Durante il sollevamento, in alcune parti del plafone, si è registrato il distacco di alcune porzioni limitate dello stuoio dalla struttura lignea. Si è notato come questi distacchi si sono verificati in corrispondenza degli stucchi e delle cornici (ovvero zone dove le chiodature sostenevano un maggior peso), o laddove le canne si staccavano dalle chiodature (Fig. 4.46). In un punto in particolare, dove era presente una precedente ripresa dell'intonaco (Fig. 4.47), il distacco dello stuoio ha provocato la fessurazione della superficie intradosale.

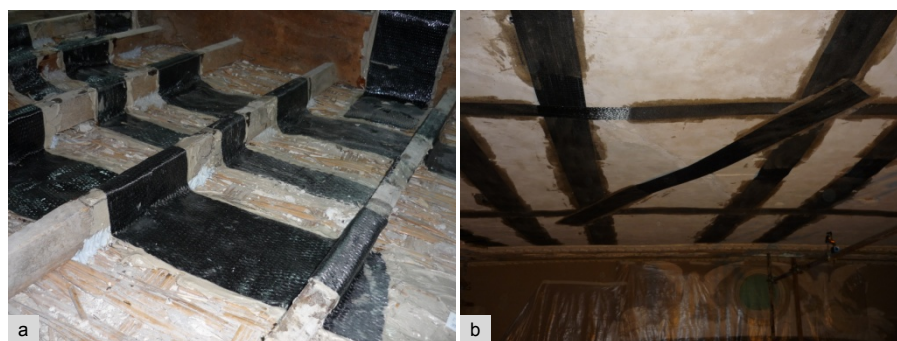


**Fig. 4.46** – Distacco di alcune parti dello stuoio dalla struttura lignea all'estradosso.

Prima di proseguire con il sollevamento, per risolvere queste situazioni, sono stati posti in opera puntualmente altri cavallotti all'estradosso (Fig. 4.48 a), e una sola fascia all'intradosso in corrispondenza della fessura dell'intonaco (Fig. 4.48 b).



**Fig. 4.47** – Fessurazione dell'intonaco causata dal distacco di alcune parti dello stuoio dalla struttura lignea.



**Fig. 4.48** – Posizione in opera di fasce in FRP durante le fasi del sollevamento: a) all'estradosso; b) all'intradosso.

In alcune zone, corrispondenti alle cornici in stucchi, è stato necessario disporre alcune puntellature regolabili per accompagnarle durante il sollevamento al fine di evitare ulteriori distacchi dello stuoio, dell'intonaco o delle stesse cornici (Fig. 4.49). Inoltre per portare avanti il sollevamento, laddove si sono formate fessurazioni sulle centine, per evitare la loro progressione, si è provveduto, solo localmente, alla posa in opera di "cerotti" sempre realizzati con tessuto unidirezionali in fibra di carbonio, incollati alle centine lignee con resina epossidica (Fig. 4.50).



**Fig. 4.49** – Disposizione puntellature sulle cornici decorative. Si noti lo strato di polistirolo necessario per non danneggiare la superficie.

Le Figure 4.51 a)÷d), mettono a confronto la situazione che si aveva prima del sollevamento con quella dopo il sollevamento.



**Fig. 4.50** – Cerotti in CFRP per arrestare la progressione della fessurazione della centina.

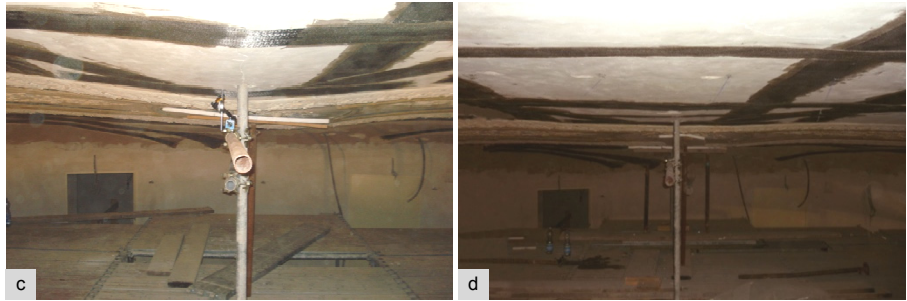


**Fig. 4.51 a)** – Parte centrale della volta prima del sollevamento.

**Fig. 4.51 b)** – Parte centrale della volta dopo il sollevamento.

**Fig. 4.51 c)** – Parte della volta a raggiera prima del sollevamento.

**Fig. 4.51 d)** – Parte della volta a raggiera dopo il sollevamento.



**Fig. 4.52** – Incollaggio delle fasce all'intradosso, con la posa in opera di un "cerotto" nel punto di sovrapposizione tra i due lembi delle fasce per garantire la continuità.

Come previsto dal progetto, dopo il sollevamento, si è proceduto con il taglio e l'incollaggio delle fasce in corrispondenza delle fessure all'intradosso come mostra la Figura 4.52 (per maggiori dettagli sulle fasi esecutive si veda il capitolo 3, § 3.7.3). All'estradosso invece i cavallotti sono stati tagliati in corrispondenza del cuneo e incollati alle centine con resina epossidica. Una volta incollati, fresco su fresco, si è proceduto con la disposizione di un "cerotto" in CFRP incollandolo, per una sovrapposizione di 40 cm, sopra al cavallotto esistente per garantire la continuità (per maggiori dettagli si vedano le fasi esecutive 14 e 15 in Fig. 4.42 b).

#### 4.3.8. Il ripristino della continuità dello stuoiato

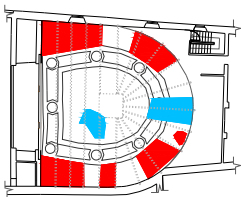
Il plafone del Filarmonici, prima della realizzazione dell'intervento, presentava già zone di stuoiato e intonaco mancanti (zone rosse in Figg. 4.53, 4.54), per via del loro degrado nel tempo dovuto ad infiltrazioni d'acqua.

In altre zone invece l'intonaco, che presentava porzioni di precedente ripresa (Fig. 4.47 e al centro del plafone in blu in Fig. 4.53), era interessato da fessurazioni causate dal sollevamento. In altre ancora (in corrispondenza della volta a semicupola in blu in Fig. 4.53), la presenza di canne spezzate nello stuoiato (a causa della loro secchezza) non erano più in grado di sostenere il carico dato dalla presenza delle cornici decorative e dei rosoni in stucchi.

A tal proposito, per evitare di dar luogo a fessurazioni più estese è stato deciso di rimuovere in un caso le parti di intonaco distaccate, e nell'altro di smontare le cornici e i rosoni, per poi ripristinarli dopo aver ristabilito la continuità dello stuoiato, e realizzato il corpo dell'intonaco.

Prima del rifacimento delle mancanze, ci si è accorti che le teste di due centine in prossimità della muratura perimetrale erano interessate da un forte processo di degrado. Si è dunque proceduto con il loro rifacimento mediante la posa in opera di protesi in legno realizzate con l'ausilio di un calco della loro forma, allo scopo di ottenere la stessa conformazione delle centine esistenti (Fig. 4.55 a, b).

Una volta terminata questa fase, si è proceduto a ripristinare la continuità dello stuoiato, raccogliendo le canne, ripulendole e tagliandole in due o quattro parti a seconda della loro dimensione iniziale. Le canne sono poi state intrecciate a formare lo stuoiato (Fig. 4.55 c) con le stesse caratteristiche di quello esistente; il nuovo stuoiato è stato posto in opera avendo cura che la sovrapposizione con quello



**Fig. 4.53** – Schema delle parti mancanti della volta.

#### LEGENDA

- Mancanze esistenti
- Disfacimenti



**Fig. 4.54** – Mancanze di stuoiato esistenti dovute al degrado causato principalmente dalle infiltrazioni d'acqua.

esistente fosse compresa tra 40 e 50 cm (Fig. 4.56), ed è stato collegato alla struttura lignea tramite chiodi ribattuti. Sul nuovo stuoio è stato poi realizzato l'intonaco di circa 2,5 cm di spessore, costituito da una malta di calce idraulica naturale con inerti a grana grossa (compatibile con i materiali originari).



Fig. 4.55 a) – Degradato della testa della centina n°6.

Fig. 4.55 b) – Posa in opera della protesi in legno.

Fig. 4.55 c) – Ripristino delle mancanze con la posa in opera di nuovo stuoio in canne e realizzazione di intonaco.

Sull'intonaco è stato poi steso lo strato di rasatura, realizzato con una malta rasante costituita da calce idraulica naturale con inerti a grana fine. Per contenere tutto lo spessore dovuto alla sovrapposizione di più fasce, nella parte centrale del plafone delimitata dalle cornici decorative, sono stati necessari due strati di rasatura. Si è proceduto infine alla stesura dello strato di finitura realizzato in stucco come descritto nel seguente § 4.3.9.

#### 4.3.9. Le finiture

Ultima fase è stata quella della realizzazione delle finiture e del ripristino delle cornici, tramite l'incollaggio delle parti mancanti. In accordo con gli Enti competenti, è stato possibile realizzare un'indagine sui colori originali e procedere con il restauro pittorico e decorativo del plafone (Fig. 4.57. Per maggiori dettagli si veda il Capitolo 5). Le Figure 4.58+4.61 mettono a confronto il plafone del Filarmonici, prima e dopo l'intervento.

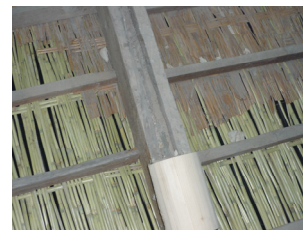


Fig. 4.56 – Sovrapposizione del nuovo stuoio a quello esistente.



Fig. 4.57 a) – Decorazione dei medaglioni in stucchi.

Fig. 4.57 b) – Decorazione delle cornici in legno e della cornice perimetrale in stucchi.

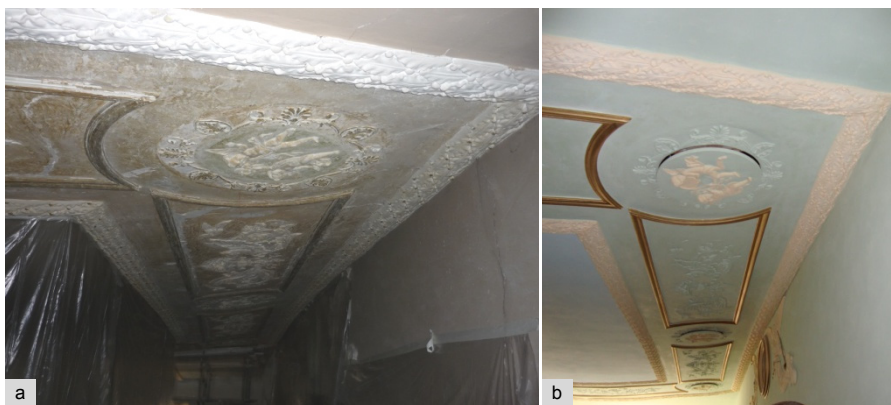


Fig. 4.58 – Cornice a ridosso del boccascena.

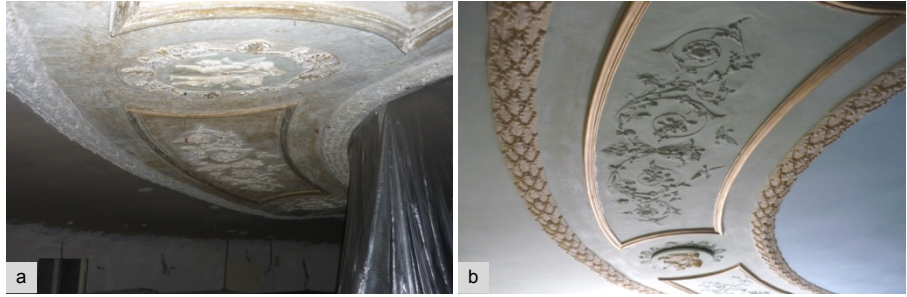
a) Prima dell'intervento.

b) Dopo l'intervento.



**Fig. 4.69** – Cornice della parte di volta a raggiera.

- a) Prima dell'intervento.
- b) Dopo l'intervento.



**Fig. 4.60** – Il plafone prima dell'intervento di recupero.



**Fig. 4.61** – Il plafone dopo l'intervento di recupero.



## CAPITOLO 5

### I COLORI DELLA MUSICA

Nell'attuale realtà quando si parla di restauro di un edificio, naturalmente se si tratta di un bene di interesse culturale, le problematiche di intervento possono essere, e sono, diversissime, a seconda oltre che del periodo di costruzione come è ovvio e quasi banale, del tipo di destinazione<sup>1</sup>.

Ci riferiamo principalmente cioè alla differenza che c'era in passato e che c'è tutt'ora fra gli edifici di abitazione e quelli destinati ad una attività pubblica, o collettiva, come per esempio strutture militari, o attività lavorative, artigianali od industriali, oppure luoghi di spettacolo, anche destinati allo sport.

La differenza sostanziale sta nel fatto che negli edifici destinati a sola abitazione ci troviamo di fronte nella totalità dei casi (o quasi) a locali destinati a contenere l'arredamento abitativo, per così dire, arredamento anche con funzioni ausiliarie, talvolta, ma comunque quasi sempre aggiunto, mobile comunque.

Negli altri casi, invece, vediamo anche strutture fisse che talvolta ne sono parte integrante, senza parlare delle macchine o dei "macchinismi" (spesso non sono macchinari intesi in senso moderno), che vi sono collocati.

In alcuni casi, poi, sono le decorazioni stesse degli edifici che hanno una funzione non solo decorativa appunto, ma strettamente funzionale all'utilizzo, all'uso che vien fatto dell'edificio; è ben vero che, naturalmente, anche in un edificio di uso abitativo le decorazioni sono ugualmente finalizzate a marcare l'uso dei locali, a ricordare il proprietario, ma sono come una pellicola esterna che può cambiare o sparire al cambiare degli individui, al cessare delle funzioni.

Emblematico è quindi il caso delle strutture destinate allo spettacolo, ciò fin dalla antichità, e soprattutto, per venire più specificamente a noi, dei teatri, ovviamente dei teatri sei – sette - ottocenteschi, soprattutto quelli del diciannovesimo secolo.

Perché una tale e netta interpretazione? Perché appunto in una struttura come il Teatro dei Filarmonici, gli strumenti musicali (Fig. 5.1), o i riferimenti all'arte teatrale che possiamo vedere raffigurati qua e là, la forma delle decorazioni, i colori stessi, sono a supporto, diremmo quasi a potenziamento delle rappresentazioni sceniche o musicali. Si potrebbe affermare che sono parte integrante e necessaria dell'aura, dell'atmosfera, che coinvolge dunque, e salda in un tutt'uno inscindibile, se tutte le componenti sono ben pensate e realizzate, le strutture murarie cioè, in qualunque materiale realizzate, portanti e contenenti, ma anche di esaltazione delle voci e dei suoni, gli arredi stessi che non devono essere sordi né rendere quelle e questi muti o fiochi, mentre le pitture e gli stucchi devono esaltare l'anima ed i sensi degli spettatori.

Non arriviamo al punto di ritenere di poter parlare addirittura di "musica dipinta", che questo si può dire, naturalmente, quando si ha una rappresentazione, pittorica, o comunque figurativa, dove ad esempio strumenti musicali, amatori, o cultori di quest'arte, o la musica stessa personalizzata, compaiono in rappresentazioni con un senso ed un messaggio ben compiuti, (un esempio fra tanti, alcuni notissimi dipinti del Caravaggio), e non come semplici figure di supporto ad una struttura architettonica, talvolta fredde, e, mi si scusi il contrasto dei termini, quasi mute.

#### Nota 1

A proposito della definizione generale di restauro, si rimanda a quanto specifica in merito l'attuale legislazione di tutela in materia di beni culturali, il "Codice dei beni culturali e del paesaggio", D. Leg.vo n. 42 del 22 gennaio 2004 che nella Sezione II del Capo II, Misure di conservazione, Articolo 29, Conservazione, spiega cosa si debba intendere per conservazione, prevenzione, e più nel particolare del nostro interesse, per manutenzione e restauro.



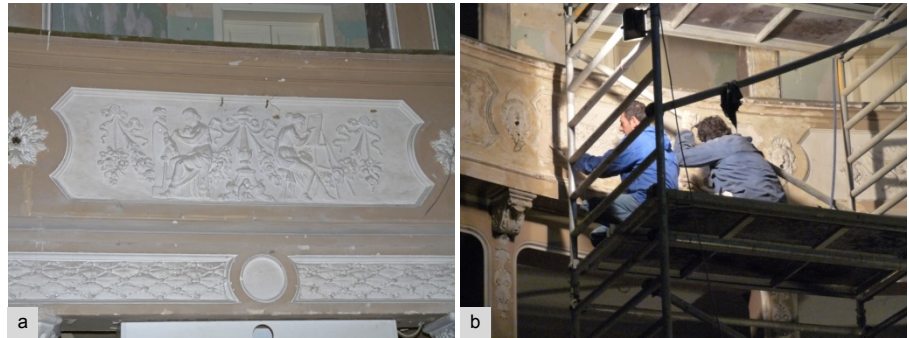
Fig. 5.1 – Decorazione pittorica del Foyer con riferimento agli strumenti musicali.

Per questi motivi, il restauro delle decorazioni del Teatro dei Filarmonici, e nel caso in esame del plafone, è stato particolarmente indirizzato al recupero della situazione cromatica originaria, per vedere di ricreare, se così si può dire, l'atmosfera generata da quel tipo di decorazioni, da quei colori specifici.

Tanto più che è noto come la decorazione del teatro, edificato tra il 1829 ed il 1831 come Teatro dei Signori Filodrammatici, con le pitture "a chiaroscuro" di Francesco Giorgini di Macerata, mentre il quadro centrale del soffitto ed il sipario furono opera del bolognese Pietro Fancelli, e che quando nel 1897 l'edificio è acquistato dalla Società Filarmonica Ascolana, viene ristrutturato "ammodernato", cambiando decorazione e strutture dei palchi, l'arco scenico, con due angeli di stucco che reggevano una ghirlanda racchiudente un orologio; il pittore che rinnova è Giorgio Paci. Non consideriamo ovviamente le altre mutazioni strutturali né i cambiamenti avvenuti all'esterno del teatro, pur avendo anche questi elementi importanza nel nostro discorso di "ambientazione" dello spettatore. Il restauro si è rivolto comunque alla situazione generata dalla successiva trasformazione del Teatro in cinema – teatro, avvenuta tra il 1913 ed il 1917, e dagli ancor più recenti interventi degli anni cinquanta del secolo scorso.

Si ebbe quindi una tinteggiatura uniforme degli stucchi che li appiattisce, portandoli quasi al livello delle pareti piane, tinteggiate in beige e marrone chiaro (Fig. 5.2 a). Senza il lampadario centrale che viene smontato, tutto si appiattisce ancora di più, mentre gli angeli ai lati della ghirlanda dove pure l'orologio non c'è più, sorreggono quasi il nulla. Dopo il restauro della struttura portante del plafone, la ricostruzione delle parti di cannuciate mancanti, il consolidamento complessivo, si procedette poi, come d'ordinario, con la ricerca, al di sotto della più recente stesura, delle tracce di altri colori o decorazioni, con saggi stratigrafici a bisturi, in punti strategicamente individuati (quasi si giocasse ad una battaglia navale a tavolino d'altri tempi), per verificare il numero di strati presenti e individuare i colori originari (Fig. 5.2 b).

**Fig. 5.2 a)** – Tinteggiatura degli stucchi che appiattisce il rilievo delle figure e degli altri elementi decorativi.  
**Fig. 5.2 b)** – Saggi stratigrafici per l'individuazione dei colori originali.



**Fig. 5.3** – Medaglione in stucco con raffigurazioni simboliche dell'arte della musica.

Rintracciate ed opportunamente segnalate tutte le tracce delle colorazioni precedenti, e documentata anche fotograficamente la situazione, che risulta pure dal confronto fra le immagini del prima restauro e del dopo restauro, che sono il logico (e obbligatorio) corredo di ogni serio intervento conservativo sui beni culturali, si è passati alla fase operativa in senso stretto.

Dopo un'analisi completa della situazione si è deciso di recuperare gli stucchi che in forma di ghirlanda inquadrano la parte interna del plafone, e che nella parte esterna sagomati in forma di lacunari, con all'interno decorazioni floreali, separano e insieme supportano i sei medaglioni in gesso raffiguranti alternativamente immagini relative alle arti sceniche ed alla musica (Fig. 5.3).

A parte il doppio cerchio del festone ripristinato con le bacche in oro di tonalità diversa rispetto al fogliame (Fig. 5.4), con le riquadrature interne più scure, e le due figure ai lati della cornice muta che conteneva la mostra dell'orologio (Fig. 5.5) opportunamente lumeggiate e profilate in toni differenti per dare una maggiore

profondità e produrre una migliore visibilità dal basso, si è poi intervenuti su tutta la superficie del plafone.

La parte esterna, e tutto quanto risulta compreso fra le due festonature è stato ripristinato in color verde, abbastanza chiaro, mentre la parte centrale, più vasta, in azzurro, sempre con tonalità chiara (Fig. 5.6).



Fig. 5.4 – Festonature del plafone con fogliame e bacche in oro.



Fig. 5.5 – Veduta dell'arco scenico sovrastato da due angeli che inquadrano l'ovale dell'orologio.

Fig. 5.6 – Il restauro del plafone attraverso un attento studio delle cromie.

Questo per recuperare, come dicevamo, non solo la semplice ambientazione esteriore del teatro ed il simbolismo formale sia attraverso gli stessi colori sia mediante le stesse figure con l'identico modo di porsi, bensì anche quella impalpabile ma chiara atmosfera.

Che cosa succedeva dunque durante le rappresentazioni che avvenivano a luce accesa, o durante gli intervalli degli spettacoli che si tenevano in oscurità, senza dimenticare che l'assenza del grande lampadario centrale falsa non poco la percezione che si aveva un tempo del plafone?

Alzando gli occhi al cielo (Fig. 5.7), con il sottofondo di lievi o decise parole, e musiche soavi gli spettatori vedevano, e vedono ora un bordo esterno in verde, forse a fingere una terra verdeggiante, più cupa allora di oggi, perché meno illuminata dal lampadario, mentre invece la parte centrale del plafone, coperta in parte dalle strutture del lampadario risulta ancor più chiara e illuminata, spingendo metaforicamente tutti a librarsi in questo cielo, lontani dalla terra, e dalle occupazioni e preoccupazioni quotidiane, attraverso la mediazione delle Arti dello spettacolo (i medaglioni con le diverse rappresentazioni) elevando lo spirito fino a portarlo nell'empireo della perfezione e della bellezza.

Fig. 5.7 – Veduta prospettica del plafone dopo gli interventi di restauro.



## CONCLUSIONI

---

L'oggetto di studio analizzato nel presente contributo è il plafone sommitale della sala all'italiana a "ferro di cavallo" del Teatro dei Filarmonici di Ascoli Piceno, realizzato nel 1832. Esso rappresenta l'elemento di chiusura e di raccordo dei due ordini di 17 palchi che terminano con un loggione a balconata che delimitano il perimetro della sala stessa. Questo elemento costruttivo, chiamato nelle epoche passate non a caso anche "cielo", e realizzato con centine lignee, appese alle capriate di copertura, e stuoiati di canne a cui è attaccato l'intonaco, è impreziosito da decorazioni a stucco, riprese da 8 medaglioni con cupidi nella fascia decorativa, e cornici in legno, così da completare la complessa scenografia della sala, e da fungere da cassa acustica di risonanza, per diffondere in tutti i punti il suono proveniente dal palco.

Lo scenario che si presentava agli occhi del visitatore verso la fine del 2007, era decisamente critico. Il plafone, infatti, presentava un avanzato stato di dissesti e di degrado ed era caratterizzato da cedimenti localizzati della camorcanna ed abbassamenti considerevoli dell'orditura lignea principale, con conseguenti fessurazioni dell'intonaco intradossale, nonché avvallamenti dello stuoiato e distacchi tra gli strati di intonaco. In particolare, durante alcuni interventi effettuati in passato, è stato rilevato il taglio delle sospensioni metalliche per il sostegno del plafone, in seguito riparate con cavi, un fattore che ha contribuito ad accelerare i fenomeni di abbassamento riscontrati. Tale scenario, inoltre, non sembrava essersi del tutto assestato, tanto che molti dissesti apparivano progredienti e tali da rendere non secondario il rischio di ulteriori cedimenti e crolli.

Stante il precedente quadro di riferimento, appariva pressoché indifferibile l'intervento di recupero.

A tal fine, il Comune di Ascoli Piceno insieme al Dipartimento di Architettura, Costruzioni e Strutture dell'Università Politecnica delle Marche e alla ditta AhRCOS srl hanno costituito un team di ricerca finalizzato a trovare una efficace soluzione progettuale improntata al minimo intervento e alla massima conservazione delle informazioni che il vecchio sistema costruttivo era ancora in grado di testimoniare, cercando di ottimizzare le limitate risorse economiche disponibili.

Vista la particolarità del caso di studio e le precarie condizioni in cui lo stesso versava, e la limitatezza di studi presenti in letteratura sull'argomento, per raggiungere gli obiettivi prefissati, è stato doveroso, inizialmente, prevedere una approfondita fase preliminare-conoscitiva che ha consentito di prendere coscienza dell'effettivo stato di conservazione di tutto il sistema costruttivo, e di riappropriarsi dei suoi peculiari aspetti costruttivi e tipologici e del suo funzionamento, onde fornire una conoscenza approfondita di tutti i vari elementi. Conoscenza che, a nostro avviso, dovrebbe entrare a far parte, sempre, dell'input iniziale di qualsiasi progetto di recupero e di conservazione e, soprattutto, costituirne uno specifico scopo.

In tal senso, dopo una approfondita analisi storico-critica coadiuvata da un accurato rilievo critico (comprendente il rilievo metrico, tecnologico-costruttivo, materico, fotografico, dei caratteri architettonici, del quadro fessurativo, deformativo e del

degrado) si sono implementate indagini non distruttive d'avanguardia, come la termografia e la vibrometria laser, per ottenere quanti più dati possibili per una precisa diagnosi di vulnerabilità e una consequenziale e mirata risposta terapeutica, strettamente necessaria e sufficiente a raggiungere lo scopo.

Inoltre, come è prassi in campo medico testare nuovi farmaci prima del loro impiego, prima di mettere in opera alcuna soluzione progettuale, per la prima volta in letteratura su questo tipologia costruttiva, si sono riprodotti in laboratorio tre plafoni in scala ridotta, e si sono verificate sperimentalmente la bontà di diverse soluzioni terapeutiche, così da valutarne vantaggi e svantaggi, scegliendo, infine, la più appropriata.

In tal senso, l'obiettivo di questo contributo non è quello di fornire una tipizzazione statistica dei problemi o una catalogazione delle possibili soluzioni tecniche di intervento sul sistema costruttivo oggetto di studio. Quanto, sulla base dei paradigmi più volte rimarcati in precedenza, provare a suggerire una metodologia per ricercare interventi rispettosi del sistema costruttivo originale e del bene artistico-architettonico che si vuole salvaguardare. Ovvero, sottolineare, tra le molteplici soluzioni progettuali, quelle che abbiano, tra gli altri, l'obiettivo non solo della salvaguardia della materia del bene oggetto di intervento, ovvero della sua sopravvivenza fisica, ma anche la salvaguardia degli aspetti storico-culturali connessi alle soluzioni tecnologiche ed alle configurazioni statiche di un tempo, frutto delle esperienze di una antica arte del costruire che va preservata e non stravolta.

Da qui l'indirizzo a incrementare e a valorizzare le prestazioni e le vocazioni strutturali proprie di ogni elemento, sfruttandone sistematicamente le risorse di resistenza e accettandone senza rifiuti pregiudiziali il modo di essere strutturale in maniera tale che il nuovo riuso nasca dalle sue "potenzialità" intrinseche. Al calcolo numerico, perciò, è stato affidato un ruolo di dimensionamento e di verifica delle vulnerabilità introdotte o compensate. Esso ha, quindi, partecipato insieme agli altri paradigmi a sostenere e a indirizzare le scelte, ma non ha mirato a costituire la parte preponderante del progetto.

In questa maniera, è stata possibile ottenere una metodologia di lavoro di riferimento per ricercare attraverso il progetto una connessione concettuale e operativa tra istanze del recupero e della conservazione e il miglioramento strutturale. Ovvero un lavorare tecnico riflessivo, attento a catturare i segnali che i vari elementi possono ancora testimoniare, facendone il punto di riferimento per l'intervento.

Alla luce della presente esperienza, possono comunque essere tratte alcune considerazioni generali per una metodologia operativa orientata alla progettazione e alla realizzazione di interventi di recupero e di conservazione sul sistema costruttivo, contestualizzate in questo particolare contenitore storico, nel rispetto di quella cultura costruttiva di cui è portavoce. In particolare, è possibile cogliere i seguenti suggerimenti:

- l'uso combinato di prove non invasive come la termografia e la vibrometria laser permette una accurata mappatura di eventuali distacchi presenti tra i vari elementi costruttivi del sistema;
- appare evidente come l'idea di "appendere" le centine alle strutture sovrastanti rispecchi la originaria concezione dell'elemento costruttivo;
- qualora necessario, è possibile sollevare il sistema costruttivo dall'estradosso, prevedendo una "imbracatura" intradossale per l'intonaco sostenuta dalle centine, avendo cura di verificare, ed eventualmente migliorare, le chiodature tra stuoiato di canne e struttura lignea e lo stato di conservazione delle canne stesse in prossimità di tali collegamenti;
- risulta importante garantire una certa libertà di movimenti relativi tra i vari elementi del sistema costruttivo onde evitare sollecitazioni non previste e, soprattutto, mal tollerate (si pensi ad esempio alla possibilità di "gioco" delle

“sospensioni” per non aggravare la plafonatura di possibili sollecitazioni dovute a movimenti accidentali della copertura);

- esiste la possibilità di utilizzare materiali moderni che possono garantire prestazioni strutturali eccellenti con quantità modeste (si pensi agli FRP o agli FRG), e dai quali ci si aspetta un comportamento adeguato nel tempo, in sostituzione ad esempio dei collegamenti chiodati (che sono sovente fonte di problemi legati alla loro facile ossidazione);
- è possibile prevedere l’inserimento di nuovi presidi per alleggerire i compiti delle strutture esistenti, garantendo la sopravvivenza di queste ultime.

Ci sia consentita, infine, un’ultima considerazione a valle dell’esperienza raccontata lungo tutti i capitoli del libro. E cioè sottolineare come la sinergia tra Università, Amministrazione Pubblica e Impresa spesso additata come inefficace, riesca, invece, ad affrontare e risolvere problematiche inedite e complesse, quando, seduti attorno a un tavolo, il fine comune è la ricerca della migliore soluzione possibile, come è successo per il Plafone dei Filarmonici (Figg. 1, 2).



Fig. 1 – Vista dal sotto - palcoscenico del plafone del teatro dei Filarmonici prima dell’intervento di recupero.



Fig. 2 – Vista dal sotto - palcoscenico del plafone del teatro dei Filarmonici dopo l’intervento di recupero.





## APPENDICE A

---

### CITAZIONI DALLA BIBLIOGRAFIA STORICA

#### A.1. La Toponomastica di Via delle Torri

Marinelli G., *Dizionario Toponomastico Ascolano*. La Storia, i Costumi, i personaggi nelle vie della Città, Ascoli Piceno (1994), p.120. L'A. collega la toponomastica di Rua dei Filodrammatici, nelle adiacenze del teatro alla storia dell'Accademia che rimase in vita dal 1827 al 1859 e che si impegnò nella costruzione di un "teatro drammatico" in cui si tennero per tutto l'800 interessanti rappresentazioni di vario genere. Cfr. anche Gagliardi G., *Le piazze di Ascoli*, Cinisello Balsamo, 1996.

#### A.2. Il catasto Gregoriano

Il *Gregoriano* rappresenta il primo catasto particellare di tutto lo Stato Pontificio, promosso da Pio VII nel 1816 e attivato da Gregorio XVI nel 1835. Fu realizzato dalla Presidenza Generale del Censo, secondo le modalità già adottate durante l'ex Regno d'Italia dal Catasto Napoleonico nelle Legazioni (Bologna e le Romagne) e nelle Marche. Una copia era conservata presso le locali Cancellerie del Censo. Comprende tre serie correlate: le mappe (1:2000), le mappette a scala ridotta (1:4000 o 1:8000), i registri dei proprietari (brogliardi o sommarioni). La copia conservata presso l'Archivio di Stato di Roma è, in genere, più completa, originale e meno deteriorata di quella conservata in sede locale, che è stata spesso rimaneggiata negli anni. La cartografia offre l'immagine più completa disponibile dell'assetto territoriale e urbano delle province pontificie.

#### A.3. Ignazio Cantalamessa

Ignazio Cantalamessa Carboni (Ascoli P.1796-1855). Era allievo di Agostino Cappelli che gli affidò alcuni importanti incarichi fra cui il completamento della Cappella del SS.Sacramento. Fra le sue opere ascolane si ricordano la "*Fontana dei cani*" in Corso Mazzini, la "*Chiesa di S. Francesco di Paola*", il "*Palazzo Merli*", ed alcuni monumenti funebri alla "*Contessa Cavina Saladin*" nella Chiesa di S. Francesco. Il Cantalamessa lavorò anche in altra città delle Marche, quali Sarnano dove progettò il Teatro della Vittoria. Cfr. s.v. in G.M. Claudi-L.Catri (a cura di), *Dizionario Storico – Biografico dei Marchigiani*, Jesi, 1992, pp.146.

#### A.4. L'inaugurazione del 1835

Angelo Brini scrive al Delegato Apostolico. "In evasione dell'ordine ricevuto dall'Eccellenza Vostra mi sono fatto un dovere recermi sull'istante al Teatro dell'Accademia Filodrammatica di questa città per ispezionarlo accuratamente; e quindi rilevare se possa esservi alcun pericolo abbenchè remoto, se ci venissero eseguite delle feste di Ballo notturne entro la Sala dell'Uditorio. La facciata, che attualmente si va di nuovo ricostruendo presenta all'occhio dello Spettatore un alto

tetto sorretto da bene intesa puntellatura che lo sorregge in luogo del vecchio muro demolito; onde i che nulla può temersi da questo canto; Siccome poi converrebbe togliere il primo Legno verticale basato nel piano terra in mezzo quasi al portone d'ingresso; e servendo questo di base agli altri legni della puntellatura superiore; così conviene impiantare sui fianchi del volto superiore due robusti saettoni di Legno i quali andranno ad impostare, e riunirsi nel mezzo della trave orizzontale che sorregge il pavimento del secondo piano, opponendo in simil guisa una doppia resistenza alla puntellatura sovrapposta. Perché poi niuno indistintamente possa avere l'accesso al 2° piano verrà chiusa la seconda Branca di Scala con muro di mattoni a libretto, od in foglio fino all'altezza del parapetto superiore. Per abbondare ancora incautele potrà farsi costruire un tavolato per tutta la lunghezza dell'ingresso fra il muro della nuova facciata ed il volto del primo piano, onde poter garantire i concorrenti alla festa, anche dalla polvere dei muri strappati: e sovrapposti al Tavolato; prese adunque con attenzione le sopradescritte previdenze posso accertare l'Eccellenza Vostra che nulla affatto può di sinistro accadere. Ho l'onore di confermarmi con tutto il rispetto”.

#### **A.5. Gabriele Gabrielli**

Gabriele Gabrielli (Ascoli Piceno, 1809 - 1850). Nel 1834 venne nominato ingegnere provinciale di Ascoli e in questa veste eseguì molti lavori di ingegneria civile. Costruì strade e ponti e progettò il prospetto del Teatro Ventidio Basso nonché l'acquedotto di Porta Cartara. Sono inoltre sue la doppia gradinata di ingresso laterale della Cattedrale e la Porta Romana oggi demolita. Cfr. s.v., in G.M. Claudi – L.Catri (a cura di), *Dizionario Storico-Biografico dei Marchigiani*, Jesi, 1992, pp.268; Gabrielli R., *L'ascolano Gabrielli G. ingegnere e architetto di grido*, in “Vita Picena”, A.XLII, n.16, 1914; Rosa G., *Disegno della storia*, op.cit., p.292, Capo VII, *Uomini illustri d'Ascoli nel XIX secolo*. Viene citato il Gabrielli, padre di Giulio, solerte illustratore della biblioteca.

#### **A.6. Il dibattito sulla facciata in via delle Torri**

A.S.A.P., Archivio Storico del Comune di Ascoli Piceno 1816-1860, Fasc.3 – Spettacoli - Anno 1830. 23 Aprile 1830.

I Deputati del Pubblico Ornato relazionano al Consiglio in merito alla facciata del Teatro su Via delle Torri: *“A noi sette come Deputati al Pubblico Ornato i signori Soci Filodrammatici di questa città hanno presentato il disegno della facciata, con la quale vogliono decorare il piccolo teatro che attualmente costruiscono nella Strada delle Torri. In questo disegno non abbiamo trovato alcuna difficoltà, però, siccome il fronte della casa, che si riduce in forma di teatro si avvanza a tre palmi dalla linea delle altre Case per modo che deturpa notabilmente la strada suddetta, abbiamo consigliato che la facciata sia portata più dietro, tenendola nell'angolo destro a linea della Casa del sig. Carolini inferiormente cioè nel progredire verso il lato sinistro, anche alquanto indietro. A questo desiderio gl'incaricati dei Sig.ri Filodrammatici hanno fatto riflettere, che, oltre la spesa maggiore, per alzare totalmente dalle fondamenta il muro della facciata, perdono più di tre palmi di suolo per tutta la estensione della facciata stessa. Essendo ragionevole riflessione abbiamo creduto di proporre, che loro sia dato un compenso, al che hanno aderito limitando questo compenso a scudi 35 riteniamo utilissimo che la Comune sostenga questa tenue spesa perché per essa si pone in regola una delle buone strade della città, però sottoponiamo questo nostro progetto al Consiglio, il quale ne procederà. Se però lo stesso progetto sarà avallato, come in vista della evidente utilità che ne risulta al Pubblico Ornato, non è a dubitare, crediamo che debba prescriversi come condizione dell'esecuzione della facciata, nel muro divisorio fra il Teatro e la Casa Carolini si faccia figurare nella facciata stessa come parte della casa del ripetuto sig. Carolini, e ciò perché, dovendo conservarsi*

*l'attuale antrone della sala del Teatro, la facciata riesca al più possibile simmetrica".*

13 Maggio 1830 n. 464 - Il Gonfaloniere scrive al Delegato Apostolico: "Speciali e fervorose preghiere noi porgiamo a V.stra E.za Rev.ma per l'approvazione dell'atto Consiliare qui annesso in doppia copia il quale concerne la risoluzione fattasi di concorrere collo sborso di scudi 35 alla spesa necessaria, onde tirare indietro la facciata della casa nella quale di presente si sta edificando il teatrino dei Sig.ri Filodrammatici. Noi prendiamo vivo interessamento per questo affare imperciocchè tirandosi più indietro il prospetto di quell'edifizio va a raggiungersi un doppio scopo, quello cioè di provvedere all'ornato pubblico in una contrada, che è delle principali della città nostra, e di slargare e dilatare un punto angusto così offrirvi maggiore comodità al passaggio dei ruotabili. Sperando fermamente che mercé la valevole gentile intercessione di V.ra Eccellenza Reverendissima si andrà a conseguire l'assenso della superiorità per una spesa, la quale è tenuissima aspetto della utilità, che se ne procaccia al Pubblico, torniamo ad offrirvi con riverente animo e pieni di ossequio. 16 maggio 1830 n. 972 - riscontro n. 464. Il Delegato Apostolico scrive al Gonfaloniere ed agli Anziani:" *In questo medesimo corso di posta dirigo alla Sacra Congregazione del Buon Governo l'estratto della risoluzione Consiliare che le SS. VV. Ill.me mi fecero avere col rapporto delli 13 corrente n. 464 e ne imploro l'approvazione. Siccome però sono oggetti relativi al pubblico ornato la demolizione della facciata ora esistente, e la costruzione della nuova, stimo indispensabile che le SS.VV. Ill.me, o la Società Filodrammatica si rivolgano all' E.mo Sig. Card. Camerlengo per ottenere il permesso dell'una e dell'altra. Con tale avvertenza mi confermo colla solita distintissima Delle SS.VV.Ill.me.* 18 maggio 1830 n. 506. Il Gonfaloniere scrive al Delegato Apostolico di Fermo:" *In riferimento al pregiato dispaccio di V.ra Eccellenza Rev.ma datato da questa Città a' 16 del corrente Maggio num. 972 le rendiamo i nostri ringraziamenti della gentilezza usataci in rassegnare sollecitamente alla S. Congregazione del B. Governo la risoluzione Consiliare concernente la spesa di scudi 35 da somministrarsi ai Signori Filodrammatici, onde tirino indietro la facciata della casa in cui stanno essi edificando il loro teatrino. Per quello poi che riguarda il permesso dell' E.mo Sig.re Cardinale Camerlengo, facciamo subordinatamente considerare a Vs. E.za Rev.ma ch' esso a senso della notificazione emanata da codesta Delegazione Apostolica sotto il dì 14 novembre 1820 non ci pare necessario. La preghiamo in ogni caso dei suoi savi suggerimenti ai quali ci uniformeremo riprotestandoci intanto col massimo rispetto.* 26 Maggio 1830 n. 4941. Il Delegato Apostolico scrive al Gonfaloniere " *Qualora la S. Ill.ma non creda opportuno d'interpellare l'oracolo dell'E.mo Sig.re Cardinale Camerlengo per la nuova facciata da elevarsi nel locale che vien ridotto a Teatrino dalla Società dei Filodrammatici potrà dispensarsi da questa interpretazione. Potrà quindi procedere di coerenza alle proprie determinazioni nel proseguimento del fabbricato ed evase in tal guisa il di Lei foglio N.° 506 con distinta stima mi ripeto".* 22 giugno 1830 n. 1252 in riscontro al n. 464. Il Luogotenente scrive al Gonfaloniere ed Anziani. " *La Sacra Congregazione del Buon Governo mi partecipa Sua E.nza R.ma M.r Delegato Apostolico con dispaccio dell'8 andante N.° 5393 si è degnata rescrivere che farà per provvedere all'allargamento della strada delle Torri di questa Città risoluto dal pubblico Consiglio nell'adunanza del 4 maggio decorso, allorché le verrà trasmessa la perizia della spesa occorrente all'oggetto. Tanto le partecipo e colla più distinta stima mi confermo.* 25 Giugno 1830 n. 640. Il Gonfaloniere scrive al conte Giuseppe Rosati Sacconi Presidente dei Sig. Filodrammatici di Ascoli:" *La sacra Congregazione del Buon Governo, a cui venne rimessa la deliberazione Consiliare, colla quale far risoluto che la Comune concorresse nella spesa occorrente a tirare indietro la facciata dell'edifizio in cui si sta costruendo il Teatrino dei Sig.ri Filodrammatici, ha ricercato la Perizia della spesa occorrente all'oggetto. Avrei caro pertanto che Vs. E.mza si compiacesse di farmi tenere una siffatta perizia, che potrà essermi ridotta in carta semplice e di essere*

*favorito in protesto con stima distintissima.* 5 luglio 1830 il conte Giuseppe Rosati Sacconi scrive al Gonfaloniere “ *In riscontro al pregiato foglio di V.S. Ill.ma 25 pp.to Giugno N°. 640 qui compiegato le trasmetto la perizia della spesa occorrente a tirare indietro la facciata dell’Edificio in cui si sta attualmente costruendo il Teatro di proprietà di questa nostra Filodrammatica Accademia e con sentimenti della più distinta stima ho il bene di protestarmi.* 22 luglio 1830 n. 755 il Gonfaloniere scrive al Luogotenente “ *Ad evasione della pregiata Ordinanza di M. Ill.mo del 22 precorso giugno N° 1252 trasmettiamo a VS. Ill.ma la perizia della spesa che occorre a tirare indietro la facciata dell’Edifizio, in cui si sta costruendo il teatrino dell’Accademia Filodrammatica. Egli è inutile di ripetere che la Comune concorrerà in siffatta spesa soltanto per ragione della risoluzione Consiliare che per nostra cura fu inoltrata a sua Eccellenza Rev.ma Monsig.re Delegato Apostolico, quando onorava di sua presenza questa città. Sé bene rinnoviamo le nostre preghiere per l’approvazione di quella risoluzione Consiliare, imperciocchè col tirare indietro la detta facciata si va a provvedere ottimamente all’ornato pubblico in una contrada la quale è delle principali della città nostra e si provvede non meno alla comodità pubblica, con islargarsi e dilatarsi un punto angusto di strada, da chè verrà procacciato un passaggio migliore a’ ruotabili. Confidiamo pertanto che sarà sanzionata una spesa molto tenue appetto della utilità che se ne ritragga, ed interessiamo VS. Ill.ma a voler interporre favorevole ed efficaci premure per l’oggetto, riprotestandoci con ossequiosa stima.* A.S.R., Sacra Congregazione del Buon Governo, B. 317 - A.1830-31 Ascoli – Strade interne. Pietro Bracci il 19 agosto 1830 scrive sull’allargamento di Via delle Torri in occasione della costruzione del Teatro, riportando che la Sacra Congregazione del Buon Governo ha approvato la risoluzione, in data 4 maggio 1830 relativamente al compenso di scudi 35 da darsi alla Società Filodrammatica “*per il rettificamento del muro del nuovo Teatro corrispondente sulla strada della Torre*”. Viene allegata la perizia redatta da Ignazio Cantalamessa dove vengono specificate le spese per la modifica della facciata: “*Perizia della spesa occorrente per tirare dietro la facciata del nuovo Teatro dell’Accademia Filodrammatica di Ascoli onde rendere più regolare e meno angusta la via delle Torri a norma del Disegno ideato dal sottoscritto dilettante di Belle Arti*”

<i>Muro di Fondamenta compreso lo scavo dei Materiali</i>	(11)
<i>Muro principale dell’intera facciata tutto compreso a 1,20</i>	(67,20)
<i>Per stabilire la facciata all’esterno a baj 25 al metro</i>	(12,50)
<i>Per adattare una porta per l’ingresso principale del Teatro</i>	(20,50)
<i>Cornici di travertino per due scalini a 1,50 ciascuno</i>	(3)
<i>Griglie due di ferro per detti gradini</i>	(5)
<i>Cornice che coronerà la fabbrica</i>	(7,50)
<i>Finestre tutto compreso a 6 l’una</i>	(36)
	<hr/>
	162,7
 <i>N.B. nella perizia non sono comprese le spese per le cornici delle finestre, potendo riutilizzare le vecchie.</i>	
<i>Detrazioni</i>	
<i>Sono i risparmi con i vecchi materiali che rivendono</i>	(26)
	<hr/>
<i>Totale</i>	136,70

*Ignazio Cantalamessa*

*Dil. Di Belle Arti*

## A.7. Pietro Fancelli

Pietro Fancelli nacque il 18 maggio 1764 a Bologna da Petronio, pittore d'ornato, e Orsola Benedelli. Trasferitosi a Venezia con la famiglia (1774) si formò alla scuola del padre e di un pittore bresciano, Ludovico Gallina. Al ritorno a Bologna, iniziò a frequentare i corsi dell'Accademia Clementina dal 1791, riportando una serie di premi. Partecipò assieme ad altri accademici alla selezione e alla tutela dell'ampio patrimonio artistico che si era costituito in seguito alla soppressione di chiese e conventi. Trasferitosi a Pesaro negli ultimi anni della vita, morì nel 1850.

Masini N., *Cenno biografico di Pietro Fancelli pittore figurista*, Bologna, 1870, p. 7; Oretti M., *Notizie de' Professori del Disegno cioè Pittori, Scultori ed Architetti Bolognesi e de' Forestieri di sua Scuola raccolte da Marcello Oretti bolognese*, Bologna, Biblioteca Comunale dell'Archiginnasio, ms. B 123-132.

## A.8. Il Teatro nel 1868

ASAP, *Fondo Prefettura*, A. 1868, b.352 fasc. 2, "Oggetti diversi" - "Diritti d'autore". Il Sindaco scrive al Prefetto il 16 gennaio 1869 n. 183 in risposta alla nota n. 65 del 12 corrente Oggetto: *Notizie sul Teatro " Si trasmettono nell'unito modello le notizie intorno al Teatro di questa Città a seconda della richiesta fattane col preg.mo di Lei foglio segnato in margine, a cui si da così evasione e riscontro.* Vengono fornite solo indicazioni sommarie da cui si evince che il teatro ha una capacità di n. 300 persone ed è organizzato in due grandi Logge. A.S.A.P. *Fondo Prefettura*, A. 1868, b. 352 fasc. 2, "Oggetti Diversi" - "Diritti d'autore". Il Sindaco scrive al Prefetto il 30 gennaio 1869 con nota n. 376 in risposta alla nota n. 65 del 28 gennaio 1869, fornendo notizie sul teatro *"Il sottoscritto non aveva compreso nell'elenco dei Teatri di questa Città quello dei Soci Filodrammatici, perché essendo esso di esclusiva proprietà particolare, e non aprendosi che rarissime volte per comodo dei medesimi non lo credette soggetto alla richiesta fatta da Ministero di Agricoltura Industria e Commercio. Ma poiché la S.V. col foglio del 28 corrente domanda anche le notizie di detto Teatro, il sottoscritto gliel'ha trascritte appiè dell'elenco rimesso, protestandole i sensi di verace stima.* Allega schema da cui risulta: Ubicazione: *Ascoli Piceno*; Denominazione del Teatro o sala di congresso: *Teatro della Società Filodrammatica*; Anno di fondazione: *1831*; A quali spettacoli sia destinato: *per le riunioni della Società Filodrammatica e generalmente per l'esercizio delle declamazioni. Non si apre che una volta o due all'anno per darvisi feste da ballo alle quali non sono ammesse persone estranee alla società a meno che non abbiano avuto dalla medesima il biglietto gratuito d'ingresso*; Se sia serale: *si*; Chi ne ha la gestione: *Una società di particolari detta Società Filodrammatica, di cui soci pagano mensilmente un contributo fisso che è destinato alle spese per la manutenzione e per le feste da ballo*; Se ha palchi: *Non ha né palchi né ordini ma vi sono invece due Palchettoni*; Se ad anfiteatro o a galleria: *ad anfiteatro*; Capacità massima del Teatro: *mq 68.30 la platea; mq 72.10 il palcoscenico; mq 27= il primo palchettone; mq. 29 = il secondo.*; Reddito lordo annuo preventivo: *nessuno per le ragioni dette in antecedenza*; proprietario del teatro o sala: *della Società Filodrammatica*; Se ha dote annua/sua; origine: *nessuna*.

## A.9. Giovanni Serpentine

Giovanni Serpentine (Cingoli 13.04.1865 – ?) viene citato da molti storici locali della fine del'800 come autore del progetto di trasformazione del teatro dei Filarmonici. Secondo alcune citazioni egli era ingegnere, mentre nei disegni conservati nell'archivio dell'Ufficio Patrimonio del Comune si firma come semplice

“*Compilatore*”. Nonostante le ricerche compiute non è stato possibile ricostruire il suo profilo biografico ed il motivo per cui venne a lui affidato tale incarico.

#### **A.10. La costituzione della società dei Filarmonici**

S.A., *Brevi cenni della Società Filarmonica*, Ascoli Piceno, s.d., p.4 “ ... Con atto legale del 9 aprile (1897) la Società si è costituita in ente giuridico, divenendo proprietaria di un fabbricato ove nel prossimo anno 1898 trasferirà definitivamente la sua sede. Questo fabbricato, antico e malridotto teatro, già appartenente ad una società di filodrammatici disciolta da tempo, ora, in base ad un progetto di radicale sistemazione, compilato dal tecnico sig. Giovanni Serpentine, è stato quasi per intero ricostruito, ampliato ed abbellito e, come teatro, sarà capace di contenere circa mille persone. Ivi la Società farà le sue esercitazioni settimanali e darà ai soci trattenimenti, concerti e rappresentazioni come del passato, ma con maggior decoro e comodità di tutti. – La spesa per la riduzione del detto Teatro è stata di già quasi per intero coperta mediante azioni di L. 300, pagabili a L. 5 il mese, sottoscritte dalla maggior parte dei soci, nonché dalla benemerita Cassa di Risparmio e dal Municipio del luogo, i quali Enti concorsero con L. 3000 ciascuno”. ASAP, ASC, *Deliberazioni Anni 1896-1898*. Il Consiglio Comunale aveva approvato il Bilancio preventivo nella seduta del 25/26/27 gennaio 1897. Nella Seduta Straordinaria del 17 febbraio 1897 in seconda lettura si approvano le parti del Bilancio che vincolano l'Amministrazione per più di 5 anni e le “Spese Facoltative”, in base all'art.159 della legge comunale. Nelle “Spese Facoltative”, al Punto 3, è indicata la previsione dello stanziamento della prima delle tre rate del concorso di Lire 3.000 nei lavori del Teatro dei Filarmonici “...

*Il giorno 7 aprile 1897 la Giunta Municipale presenta, al punto 12, la proposta di Convenzione fra la Società dei Filodrammatici ed il Comune, relativa al concorso già deliberato per la ricostruzione del Teatro. “12. Proposta di convenzione fra la Società dei filodrammatici ed il Comune in ordine al concorso da questo deliberato per la ricostruzione del Teatro omonimo. Il Presidente rammenta che questo Consiglio accogliendo in parte la dimanda della Società Filarmonica divenuta proprietaria del Teatro Filodrammatico, nella discussione del bilancio preventivo del corrente esercizio, e precisamente nelle sedute del 26 gennaio e 17 febbraio del 1897, deliberò di concorrere con £. 3000, anziché con £. 9000 che si richiedevano nelle spese delle radicali modificazioni di detto teatro, che si disse dei Filodrammatici, stabilendo che tale somma si corrispondesse in tre rate annuali di £. 1000 ciascuna a cominciare dall'anno in corso. La ragione di tale concorso risulta evidente dalla relazione che la giunta premetteva al bilancio dell'esercizio dicevasi in essa :” la Giunta crede che trattandosi di una istituzione che reca lustro e decoro al paese e la quale può essere di utile alla città, come lo è stato fin qui la benemerita società Filarmonica in tante contingenze, tanto più che il nuovo Teatro potrà riuscire molto comodo per compagnie drammatiche e piccoli spettacoli in musica con risparmio di tutta o parte della dote, il Comune non debba rifiutare il suo contributo, limitandolo però alla somma di £. 3000 da pagarsi in tre rate annuali di £ 1000 a cominciare dal 1897”. Il Consiglio accolse pienamente la proposta nella seduta del 26 Gennaio u.s. La Giunta Provinciale Amministrativa non ha creduto approvare l'atto del Consiglio, ed ha osservato: 1° Che i Consiglieri comunali azionisti della Società Filodrammatica e comproprietari del Teatro, avendo interesse che il Comune contribuisse nell'aumento del loro fondo sociale, non avrebbero potuto prender parte siccome interessati alla risoluzione. 2° Che il concorso del Comune era senza corrispettivo, e quindi si risolveva in una spesa meramente facoltativa senza evidente ed immediato utile, non consentita dalla Legge, eccedendo il Comune medesimo il limite legale della sovrimposta.*

*Il Consiglio, confermando le sue precedenti risoluzioni del 26 Gennaio e 17 Febbraio 1897 relative al contributo di £ 3000 nella spesa di sistemazione del Teatro dei Filodrammatici, da pagarsi in tre rate annuali di £. 1000 la modifica nel senso che il corrispettivo di tale contributo, la Società dei Filodrammatici debba accordare al Comune la proprietà di un palco, con espressa dichiarazione che tutte le spese di qualunque genere e natura che potranno per qualsiasi titolo occorrere, comprese quelle di manutenzione, siano a carico della stessa Società, in modo che il Comune dopo il pagamento di £. 3000, non sia tenuto ad altra ulteriore spesa". L'ordine del giorno è accettato all'unanimità coll'astensione del signor Tranquilli". Gabrielli L., Origine e sviluppo della Società Filarmonica Ascolana, in "Filarmonica Ascolana", A.I, n.1-2, 1955 pp.15-18 "... Questo fabbricato antico e malridotto teatro (già appartenuto ad una società dei filodrammatici) di cui erano stati architetti Ignazio Cantalamessa e Gabriele Gabrielli fu quasi per intero ricostruito, ampliato ed abbellito in base ad un progetto di radicale sistemazione compilato dal tecnico Giovanni Serpentine. ... La società Filarmonica per difficoltà finanziarie fu costretta a sciogliersi nel 1901 ed a vendere all'asta il suo teatro che fu acquistato dal Sig. Vincenzo Marini di Ascoli". Mariotti C., *Scritti d'arte e di storia*, op.cit, pp. 207-212. L'A. riporta la notizia secondo cui "questo teatro detto dei Filodrammatici si aprì la prima volta la sera dell'11 gennaio 1832 con *Giulietta e Romeo*, tragedia in cinque atti in versi del Duca di Ventignano. Finché detto teatro fu proprietà della Società che lo aveva fondato non vi si diedero che spettacoli in prosa, recitati esclusivamente dai soci stessi: ma quando essa si sciolse il teatro rimase per molti anni abbandonato. Poi, nel 1898 fu rifatto quasi intieramente dalla Società Filarmonica ed oggi è passato in proprietà del signor Vincenzo Marini che lo tiene affittato per spettacoli cinematografici".*

#### **A.11. Il teatro all'italiana**

Il teatro all'italiana si diffuse tra il XVIII e il XIX secolo presentando alcune peculiarità architettoniche ravvisarsi principalmente in: A) La sala, da rettangolare tipica del teatro di corte diviene a forma di ferro di cavallo, creando una platea che diverrà col tempo, da spazio destinato al ballo, luogo deputato per una migliore visibilità dello spettacolo; B) Vengono eliminate le gradinate a favore della costruzione di palchetti tra loro separati e divisi in altezza per ordini; C) Viene conferita una maggiore profondità alla scena per permettere l'utilizzo delle innovative quinte prospettiche e la possibilità, per l'attore, di recitare dentro e non davanti alla scena, come era consuetudine nel teatro rinascimentale. D) viene introdotto l'arco scenico divisione fra lo spazio reale e quello illusorio della rappresentazione. La genesi del teatro all'italiana è da ricercarsi negli studi degli architetti umanisti del XVI secolo, che cercarono una comunione tra la pratica del teatro di corte, agito in cortili e stanze di forma rettangolare, ed il teatro greco e latino, i cui edifici sintetizzavano la necessità urbanistica a quella drammaturgica.

#### **A.12. Inaugurazione del nuovo teatro dei Filarmonici**

ASAP, ASC, A.1898, B.20 fasc.4, Ascoli Piceno 31 ottobre 1898, Il Presidente della Società Filarmonica di Ascoli Piceno scrive all'Ill.Sig. Sindaco. Oggetto: Inaugurazione del nuovo Teatro Filarmonico: "Dopo ricevuto il pregiato di Lei foglio del 10 con Reg. N.5492, di cui questa Società era vivamente in attesa e con la quale si assicurava che il Teatro Ventidio Basso sarebbe in quest'anno rimasto chiuso, la Presidenza si è data attorno con ogni impegno e alacrità, in vista del breve tempo rimasto disponibile, affinché potesse convenientemente inaugurarsi con uno spettacolo in musica il nuovo Teatro Sociale. Sono lieta ora d'informare la S.V. Ill.ma che circa la metà del ventuno novembre si aprirà il nuovo Teatro Filarmonico per un corpo di rappresentazioni sulle opere – *Rigoletto* del maestro Verdi e *Barbiere di*



*Siviglia del Maestro Rossini, le quali saranno interpretate da valenti artisti, come da preavviso che domani sarà pubblicato. Con piena osservanza. Il Presidente. A. Sgariglia*". ASAP, ASC, A.1898, B.20 fasc.4, Ascoli Piceno 2 Novembre 1898. Il Sindaco al Presidente della Società Filarmonica di Ascoli Piceno "Sono tenutissimo alla S.V. per la comunicazione che si è compiaciuto darmi col suo foglio del 31 Ottobre u.s. circa l'inaugurazione di codesto Teatro e colla presente gliene esprimo i più sentiti ringraziamenti". BCAP, Fondo Locandine d'epoca, s.a., Manifesto a stampa per l'inaugurazione della stagione d'autunno 1898 nel Teatro dei Filarmonici, con la messa in scena del *Rigoletto del Maestro Verdi* e del *Barbiere di Siviglia del maestro Rossini*. Si trattava di una rappresentazione arricchita da un coro di trenta coristi, da un'orchestra di quaranta elementi e da una banda sul palcoscenico. Il personale artistico citato nella locandina era composta da Giuseppina Piccoletti, Europa Dal Corso, Oreste Emiliani, Rodolfo Angelici Fornari, Espertero Palazzi, Roberto Corruccino, Guido Benedetti, Pietro Fioravanti, Nazzareno Geri. Il *maestro direttore e concertatore* era Giuseppe Galeazzo Galeazzi, violinista, compositore, direttore d'orchestra nato a Cagli l'8 marzo 1846 e morto ad Ascoli Piceno, il 3 gennaio 1918.

### **A.13. Il fenomeno dei cinema – teatro**

Il fenomeno dei cinema-teatro in Italia è databile in un arco temporale che va dagli inizi dello scorso secolo fino ad oltre gli anni cinquanta: a causa della crescente popolarità degli spettacoli cinematografici, i gestori delle sale teatrali minori si videro costretti, per alleviare i costi derivanti dall'allestimento degli spettacoli, a modificare i repertori e spesso a cambiare drasticamente le strutture per rispondere alla domanda del pubblico. I cinema-teatro rappresentarono un tentativo di adattamento dell'imprenditoria privata alle mutate esigenze degli utenti, sempre più numerosamente attratti dal cinema. Cfr. Marinelli G., I cinematografi di Ascoli Piceno, Ascoli Piceno, 2001, p.4; C.Paci, *L'agenda delle Marche – Teatri Storici delle Marche*, Pescara, 1987, p.129.

## APPENDICE B

---

### **LA REALIZZAZIONE DEI PLAFONI IN LABORATORIO, LE PROVE DI FESSURAZIONE E LA CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI**

#### **B.1. La realizzazione delle volte**

Il progetto della sperimentazione ha avuto come scopo:

*B.1.1. Il dimensionamento degli elementi che compongono la volta:*

- Dimensionamento delle centine e del loro interasse;
- Dimensionamento dei tambocchi e del loro interasse;
- Dimensionamento e tessitura dello stuoiato;
- Dimensionamento e caratterizzazione meccanica dell'intonaco;
- Individuazione dei sistemi di ancoraggio fra gli elementi (tipo di chiodature e loro passo);

*B.1.2. Il dimensionamento delle sospensioni:*

- Struttura portante costituita da travi IPE;
- Sospensioni costituite da catene e tenditori;

*B.1.3. Il dimensionamento delle opere murarie:*

- Murature laterali;
- Pilastrini di appoggio delle IPE.

#### **B.1.1. Dimensionamento degli elementi che compongono la volta**

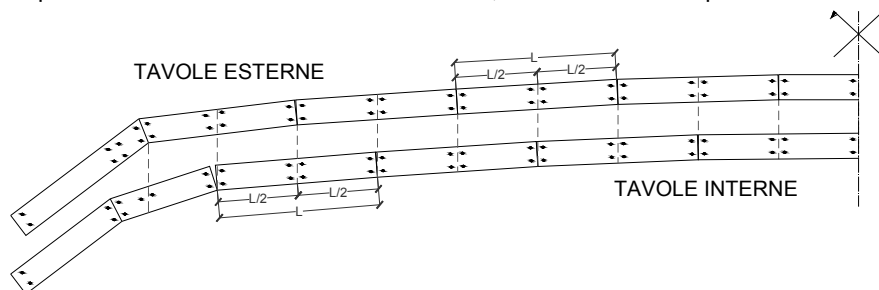
In questo paragrafo vengono descritte tutte le considerazioni e le verifiche effettuate per il dimensionamento degli elementi che compongono la volta.

Partendo dal caso di studio del plafone dei Filarmonici, sono state individuate le caratteristiche meccaniche e dimensionali della struttura lignea, dello stuoiato e dell'intonaco delle volte da realizzare in laboratorio in scala 1:2.

Si è deciso di realizzare un sistema costituito da tre centine, poste ad interasse di 0,7 m (dimezzato rispetto al caso di studio). In questo modo la centina centrale aveva un'area di influenza del carico pari al doppio di quella che avevano le centine laterali; era dunque sottoposta a un carico maggiore e doveva dunque subire un maggiore abbassamento. Le centine del caso di studio hanno una sezione media di 10x25 cm, e quindi, volendo scalare il provino in scala delle rigidezze, si è deciso di realizzare le centine con una sezione di 10x12,5 cm, cioè è stata dimezzata solamente l'altezza lasciando invariata la base, così da avere all'incirca una freccia della centina in mezzeria dimezzata rispetto a quella rilevata ad Ascoli. Successivamente per ridurre i costi della sperimentazione, la base è stata ridotta a 7,5 cm, in modo tale da utilizzare 3 tavole da 2,5 cm che erano molto più facilmente reperibili sul mercato e quindi molto più economiche. Questo non ha comportato variazioni importanti, in quanto il modulo di inerzia della sezione varia solo linearmente rispetto alla base. Poiché dal rilievo dell'oggetto è emerso che la lunghezza media delle tavole è di 160

cm, sono state utilizzate tavole di lunghezza 80 cm, in modo da realizzare una centina con circa lo stesso numero di tavole di quella del caso di studio; in questo modo anche il numero delle giunzioni era simile. In realtà nel caso di studio le chiodature sono per lo più caotiche, i chiodi di lunghezza di circa 15 cm, penetrano nel legno per circa 14 cm e la ribattitura è di circa 1 cm. Per motivi operativi e di facilità nell'analisi dei dati si è preferito realizzare una struttura simmetrica per cui le sovrapposizioni fra le tavole sono state per lo più a metà (Fig. B.1), inoltre la sequenza delle tavole esterne è stata identica; nel caso di studio questo non accade.

**Fig. B.1** – Schema delle tavole costituenti le centine. La centina è costituita da tre strati di tavole, due esterni e uno interno. Nell'immagine è indicata la sequenza delle tavole. La giunzione delle tavole esterne avviene in prossimità della mezziera delle tavole interne e viceversa.



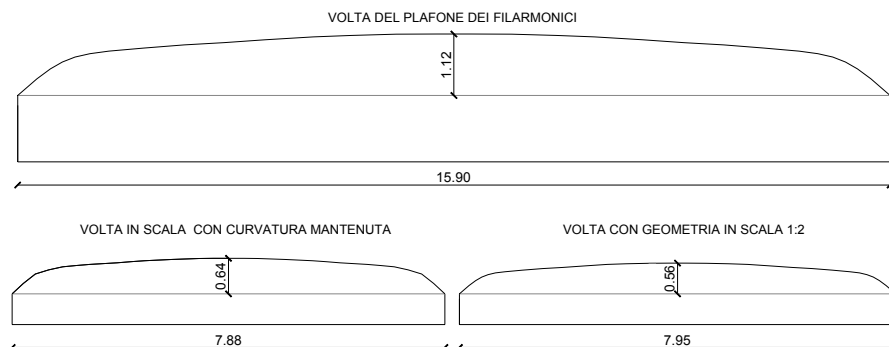
L'interasse tra i tambocchi è stato di 30 cm, così come è nel caso di riferimento del teatro; questo, a differenza delle altre misure, non è stato dimezzato per evitare che la camorcanna fosse troppo ancorata alla struttura portante e che quindi non si deformasse.

Anche la sezione dei tambocchi non è stata realizzata in scala, in quanto sarebbero dovuti essere troppo piccoli per cui è stato deciso di realizzarli 4x4 cm, anche perché dal rilievo si era notato come questi fossero molto sovradimensionati. È infatti da sottolineare che i tambocchi del plafone dei Filarmonici non hanno subito deformazioni, rimanendo per lo più rettilinei. Il degrado che li coinvolge è maggiormente legato alla marcescenza del materiale o al distacco o sfilamento della chiodatura.

La curvatura delle volte doveva riprodurre quella del Teatro dei Filarmonici, il problema è che scalando la volta dimezzando semplicemente le dimensioni geometriche la curvatura della volta chiaramente si modifica.

Per valutare quanto la differente curvatura incidesse sul comportamento globale è stato dunque realizzato un altro profilo della volta mantenendo costante la curvatura. Confrontando questo profilo con quello ottenuto dimezzando le dimensioni geometriche è stato evidente che sia l'altezza dell'imposta che la luce netta variavano di quasi 10 cm (Fig. B.2).

**Fig. B.2** – Schema delle volte introdotte nel software di calcolo agli elementi finiti.



Sono stati così implementati con un software di calcolo agli elementi finiti tre diversi modelli di centina, uno per quella rilevata ad Ascoli, uno in scala con la curvatura mantenuta e uno con la geometria in scala 1:2.

Sono quindi stati valutati gli spostamenti verticali dovuti al peso proprio e al peso portato (pacchetto canne più intonaco). Le centine sono state considerate vincolate con due cerniere agli estremi.

Analizzando i risultati si è visto come in realtà l'influenza della curvatura in termini di spostamenti è minima per cui il problema poteva essere trascurato.

Il profilo della centina è stato dunque preso uguale a quello con la geometria in scala 1:2; dimezzando, quindi, semplicemente le dimensioni.

Le centine, così realizzate, sono state appoggiate all'interno di apposite tasche lasciate nella muratura e riempite successivamente tramite zeppe di legno, mattoni e malta.

### B.1.2. Dimensionamento delle sospensioni

Ogni centina è stata sospesa in tre punti disposti a  $\frac{1}{4}$ ;  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{3}{4}$  della luce.

Ogni sospensione è stata garantita da un tenditore, ancorato alla centina, collegato a una catena ancorata a un supporto superiore indipendente, realizzato con una IPE. Ogni IPE appoggiava su un due pilastri in muratura a tre teste, di altezza 2,30 m, per un totale di tre coppie di pilastri (Capitolo 3, § 3.2, Fig. 3.1).

Questi sono stati disposti a distanza di 2 m l'uno dall'altro e dalle murature laterali, in direzione delle centine. La distanza tra i due pilastri di una coppia è stata di 1,70 m. Si è fatto in modo che tutti i pesi fossero sostenuti solamente dalle sospensioni, che dunque le centine fossero scariche e non generassero spinta sulle murature laterali, dove esse erano appoggiate. Il supporto doveva essere perfettamente rigido, quindi il dimensionamento della trave è stato fatto imponendo che la freccia fosse trascurabile e che quindi fosse d'ordine inferiore al mm.

La trave è stata caricata simmetricamente, in mezzeria è stata ancorata la centina centrale, ai lati, a 70 cm dalla mezzeria sono invece state ancorate le due centine laterali. Sono stati valutati i carichi dovuti al peso proprio e a quello portato da ogni centina ed è stata calcolata la freccia dovuta a tali carichi (Fig. B.3).

$$f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot J} + \frac{P \cdot L_1 \cdot (3 \cdot L^2 - 4 \cdot L_1^2)}{24 \cdot E \cdot J} + \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot J} = \frac{5 \cdot 0,081 \cdot 1700^4}{384 \cdot 210000 \cdot 171 \cdot 10^4} + \frac{540 \cdot 150 \cdot (3 \cdot 1700^2 - 4 \cdot 150^2)}{24 \cdot 210000 \cdot 171 \cdot 10^4} + \frac{930 \cdot 1700^3}{48 \cdot 210000 \cdot 171 \cdot 10^4} = 3,7 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$$

L'ordine di grandezza della freccia di una IPE 100 è dunque di circa 0,3 mm, per cui può ritenersi trascurabile.

### B.1.3. Dimensionamento delle murature

Le centine sono state inserite all'interno di apposite tasche lasciate nelle due murature laterali, ad un'altezza di imposta di 1,2 m circa.

Per il dimensionamento delle murature si è tenuto conto del fatto che una volta allentate le sospensioni le centine avrebbero scaricato sul muro una spinta orizzontale che avrebbe potuto provocarne il ribaltamento (Fig. B.5).

La muratura è stata considerata come un blocco monolitico, per cui se ne è verificato il ribaltamento ponendo il momento ribaltante minore di quello stabilizzante.

Sono state determinate, attraverso un programma agli elementi finiti, le reazioni vincolari agli appoggi delle centine, costituiti da 2 cerniere.

Il momento ribaltante è dato dalla spinta orizzontale delle centine per il braccio che è l'altezza di imposta; il momento stabilizzante è ottenuto moltiplicando i pesi verticali (peso proprio del muro e reazione verticale dovuta al peso delle centine agli appoggi) per i rispettivi bracci orizzontali.

$$M_S = W \cdot \frac{B}{2} + V \cdot B_1 = 36 \cdot \frac{0,5}{2} + 2,75 \cdot 0,25 = 9,69 \text{ N} \cdot \text{m}$$

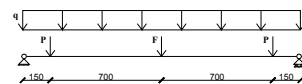


Fig. B.3 - Schema del supporto superiore. In Tabella B.1 è riportata l'analisi dei carichi agenti.

	Peso in KN/m <sup>2</sup>
Camorcanna	0,36
<b>Peso in KN/m di centina centrale</b>	
Struttura lignea	0,06
Camorcanna	0,36 · 0,7 = 0,25
Totale	0,06 + 0,25 = 0,31
<b>Peso in KN/m di centina laterale</b>	
Struttura lignea	0,05
Camorcanna	0,36 · 0,35 = 0,13
Totale	0,05 + 0,13 = 0,18
<b>Pesi su IPE in KN</b>	
P	0,18 · 3 = 0,54 KN = 540 N
F	0,31 · 3 = 0,93 KN = 930 N
<b>Peso proprio IPE in KN/m</b>	
q	8,1 · 10 <sup>-2</sup>

Tabella B.1 - Analisi dei carichi agenti sulle IPE di sostegno alle sospensioni. La valutazione delle forze agenti prende in considerazione l'area di influenza maggiore per le sospensioni centrali che è larga 0,7 m e lunga 3,0 m, per quelle laterali è larga 0,35 m e lunga 3,0 m (rispettivamente in rosso e arancione nella Fig. B.4).

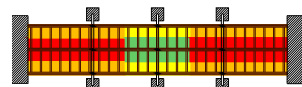


Fig. B.4 - Pianta con indicazione delle aree di influenza di ciascun tirante di sospensione.

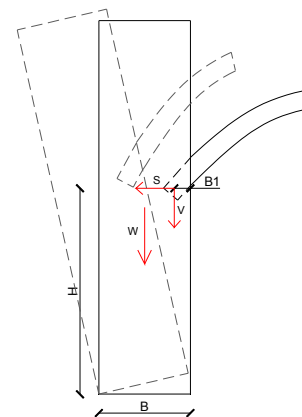


Fig. B.5 - Meccanismo di danno della muratura: ribaltamento con cerniera alla base.

$$M_R = S \cdot H_1 = 7,99 \cdot 1,2 = 9,59 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Realizzando due murature laterali con mattoni pieni di dimensioni 2x0,5x2 m si ottiene che il momento stabilizzante ( $M_S$ ) è maggiore rispetto a quello ribaltante ( $M_R$ ) per cui la verifica è soddisfatta e la muratura è in grado di resistere alla spinta orizzontale senza ribaltare.

## B.2. Svolgimento della prova a fessurazione

Lo scopo di tale prova è stato quello di ricreare il quadro fessurativo presente nel Teatro dei Filarmonici; per farlo è stato necessario riprodurre il cedimento differenziale delle centine. Allo scopo di monitorare il comportamento della volta sono stati posizionati undici trasduttori induttivi di spostamento (*Fig. B.7*), di cui:

- nove trasduttori verticali posti in punti strategici della volta che misuravano gli abbassamenti verticali:
  - cinque posizionati all'estradosso in prossimità delle sospensioni: ancorati superiormente a supporti indipendenti fissati precedentemente ai pilastri, mentre inferiormente i loro terminali mobili erano fissati mediante silicone alle centine (*Fig. B.6 a*);
  - quattro posizionati all'intradosso ad interasse di 2 m l'uno dall'altro e in maniera sfalsata distanti almeno 15 cm dalla centina centrale. Questi strumenti erano ancorati inferiormente a piedistalli in acciaio precedentemente fissati a terra, e superiormente allo strato di finitura intradossale mediante silicone (*Fig. B.6 b*);

*Fig. B.6 a* – Trasduttore verticale all'estradosso.

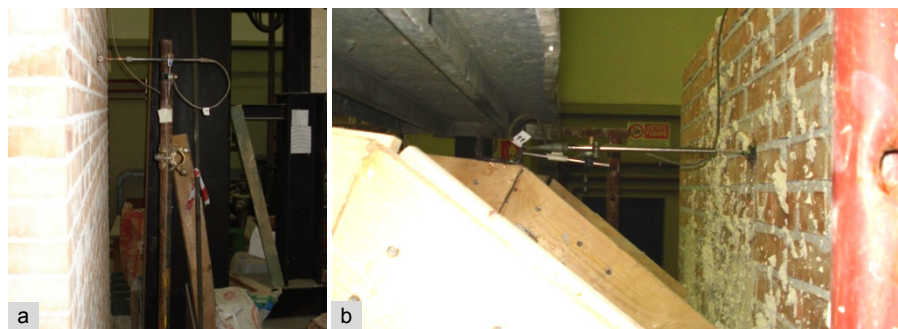
*Fig. B.6 b* – Trasduttore verticale all'intradosso.



- due trasduttori orizzontali:
  - uno collegava la centina al muro e misurava gli spostamenti orizzontali relativi (*Fig. B.7 b*);
  - uno controllava lo spostamento orizzontale del muro (*Fig. B.7 a*).

*Fig. B.7 a* – Trasduttore induttivo di spostamento orizzontale posto nel lato esterno del muro.

*Fig. B.7 b* – Trasduttore induttivo di spostamento orizzontale posto sul lato interno del muro allo scopo di misurare gli spostamenti relativi tra il muro e la centina centrale.



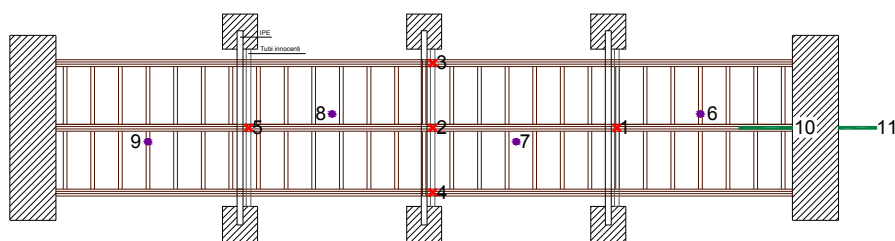


Fig. B.8 – Posizionamento in pianta dei trasduttori induttivi di spostamento.

LEGENDA

- ✕ Trasduttori verticali posti all'estradosso
- Trasduttori verticali posti all'intradosso
- Trasduttori orizzontali

Tutti i trasduttori, preventivamente numerati, sono stati collegati ad un acquirente di dati connesso ad un computer che acquisiva il tempo e gli abbassamenti.

Per riprodurre il cedimento differenziale tra le volte è stato inizialmente sufficiente allentare le sospensioni della centina centrale, assicurandosi che invece quelle delle centine laterali fossero sempre in tensione. Nella Figura B.9 è visibile l'ordine con cui sono stati allentati i tiranti: si è deciso di partire da una delle due estremità allentando il tirante A. Dopo un tempo pari a circa 6 minuti, tempo necessario all'assestamento della stessa volta, è stato sganciato il tirante centrale B. In questo modo si è cercato di riprodurre l'asimmetria dei carichi rilevata nel Plafone dei Filarmonici. Infine dopo aver atteso nuovamente che la volta si fosse assestata (circa 6 minuti) è stato allentato l'ultimo tirante, il tirante C.

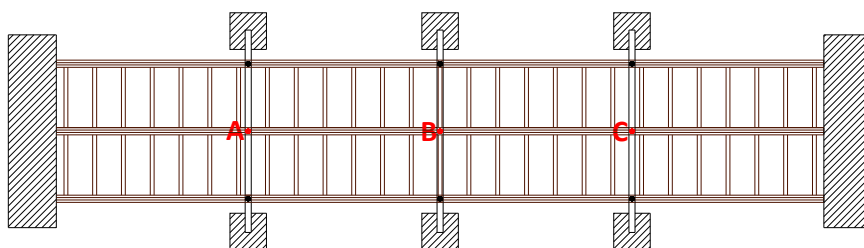


Fig. B.9 – Pianta della volta, l'ordine seguito per l'allentamento dei tiranti segue quello alfabetico.

Per enfatizzare il quadro fessurativo generato dall'allentamento dei tiranti e per conoscere il comportamento post-fessurativo della struttura è stato deciso di caricare la centina centrale applicando inizialmente un carico distribuito pari a 80 N/m successivamente tolto; la volta è poi stata caricata come indicato in Fig. B.10.

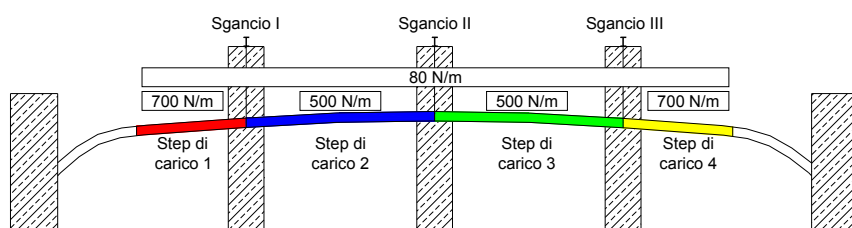


Fig. B.10 – Schema di sgancio delle sospensioni, del carico distribuito poi eliminato (80 N/m) e degli steps di carico successivi della prova. Il primo step è quello in rosso in cui sono stati applicati 700 N/m, l'ordine degli steps va da sinistra verso destra.

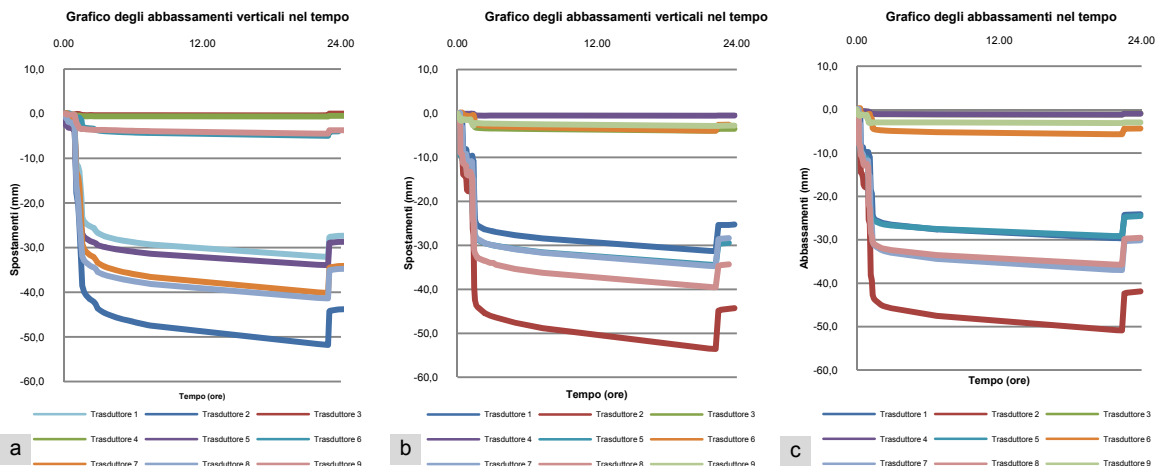
Per ogni step sono stati registrati gli abbassamenti immediati e quelli dopo circa 6 minuti in modo da dare alla volta la possibilità di assestarsi per passare subito dopo allo step di carico successivo (Grafico B.1).

Terminata la prova di carico la struttura è stata monitorata per circa 24 ore con letture progressive; è stata quindi scaricata e monitorata per circa altre 2 ore.

Quello che si nota è che anche mantenendo il carico costante è stato registrato un aumento degli abbassamenti dovuto alla viscosità del legno che tende ad assestarsi nel tempo.

Da sottolineare è anche il recupero degli abbassamenti che è stato misurato subito dopo lo scarico della struttura.

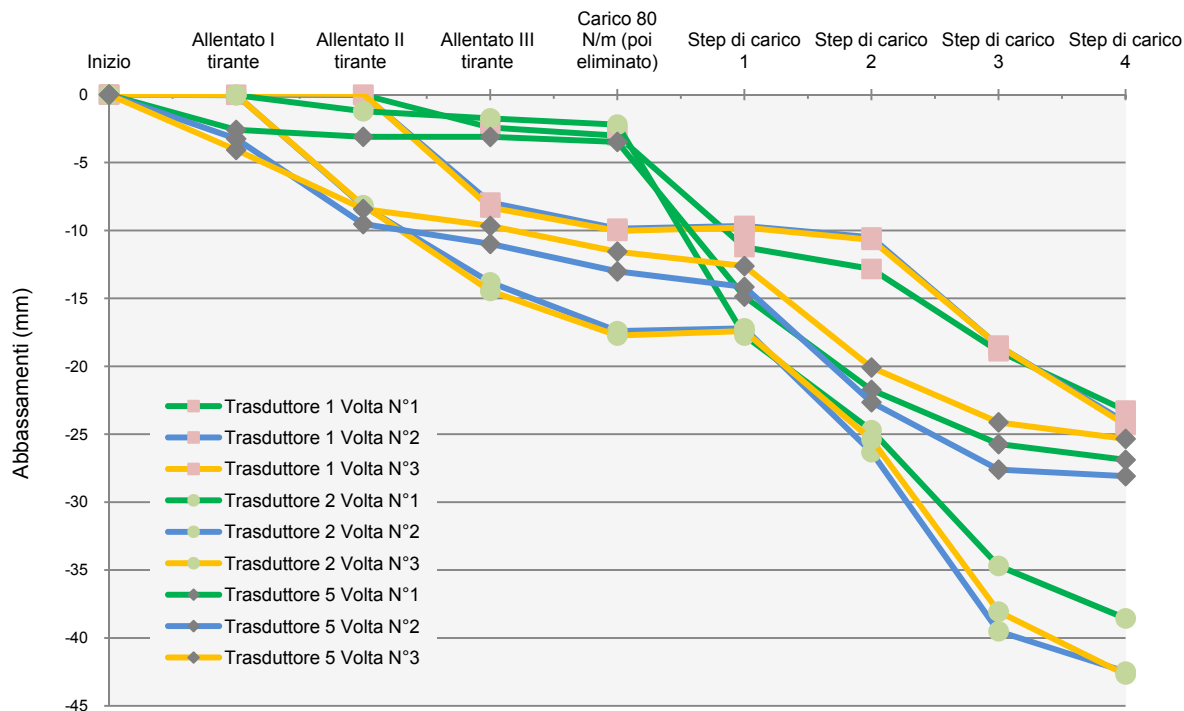
Analizzando il comportamento elastico della volta e non tenendo conto, quindi, della viscosità e del rilassamento del materiale, sono stati confrontati i comportamenti deformativi delle tre volte.



**Grafico B.1 a)** – Grafico degli abbassamenti verticali in funzione del tempo della volta n°1.

**Grafico B.1 b)** – Grafico degli abbassamenti verticali in funzione del tempo della volta n°2.

**Grafico B.1 c)** – Grafico degli abbassamenti verticali in funzione del tempo della volta n°3.



**Grafico B.2** – Grafico degli abbassamenti delle volte in corrispondenza dei trasduttori all'estradosso in funzione del carico (Gli indicatori identificano il trasduttore, i colori delle linee identificano la volta).

Esaminando gli abbassamenti verticali in funzione del carico (*Grafico B.2*) si nota che fino allo step di carico 80 N/m quelli della volta n°1 (in verde) sono stati contenuti, per tutti i trasduttori, rispetto a quelli delle altre due volte (in azzurro e giallo).

Ciò è causato dal fatto che, a differenza delle volte n°2 e n°3 dove la fessurazione dell'intonaco è avvenuta per lo sgancio del secondo tirante, per la volta n°1 la lesione intradossale si è aperta all'applicazione dello Step di carico 1 (700 N/m) in corrispondenza della porzione di centina compresa tra la muratura e il tirante A (*Fig. B.9 e B.10*). Ciò è giustificato dal fatto che l'intonaco ancora integro tende a diminuire le deformazioni globali della volta, rispetto alla configurazione fessurata. Il diverso momento per il quale è avvenuta la fessurazione può essere spiegato considerando il diverso spessore dello strato di intonaco della volta n°1 rispetto alle altre due. L'aumento di spessore ha contribuito ad aumentare la rigidità del sistema, dunque a parità di carico le deformazioni sono state minori e allo stesso modo le tensioni di trazione sull'intradosso sono state più basse, dunque non si è verificata la fessurazione dell'intonaco per il peso proprio, ma solo dopo l'aumento del carico.

Il modulo di inerzia dell'intonaco delle tre volte nella fase lineare per una fascia unitaria, trascurando lo strato di finitura, varia con il cubo dell'altezza per cui si ha che la rigidità della volta n°1 è il doppio rispetto a quella delle altre due volte.

Il modulo di resistenza varia invece con il quadrato dell'altezza, per cui la resistenza della volta n°1 è 1,5 volte più grande rispetto a quella delle altre due volte.

Quindi si dimostra il ruolo fondamentale dell'intonaco sul comportamento prefessurativo del sistema globale, mentre una volta fessurato il suo ruolo strutturale viene meno e viene assunto dalla centinaatura lignea. A giustificazione di ciò anche il fatto che subito dopo la fessurazione gli abbassamenti della volta n°1 sono ritornati in linea con quelli delle altre due volte.

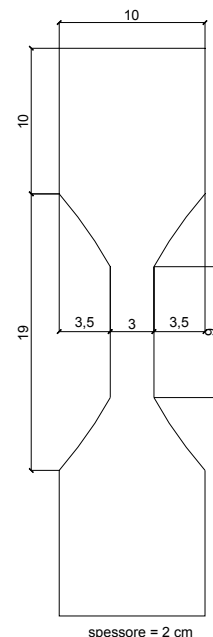


Fig. B.11 – Schema del provino in legno sottoposto a prova di trazione.

### B.3. Caratterizzazione dei materiali

#### B.3.1. Prova di trazione sul legno

Lo scopo della prova è di determinare il modulo di elasticità del legno utilizzato per la costruzione di travi e centine. Si tratta di legno di abete bianco, arrivato in Laboratorio in tavole di diverse dimensioni. Sono stati realizzati 7 provini delle dimensioni riportate in Fig. B.11.

Tre provini sono stati utilizzati per la taratura della macchina, 4 sono stati sottoposti a prova di trazione, utilizzando una macchina universale con fondo scala di  $6 \cdot 10^5$  N (*Fig. B.12*), presente nel laboratorio di strutture del D.A.C.S..

I risultati di tale prova sono riportati nel Grafico B.3 e nella Tabella B.2.



Fig. B.12 – Macchina universale.

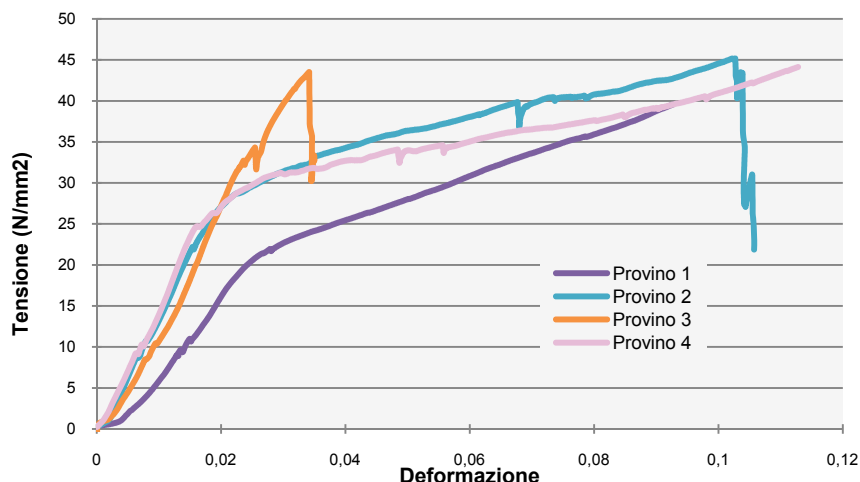


Grafico B.3 – Curve Tensione – Deformazione. Le curve sono caratterizzate da un primo tratto elastico, da un secondo tratto plastico e da una caduta di resistenza dovuta alla rottura.



Al termine della prova è stata individuata una tipologia di rottura dei provini con rottura nella zona con area resistente minore (Fig. B.13).

**Tabella B.2** – Risultati della prova di trazione sui provini di legno.

	$\sigma$ di rottura a trazione (MPa)	E (MPa)
Provino 1	39,54	947
Provino 2	45,18	1792
Provino 3	43,52	1296
Provino 4	44,12	1374
Media	43,09	1352
DEV.ST.	2,46	347

**B.3.2. Prova di flessione su travi centinate**



**Fig. B.13** – Provino sottoposto a prova di trazione.

Le centine costituiscono la struttura portante delle volte in camorcanna e sono caratterizzate da una sezione realizzata con tavole accoppiate e non da una sezione piena. L'affidabilità della sezione dipende dunque dalle chiodature, che in genere sono piuttosto fitte e posizionate per lo più nei punti centrali delle tavole per cui garantiscono una buona efficienza della sezione.

Allo scopo, però, di analizzare i risultati e modellare analiticamente il comportamento sperimentale è stato necessario capire se la chiodatura fosse sufficiente a far sì che la sezione costituita da tre tavole avesse la stessa efficienza di una sezione piena delle stesse dimensioni.

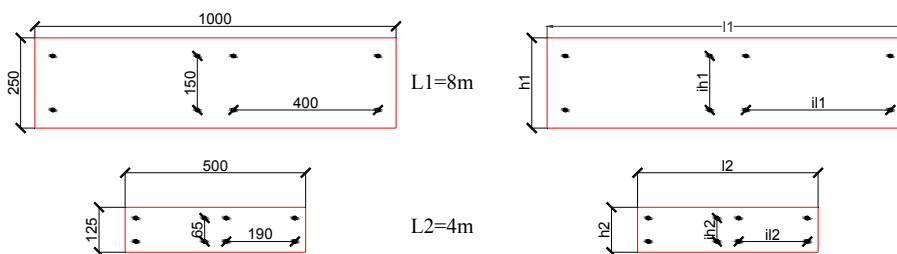
È stata dunque realizzata una prova di flessione su travi centinate rettilinee, costruite con le stesse modalità delle centine.

Lo scopo è stato quello di determinare il coefficiente di efficienza della sezione paragonando il comportamento sperimentale con quello ideale considerando la sezione piena. È stato verificato, inoltre, che l'efficienza della sezione fosse circa la stessa a prescindere dalla luce e dalla sezione della trave. Sono infatti state realizzate due tipologie di trave centinata (Fig. B.14):

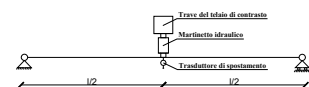
- n°2 travi con sezione 7,5x25 cm e luce di 8 m;
- n°2 travi con sezione 7,5x12,5 cm e luce di 4 m.

Tutte le travi sono state realizzate simmetricamente con lo stesso numero di tavole, di giunzioni e di chiodi, la loro sezione è stata realizzata accostando tre tavole dello spessore di 2,5 cm l'una. La sequenza delle tavole laterali è stata la stessa per entrambi i lati e le giunzioni tra le tavole centrali e quelle laterali sono avvenute sempre in corrispondenza della loro metà (Fig. B.16 a).

**Fig. B.14** – Schema delle tavole utilizzate per la realizzazione delle travi centinate. Con  $L_i$  = luce della trave;  $b_i$  = base della trave;  $h_i$  = altezza della trave;  $l_i$  = lunghezza di ogni tavola della trave  $i$ ;  $il_i$  = interasse orizzontale delle chiodature della trave  $i$ ;  $ih_i$  interasse verticale delle chiodature della trave  $i$ . Si nota come ogni elemento della trave con luce di 8 m sia doppio rispetto a quelli della trave con luce 4 m. Fa eccezione solamente la base della trave che è la stessa per entrambe.



$$L_1 = 2 \cdot L_2 \quad b_1 = b_2 \quad h_1 = 2 \cdot h_2 \quad l_1 = 2 \cdot l_2 \quad il_1 \cong 2 \cdot il_2 \quad ih_1 \cong 2.3 \cdot ih_2$$



**Fig. B.15** – Schema della trave centinata appoggiata, caricata in mezzeria.

Le travi sono state caricate con un martinetto in mezzeria e sono stati misurati gli spostamenti verticali attraverso un trasduttore verticale di spostamento; sia il martinetto che il trasduttore erano collegati a un acquirente dati connesso a un computer che ha registrato i dati (Fig. B.15).



**Fig. B.16 a)** – Immagine durante la costruzione di una delle travi.

**Fig. B.16 b)** – Immagine di una delle travi durante la prova. Si nota come la sua deformata sia qualitativamente simile a quella di una trave con sezione piena.

La flessione della trave è dovuta, oltre che alla flessione del materiale (*Fig. B.16 b*) anche all'apertura dei giunti (*Fig. B.17*), fino alla rottura del materiale.

La rottura delle travi è avvenuta a causa della rottura del materiale e non per sfaldamento trasversale delle tavole che sono sempre rimaste a contatto tra loro.

Le fessure sul materiale si sono sviluppate per lo più in corrispondenza dei chiodi e hanno seguito le fibre del legno (*Fig. B.18*).



**Fig. B.17 a)** – Apertura del giunto in prossimità della mezzeria nelle fasi iniziali della prova.

**Fig. B.17 b)** – Apertura del giunto in prossimità della mezzeria. Si nota come all'aumento del carico i lembi inferiori si allontanano, mentre quelli superiori si avvicinano, provocando la rottura del materiale.

**Fig. B.17 c)** – Apertura del giunto in prossimità della mezzeria alla fine della prova. Si nota come il contatto tra i lembi superiori ha provocato la rottura del materiale mentre inferiormente l'allontanarsi tra i lembi ha provocato lo sfaldamento del chiodo.



**Fig. B.18** – Dettaglio della rottura della trave. La fessura è longitudinale, segue le fibre del legno ed è in prossimità delle chiodature.

Grazie ai dati rilevati durante la prova è stato calcolato il modulo di inerzia della sezione sperimentale:

$$J_{\text{eff}} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot l^3}{f \cdot E}$$

È stata quindi determinata l'altezza che dovrebbe avere una trave costituita da un unico elemento per avere tale modulo di inerzia:

$$H_{\text{eff}} = \sqrt[3]{\frac{J_{\text{eff}} \cdot 12}{b}}$$

Infine la sezione reale è stata confrontata con quella effettiva ottenendo il fattore di riduzione per la sezione dovuto all'efficienza della sezione stessa:

$$r_f = \frac{H_{eff}}{H_{reale}}$$

TRAVE	Rf	MEDIA	DEV, ST,
4 m 1	0,93	0,88	0,05
4 m 2	0,89		
8 m 1	0,82		
8 m 2	0,88		

Tabella B.3 – Risultati delle prove di flessione su travi centinate.

Forze massime applicate (KN)	
Provino n°1	0,29
Provino n°2	0,26
Provino n°3	0,18
Provino n°4	0,29
Provino n°5	0,28
Provino n°6	0,25
MEDIA	0,26
Dev. St.	0,04

Tabella B.4 – Risultati della prova a flessione su provini di malta.

Fig. B.19 a) – Immagine dei provini all'interno degli appositi stampi.

Fig. B.19 b) – Immagine di un provino sottoposto a flessione.

Fig. B.19 c) – Immagine di un provino sottoposto a compressione.

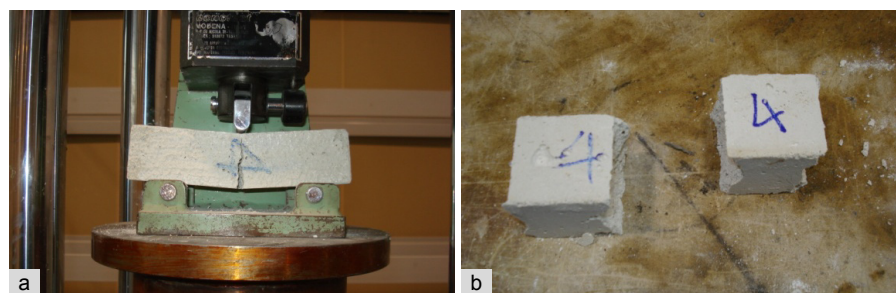


Forze massime a rottura (KN)	
Provino 1A	2,98
Provino 1B	3,09
Provino 2A	3,31
Provino 2B	3,17
Provino 3A	2,78
Provino 3B	2,86
Provino 4A	3,25
Provino 4B	3,15
Provino 5A	3,58
Provino 5B	3,34
Provino 6A	3,14
Provino 6B	3,05
MEDIA	3,14
Dev. St.	0,22

Tabella B.5 – Risultati della prova a compressione su provini di malta.

Fig. B.20 a) – Immagine del provino rotto a flessione.

Fig. B.20 b) – Immagine del provino rotto a compressione.



**Nota 1**

dove:  
 F = carico massimo applicato;  
 l = distanza tra i due rulli di sostegno;  
 b = larghezza del campione;  
 d = spessore del campione.

Come si nota dalla Tabella B.3 i valori di efficienza delle travi centinate così costruite sono praticamente indipendenti rispetto alla luce della trave, all'altezza della sezione e all'interasse delle giunzioni.

**B.3.3. Prova di flessione e di compressione sulla malta**

La prova è stata eseguita secondo le prescrizioni della Norma UNI EN 1015-11 del marzo 2007: Metodi di prova per malte per opere murarie – Parte 11: determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita.

I 6 campioni di malta sono stati realizzati colando la malta in appositi stampi metallici, costituiti da un telaio aperto di elementi removibili formanti, quando assemblati, tre scomparti (Fig. B.19 a). Prima di realizzare la prova si è attesa la stagionatura dei provini. Per la rottura dei provini è stata utilizzata una pressa, modello universale di classe 1, con errore dell'1% e fondo scala da 400 KN, dotata di un trasduttore di pressione (carico applicato) e uno di spostamento della traversa (spostamento verticale). La velocità di applicazione del carico è costante e pari a 0,03 N/mm<sup>2</sup>s.

I risultati della prova a flessione (Fig. B.19 b) sono riportati nella Tabella B.4. Si è determinata, quindi, la resistenza a flessione secondo quanto prescritto dalla norma<sup>1</sup>.

$$R_f = 1,5 \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot d^2} = 1,5 \cdot \frac{259 \cdot 100}{40 \cdot 40^2} = 0,61 \pm 0,04 \frac{N}{mm^2}$$

Ogni provino sottoposto a flessione si è rotto in due parti (Fig. B.20 a), su ognuna delle quali è stata effettuata la prova di compressione (Fig. B.19 c).

I risultati della prova a compressione (Fig. B.20 b) sono riportati nella Tabella B.5. Dividendo la forza per l'area della sezione trasversale del provino che è di 40x40 mm si ottiene la resistenza a compressione dell'intonaco.

$$R_c = \frac{F}{A} = \frac{3142}{40 \cdot 40} = 1,96 \frac{N}{mm^2}$$

### B.3.4. Prova di taglio su pannelli di camorcanna

Il seguente paragrafo fa riferimento a prove precedentemente realizzate<sup>2</sup> su una tipologia di malta simile a quella utilizzata per la sperimentazione con rapporto di calce gesso e inerte pari a 1:1:2. Lo scopo di tale prova è stato quello di valutare il vincolo di interfaccia tra le canne e l'intonaco, valutare cioè l'aggrappo tra i due materiali e la resistenza offerta allo scorrimento dalla malta refluita tra le canne.

Sono stati realizzati pacchetti a sandwich accostando due pannelli di camorcanna 20x20 cm e gettando, al centro, la malta per uno spessore di circa 2,5 – 3 cm.

Lo strato di malta centrale non era a diretto contatto con il supporto inferiore, tale distacco ha permesso lo scorrimento di questo strato rispetto a quelli laterali. Tramite opportune piastre metalliche e colla sono stati fissati, ai due lati dello strato di malta centrale e alla stessa altezza due trasduttori induttivi di spostamento; in questo modo sono state registrate due misure di cui poi si è presa la media.

Attraverso una macchina universale a tali pannelli è stato applicato un carico di compressione lungo la superficie superiore dello strato centrale di malta, dotato di ripartitore di carico (Fig. B.21). La forza è stata incrementata di 1 KN in 1 KN a un ritmo predefinito costante, ad intervalli di 5 minuti, per dar modo al sistema di stabilizzarsi dopo ogni incremento di carico. Si è proceduto in questo modo fino a che l'aderenza della malta con il pannello di camorcanna non è venuta meno e si è dunque registrato lo scorrimento. Durante la procedura di carico sono state registrate le curve carico – abbassamento.

Analizzando i risultati delle prove di taglio (Tabella B.6 e Grafico B.4) si nota come le curve siano bilineari. Tale comportamento può essere giustificato dal fatto che la resistenza allo scorrimento tra i due materiali è offerta prevalentemente dalla loro aderenza meccanica, l'intonaco refluisce tra le canne e crea una serie di "ponti" che si oppongono, insieme all'attrito, allo scorrimento dell'intonaco sulle canne.

All'aumentare della forza i "ponti" iniziano a rompersi, così che in una seconda fase (secondo tratto della curva) è solo l'attrito a opporsi allo scorrimento; per questo motivo in questa fase la pendenza della curva è ridotta, cioè a piccole variazioni di carico si registrano spostamenti più grandi rispetto alla prima fase.

#### Nota 2

Quagliarini E., D'Orazio M., 2005, pagg. 149-152.  
Quagliarini E., D'Orazio M., Stazi A., 2006.  
Rossi M., 2000-2001.

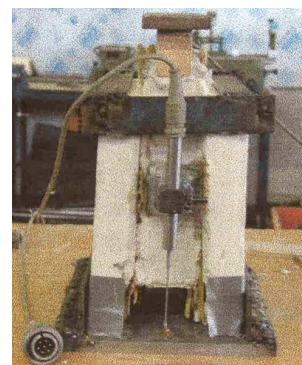
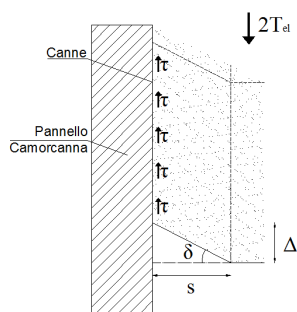
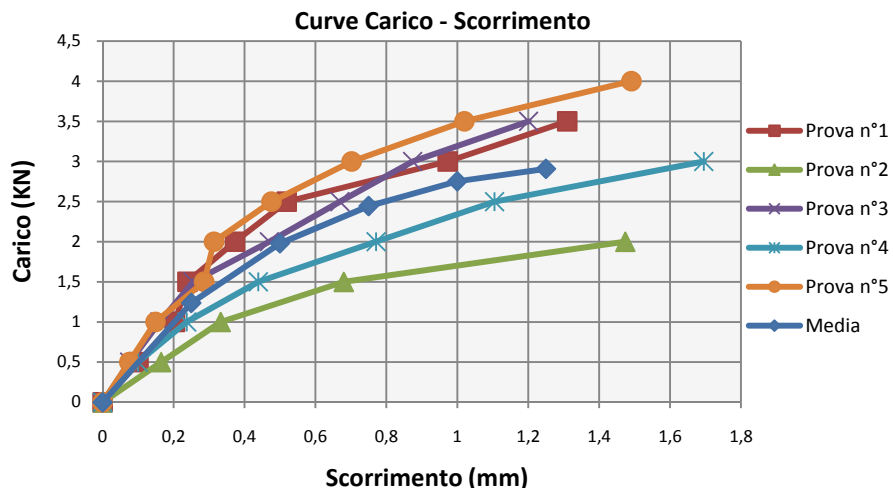


Fig. B.21 – Immagine del provino sottoposto a taglio.

Carichi (KN)	Spostamenti relativi (mm)					Valore max	Valore min
	Prova n°1	Prova n°2	Prova n°3	Prova n°4	Prova n°5		
0	0	0	0	0	0	0	0
0,5	0,101	0,165	0,076	0,100	0,075	0,165	0,075
1	0,204	0,333	0,161	0,237	0,149	0,333	0,149
1,5	0,239	0,680	0,255	0,439	0,286	0,680	0,239
2	0,373	1,474	0,470	0,771	0,314	1,474	0,314
2,5	0,519	--	0,669	1,105	0,476	1,105	0,476
3	0,973	--	0,874	1,695	0,702	1,695	0,702
3,5	1,310	--	1,201	--	1,02	1,310	1,020
4	--	--	--	--	1,491	1,491	1,491
	Prova n°1	Prova n°2	Prova n°3	Prova n°4	Prova n°5	Media	Deviazione standard
<b>CARICO DI ROTTURA</b>	3,55	2,1	3,75	3,5	4,1	3,4	0,76

Tabella B.6 – Risultati della prova di taglio su pannelli di camorcanna. Sono stati misurati in funzione del carico gli spostamenti relativi.

**Grafico B.4** – Curve Carico – Scorrimento della prova di taglio su pannelli di camorcanna.



Ipotesizzando che le tensioni fossero distribuite in maniera uniforme lungo tutta la superficie di scorrimento, pari a 288 cm<sup>2</sup> (Fig. B.22), si è potuto ricavare la tensione massima di scorrimento:

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{A_s} = \frac{3,40}{0,0288} = 118,1 \frac{KN}{m^2} = 0,12 \frac{N}{mm^2}$$

È stata inoltre determinata la tensione tangenziale al limite elastico:

$$\tau_{el} = \frac{T_{el}}{A_s} = \frac{1,50}{0,0288} = 52,08 \frac{KN}{m^2} = 0,05 \frac{N}{mm^2}$$

Da questa è stato ottenuto il modulo di elasticità tangenziale:

$$G_k = \frac{\tau_{el}}{\frac{\Delta}{s}} = \frac{52,08}{\frac{0,00038}{0,01}} = 0,137 \frac{KN}{m^2} = 1,37 \cdot 10^{-4} \frac{N}{mm^2}$$

**Fig. B.22** – Schema dell'andamento delle tensioni nell'interfaccia canne - intonaco, dove:

$T_{el}$  = carico massimo di scorrimento nella fase elastica;

$\Delta$  = abbassamento massimo nella fase elastica

$S$  = spessore soggetto a deformazione

$\delta$  = deformazione angolare in fase elastica ( $\delta \approx tg\delta = \Delta/s$ ).

## APPENDICE C

### IL MODELLO NUMERICO

#### C.1. Introduzione

Il passo successivo alla sperimentazione sul sistema originario è stato quello dell'implementazione di un modello numerico capace di cogliere il comportamento delle volte riscontrato, così da fornire uno strumento di previsione capace di estendere i dati sperimentali ai casi di studio reali. L'implementazione numerica è stata effettuata tramite un software di calcolo agli elementi finiti.

Allo scopo di valutare l'affidabilità del modello realizzato, questo è stato testato per riprodurre le volte realizzate in laboratorio e la prova di fessurazione su di esse effettuata.

#### C.2. Il modello agli elementi finiti

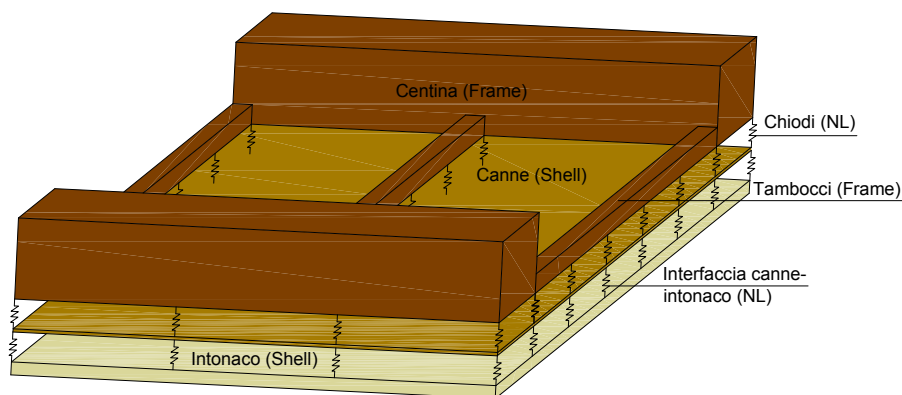


Fig. C.1 – Schematizzazione di una porzione di volta con indicazione degli elementi utilizzati per l'implementazione agli elementi finiti.

La struttura lignea è stata schematizzata con elementi “frame” cioè con aste, ogni frame è caratterizzato con due diverse proprietà: la sezione e il materiale.

Le proprietà meccaniche del legno sono state determinate preliminarmente (Appendice B, § B.3) e sono state implementate nel modello come in Tabella C.1.

Proprietà		
Peso specifico	4,2	KN/m <sup>3</sup>
Modulo elastico	1500	MPa
Coefficiente di Poisson	0,3	

Tabella C.1 – Caratteristiche meccaniche del materiale legno

Per i tambocci la sezione implementata è stata di 4x4 cm. Per le centine è stato necessario applicare a flessione il coefficiente di riduzione della sezione, così come è stato spiegato nel § B.3.2; mentre a trazione la sezione reagente è l'intera area. La sezione implementata ha dunque area pari a quella reale, ma ha un modulo di inerzia stimato con l'effettiva sezione calcolata applicando il fattore riduttivo.

**Nota 1**

Quagliarini E., D'Orazio M., 2005, pagg. 155+158.

I tambocchi sono generalmente collegati alle centine con chiodi alla “traditora”, questo tipo di connessione è stato schematizzato tramite cerniere interne, rilasciando cioè la rotazione dei tambocchi rispetto alla centina.

Le centine sono vincolate agli estremi con cerniere che bloccano gli spostamenti, permettendo le rotazioni, le sospensioni sono simulate ponendo in corrispondenza dei tiranti della sperimentazione un carrello verticale che permette le rotazioni e le traslazioni sul piano orizzontale impedendo solo gli spostamenti verticali.

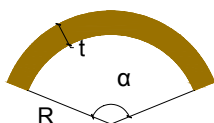
Lo stuoiato di canne è stato schematizzato con elementi “shell”, per tener conto che lo stuoiato è costituito da una maglia ortogonale non simmetrica e che quindi offre nelle due direzioni rigidezza diversa, si è considerato il materiale ortotropo.

Per la caratterizzazione del materiale si è fatto riferimento ai dati pubblicati in letteratura<sup>1</sup>.

Lo stuoiato è quindi stato caratterizzato come descritto dalla Tabella C.2.

**Tabella C.2** – Caratteristiche meccaniche del materiale canne.

Proprietà		
Peso specifico	6	KN/m <sup>3</sup>
Modulo elastico nella direzione delle canne affiancate	13100	MPa
Modulo elastico nella direzione delle canne sinusoidali	3277,5	MPa
Coefficiente di Poisson	0,43	



**Fig. C.2** – Schematizzazione di una porzione di canna. Quando sono stati tarati i parametri  $R$ ,  $t$  e  $\alpha$  è stato necessario considerare l'eterogeneità del materiale. In media si ottiene che la sezione ha un'area  $A$  di circa 56,55 mm<sup>2</sup> e un modulo di inerzia  $J$  pari circa a 296,4 mm<sup>4</sup>.

Per stimare il modulo elastico delle canne in direzione trasversale alle centine è stato considerato che in quella direzione il numero delle canne era un quarto rispetto a quello nella direzione principale, così anche il modulo elastico è stato stimato in prima approssimazione un quarto rispetto a quello nella direzione delle canne affiancate. Successivamente si è proceduto con un'analisi parametrica.

La shell ha una sezione rettangolare mentre le canne hanno una sezione convessa, è stato dunque necessario determinare le altezze equivalenti a trazione e a flessione. Si è determinato lo spessore equivalente a trazione considerando i fattori geometrici di Fig. C.2 e dividendo l'area di una canna per il suo diametro:  $\frac{A}{d} = 2,83$  mm; in questo modo è stata determinata la sezione rettangolare equivalente (di pari area) a quella della canna considerando come base il diametro della canna stessa. Per calcolare lo spessore flessionale è stato necessario tener conto che la forma convessa della canna a parità di area offre un modulo di inerzia maggiore rispetto a una sezione rettangolare. Lo spessore flessionale equivalente è stato calcolato applicando la seguente formula<sup>2</sup>:

$$h = \sqrt[3]{\frac{J \cdot 12}{d \cdot (1 - \nu^2)}} = 6,02 \text{ mm.}$$

Costruttivamente le tre volte sono uguali ad eccezione degli strati che compongono l'intonaco. Il maggior spessore dello strato di finitura della volta n°1 (molto più rigido rispetto alla malta con cui è realizzato il corpo dell'intonaco) incrementa in modo significativo la rigidezza dell'intero pacchetto. Per tener conto di tale aspetto e per riprodurre i comportamenti delle tre volte è stato necessario stimare valori diversi per il modulo di elasticità e per lo spessore dell'intonaco. Successivamente è stata realizzata un'analisi parametrica.

L'intonaco è caratterizzato dunque come descritto nella Tabella C.3:

**Tabella C.3** – Caratteristiche meccaniche del materiale intonaco e spessori.

Proprietà			
Peso specifico	(nota C.1)	16	KN/m <sup>3</sup>
Modulo elastico per la volta n°1	(stima)	6000	MPa
Modulo elastico per le volte n°2 e 3	(stima)	2000	MPa
Coefficiente di Poisson	(nota C.1)	0,19	
Spessore per la volta n°1	(rilevato)	25	mm
Spessore per le volte n°2 e 3	(rilevato)	20	mm

L'interfaccia tra canne e intonaco è stata schematizzata con elementi non lineari (NL); precedenti sperimentazioni (*Appendice B, § B.3.4 e nota 1*) hanno infatti dimostrato che tra canne e intonaco non c'è distacco ma è possibile che si instauri uno scorrimento relativo. L'intonaco che refluisce tra le canne si oppone, insieme all'attrito, a tale scorrimento. Quando si raggiungono forze capaci di rompere tali ponti è solo l'attrito a opporsi allo scorrimento; è per questo motivo che l'interfaccia è stata schematizzata con elementi NL. Il comportamento degli NL dipende da curve Forza-Spostamento, ed è possibile assegnare curve bilineari.

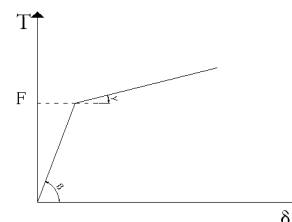


Fig. C.3 – Curva tipo che regola il comportamento degli NL.

Considerando i risultati della prova a taglio su pannelli in camorcanna (*Appendice B, § B.3.4*) si è evidenziato che tali curve hanno due diversi tratti con pendenza diversa; il primo ha una pendenza maggiore del secondo (*Fig. C.3, vedi nota 1*).

L'interfaccia tra canne e stuoiato è continua, per schematizzarla però sono stati utilizzati elementi puntuali posti nei vertici delle shell. Per trasformare il vincolo continuo in un vincolo puntuale è stato fatto riferimento alle aree di influenza di ogni NL (*Fig. C.4*); per ognuna di esse è stato determinato, partendo dai dati sperimentali, il grafico Forza - Spostamento che ne regola il comportamento (*Grafico C.1*).

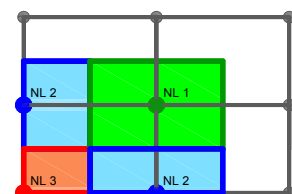


Fig. C.4 – Aree di influenza degli NL. In grigio sono indicate le Shell, le aree colorate individuano le aree di influenza di ogni NL. Le due aree blu pur facendo riferimento a misure perimetrali diverse, sono equivalenti, per cui è stato implementato un NL uguale.

La connessione tra stuoiato e struttura lignea è stata realizzata tramite chiodi, anch'essi sono stati schematizzati con elementi NL.

In direzione dell'asse degli NL gli spostamenti e la rotazione torsionale sono stati bloccati, in quanto i chiodi possono essere considerati incompressibili assialmente e, essendo le canne inserite in una matrice rigida di intonaco, infinitamente rigidi a torsione; questo perché le canne per ruotare intorno al chiodo dovrebbero staccarsi dall'intonaco. In questo modo le deformazioni verticali della struttura lignea in prossimità dei chiodi sono le stesse delle canne. Nelle direzioni principali sul piano delle canne la rigidità a taglio e la rigidità flessionale sono alte in quanto le canne sono inserite in una matrice rigida e la rotazione e la traslazione delle canne, data la sollecitazione a cui sono sottoposte, è impedita a meno che queste non si staccino dall'intonaco.

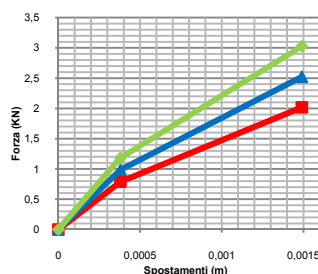


Grafico C.1 – Curve forza - spostamento che regolano il comportamento degli NL inseriti nel modello.

Poiché dalla sperimentazione è risultato evidente che il ruolo dell'intonaco è fondamentale nella fase pre-fessurativa, è stato necessario creare un modello evolutivo, nella prima fase con l'intonaco non fessurato (NF) e in una seconda fase con l'intonaco fessurato (F). Nella simulazione NF l'intonaco è costituito da un'unica shell, mentre in quella F è schematizzato con due shell distinte, separate in corrispondenza del punto di fessurazione. Il passaggio da NF a F avviene quando le tensioni massime di trazione superano i valori della resistenza a trazione dell'intonaco determinato sperimentalmente (*Appendice B, § B.3.3*).

LEGENDA  
■ NL 1  
■ NL 2  
■ NL 3

Attraverso il software di calcolo sono stati simulati i carichi della sperimentazione, lo sgancio delle sospensioni è stato simulato eliminando i carrelli che ne schematizzano il comportamento. Gli steps di carico eseguiti sono gli stessi eseguiti sperimentalmente e riportati in Figg. B.9, B.10.

### C.3. I risultati del modello

In questo paragrafo si riportano i risultati in termini di tensioni e in termini di deformazioni ottenuti attraverso la simulazione con il software di calcolo della sperimentazione in laboratorio. I dati di input inseriti nel modello sono descritti nel § C.2, le modalità di carico e monitoraggio sono descritte nell'Appendice B, § B.2.

#### C.3.1. La simulazione della volta n°1

Si riportano in Figura C.5 le immagini di output delle tensioni principali in direzione 1-1 (direzione ortogonale alle centine) sull'intradosso per ogni fase di carico. Le tensioni di trazione sono indicate con segno positivo, quelle di compressione col segno negativo.



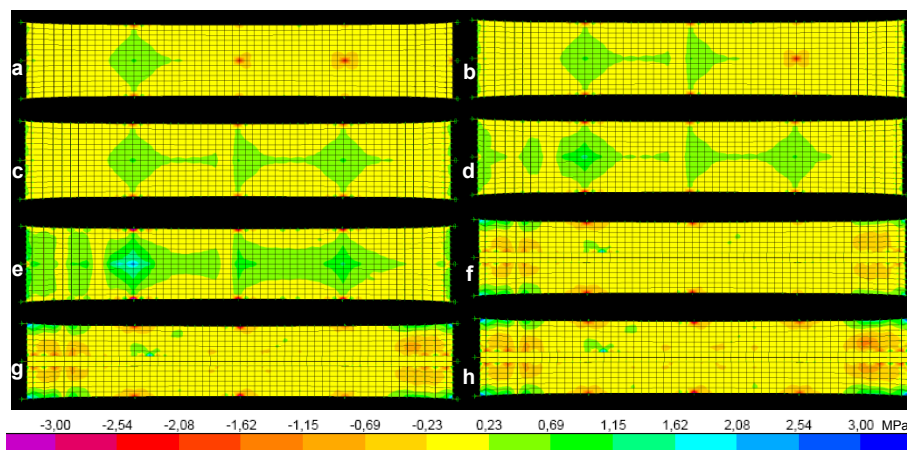
**Fig. C.5** – Stato tensionale della volta n°1 all'intradosso nei vari step di carico.

- a) Allentato tirante I
- b) Allentato tirante II
- c) Allentato tirante III
- d) Carico 80 N/m
- e) Step di carico 1

**FESSURAZIONE**

- f) Step di carico 2
- g) Step di carico 3
- h) Step di carico 4

Si ricorda che il carico al punto d) è stato poi rimosso prima di effettuare gli step successivi.



Il superamento della resistenza a trazione dell'intonaco e quindi la sua fessurazione avviene per lo step di carico 1 (700 N/m, Fig. B.10), ciò implica, quindi, il passaggio dal modello non fessurato a quello fessurato.

### C.3.2. La simulazione della volta n°2 e n°3

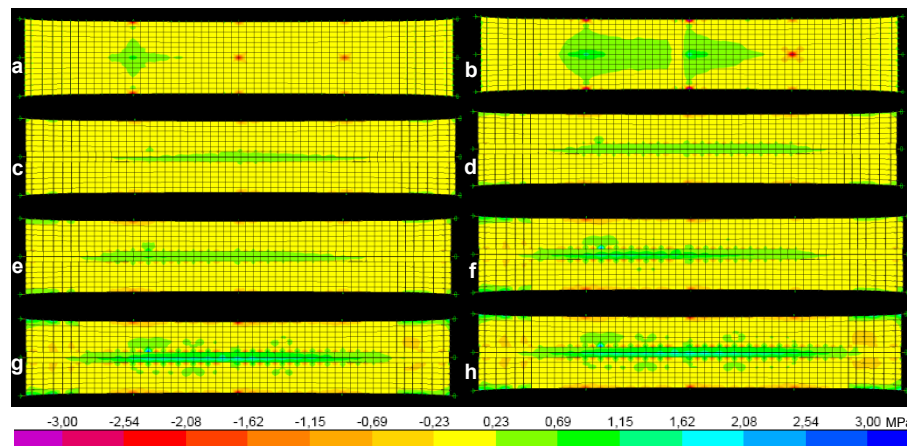
Le volte relative alle sperimentazioni n°2 e n°3 sono costruttivamente molto simili, questo è confermato dal loro comportamento nella prova che risulta qualitativamente e quantitativamente identico. Per questo motivo è stata realizzata un'unica simulazione.

Si riportano in figura C.6 le immagini di output delle tensioni principali in direzione 1-1 (direzione ortogonale alle centine) sull'intradosso per ogni fase di carico. Le tensioni di trazione sono indicate con segno positivo, quelle di compressione col segno negativo.

**Fig. C.6** – Stato tensionale della volta n°2 all'intradosso nei vari step di carico.

- a) Allentato tirante I
- b) Allentato tirante II
- c) Allentato tirante III
- d) Carico 80 N/m
- e) Step di carico 1
- f) Step di carico 2
- g) Step di carico 3
- h) Step di carico 4

Si ricorda che il carico al punto d) è stato poi rimosso prima di effettuare gli step successivi.



Il superamento della resistenza a trazione (Appendice B, § B.3.3) dell'intonaco e quindi la sua fessurazione avviene a seguito dello sgancio del II tirante, ciò implica, quindi, il passaggio dal modello non fessurato a quello fessurato.

Di seguito si riporta il confronto tra il comportamento sperimentale e quello analitico ottenuto tramite la simulazione con software agli elementi finiti in corrispondenza dei tre trasduttori estradossoali posizionati sulla centina centrale in prossimità dei tre punti di sospensione (Fig. B.8).

Dalla Tabelle C.4, C.5 e C.6 e dai Grafici C.2, C.3, C.4, C.5, C.6 e C.7 si deduce che il modello riesce a simulare con buona approssimazione il comportamento reale della sperimentazione. Per i commenti ai risultati si veda il Capitolo 3, § 3.5.

Trasduttore n°5	Abbassamenti (mm)				
	Volta n°1	Modello	Volta n°2	Volta n°3	Modello
Allentato I tirante	-2,59	-3,00	-3,25	-4,07	-3,41
Allentato II tirante	-3,11	-3,20	-9,53	-8,42	-5,32
Allentato III tirante	-3,11	-3,17	-10,99	-9,67	-6,96
Carico 80 N/m (poi eliminato)	-3,48	-3,42	-13,01	-11,56	-8,75
Carico step 1 (700 N/m)	-14,87	-11,87	-14,16	-12,62	-12,29
Carico step 2 (500 N/m)	-21,74	-20,18	-22,65	-20,09	-21,52
Carico step 3 (500 N/m)	-25,73	-23,69	-27,60	-24,13	-23,49
Carico step 4 (700 N/m)	-26,89	-23,97	-28,09	-25,35	-23,15

Tabella C.4 – Confronto tra il modello e la sperimentazione – trasduttore n°5. Con la linea **—** si separa il comportamento pre-fessurativo da quello post-fessurativo.

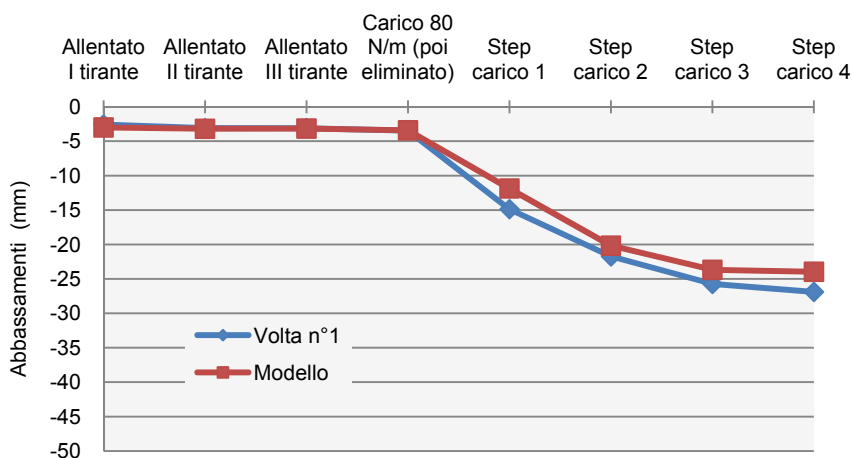


Grafico C.2 – Confronto tra il modello e la sperimentazione della volta n°1 – trasduttore n°5.

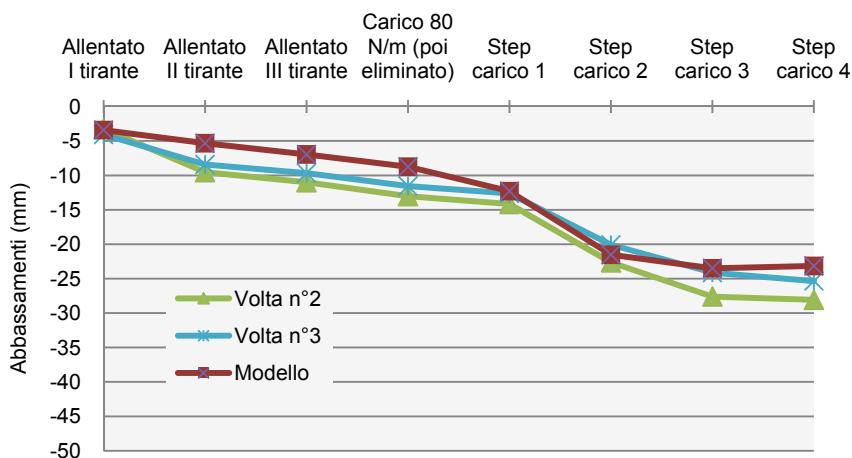
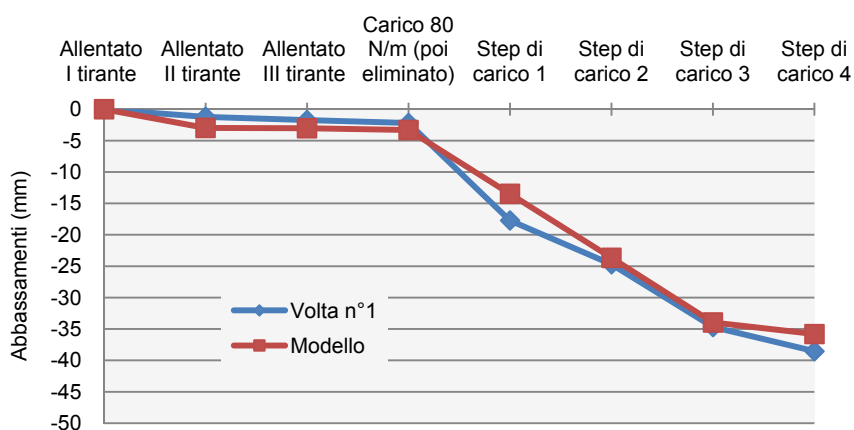


Grafico C.3 – Confronto tra il modello e la sperimentazione delle volte n°2 e n°3 – trasduttore n°5.

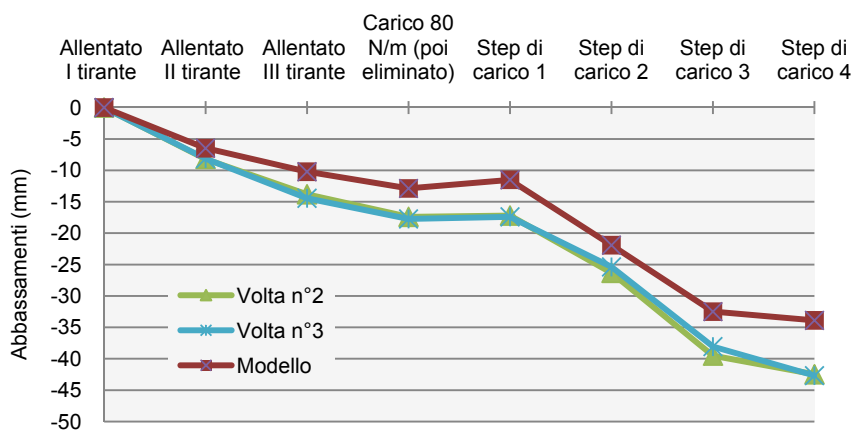
**Tabella C.5** – Confronto tra il modello e la sperimentazione – trasduttore n°2. Con la linea **—** si separa il comportamento pre-fessurativo da quello post-fessurativo.

Trasduttore n°2	Abbassamenti (mm)				
	Volta n°1	Modello	Volta n°2	Volta n°3	Modello
Allentato I tirante	-0,037	0	-0,002	-0,023	0
Allentato II tirante	-1,22	-2,98	-8,2	-8,14	-6,47
Allentato III tirante	-1,75	-3,04	-13,82	-14,45	-10,22
Carico 80 N/m (poi eliminato)	-2,21	-3,32	-17,41	-17,73	-12,88
Carico step 1 (700 N/m)	-17,73	-13,49	-17,2	-17,41	-11,51
Carico step 2 (500 N/m)	-24,71	-23,68	-26,32	-25,39	-21,91
Carico step 3 (500 N/m)	-34,70	-33,97	-39,51	-38,06	-32,50
Carico step 4 (700 N/m)	-38,56	-35,81	-42,48	-42,69	-33,89


**Grafico C.4** – Confronto tra il modello e la sperimentazione della volta n°1 – trasduttore n°2.



**Grafico C.5** – Confronto tra il modello e la sperimentazione delle volte n°2 e n°3 – trasduttore n°2.



Trasduttore n°1	Abbassamenti (mm)				
	Volta n°1	Modello	Volta n°2	Volta n°3	Modello
Allentato I tirante	0,03	0	-0,006	0,08	0
Allentato II tirante	-0,01	0	-0,01	0,05	0
Allentato III tirante	-2,42	-3,14	-7,95	-8,31	-7,28
Carico 80 N/m (poi eliminato)	-3,02	-3,44	-9,87	-10,03	-9,16
Carico step 1 (700 N/m)	-11,23	-8,32	-9,66	-9,78	-6,92
Carico step 2 (500 N/m)	-12,83	-11,90	-10,51	-10,69	-8,99
Carico step 3 (500 N/m)	-18,89	-20,15	-18,5	-18,48	-18,75
Carico step 4 (700 N/m)	-23,26	-23,67	-24,12	-24,32	-23,32

Tabella C.5 – Confronto tra il modello e la sperimentazione – trasduttore n°1. Con la linea  si separa il comportamento pre-fessurativo da quello post-fessurativo.

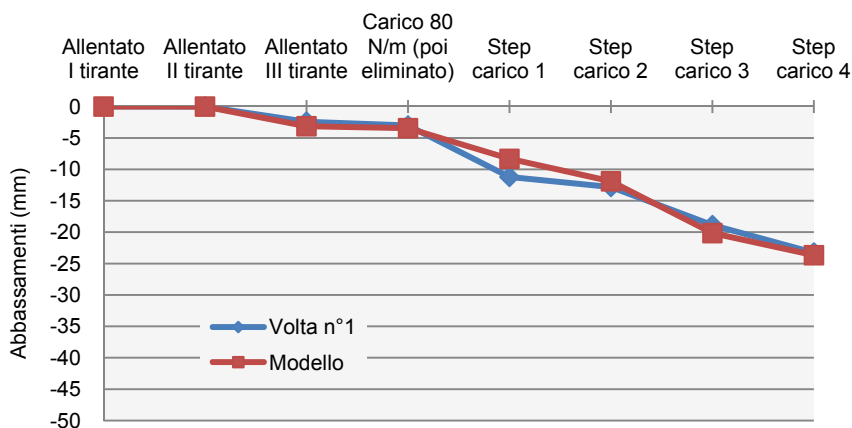


Grafico C.6 – Confronto tra il modello e la sperimentazione della volta n°1 – trasduttore n°1.

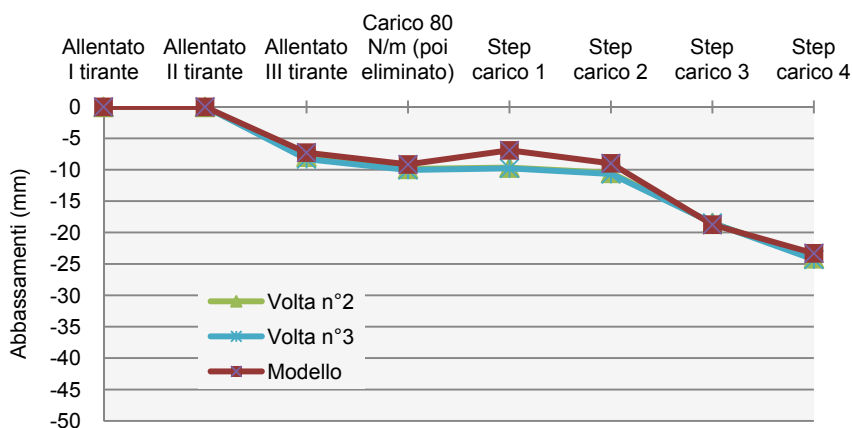


Grafico C.7 – Confronto tra il modello e la sperimentazione delle volte n°2 e n°3 – trasduttore n°1.

#### C.4. L'analisi parametrica sul modello

Dopo aver testato la bontà del modello con i risultati della sperimentazione, è stato possibile utilizzarlo per un'analisi parametrica. Essa ha avuto lo scopo di individuare quali sono i parametri meccanici che maggiormente influiscono sul danneggiamento della superficie intradossale decorata.

Tutti i parametri analizzati sono riportati in Tabella C.8.

**Tabella C.8** – Variazione dei parametri nelle 13 analisi parametriche effettuate. L'analisi 1 è quella di riferimento, quella cioè che riproduce il comportamento sperimentale. In ogni analisi sono modificati rispetto all'analisi di riferimento solo i parametri evidenziati in tabella. In questo modo si valuta l'influenza di ogni parametro sul comportamento globale del sistema.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Modulo elastico dell'intonaco (MPa)	6000	2000	9000	18000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Modulo elastico del legno (MPa)	1500	1500	1500	1500	500	10000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Efficienza della sezione	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	1	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Modulo elastico delle canne nella direzione delle centine (MPa)	13100	13100	13100	13100	13100	13100	13100	6500	26200	13100	13100	13100	13100
Modulo elastico delle canne nella direzione perpendicolare alle centine (MPa)	3275	3275	3275	3275	3275	3275	3275	1637	6550	3275	3275	3275	3275
Pendenza della curva che regola il comportamento dell'interfaccia canne-intonaco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,001	1000	1	1
Rigidità flessionale degli NL delle chiodature (MPa)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1	10 <sup>6</sup>
Spessore dell'intonaco (cm)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

I risultati dell'analisi parametrica sono riportati nel Capitolo 3, § 3.6.

## APPENDICE D

### IL DIMENSIONAMENTO E LA VALUTAZIONE DELL'INTERVENTO DI RECUPERO IN LABORATORIO

#### D.1. Il dimensionamento degli interventi

La progettazione degli interventi di consolidamento ha previsto il dimensionamento di due elementi: i cavallotti e le fasce in CFRP.

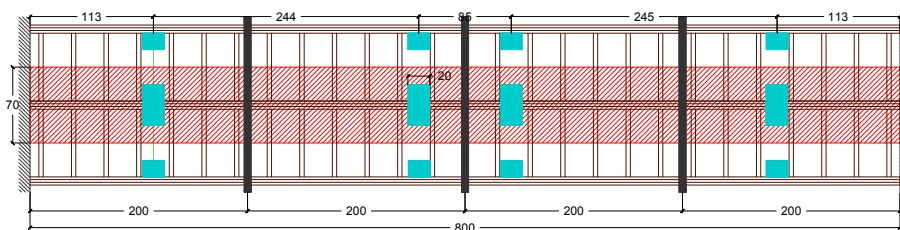
Per determinare l'area di aderenza della resina sullo stuoiato è stato ipotizzato il numero di cavallotti da disporre lungo la centina. È stato deciso di predisporre 4 cavallotti posti ad interasse non costante, tale interasse è dipeso dal posizionamento della rete intradossale. Avendo, infatti, i cavallotti il compito di sorreggere la rete, sono stati posizionati in prossimità delle sovrapposizione tra i fogli che costituivano la rete stessa, in modo da far lavorare il sistema come un vero e proprio sostegno alla superficie intradossale.

Prendendo in esame la centina centrale si è considerato uno schema come quello in Figura D.1. Disponendo in opera 4 cavallotti, si sono ottenuti 8 risvolti sullo stuoiato. Quindi è stata determinata la forza  $F$  che doveva sostenere ogni singolo risvolto mediante la seguente formula<sup>1</sup>:

$$F = \frac{1}{8} \cdot (P_{\text{canne+intonaco}} \cdot l \cdot L)$$

Si aveva quindi:

$$F = \frac{1}{8} \cdot (0,3 \cdot 0,7 \cdot 8 \cdot 10^3) = \frac{1}{8} \cdot 1680 \text{ N} = 210 \text{ N}$$



#### Nota 1

$P_{\text{canne+intonaco}}$  = Peso per unità di area dato dalla centina, dallo stuoiato e dall'intonaco ( $0,3 \text{ N/mm}^2$ ).

$l$  = larghezza di influenza ( $0,7 \text{ m}$ ).

$L$  = Lunghezza della centina ( $8 \text{ m}$ ).

#### Nota 2

$\sigma_{ad}$  = Tensione di aderenza della resina;  $\sigma_{ad} \cong \frac{1}{10} \cdot \sigma_R$ .

$\sigma_R$  = Tensione di trazione della resina<sup>3</sup> ( $20 \div 50 \text{ N/mm}^2$ ).


#### Nota 3

Barbero Ever J., 1998, pag. 29.

Fig. D.1 – Individuazione dei cavallotti lungo la centina centrale e della loro area d'influenza.

#### LEGENDA

 Cavallotti

 Area di influenza riguardante l'aderenza resina – stuoiato.

L'area di aderenza è stata calcolata dunque supponendo una distribuzione uniforme delle tensioni<sup>2</sup>:

$$A = \frac{F}{\sigma_{ad}}$$

Considerando la tensione minima tra quelle descritte in nota 2

$$\sigma_R = 20 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ad} \cong \frac{1}{10} \cdot 20 = 2 \text{ N/mm}^2$$

L'area di aderenza resina – stuoiato è perciò data da:

$$A = \frac{210 \text{ N}}{2 \text{ N/mm}^2} = 105 \text{ mm}^2$$

L'area così determinata era quella minima che assicurava la tenuta del peso dovuto all'intonaco e alle canne. Si sottolinea che in questo modo i cavallotti sono progettati in maniera tale che da soli siano capaci di sostenere tutto il peso; si trascura infatti che una parte di esso possa essere in realtà sorretta dai tambocci a cui la camorcanna è ancorata mediante chiodature.

Le fasce intradossali sono state dimensionate facendo riferimento alla teoria dell'equilibrio dei fili e delle funi<sup>4</sup>.

Per il dimensionamento si è fatto riferimento alla fascia più caricata.

In Tabella D.1a sono riportati i pesi dei vari componenti che costituiscono la volta realizzata in laboratorio.

L'area d'influenza considerata è quella rappresentata nella Figura D.2.

La larghezza trasversale è quindi pari a  $l=1220 \text{ mm}$ . Il carico distribuito su una fascia di larghezza pari a  $20 \text{ cm}$  è dato dalla seguente relazione:

$$q = P_{totale} \cdot l = 0,38 \cdot 10^{-3} \cdot 1220 = 0,464 \text{ N/mm}$$

**Nota 4**

Belluzzi O., 1971, pagg. 148-156.



**Tabella D.1 a) –** Peso totale della volta n°3 della sperimentazione.

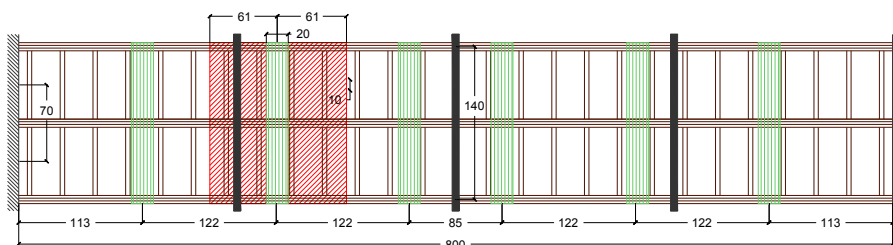
**Tabella D.1 b) –** Caratteristiche del tessuto unidirezionale in fibra di carbonio.

	Peso centina centrale		Fibra di carbonio Unidirezionale	
	KN/m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		mm
<b>P</b> centina	5,629·10 <sup>-2</sup>		Larghezza (L)	200
<b>P</b> canne + intonaco	0,30		Spessore (s)	0,164
<b>P</b> tambocci	2,043·10 <sup>-2</sup>			mm <sup>2</sup>
<b>P</b> totale	0,38	0,38 · 10 <sup>-3</sup>	Area sezione	32,8

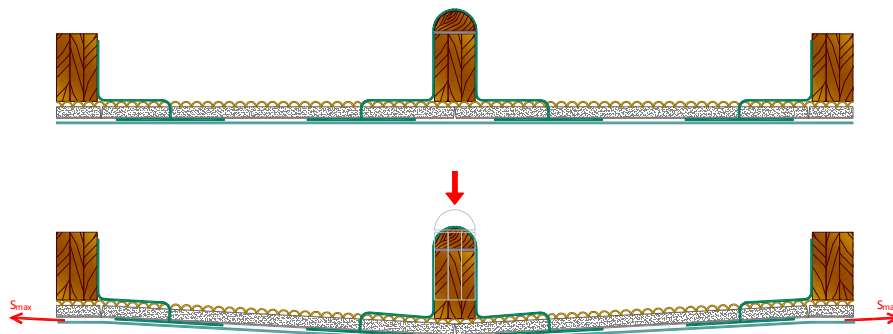
**Fig. D.2 –** Individuazione dell'area d'influenza riguardante la fascia considerata (in cm).

**LEGENDA**

-  Fasce in fibra di carbonio
-  Area di influenza riguardante l'aderenza resina – stuoiato.



**Fig. D.3 –** Schema della fascia in CFRP intradossale.



La fascia considerata è sorretta dai risvolti dei cavallotti centrali e laterali, fatti aderire precedentemente all'intonaco come nello schema di Figura D.3.

Nel calcolo della fascia i risvolti del cavallotto centrale sono stati trascurati. Per questo motivo la lunghezza della fascia presa in esame è pari a  $l = 1400$  mm. Per il dimensionamento e la verifica delle fasce, a vantaggio di sicurezza, è stata considerata la condizione più sfavorevole, quella cioè della maggiore freccia registrata in mezzeria durante la prova di fessurazione su volte non consolidate. Tale freccia, per un carico massimo di 3600 N, è pari a: 43,62 mm (Grafico 3.1, Capitolo 3, § 3.3).

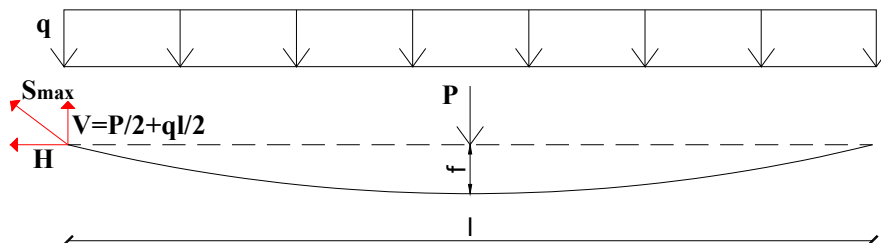


Fig. D.4 – Schema di calcolo della fascia. Si fa riferimento alla teoria dei fili e delle funi.

La fune coincide con la funicolare del carico (Fig. D.4), quindi la risultante di tutte le forze precedenti nella sezione passa per il suo baricentro, rispetto al quale è nullo, perciò, il momento delle forze stesse.

$$-H \cdot f + \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} + \frac{q \cdot l}{2} \cdot \frac{l}{4} = 0$$

La componente orizzontale della forza a cui è stata sottoposta la fascia è dunque pari a:

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot f} + \frac{P \cdot l}{4 \cdot f} = \frac{0,464 \cdot 1400^2}{8 \cdot 43,62} + \frac{3600 \cdot 1400}{4 \cdot 43,62} = 31492 \text{ N}$$

È stata poi determinata la forza agente sulla fascia:

$$S_{max} = \sqrt{H^2 + \left(\frac{q \cdot l}{2} + \frac{P}{2}\right)^2} = \sqrt{31492^2 + \left(\frac{0,464 \cdot 1400}{2} + \frac{3600}{2}\right)^2} = 31564 \text{ N}$$

A questo punto è stato possibile stabilire la tensione agente sulla fascia<sup>5</sup>:

$$\sigma = \frac{S_{max}}{A} = \frac{31564}{32,8} = 962 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 4800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tale valore è stato confrontato con la tensione di trazione della fibra, pari a 4800 N/mm<sup>2</sup>.

**Nota 5**

*A = area della sezione del tessuto unidirezionale.  
Per la tensione di rottura della fibra di carbonio, si fa riferimento alla scheda tecnica del materiale.*

**D.2. Svolgimento della prova di carico fino a rottura**

Lo scopo della prova di carico sulle volte consolidate è stato quello di verificare l'efficacia dei due sistemi di consolidamento realizzati e descritti dettagliatamente nel Capitolo 3, § 3.7. Una volta appurata tale efficacia le volte sono state portate a rottura con il fine di valutare il loro comportamento fino al collasso.

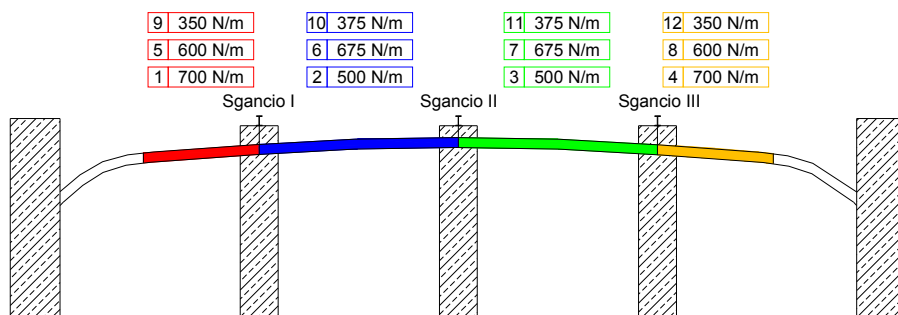
Le fasi percorse per portare a rottura il sistema sono le stesse della prova a fessurazione su volte non consolidate descritta nell'Appendice B, § B.2; per cui inizialmente si è provveduto con l'allentamento dei tiranti (Fig. B.9).

In seguito sono stati riprodotti gli steps di carico già effettuati nella prova di fessurazione; di seguito sono stati incrementati i carichi fino allo step di carico 12 (Fig. D.5); per cui le volte sono state monitorate fino a un carico complessivo di circa 10000 N (ovvero 1 tonnellata). Per tutti questi step di carico la strumentazione posizionata come in Figura B.8 ha monitorato le deformazioni immediate e dopo sei minuti dall'applicazione del carico delle tre volte.



**Fig. D.5** – Schema di carico delle volte consolidate. Dopo lo sgancio dei tiranti sono stati inizialmente ripercorsi gli step di carico della prova su volte non consolidate.

Dallo step 5 in poi si registra un aumento del carico rispetto alla prova di fessurazione fino a raggiungere un carico complessivo di circa una tonnellata.

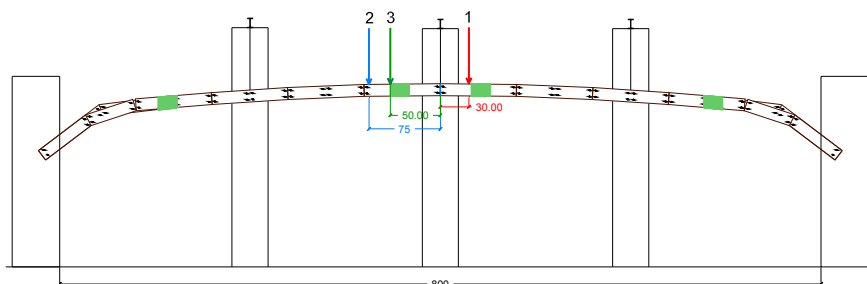


Raggiunta la tonnellata di carico, quindi sono stati tolti gli strumenti ed è stato applicato un carico puntuale sulla centina centrale, attraverso un martinetto idraulico. A causa della presenza dell'IPE centrale per la sospensione della volta, non è stato possibile posizionare il martinetto in mezzeria. Si è deciso dunque di caricare le due volte con intervento continuo in punti diversi tra loro, posizionati ai lati opposti e quanto più possibile vicino alla mezzeria. Per la volta n°3 invece il martinetto è stato posizionato in un punto intermedio a quelli precedenti. In Figura D.6 sono rappresentate in prospettiva le posizioni del martinetto idraulico nelle tre volte consolidate.

**Fig. D.6** – Schema della disposizione dei martinetti idraulici utilizzati per la rottura delle tre volte.

**LEGENDA**

- █ Posizione del martinetto per la volta n°1
- █ Posizione del martinetto per la volta n°2
- █ Posizione del martinetto per la volta n°3
- █ Posizione dei cavallotti all'estradosso



Analizzando i risultati della prova di carico delle volte consolidate, illustrati nelle Tabelle D.2, D.3, D.4, è evidente come gli interventi di consolidamento hanno aumentato notevolmente la rigidezza e la resistenza del sistema.

**Tabella D.2** – Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4) della volta n°1 in corrispondenza di tutti i trasduttori induttivi di spostamento (in cm).

Trasduttore	Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4, Figg. B.9, B.10)			
	Volta n°1		Δ	Δ%
	Non consolidata (NC)	Consolidata (C)	= C - NC	= [(C - NC)/NC] · 100
1	-24,21	-10,65	13,02	56%
2	-39,97	-13,23	25,81	67%
3	-0,32	-0,40	0,08	26%
4	-0,57	-1,80	1,22	213%
5	-27,62	-10,39	17,23	62%
6	-3,07	-2,88	0,19	6%
7	-30,34	-10,8	19,45	64%
8	-32,88	-10,48	22,40	68%
9	-3,44	-1,5419	1,90	55%

Trasduttore	Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4, Figg. B.9, B.10)			
	Volta n°2		$\Delta$	$\Delta\%$
	Non consolidata (NC)	Consolidata (C)	$= C - NC$	$= [(C - NC)/NC] \cdot 100$
1	-24,14	-13,90	11,24	45%
2	-43,62	-17,24	26,39	60%
3	-3,25	0,34	3,59	110%
4	-0,47	-0,66	0,19	40%
5	-28,56	-13,74	14,82	52%
6	-2,50	-3,91	1,41	57%
7	-28,26	-11,98	16,28	58%
8	-32,34	-12,81	19,53	60%
9	-2,20	-1,06	1,14	52%

**Tabella D.3** – Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4) della volta n°2 in corrispondenza di tutti i trasduttori induttivi di spostamento (in cm).

Trasduttore	Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4, Figg. B.9, B.10)			
	Volta n°3		$\Delta$	$\Delta\%$
	Non consolidata (NC)	Consolidata (C)	$= C - NC$	$= [(C - NC)/NC] \cdot 100$
1	-24,05	-13,70	10,35	45%
2	-43,51	-24,43	19,07	44%
3	-1,04	-0,98	0,06	5%
4	-1,02	-1,71	0,69	68%
5	-25,65	-13,21	12,43	48%
6	-4,51	-3,53	0,98	22%
7	-31,07	-18,90	12,17	39%
8	-30,94	-32,95	2,01	6%
9	-2,96	-3,32	0,36	12%

**Tabella D.4** – Abbassamenti a parità di carico (Step di carico 4) della volta n°3 in corrispondenza di tutti i trasduttori induttivi di spostamento (in cm).

In termini di rigidità invece, considerando in prima approssimazione un comportamento lineare, si ha che il carico applicato è il prodotto della rigidità  $K$  e della freccia  $f$ :

$$q_1 = K_{NC} \cdot f_{NC}^{(2)} \quad \text{Carico sulla volta non consolidata}$$

$$q_2 = K_C \cdot f_C^{(2)} \quad \text{Carico sulla volta consolidata}$$

Si pone quindi  $q_1 = q_2$  ottenendo  $K_{NC} \cdot f_{NC}^{(2)} = K_C \cdot f_C^{(2)}$ .

A questo punto è possibile quantificare l'aumento di rigidità del sistema voltato (si fa riferimento agli abbassamenti registrati dal trasduttore 2 dopo 5–6 minuti dall'applicazione del pieno carico) con la relazione seguente:

$$K_C = K_{NC} \cdot \frac{f_{NC}^{(2)}}{f_C^{(2)}}$$

Per la volta n°1 si ha:  $K_C = K_{NC} \cdot \frac{3,99 \text{ cm}}{1,32 \text{ cm}} = 3,02 \cdot K_{NC}$

Per la volta n°2 si ha:  $K_C = K_{NC} \cdot \frac{4,36 \text{ cm}}{1,72 \text{ cm}} = 2,53 \cdot K_{NC}$

Per la volta n°3 si ha:  $K_C = K_{NC} \cdot \frac{4,35 \text{ cm}}{2,44 \text{ cm}} = 1,78 \cdot K_{NC}$



## APPENDICE E

### IL DIMENSIONAMENTO DELL'INTERVENTO SUL PLAFONE

In questa sezione si descrivono prima l'approccio e le modalità di svolgimento delle verifiche sulla struttura esistente, finalizzate ad accertare se le capriate esistenti siano o meno in grado di fronteggiare la redistribuzione dei carichi conseguente all'intervento da realizzare, poi le modalità di calcolo relative all'intero progetto di recupero e consolidamento.

Come spiegato nel capitolo 4, sono state individuate quattro tipologie di capriate:

- *Tipo 1*: capriata con saette (Fig. 4.4 a);
- *Tipo 2*: capriata senza saette (Fig. 4.4 b);
- *Tipo 3*: capriata a sostegno della passerella esistente (Fig. 4.6);
- *Tipo 4*: capriata laterale (Fig. 4.5).

Per le verifiche si è fatto riferimento alle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008), alle istruzioni per la loro applicazione (Circolare n. 617 del 14/02/2009) e all'Eurocodice 5 riguardante la progettazione delle strutture in legno.

#### E.1. Verifiche delle capriate Tipo 1 e Tipo 2

Per determinare le sollecitazioni sulle capriate esistenti è stato implementato il loro modello in un software agli elementi finiti. Il modello è stato vincolato alle due estremità inferiori con un carrello e una cerniera.

Questo procedimento è stato eseguito per ogni capriata. Si è quindi proceduto con la determinazione dei carichi agenti sulle singole capriate (Fig. E.1 a,b e Tabella E.1), da inserire all'interno del software per capire il comportamento d'insieme delle strutture e per risolvere eventuali problematiche riscontrate in fase di analisi.

Carico	Tipologia	
$G_{k1-2-3-4}$	Peso proprio della struttura lignea	KN/m
$G_{k5}$	Peso della copertura portato	KN/m
$G_{k6}$	Peso della muratura portato	KN/m
$G_{k7}$	Peso della passerella portato	KN
$G_{k8}$	Peso della camorcanna portato	KN
$Q_{k1}$	Accidentale della neve	KN/m
$Q_{k2}$	Accidentale della copertura	KN/m
$Q_{k3}$	Accidentale della passerella	KN

Una volta stabiliti tutti i carichi agenti si è proceduto con la valutazione della sicurezza facendo riferimento ai soli SLU, in quanto l'intervento riguarda le costruzioni esistenti. È stata individuata la seguente combinazione di carico:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2}$$

Nei calcoli non è stata fatta distinzione tra i pesi propri di elementi strutturali ( $G_1$ ) e quelli di elementi non strutturali ( $G_2$ ), in quanto essendo i carichi non strutturali ben definiti per essi si possono adottare i coefficienti validi per i carichi strutturali

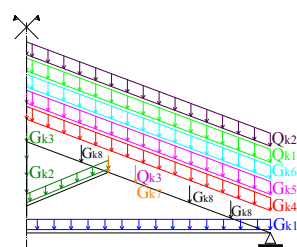


Fig. E.1 a) – Schema di carico delle capriate con saette: Tipo 1.

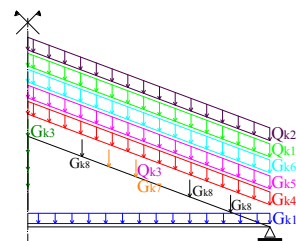


Fig. E.1 b) – Schema di carico delle capriate senza saette: Tipo 2.

Tabella E.1 – Definizione dei carichi e dei sovraccarichi agenti sulle capriate Tipo 1 e Tipo 2.

permanenti (vedi NTC 2008, § 2.6 “Azioni nelle verifiche agli stati limite”, Tabella 2.6.I, normativa di riferimento).

Sono state considerate tre diverse combinazioni:

- **1° combinazione di carico:** *SLU1* si considera come carico accidentale principale la neve.

$$1,3 \cdot G_1 + 1,3 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q_{K1} + 1,5 \cdot 0 \cdot Q_{K2} + 1,5 \cdot 0 \cdot Q_{K3}$$

- **2° combinazione di carico:** *SLU2* si considera come carico accidentale principale il carico accidentale della copertura.

$$1,3 \cdot G_1 + 1,3 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q_{K2} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{K1} + 1,5 \cdot 0 \cdot Q_{K3}$$

- **3° combinazione di carico:** *SLU3* si considera come carico accidentale principale il carico accidentale della passerella.

$$1,3 \cdot G_1 + 1,3 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q_{K3} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot Q_{K1} + 1,5 \cdot 0 \cdot Q_{K2}$$

È stato poi eseguito l'inviluppo delle tre combinazioni, così da compiere le verifiche con la sollecitazione più sfavorevole per ogni elemento. Per determinare le sollecitazioni sulle strutture è stata eseguita un'analisi di calcolo statica lineare con l'ausilio di un software di calcolo agli elementi finiti. In Tabella E.2 si riportano tutti i valori di resistenza utilizzati per le verifiche della struttura.

Tutte le tensioni di calcolo sono state confrontate con quelle caratteristiche ridotte con determinati coefficienti, così come prescritto da normativa.

**Tabella E.2** – Valori di resistenza dei materiali utilizzati per le verifiche.



**Fig. E.2** – Piastre in acciaio affiancate ed incollate alla catena in legno delle capriate di copertura.

Materiale	Sollecitazione	Proprietà di resistenza [N/mm <sup>2</sup> ]			
LEGNO	Flessione	$f_{m,k}$	22	$f_{m,d}$	11,73
	Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	13	$f_{t,0,d}$	6,93
	Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0,3	$f_{t,90,d}$	0,16
	Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	20	$f_{c,0,d}$	10,67
	Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	5,1	$f_{c,90,d}$	2,72
	Taglio	$f_{v,k}$	2,4	$f_{v,d}$	1,28
ACCIAIO S235	Tensione di snervamento	$f_{y,k}$	235	$f_{y,d}$	223,81
	Tensione di rottura	$f_{t,k}$	360	$f_{t,b}$	288
ACCIAIO S355	Tensione di snervamento	$f_{y,k}$	355	$f_{y,d}$	338
	Tensione di rottura	$f_{t,k}$	510	$f_{t,b}$	408
BULLONI	Resistenza a rottura	$f_{t,b}$	800		

### E.1.1. Verifiche degli elementi delle capriate

**Nota 1**

La sezione della catena è composta da un elemento ligneo a cui sono affiancati due piatti di acciaio. (Fig. E.2) Per la verifica dell'elemento, a vantaggio di sicurezza, si affida tutta la flessione al legno e tutta la trazione ai profili di acciaio.

Le verifiche di resistenza (Tabella E.3), eseguite per ogni capriata, sono state le seguenti:

- **puntoni:** verifiche a pressoflessione, carico di punta e taglio;
- **catene:** verifiche a trazione e a flessione<sup>1</sup>;
- **saette:** verifiche a carico di punta;

		CAPRIATA CON SAETTE (N°1)				CAPRIATA SENZA SAETTE (N°2)		
		PUNTONE	CATENA ACCIAIO	CATENA LIGNEA	SAETTE	PUNTONE	CATENA ACCIAIO	CATENA LIGNEA
N [N]	Sforzo assiale	$1,90 \cdot 10^5$	$1,66 \cdot 10^5$	$1,66 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^4$	$9,33 \cdot 10^4$	$8,82 \cdot 10^4$	$8,82 \cdot 10^4$
T [N]	Taglio	$2,13 \cdot 10^4$	$7,09 \cdot 10^3$	$7,09 \cdot 10^3$	$8,30 \cdot 10^2$	$4,64 \cdot 10^3$	$7,72 \cdot 10^3$	$7,72 \cdot 10^3$
M [N·mm]	Momento flettente	$2,33 \cdot 10^7$	$2,25 \cdot 10^7$	$2,25 \cdot 10^7$	$5,10 \cdot 10^5$	$5,72 \cdot 10^7$	$2,35 \cdot 10^7$	$2,35 \cdot 10^7$
A [mm <sup>2</sup> ]	Area della sezione	$9,80 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$9,90 \cdot 10^4$	$5,50 \cdot 10^4$	$9,9 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$1,09 \cdot 10^5$
W [mm <sup>3</sup> ]	Modulo di resistenza	$5,00 \cdot 10^6$	---	$5,00 \cdot 10^6$	$2,00 \cdot 10^6$	$5,00 \cdot 10^6$	---	$6,00 \cdot 10^6$
$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N/A$	1,93	---	---	1,38	0,94	---	---
$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M/W$	4,90	---	4,11	---	10,50	---	3,81
$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T/A$	0,22	---	---	---	0,05	---	---
VERIFICA PRESSO-FLESSIONE	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$	0,45<1	---	---	---	0,90<1	---	---
VERIFICA TAGLIO	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$	0,22<1,28	---	---	---	0,05<1	---	---
CARICO DI PUNTA	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$	0,18<1	---	---	0,13<1	0,09<1	---	---
FLESSIONE	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}}$	---	---	0,35<1	---	---	---	0,32<1
TRAZIONE PIASTRE	$\frac{N_{ED}}{N_{t,Rd}} \leq 1$	---	0,02<1	---	---	---	0,012<1	---
TRAZIONE LEGNO	$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$	---	---	1,63<6,93	---	---	---	0,81<6,93
$N_{t,Rd}$	$\frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$	---	$6,71 \cdot 10^6$	---	---	---	$3,58 \cdot 10^6$	---
$\gamma_{m0}$	NTC 2008 (Tabella 4.2 XII)	---	1,05	---	---	---	1,05	---
$k_m$	NTC 2008 (Tabella 4.4 IV)	0,7	---	---	---	0,7	---	---
$k_{crit,c}$	NTC 2008 (§ 4.4.8.2.2)	1	---	---	---	1	---	---

Tabella E.3 – Verifiche di resistenza delle capriate Tipo 1 e Tipo 2. Per i valori di resistenza del materiale si fa riferimento alla Tabella E.2.

### E.1.2. Verifiche degli appoggi delle capriate

Le capriate n°1-2-3-4-5-6 (Fig. 4.14) poggiano su una trave HEA 140 appoggiata su due travi a sbalzo HEA 140 inserite all'interno della muratura (Fig. E.3). Sono state trovate, sempre mediante software di calcolo agli elementi finiti, le reazioni di ogni capriata agenti sugli appoggi della muratura.

Dopo aver preso in considerazione la reazione maggiore tra quelle ottenute, la verifica a flessione è stata divisa in due parti:

- trave appoggiata caricata in mezzeria (Fig. E.4 a);
- trave incastrata caricata all'estremità (Fig. E.4 b).



Fig. E.3 – Appoggio della capriata di copertura sulla muratura perimetrale realizzata con HEA 140.

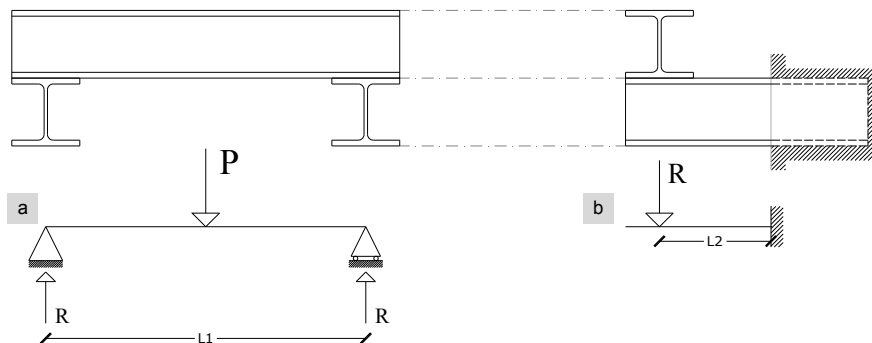
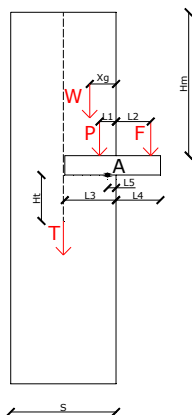


Fig. E.4 a) – Schema dell'appoggio 1 – trave caricata in mezzeria.

Fig. E.4 b) – Schema dell'appoggio 2 – trave caricata all'estremità.

Nella Tabella E.4 si riportano in dettaglio le verifiche per gli appoggi delle capriate n°1 (con saette: Tipo 1) e n°2 (senza saette: Tipo 2).

**Tabella E.4** – Verifiche di resistenza dell'appoggio per le due capriate tipo. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.



**Fig. E.5** – Schema delle forze agenti sull'appoggio.

	CAPRIATA N°1	CAPRIATA N°2	
<b>TRAVE APPOGGIATA E CARICATA IN MEZZERIA (Fig. E.4 a)</b>	P [KN]	100	80,48
	L <sub>1</sub> [m]	0,95	0,95
	M <sub>E,d</sub> [KN·m]	P · L/4 = 23,75	P · L/4 = 21,18
	W [m <sup>3</sup> ]	1,55 · 10 <sup>-4</sup>	1,55 · 10 <sup>-4</sup>
	M <sub>C,rd</sub> [KN·m]	W · f <sub>y,d</sub> = 34,69	W · f <sub>y,d</sub> = 34,69
$\frac{M_{E,d}}{M_{C,rd}} \leq 1$	0,68 < 1	0,61 < 1	
<b>MENSOLA CARICATA ALL'ESTREMITÀ (Fig. E.4 b)</b>	R [KN]	50	40,24
	L <sub>2</sub> [m]	0,25	0,25
	M <sub>E,d</sub> [KN·m]	R · L = 12,5	R · L = 10,06
	W [m <sup>3</sup> ]	1,55 · 10 <sup>-4</sup>	1,55 · 10 <sup>-4</sup>
	M <sub>C,rd</sub> [KN·m]	W · f <sub>y,d</sub> = 34,69	W · f <sub>y,d</sub> = 34,69
$\frac{M_{E,d}}{M_{C,rd}} \leq 1$	0,36 < 1	0,29 < 1	

**E.1.3. Verifiche al ribaltamento della muratura d'ambito**

Per la verifica al ribaltamento della muratura a causa dell'eccentricità dell'appoggio delle capriate descritto precedentemente si utilizza lo schema in Figura E.5.

Si verifica se il meccanismo di rotazione intorno alla cerniera A è attivabile ponendo il momento stabilizzante (M<sub>S</sub>) minore del momento ribaltante (M<sub>R</sub>).

**Tabella E.5** – Verifiche di ribaltamento del muro a causa dell'eccentricità dell'appoggio delle capriate. Si precisa che i valori di P e di F sono stati determinati attraverso la modellazione agli elementi finiti delle capriate.

**Nota 2**

Per la verifica dell'aderenza acciaio-muratura si utilizza la seguente relazione:

$$\frac{T}{H_T \cdot Circ} \leq \tau_{adesione} = 2 \frac{N}{mm^2}$$

Dove:

Circ = circonferenza del tirante

H<sub>T</sub> = altezza della barra al di sotto dell'appoggio HEA 140.

	CAPRIATA N°1	CAPRIATA N°2
S [m]	0,76	0,76
X <sub>g</sub> [m]	0,19	0,25
L <sub>1</sub> [m]	0,12	0,17
L <sub>2</sub> [m]	0,25	0,12
L <sub>3</sub> [m]	0,37	0,50
L <sub>4</sub> [m]	0,32	0,19
L <sub>5</sub> [m]	0,06	0,08
H <sub>m</sub> [m]	1,03	1,03
γ <sub>m</sub> [KN/m <sup>3</sup> ]	18	18
W = S · H <sub>m</sub> · γ <sub>m</sub> [KN]	9,30	9,30
P [KN]	25,26	50,58
F [KN]	42,72	65,11
M <sub>R</sub> = F · (L <sub>2</sub> + L <sub>5</sub> ) [KN/m]	13,32	13,24
M <sub>S</sub> = P · (L <sub>1</sub> - L <sub>5</sub> ) + W · (L <sub>3</sub> - L <sub>5</sub> ) [KN/m]	4,43	8,09

Poiché la verifica non è soddisfatta, è stato calcolato il tiro (T) necessario affinché lo fosse. Determinato tale tiro è stato dimensionato il tirante ed è stato verificato che la τ<sub>aderenza</sub> tra il tirante e il muro fosse maggiore della τ<sub>adesione</sub> tra acciaio e muratura<sup>2</sup> (Tabella E.5). Il tiro è stato determinato tramite la relazione:  $T = \frac{M_R - M_S}{\frac{S}{2} - L_5}$  [N].

Visionando le tavole di progetto di un precedente intervento di recupero, si è riscontrata la presenza di un cordolo in acciaio che corre lungo le pareti perimetrali del Teatro, assicurato alla muratura mediante tirafondi in acciaio che arrivano ad una profondità maggiore di 0,33 m. Il tiro che è stato determinato nella Tabella E.6 è quindi assorbito da questi tirafondi esistenti.

**Tabella E.6** – Calcolo del tiro e verifiche di aderenza acciaio - muratura.

	CAPRIATA N°1	CAPRIATA N°2
T [KN]	34,74	17,36
H <sub>T</sub> [m]	0,33	0,33
D <sub>barra</sub> [mm]	20	20
Circ [mm]	62,83	62,83
τ <sub>aderenza</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	1,68 < 2	0,84 < 2

**E.1.4. Verifiche di scorrimento del nodo puntone – catena**

La verifica a scorrimento (Tabella E.7) è stata necessaria poiché, caricando le capriate, il puntone in prossimità del nodo potrebbe scorrere rispetto alla catena. A tal proposito si considera lo schema di Figura E.6 e si verifica che:

$$\tau_{scorrimento} \leq \tau_{aderenza\ legno-legno} = 0,8 \frac{N}{mm^2}$$

Per determinare l'area di scorrimento del nodo si considera la media tra le misure a e b in Figura E.6.

	CAPRIATA N°4	CAPRIATA N°5
a [mm]	680	850
b [mm]	390	550
$d = \frac{a+b}{2}$ [mm]	535	700
$A_{scorrimento} = c \cdot d$ [mm <sup>2</sup> ]	160500	175000
N [N]	78850	89040
$\alpha$	21°	21°
$N_o = N \cdot \cos \alpha$ [N]	73613	83126
$\tau_{scorrimento} = \frac{N_o}{A_{scorrimento}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,46 < 0,8	0,48 < 0,8

Tabella E.7 – Verifiche di scorrimento del nodo catena – puntone.

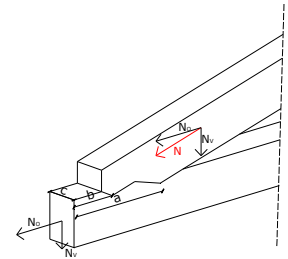


Fig. E.6 – Schema del generico nodo delle capriate di copertura.

**E.2. Verifiche della capriata Tipo 3**

La capriata a sostegno della passerella esistente, invece, è costituita da una catena in acciaio di diametro pari a 35 mm, da una sottocatena in legno, puntoni e sotto puntoni. La catena in acciaio passa all'interno del dormiente ligneo che poggia direttamente sulla muratura dell'edificio (Fig. 4.7). Inoltre il dormiente è sorretto alle estremità da un puntone secondario inclinato che ha la funzione di rompere la luce libera d'inflessione dando quindi un altro punto di appoggio alla struttura.

La modellazione di questa capriata è stata eseguita con le modalità descritte per le capriate Tipo 1 e Tipo 2. Anche i carichi agenti sulla capriata sono rappresentati in Figura E.7 e descritti in Tabella E.8.

Le verifiche di sicurezza sugli elementi lignei di questa struttura sono state eseguite con le stesse modalità delle capriate Tipo 1 e Tipo 2, e sono descritte in Tabella E.9.

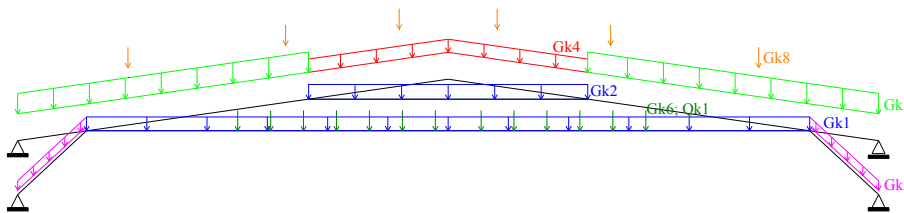


Fig. E.7 – Schema di carico delle capriate della passerella: Tipo 3.

Carico	Tipologia	
$G_{k1-2-3-4-5}$	Peso proprio della struttura lignea	KN/m
$G_{k6}$	Peso della passerella portato	KN
$G_{k8}$	Peso della camorcanna portato	KN
$Q_{k1}$	Accidentale della passerella	KN

Tabella E.8 – Definizione dei carichi e dei sovraccarichi agenti sulla capriata Tipo 3.



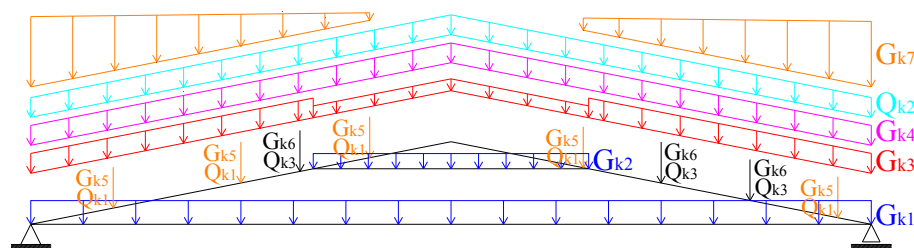
**Tabella E.9** – Verifiche di resistenza della capriata Tipo 3. Per i valori di resistenza del materiale si fa riferimento alla Tabella E.2.

		CAPRIATA A SOSTEGNO DELLA PASSERELLA (Tipo 3)			
		PUNTONE	SOTTO - PUNTONE	CATENA ACCIAIO	CATENA LIGNEA
N [N]	Sforzo assiale	$7,44 \cdot 10^4$	$5,16 \cdot 10^4$	$3,44 \cdot 10^3$	$2,20 \cdot 10^4$
T [N]	Taglio	$4,72 \cdot 10^3$	$0,33 \cdot 10^3$	---	$0,58 \cdot 10^3$
M [N·mm]	Momento flettente	$7,55 \cdot 10^5$	$3,62 \cdot 10^6$	$0,88 \cdot 10^6$	$0,75 \cdot 10^6$
A [mm <sup>2</sup> ]	Area della sezione	$6,8 \cdot 10^4$	$3,68 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^2$	$2,88 \cdot 10^4$
W [mm <sup>3</sup> ]	Modulo di resistenza	$5,00 \cdot 10^6$	$1,00 \cdot 10^6$	$4,21 \cdot 10^3$	$1,00 \cdot 10^6$
$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N/A$	1,08	1,40	---	---
$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M/W$	1,53	2,57	3,58	0,87
$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T/A$	0,07	0,01	---	---
VERIFICA PRESSO-FLESSIONE	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$	0,14 < 1	0,24 < 1	---	---
VERIFICA TAGLIO	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$	0,07 < 1,28	0,01 < 1,28	---	---
FLESSIONE	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$	---	---	0,90 < 1	0,08 < 1
CARICO DI PUNTA	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$	0,10 < 1	0,13 < 1	---	---
$k_{crit,c}$	NTC 2008 (§ 4.4.8.2.2)	1	---	---	---
$k_m$	NTC 2008 (Tabella 4.4 IV)	0,7	---	---	---

### E.3. Verifiche della capriata Tipo 4

Per la capriata laterale, che sorregge dal lato sud tutte quelle a sostegno della copertura, sono state eseguite le stesse verifiche descritte nel § E.1 (Fig. E.8). La Tabella E.10, descrive i carichi agenti su questa capriata.

**Fig. E.8** – Schema di carico della capriate laterale: Tipo 4.



**Tabella E.10** – Definizione dei carichi e dei sovraccarichi agenti sulla capriata Tipo 4.

Carico	Tipologia	
$G_{k1-2-3}$	Peso proprio della struttura lignea	KN/m
$G_{k4}$	Peso della copertura portato	KN/m
$G_{k5}$	Peso delle capriate trasversali	KN
$G_{k6}$	Peso della camorcanna portato	KN
$G_{k7}$	Peso della muratura portato	KN/m
$Q_{k1}$	Accidentale delle capriate trasversali	KN
$Q_{k2}$	Accidentale della copertura portato	KN/m
$Q_{k3}$	Accidentale della camorcanna	KN

Nella modellazione di questa capriata occorre considerare l'interazione dei puntone con i sotto - puntone poiché queste due sezioni sono a contatto tra di loro. Per tenerne conto sono stati inseriti braccetti rigidi di collegamento tra le due sezioni, tanto più fitti quanto maggiore è l'attrito tra le due membrature: per questo motivo in prossimità dei nodi i braccetti sono molto più ravvicinati.

Il braccetto rigido è stato realizzato tramite pendoli aventi una rigidezza  $10^4$  volte più grande rispetto a quella del puntone e dei sotto - puntone.

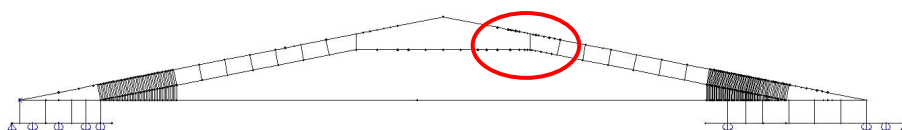


Fig. E.9 – Modello della capriata laterale inserita nel software agli elementi finiti.

Dopo aver inserito tale modello in un software di calcolo agli elementi finiti, e aver applicato a esso tutte le azioni gravanti su questa capriata, sono state fatte le verifiche con le sollecitazioni derivanti dall'analisi. Con tali sollecitazioni i puntoni lignei della parte destra della capriata (all'interno del cerchio rosso in *Figura E.9*) non risultano verificati secondo quanto prescritto da normativa (*Tabella E.11*).

		CAPRIATA LATERALE (Tipo 4) prima dell'intervento			
		PUNTONE	SOTTO - PUNTONE	CATENA	SOTTO - CATENA
N [N]	Sforzo assiale	$1,94 \cdot 10^5$	$6,35 \cdot 10^5$	$7,96 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^5$
T [N]	Taglio	$37,55 \cdot 10^3$	$71,52 \cdot 10^3$	$7,62 \cdot 10^3$	$0,32 \cdot 10^3$
M [N·mm]	Momento flettente	$56,74 \cdot 10^6$	$98,39 \cdot 10^6$	$21,35 \cdot 10^6$	$1,34 \cdot 10^6$
A [mm <sup>2</sup> ]	Area della sezione	$1,02 \cdot 10^5$	$1,02 \cdot 10^5$	$1,60 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
W [mm <sup>3</sup> ]	Modulo di resistenza	$5,50 \cdot 10^6$	$5,50 \cdot 10^6$	$1,10 \cdot 10^7$	$7,10 \cdot 10^6$
$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N/A$	1,90	6,25	---	5,33
$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M/W$	10,32	17,90	1,94	0,19
$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T/A$	0,37	0,70	---	---
VERIFICA PRESSO-FLESSIONE	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$	0,92 < 1	1,87 > 1	---	0,27 < 1
VERIFICA TAGLIO	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$	0,37 < 1,28	0,70 < 1,28	---	---
FLESSIONE	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$	---	---	0,17	---
CARICO DI PUNTA	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$	0,18 < 1	0,66 < 1	---	0,50 < 1
$k_{crit,c}$	NTC 2008 (§ 4.4.8.2.2)	1	---	---	---

Tabella E.11 – Verifiche di resistenza della capriata Tipo 4, prima dell'intervento di rinforzo strutturale. Per i valori di resistenza del materiale si fa riferimento alla Tabella E.2.

Per questo motivo è stato necessario prevedere un intervento atto a diminuire le sollecitazioni sugli elementi lignei. Il rinforzo strutturale realizzato è un intervento reversibile e in linea con la tecnologia costruttiva della capriata, tale da non alterare il comportamento strutturale del sistema.

È stato realizzato quindi il modello della capriata con l'intervento (*Fig. E.10*) e sono state determinate le nuove sollecitazioni di calcolo. Si è proceduto quindi alle verifiche di resistenza degli elementi costituenti la capriata, con la stessa metodologia descritta nel § E.1.

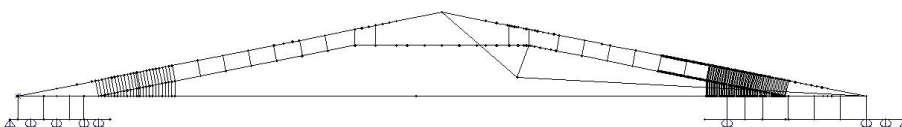


Fig. E.10 – Modello della capriata laterale con il sistema di rinforzo inserita nel software agli elementi finiti.

Dopo aver verificato (*Tabella E.12*) che gli elementi della capriata con la realizzazione dell'intervento soddisfano quanto prescritto da normativa, si è proceduto al dimensionamento della carpenteria necessaria per lo stesso intervento realizzato come illustrato nel Capitolo 4, § 4.3.1.

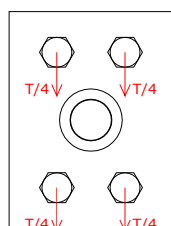
**Tabella E.12** – Verifiche di resistenza della capriata Tipo 4, dopo l'intervento di rinforzo strutturale. Per i valori di resistenza del materiale si fa riferimento alla tabella E.2.

		CAPRIATA LATERALE (Tipo 4) dopo l'intervento			
		PUNTONE	SOTTO - PUNTONE	CATENA	SOTTO - CATENA
N [N]	Sforzo assiale	$2,62 \cdot 10^5$	$4,36 \cdot 10^5$	$6,16 \cdot 10^5$	$4,19 \cdot 10^5$
T [N]	Taglio	$15,10 \cdot 10^3$	$34,15 \cdot 10^3$	$34,15 \cdot 10^3$	$0,92 \cdot 10^3$
M [N·mm]	Momento flettente	$15,01 \cdot 10^6$	$51,27 \cdot 10^6$	$35,82 \cdot 10^6$	$0,46 \cdot 10^6$
A [mm <sup>2</sup> ]	Area della sezione	$1,02 \cdot 10^5$	$1,02 \cdot 10^5$	$1,60 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
W [mm <sup>3</sup> ]	Modulo di resistenza	$5,50 \cdot 10^6$	$5,50 \cdot 10^6$	$1,10 \cdot 10^7$	$7,10 \cdot 10^6$
$\sigma_{c,0,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$N/A$	2,56	4,26	----	3,49
$\sigma_{m,y,d}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$M/W$	2,73	9,32	3,36	1,19
$\tau_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T/A$	0,15	0,33	----	----
VERIFICA PRESSO-FLESSIONE	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$	0,25<1	0,98<1	----	0,21<1
VERIFICA TAGLIO	$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$	0,15<1,28	0,33<1,28	----	----
FLESSIONE	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} < 1$	----	----	0,90<1	----
CARICO DI PUNTA	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{crit,c} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$	0,24<1	0,40<1	----	0,33<1
$k_{crit,c}$	NTC 2008 (§ 4.4.8.2.2)	1	----	----	----

**E.3.1. Verifiche dei bulloni sulle piastre in sommità**

I bulloni per fissare le piastre alla struttura lignea sono stati verificati a taglio e a trazione come illustrato dalla Tabella E.13 (Fig. E11).

**Tabella E.13** – Verifiche dei bulloni della piastra in sommità. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.



**Fig. E.11** – Schema della forza di taglio agente sui bulloni fissati alla piastra in sommità.

BULLONI SOMMITÀ	
T [N] – taglio agente sulla piastra	35000
n° bulloni	4
T/4 [N] – taglio agente su ogni bullone	8750
d [mm] – diametro resistente	12
$A_{resistente} = \pi \cdot (d/2)^2$ [mm <sup>2</sup> ]	113,10
$\gamma_{m2}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,25
$F_{V,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{RES}}{\gamma_{m2}}$ [N] – resistenza a taglio bulloni	43429,38>8750
M [N·mm] – Momento flettente sulla piastra	700000
b [mm] – Braccio coppia interna bulloni	100
S=M/b [N] – Sollecitazione sui bulloni dovuta a M	7000
$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{RES}}{\gamma_{m2}}$ [N] – resistenza a trazione bulloni	65144,07>7000

**E.3.2. Verifiche delle unioni acciaio - legno**

È stato inoltre stato necessario verificare al rifollamento la sezione legno – acciaio, come illustrato dalla Tabella E.14.

**Tabella E.14** – Verifica delle unioni acciaio – legno. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

ACCIAIO/LEGNO	
T [N] – taglio agente sulla piastra	35000
n° bulloni	4
T/4 [N] – taglio agente su ogni bullone	8750
d [mm] – diametro nominale	14
$\rho_k$ [Kg/m <sup>3</sup> ] – peso per unità di volume	600
$k_{mod}$ (NTC 2008)	0,8
$\gamma_{m,l}$ (NTC 2008)	1,5
$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k$ [N/mm <sup>2</sup> ] – Resistenza al rifollamento del legno	42,31
$f_{h,d} = f_{h,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_{m,l}}$ [N/mm <sup>2</sup> ] – Resistenza di calcolo al rifollamento del legno	22,57
$M_{y,d} = \frac{0,8 \cdot f_{t,k} \cdot d^3}{6 \cdot \gamma_{m,l}}$ [N·mm] – Momento di snervamento del mezzo di unione	105369,6
$t_2$ [mm] – Spessore sezione lignea centrale	320

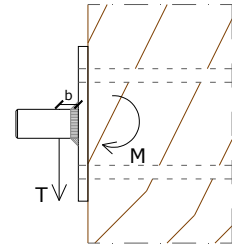
ACCIAIO/LEGNO				
$R_d^{(legno)}$ – [N] capacità portante di calcolo	$min$	$0,5 \cdot f_{h,2,d} \cdot t_2 \cdot d$	50548,7	
		$1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,2,d} \cdot d$	8975,5	8975,5
$R_d^{(acciaio)}$ – [N] capacità portante di calcolo	$min$	$0,5 \cdot f_{h,2,d} \cdot t_2 \cdot d$	50548,7	12239,4
		$1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,2,d} \cdot d$	12239,4	
$R_d$ [N] – capacità portante di calcolo <sup>3</sup>			10374,32 > 8750	

**Nota 3**

Poiché  $0,5 \cdot d < t < d$  l'Eurocodice 5 (§ 6.2.2, pag. 67) consente l'interpolazione lineare tra i valori minimi calcolati con le formule  $R_d^{(legno)}$  e  $R_d^{(acciaio)}$ .

**E.3.3. Dimensionamento del perno da saldare sulle piastre di sommità**

Sulle piastre in sommità è stato poi fissato un perno. Nella Tabella E.15 è stata illustrata la metodologia per il dimensionamento (Fig. E.12).



**Fig. E.12** – Schema della forza di taglio agente sul perno saldato alla piastra in sommità.

PERNO SOMMITÀ	
$W_{ei}$ [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza del perno D	$\frac{\pi \cdot D^3}{32}$
T [N] – taglio agente sulla piastra	35000
b [mm] – braccio	20
M [N·mm] – Momento flettente sulla piastra	70000
$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{ei} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [N·mm] - Momento resistente di progetto	
$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{M \cdot \gamma_{m0} \cdot 32}{1,5 \cdot f_{yk} \cdot \pi}}$ [mm] – Diametro minimo	27,69
$\gamma_{m0}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,05
$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tk} \cdot A}{\gamma_{m2}}$ [N] – Resistenza di calcolo a taglio	122145

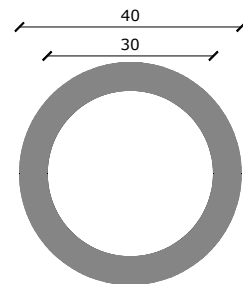
**Tabella E.15** – Dimensionamento del perno di sommità. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla tabella E.2.

**E.3.4. Dimensionamento della saldatura del perno in sommità**

Il perno è stato saldato con cordone di saldatura considerando una sezione di gola come in Figura E.13 (Tabella E.16).

PERNO SOMMITÀ	
$d_{esterno}$ [mm]	40
$D_{interno}$ [mm]	30
T [N] – taglio agente sulla piastra	35000
M [N·mm] - Momento flettente sulla piastra	70000
A [mm <sup>2</sup> ] – Sezione di gola	893,14
W [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza	4295,14
$\tau = T/A$ [N/mm <sup>2</sup> ]	63,66
$\sigma = M/W$ [N/mm <sup>2</sup> ]	162,97
$\gamma_{m2}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,25
B (NTC 2008)	0,8
$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{f_{tk}}{\beta \cdot \gamma_{m2}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	196,77 < 360

**Tabella E.16** – Dimensionamento della saldatura del perno di sommità. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.



**Fig. E.13** – Dimensioni della saldatura del perno in sommità.

**E.3.5. Dimensionamento del perno della biella**

Sulla biella in acciaio è stato fissato un perno. Nella Tabella E.17 è stata illustrata la metodologia per il dimensionamento.

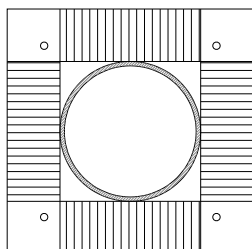
PERNO BIELLA	
$W_{ei}$ [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza del perno	$\frac{\pi \cdot D^3}{32}$
$\gamma_{m0}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,05
$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{ei} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$	
T [N] – taglio agente sulla piastra	22000
b [mm] – braccio	139,3
M [N·mm] – Momento flettente sulla piastra	3064600
$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{M \cdot \gamma_{m0} \cdot 32}{1,5 \cdot f_{yk} \cdot \pi}}$ [mm] – Diametro minimo	45,30
$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tk} \cdot A}{\gamma_{m2}}$ [N] – Resistenza di calcolo a taglio	312692

**Tabella E.17** – Dimensionamento del perno della biella. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

### E.3.6. Dimensionamento della biella in acciaio

È stato scelto un profilo circolare cavo in acciaio 114,3x3,6 mm (Tabella E.18).

**Tabella E.18** – Dimensionamento della biella. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.



**Fig. E.14** – Schema della piastra. Si considera che il carico di compressione si suddivide in 4 parti uguali sulle 4 mensole come rappresentato in figura. Tale carico è distribuito per tutta la larghezza della mensola. Ogni mensola è considerata incastrata all'estremità.

	BIELLA
J [mm <sup>4</sup> ]	1920000
A [mm <sup>2</sup> ]	1250
N [N] – Sforzo assiale agente sulla biella	44000
γ <sub>m0</sub> (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,05
$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [N]	279762
$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	0,16 < 1
L [mm] - Lunghezza biella	450
E [N/mm <sup>2</sup> ] – Modulo elastico acciaio	210000
$N_{crit} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2}$ [N]	19651479
$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0,2) + \lambda^2]$	0,49
α (NTC 2008 - Tab. 4.2.VI)	0,49
$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yk}}{N_{cr}}}$	0,12
$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}}$	1,04
$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_{yk}}{\gamma_{m1}}$	291022,5
$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	0,15 < 1

### E.3.7. Dimensionamento e verifica della piastra in acciaio su cui saldare la biella

La piastra a cui è stato saldato il profilo cavo è stata verificata a compressione come illustrato in Tabella E.19 (Fig. E.14).

**Tabella E.19** – Verifica della piastra di acciaio su cui saldare la biella. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

	BIELLA
N <sub>Ed</sub> [N] – Sforzo assiale agente sulla biella	44000
$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [N]	
$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	
$A_{min} = \frac{N_{Ed} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [mm <sup>2</sup> ]	196,6
A [mm <sup>2</sup> ]	3000
N <sub>Ed</sub> <sup>(mensola)</sup> = N <sub>Ed</sub> /4 [N] – Sforzo assiale agente sulla mensola (Fig. E.14)	11000
L [mm] – Larghezza mensola	42,9
Q = N <sub>Ed</sub> <sup>(mensola)</sup> /l	256,41
M <sub>max</sub> = (q · l <sup>2</sup> )/2	235950
W <sub>pl</sub> [mm <sup>3</sup> ]	1500
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [N·mm]	2517857
$\frac{M_{max}}{M_{c,Rd}} \leq 1$	0,094 < 1

### E.3.8. Verifica al rifollamento della sezione forata della biella

È stata verificata a rifollamento la sezione forata della biella in acciaio (Tabella E.20).

**Tabella E.20** – Verifica al rifollamento della biella. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

	BIELLA
N [N] – Sforzo assiale agente sulla biella	44000
N/2 [N] – Sforzo assiale agente su un foro	22000
k (NTC 2008, § 4.2.8.1.1)	2,5
α (NTC 2008, § 4.2.8.1.1)	0,93
γ <sub>m2</sub> (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,25
d [mm] – Diametro foro	18
t [mm] – Spessore biella	3,6
$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{m2}}$ [N] – Resistenza al rifollamento	43200 > 22000

### E.4. Arcarecci metallici e sospensioni

Come descritto nel Capitolo 4 gli arcarecci di progetto hanno diverse dimensioni e sono stati disposti in pianta come mostra la Figura 4.14. Le due tipologie di arcarecci hanno una luce diversa, poiché questa è funzione dell'interasse tra le capriate. La luce è differente anche perché la capriata n°2 non è stata caricata, poiché dalle verifiche di resistenza si evince che, non avendo le saette, essa non può sorreggere altri pesi oltre al peso proprio e a quello della copertura.

Anche per gli arcarecci è stata utilizzata una combinazione di carico come quella descritta nel § E.1. Gli arcarecci, oltre ad essere sottoposti al loro peso proprio, sono sottoposti a carichi puntuali: ogni carico è rappresentato dalle catene in acciaio a cui è sospesa una determinata area di camorcanna (Fig. E.15).

Dopo aver determinato i carichi, è stata eseguita una verifica in fase di sollevamento. In questa verifica i carichi sono stati applicati agli arcarecci in due differenti modalità:

- *stato di progetto*: in cui il carico è stato suddiviso per le quattro sospensioni presenti;
- *stato di avanzamento lavori*: in cui tutto il carico è stato affidato a una sospensione. È stata scelta quella in posizione *b* (per quanto riguarda gli arcarecci della volta a botte ribassata) poiché era quella che si trovava al di sopra dei massimi abbassamenti quindi è stata la prima a essere messa in tiro.

In Figura E.16 si riporta lo schema di calcolo dei carichi e in Tabella E.21 le verifiche effettuate per gli arcarecci della parte di volta a botte ribassata (quella realizzata con IPE 240 in acciaio). Il procedimento è il medesimo per tutti gli altri arcarecci.

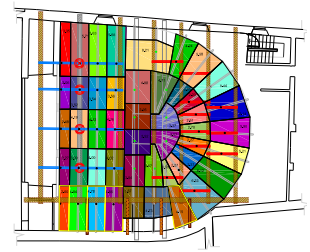


Fig. E.15 – Pianta della volta con individuazione delle aree d'influenza delle sospensioni in acciaio.

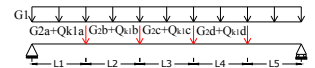


Fig. E.16 – Schema di carico degli arcarecci della volta a botte ribassata.

ARCARECCIO	
$G_1$ [N/mm] – Peso proprio della IPE 240	0,31
$G_{2k}$ [N/mm] – Peso dovuto alla camorcanna	$A_k \cdot p$ al m <sup>2</sup> di camorcanna
$P_{al\ m^2}$ di camorcanna+legno (dopo l'intervento) [N/mm <sup>2</sup> ]	$0,72 \cdot 10^3$
$A_k$ [m <sup>2</sup> ] – Area di influenza della k-esima sospensione	
$Q_{k1a}$ [N] – Peso accidentale dovuto alla camorcanna	400
$W_{pl}$ [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza della sezione	324300
$M_{Ed}$ [N·m] – Momento flettente massimo	$18,69 \cdot 10^6$
$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{m0}}$ [N·mm] - Momento resistente di progetto	$72,58 \cdot 10^6$
$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$	0,26 < 1

Tabella E.21 – Verifica degli arcarecci per l'ancoraggio delle sospensioni. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

Per ragioni operative la luce libera di 5,80 m è raggiunta tramite un arcareccio di 6,50 m realizzato tramite l'unione di 3 IPE 240 collegate tramite giunto flangiato bullonato (Fig. E.17, Tabelle E.22, E.23).

BULLONI	
$M_{Ed}$ [N·m] – Momento flettente massimo	$1,88 \cdot 10^7$
$T$ [N] – Taglio massimo	$1,45 \cdot 10^4$
$b$ [mm] – Braccio coppia interna bulloni	230
n° bulloni a taglio	4
n° bulloni a flessione	3
T/4 [N] – taglio agente su ogni bullone	3637,5
$S=M/b$ [N] – Sollecitazione sui bulloni dovuta a M	$8,16 \cdot 10^4$
$S_{bullone}=S/n^\circ\text{bulloni}=S/3$ [N] – Sollecitazione su ogni bullone dovuta a M	$2,72 \cdot 10^4$
$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{RES}}{\gamma_{m2}}$ [N] – resistenza a trazione bulloni	$3,02 \cdot 10^4$
$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{tb} \cdot A_{RES}}{\gamma_{m2}}$ [N] – resistenza a taglio bulloni	$4,52 \cdot 10^4$
$d$ [mm] – diametro resistente	10
$A_{resistente} = \pi \cdot (d/2)^2$ [mm <sup>2</sup> ]	78,54
$\gamma_{m2}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,25

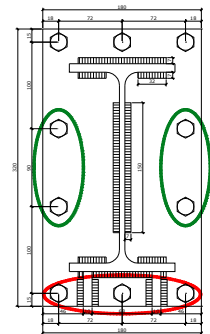
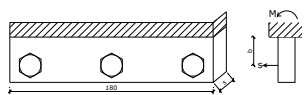


Fig. E.17 – Piatto di collegamento per il giunto flangiato bullonato. In verde i bulloni verificati a taglio; in rosso i bulloni verificati a trazione.

Tabella E.22 – Verifica del collegamento flangiato bullonato in Figura E.17. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

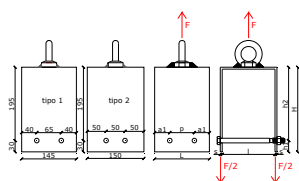


**Fig. E.18** – Schema utilizzato per la verifica a flessione della porzione inferiore della piastra del giunto flangiato bullonato.

È stata poi fatta una verifica a flessione della piastra. In corrispondenza degli irrigidimenti (in rosso in *Figura E.17*), è stato considerato che la piastra fosse incastrata lungo il cordone di saldatura che unisce il profilo IPE 240 con la stessa piastra (*Fig. E.18*). Il procedimento di verifica è illustrato in tabella E.23.

**Tabella E.23** – Verifica a flessione della piastra forata. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

	PIASTRE
$S=M/b$ [N] – Sollecitazione sui bulloni dovuta a M	$8,16 \cdot 10^3$
$M=S \cdot s$ [N·m] – Momento flettente massimo	$2,04 \cdot 10^6$
$W_{pl}$ [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza della sezione	6750
$\sigma = \frac{M}{W} \leq f_{td}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$181,36 < 288$
$M_{pl} = \frac{f_{yk} \cdot A \cdot h}{\gamma_{m0}} \geq M$ [N·mm]	$2,26 \cdot 10^6 > 2,04 \cdot 10^4$
A [mm <sup>2</sup> ] – Area della sezione	
$\gamma_{m0}$ (NTC 2008, Tabella 4.2. XII)	1,05



**Fig. E.19** – Schema delle forze agenti e distanze tra i fori delle due tipologie di profilo a U rovescia.

Le sospensioni sono costituite da catene ad anelli in acciaio agganciate con ganasce (*Fig. E.19*) realizzate con profili a U rovescia (Capitolo 4, § 4.3.3). Il dimensionamento è stato eseguito determinando la sezione minima di acciaio necessaria per sorreggere il tiro. Esso è stato determinato mediante un software agli elementi finiti. I profili a U rovescia sono stati progettati in due differenti dimensioni per meglio adattarsi all'eterogeneità della sezione delle centine originarie (*Tabella E.24*). Al fine di ridurre i pesi e le dimensioni delle ganasce si è deciso di utilizzare un acciaio S355.

**Tabella E.24** – Verifica delle ganasce. Per i valori di resistenza si fa riferimento alla Tabella E.2.

	PIASTRA SOMMITALE	
	TIPOLOGIA 1	TIPOLOGIA 2
F [N]	4250	4250
$M=F \cdot l/4$ [N·mm]	148750	170000
$W_{pl}$ [mm <sup>3</sup> ] – Modulo di resistenza della sezione	604,17	625
$\sigma = \frac{M}{W} \leq f_{td}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$246,21 < 315^d$	$272 < 315^d$

**Nota 4**

Poiché lo spessore del profilo è maggiore di 40 mm la normativa prevede un'ulteriore riduzione della resistenza di progetto che da 355 N/mm<sup>2</sup> passa a 315 N/mm<sup>2</sup>.

Le ganasce sono fissate tramite bulloni alle centine, per il posizionamento dei bulloni è stato verificato che fossero soddisfatte le prescrizioni dettate dalla normativa di riferimento, in merito alle distanze minime dei fori dal bordo.

Sono inoltre stati verificati a taglio i bulloni e al rifollamento la piastra; i procedimenti svolti sono analoghi a quelli descritti rispettivamente nelle Tabelle E.22 e E.14.

**E.5. Cavallotti e fasce in CFRP**

Per quanto riguarda infine il dimensionamento dei cavallotti e delle fasce in fibra di carbonio, il dimensionamento è stato eseguito analogamente a quanto è stato fatto per la sperimentazione di laboratorio (Appendice D, § D.1).

Essendo le dimensioni del plafone, il doppio di quelle della volta in laboratorio, il numero di cavallotti è stato raddoppiato. Per ogni centina sono stati disposti quindi otto cavallotti anziché quattro nella parte centrale della volta (cui poi ne sono stati aggiunti altri due), delimitata dalle cornici in legno. Sono stati poi posti in opera altri due cavallotti alle estremità del plafone. In totale ci saranno 10 cavallotti per ogni centina nella parte di volta a botte. Il procedimento per la determinazione dell'area di aderenza resina – fibra è identico a quello appena descritto per la fase sperimentale. Nel caso di studio, considerando la centina rappresentata in *Figura E.20* si può notare qual è la parte di stuoiato e quindi di intonaco che sarà affidata all'adesione.

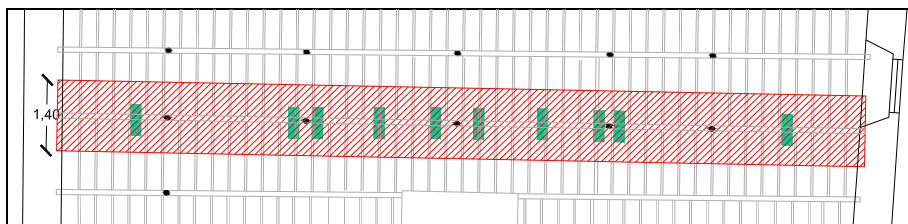


Fig. E.20 – Superficie di camorcanna affidata all'adesione tessuto – stuoiato mediante resina epossidica.

Essendo 10 cavallotti i risvolti degli stessi sullo stuoiato sono pari a 20. Quindi è stata determinata la forza  $F$  che deve sostenere ogni singolo risvolto mediante la seguente formula:

$$F = \frac{1}{20} \cdot (P_{\text{canne+intonaco}} \cdot L)$$

Si determina dunque la forza affidata a ogni risvolto:

$$F = \frac{1}{20} \cdot (0,54 \text{ [N/mm}^2\text{]} \cdot 16 \cdot 10^3 \text{ [mm]}) = \frac{1}{20} \cdot 8640 \text{ [N]} = 432 \text{ [N]}$$

L'area di aderenza sarà data da:

$$A = \frac{F}{\sigma_{ad}} = \frac{432 \text{ [N]}}{2 \text{ [N/mm}^2\text{]}} \cong 216 \text{ mm}^2$$

Anche in questo caso, l'area così determinata è quella minima che assicura la tenuta del peso dovuto all'intonaco e allo stuoiato in canne. Inoltre rappresenta l'area minima necessaria per garantire il sollevamento della camorcanna.

Posizionando 10 cavallotti con risvolti di 20x20 cm si ha un'area molto maggiore rispetto a quella minima.

Per il dimensionamento delle fasce l'area d'influenza considerata è quella rappresentata nella Figura E.21 rappresentante uno stralcio di pianta della volta principale del Teatro dei Filarmonici.

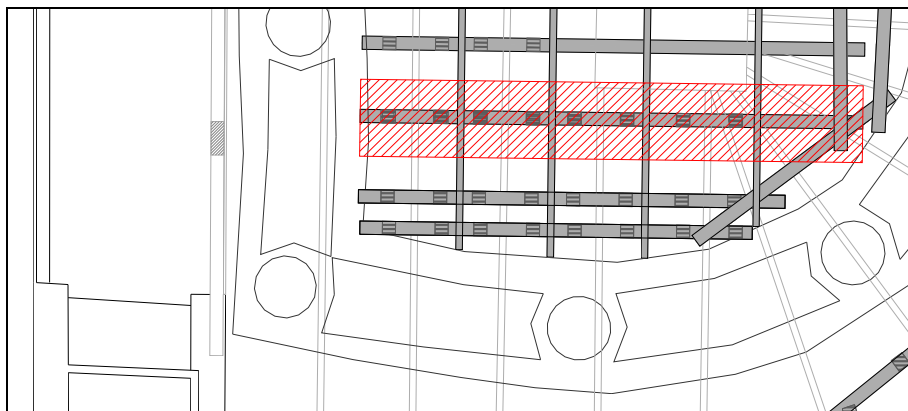


Fig. E.21 – Individuazione dell'area d'influenza riguardante la fascia considerata.

$$q = P_{\text{totale}} \cdot l = 0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 1165 = 0,652 \text{ N/mm}$$

$$H = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot f} = \frac{0,652 \cdot 7650^2}{8 \cdot 300} = 15899 \text{ N}$$

La freccia  $f$  corrisponde all'abbassamento della volta. Per calcolare lo sforzo massimo  $S_{max}$ , è stata presa in esame la fascia che corrisponde all'abbassamento maggiore rilevato nel plafone del Teatro dei Filarmonici, ovvero  $f = 300 \text{ mm}$ .



$$S_{max} = \sqrt{H^2 + \left(\frac{q \cdot l}{2}\right)^2} = \sqrt{15899^2 + \left(\frac{0,652 \cdot 7650}{2}\right)^2} = 16093 \text{ N}$$

A questo punto è stato possibile stabilire la tensione agente sulla fascia<sup>5</sup>:

**Nota 5**

*A = area della sezione del tessuto unidirezionale.*

*Per la tensione di rottura della fibra di carbonio, si fa riferimento alla scheda tecnica del materiale.*

$$\sigma = \frac{S_{max}}{A} = \frac{16093}{32,8} = 491 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 4800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Tale valore è stato confrontato con la tensione di trazione della fibra, pari a 4800 N/mm<sup>2</sup>.

## BIBLIOGRAFIA

---

- AMBROSINI MASSARI A.M. (a cura di) (2007) *“Dotti Amici” Amico Ricci e la nascita della Storia dell’arte nelle Marche*. Provincia di Macerata, Il Lavoro Editoriale, Ancona.
- BARBERO EVER J. (1998), *Introduction to composite materials design*. Taylor & Francis.
- BELLUZZI O. (1969), *Scienza della costruzioni*, vol. 3. Editore Zanichelli Bologna.
- BELLUZZI O. (1971), *Scienza della costruzioni*, vol. 1. Editore Zanichelli Bologna.
- CAMERTONI P. (2007-2008), *“Plafoni dei teatri all’italiana tra ‘700 e ‘800. Il caso del “Filarmonici” di Ascoli Piceno: linee guida per l’intervento”*, tesi di laurea, Università Politecnica delle Marche, A. A. 2007-2008, Relatore dott. ing. Quagliarini E, Correlatore prof. ing. Lenci S..
- CAPPONI M. P. (1905), *Annali della città di Ascoli Piceno.1789-1832*. Ascoli Piceno.
- CARINI MOTTA F. (1676), *Trattato sopra la struttura de Teatri, e Scene, che à nostri giorni si costumano, e delle Regole per far quelli con proportionione secondo l’Insegnamento della pratica Maestra Commune*, Guastalla.
- CASTELLI G. (1899), *L’istruzione nella Provincia di Ascoli Piceno. Dai tempi più antichi ai giorni nostri*. Ascoli Piceno
- CARDUCCI G. (1987), *Su le memorie e i monumenti di Ascoli nel Piceno. Discorso di Giambattista Carducci Architetto*, Ristampa Anastatica del volume edito a Fermo nel 1853. A.Forni Editore, Bologna.
- CIAFFARDONI C. (1994), *Il nuovo Teatro Ventidio Basso* in AA.VV. *Dalla scena perpetua al “Ventidio”. Cinque secoli di teatro ad Ascoli*. Poligrafica s.n.c., Teramo.
- CLAUDI-L.CATRI G.M. (a cura di) (1992), *Dizionario Storico-Biografico dei Marchigiani*. Il Lavoro Editoriale, Jesi.
- DOGLIONI F. (2000), *Codice di pratica (linee guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997*, BUR Marche edizione straordinaria n.15 del 29/09/2000.
- D’ORAZIO M., QUAGLIARINI E., STAZI A. (2001), *La conservazione di stucchi e ornati su strutture ad incannucciato: aspetti meccanici ed igrometrici*. In *Lo stucco – Cultura, Tecnologia, Conoscenza.*, vol. 1. XVII Convegno Internazionale Scienza e Beni Culturali, Bressanone 10–13 luglio 2001, Edizioni Arcadia Ricerche.
- D’ORAZIO M., QUAGLIARINI E. (2002), *Il recupero delle strutture lignee rivestite con stuoiate: interventi di consolidamento, valutazione del comportamento meccanico*. *Recupero E Conservazione*. vol. 44, DeLettera Editore.
- GABRIELLI L., (1955), *Origine e sviluppo della Società Filarmonica Ascolana*, Filarmonica Ascolana, A.I. n°1-2.
- GABRIELLI R., (1929), *Una famiglia di artisti, i Paci*. Ascoli Piceno.
- GAGLIARDI G. (1996), *Le piazze di Ascoli*, Cinisello Balsamo.
- GROS P. (a cura di) (1997), *Marco Vitruvio Pollione M. V.*, De Architettura, Einaudi.

- LUNA L. (a cura di) (1996), *Teatro Ventidio Basso. Mostra del Centocinquantesimo*. D'Auria Editore, Ascoli Piceno.
- MARIANO F. (a cura di) (1997), *Il Teatro nelle Marche. Architettura, scenografia e spettacolo*, Nardini Editore, Fiesole (Fi).
- MARINELLI G. (1994), *Dizionario Toponomastico Ascolano. La Storia, i Costumi, i personaggi nelle vie della Città*. D'Auria Editrice Ascoli Piceno.
- MARINELLI G. (2001), *I Cinematografi di Ascoli Piceno*. Ascoli Piceno.
- MARIOTTI C. (1907), *Guida di Ascoli Piceno*. Libreria Pierucci. Ascoli Piceno.
- MARIOTTI C. (1960), *Scritti d'arte e di storia*. Collana di pubblicazioni storiche ascolane XII, Società Tipografica Editrice, Ascoli Piceno.
- MASINI N. (1870), *Cenno biografico di Pietro Fancelli pittore figurista*. Bologna.
- PACI C. (1987), *L'agenda delle Marche – Teatri Storici delle Marche*. Editrice Italia, Pescara.
- MILIZIA F. (1794), *Trattato completo formale e materiale del teatro*. Ristampa anastatica a cura di Forni Editore, (1969).
- ORETTI M., *Notizie de' Professori del Disegno cioè Pittori, Scultori ed Architetti Bolognesi e de' Forestieri di sua Scuola raccolte da Marcello Oretti bolognese*, Bologna, Biblioteca Comunale dell'Archiginnasio, ms. B 123-132.
- PAPETTI S. (1994), *Il teatro dei Filodrammatici ed il sipario di Pietro Fancelli*, in "Flash. Il mensile di Vita Picena", n.198.
- PAPETTI S. (1995), *Ascoli Piceno. Pinacoteca Civica. Disegni, maioliche, porcellane*, Calderini, Ascoli Piceno.
- PAPETTI S. (a cura di), (2005), *Il segno dei Maestri: Guercino a Canova, Certaldo*.
- PELLEGRINO A. (1997), *I teatri storici della provincia di Ascoli Piceno*, in AA.VV., *Il Teatro nelle Marche. Architettura scenografia e spettacolo*, a cura di F.Mariano, Edizioni Nardini, Firenze.
- QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M., STAZI A. (2004), *Durability assessment of FRP wraps applied on high artistic "plaster and reeds" vaults*. In Proc. of SAHC2004: IV Int. Seminar on Structural Analysis OF Historical Constructions – Possibilities of Experimental and Numerical Techniques, Padova, Italy, November 10-13, vol.2, A.A. Balkema Publishers, London, UK.
- QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M. (2005), *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche di intervento*, Editrice Alinea, Firenze.
- QUAGLIARINI E. (2002), *Il recupero delle strutture lignee rivestite con stuoiate: nuove tecnologie di consolidamento, valutazione del comportamento meccanico*. RECUPERO E CONSERVAZIONE. vol. 46, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M. (2004), *Dipinti su incannucciato. Comportamento meccanico ed igrometrico di fasciature in FRP su volte ad incannucciato. L'uso alternativo di molle elastiche*. Modulo n°297, BE-MA Editrice, Dicembre 2003-Gennaio 2004.
- QUAGLIARINI E., MALATESTA C. (2005), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Tipologie e tecniche realizzative: le capriate di copertura, il "pozzo" dei palchetti e il plafone sommitale. Tipologie di riferimento e correlazioni*. Recupero E Conservazione. vol. 66, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E., CIARLONI L. (2005), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Tipologie e tecniche realizzative: il "castello" dei palchetti e i soffitti plafonati*. Recupero E Conservazione. vol. 65, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E. (2005), *Strutture in legno nei teatri all'italiana del '700 e '800. Dalla "Regola dell'arte" ai criteri di intervento*. Recupero E Conservazione. vol. 64, DeLettera Editore.

- QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M., STAZI A. (2006), *Rehabilitation and consolidation of high-value "camorcanna" vaults with FRP*. Journal of Cultural Heritage, Volume 7, Issue 1, January-March 2006, Elsevier Press, Paris, France.
- QUAGLIARINI E. (2006a), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Letture sugli interventi di recupero realizzati: i plafoni a copertura della sala*. Recupero E Conservazione. vol. 69, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E. (2006b), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Letture sugli interventi di recupero: le capriate di copertura (2)*. Recupero E Conservazione. vol. 71, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E. (2006c), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Gli orizzontamenti della sala: letture sugli interventi di recupero*. Recupero E Conservazione. vol. 72, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E., STAZI A. (2006), *Strutture in legno nei teatri all'italiana tra '700 e '800. Letture sugli interventi di recupero: le capriate di copertura (1)*. Recupero E Conservazione. vol. 70, DeLettera Editore.
- QUAGLIARINI E. (2008), *Costruzioni in legno nei teatri all'italiana del '700 e '800. Il patrimonio nascosto dell'architettura teatrale marchigiana*. Editrice Alinea, Firenze.
- QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M. (2009), *Light vaults with frescoes or stuccoes strengthened by GFRP, the role of the reinforcement on intrados strains: first experimental data*. International Journal of Architectural Heritage, Taylor & Francis, in press, DOI: 10.1080/15583050903115069.
- QUAGLIARINI E., PETRUCCI E., TERPOLILLI R. (2009), *La conservazione del Plafone in legno del Teatro Filarmonici di Ascoli Piceno: La conoscenza come input iniziale per l'intervento di restauro*, in "Atti del XXV Convegno Internazionale Scienze e Beni Culturali. Conservare e restaurare il legno. Conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone 23 – 26 giugno 2009, Arcadia Ricerche Edizioni, Padova.
- QUAGLIARINI E., LENCI S., SERI E. (2010), *Sul danneggiamento di affreschi e stucchi all'intradosso di volte leggere sospese*. Inarcos, n°707, edita dalla Associazione Ingegneri e Architetti della Provincia di Bologna, Stampa: Labanti e Nanni Industrie Grafiche s.r.l., Crespellano, Bologna.
- QUINTERIO F. (2004), *Ianua Picena*, Collana testi e Documenti, Istituto Superiore di Studi Medievali, Ascoli Piceno.
- RICCATI F. (1790), *Della costruzione de' teatri secondo il costume d'Italia, Vale a dire divisi in piccole logge*, Venezia.
- ROSA G. (1870), *Disegno della storia di Ascoli Piceno*. Brescia.
- ROSSI A. (1965), L'architetto Ireneo Oleandri e la sua attività marchigiana, in *Atti dell'XI Congresso di Storia dell'Architettura, 6-13 settembre 1959*, Roma.
- ROSSI M. (2000-2001), *"Progetto di restauro di volte in camorcanna a grande luce mediante malte estradossal"*, tesi di laurea, Università Politecnica delle Marche, A. A. 2000-2001, Relatori prof. Stazi A., Giacchetti R., Correlatori dott. arch. D'Orazio M, ing. Quagliarini E..
- S.A. (1898), *Il Teatro dei Filodrammatici in Ascoli Piceno*, in "Il Centrale", anno I, n. 43, 4-5 maggio 1898.
- S.A., *Brevi cenni della Società Filarmonica*, Ascoli Piceno, s.d..
- SERI E. (2007-2008), *"Modellazione meccanica e verifiche sperimentali del danneggiamento di volte in camorcanna con intradosso di pregio"*, tesi di laurea, Università Politecnica delle Marche, A. A. 2007-2008, Relatore dott. ing. Quagliarini E, Correlatore prof. ing. Lenci S..
- STAZI A., D'ORAZIO M., QUAGLIARINI E. (2002), *Il recupero delle strutture lignee rivestite con stuoaiati: dalla conoscenza del sistema costruttivo alle tecniche di intervento*. Recupero E Conservazione. vol. 43, DeLettera Editore.
- TAMBURINI E. (1984), *Il luogo teatrale nella trattatistica italiana dell'800. Dall'utopia giacobina alla prassi borghese*, Bulzoni Editore, Roma,

- TEODORI V. (2001), *Giovan Battista Carducci, architetto fermano 1806-1878*. Fondazione Cassa di Risparmio di Fermo, Andrea Livi Editore, Fermo.
- VALLUCCI S. (2008-2009), *“Il recupero e la conservazione di volte in camorcanna di pregio mediante l'utilizzo di FRP: analisi sperimentali e applicazione al plafone del teatro dei “Filarmonici” di Ascoli Piceno”*, tesi di laurea, Università Politecnica delle Marche, A. A. 2008-2009, Relatore dott. ing. Quagliarini E., Correlatore prof. ing. Lenci S..

#### **FONTI ARCHIVISTICHE e MANOSCRITTE**

- Biblioteca Comunale di Ascoli Piceno, Fondo Riviste storiche, s.c. EJA!, n.39 del 29 novembre 1924; n.40 del 6 dicembre 1924; n.41 del 13 dicembre 1924; n.42 del 20 dicembre 1924.
- Biblioteca Comunale di Ascoli Piceno, B.132.6, *Statuti dell'Accademia Filodrammatica di Ascoli*, (1833). Ascoli Piceno.
- Archivio Privato, *Statuto della Società Filarmonica in Ascoli Piceno istituita l'1 giugno 1874*, (1874). Ascoli Piceno ASCA., *Archivio Storico del Comune di Ascoli Piceno*, A.1830, *Fondo Spettacoli* B.18, fasc.3, 16 aprile 1827.
- Archivio di Stato di Ascoli Piceno, *Archivio Storico del Comune di Ascoli Piceno* A.1830, – *Fondo Spettacoli* - B.18, fasc.3, 23 Aprile 1830.
- Archivio di Stato di Ascoli Piceno, *Delegazione Apostolica* – A.1835, B.15, fasc.1, 18 febbraio 1835.
- Archivio di Stato di Ascoli Piceno. *Fondo Catasti, Catasto dei Fondi Urbani, A. 1818, reg. n. 448*.
- Archivio di Stato di Ascoli Piceno. *Fondo Catasti, Catasto dei Fondi Urbani, Sommarione dell'Impianto Urbano* A. 1830, reg. n. 576.
- Archivio di Stato di Ascoli Piceno, *Fondo Prefettura*, A. 1868, B.352 fasc. 2, “Oggetti diversi” - Diritti d'autore”.

## POSTFAZIONE

---

### **RESEARCH AND DEVELOPEMENT**

Per un'azienda fortemente improntata al restauro di opere del passato, una cultura tecnologica in grado di accrescerne progressivamente l'orizzonte, è il fulcro delle pratiche di ricerca e sviluppo.

All'energia profusa nell'individuazione del "nuovo", nella ridefinizione ragionata degli scenari del "passato" di possibile applicazione, si affianca e si intreccia senza soluzione di continuità un'attività di governance tecnologica che coinvolge tutta l'azienda e prevede un allineamento capillare e continuo delle competenze di cui si è in possesso con quelle individuate come necessarie.

AhRCOS S.r.l. ha una sezione specifica del proprio staff dedicata allo studio di innovazioni tecnologiche da utilizzare per migliorare i propri processi produttivi e crearne di nuovi. La ricerca ha un'importanza speciale e per noi si riferisce normalmente ad attività a lungo termine, orientata al futuro, nella scienza o tecnologia, al fine di poter essere sempre certi di rispettare ogni "capolavoro" su cui interveniamo. Perché questo approccio si mantenga centrale nelle politiche industriali, è necessario investire all'interno di un quadro strategico ampio, ma definito con precisione, in cui il passaggio dalle tecnologie ai cantieri, abbia come riferimento costante la necessità di tenere sempre allineate strategia, organizzazione, processi, risorse e cultura dell'azienda e dei suoi partner identificando le sinergie possibili con realtà altamente formate in materia di restauro e tecnologie connesse, come il caso della sperimentazione effettuata per ben quattro mesi presso i laboratori dell'Università Politecnica delle Marche e con la più ampia collaborazione da parte dell'Università stessa, che tratteremo in questo volume.

A questo soprattutto è orientata la volontà di AhRCOS S.r.l., la volontà di connettere le persone in una rete fertile di conoscenze volta a moltiplicare le possibilità di generare nuove idee, nuovi processi, nuovi talenti.

AhRCOS S.r.l. intende mantenere e rafforzare ulteriormente la propria posizione nel mercato in cui opera facendo della qualità e della tecnologia applicata alla tutela e durabilità dei propri interventi il suo punto forte. Intervenire in cantiere in situazioni limite e delicate con la certezza di operare bene è possibile solo grazie alla costante ricerca finalizzata al miglioramento continuo dei processi con il conseguenziale risultato di promozione dell'immagine dell'azienda nei confronti del mercato.

Così la costante ricerca e l'individuazione delle aspettative e delle esigenze, attuali e future, ha l'obiettivo di tradurle in requisiti da rispettare e procedure da implementare per offrire un servizio estremamente superiore alle attese e soprattutto con la massima certezza di operare bene in un settore dove, a differenza di chi opera sul nuovo costruito, uno sbaglio non è permesso.

In un sistema così concepito è basilare conservare e sviluppare il know-how sulla qualità attraverso attività di sperimentazione, addestramento e sensibilizzazione di tutti coloro che, scendendo a cascata, fanno parte della struttura gerarchica della Società. Risulta pertanto essenziale promuovere a tutti i livelli il coinvolgimento delle

risorse umane sull'importanza di ciascuna mansione per il raggiungimento degli obiettivi.

La ricerca e lo sviluppo costante ci consente ad oggi di adottare sistemi e tecnologie proprie in grado di garantire il miglior intervento possibile su una struttura di pregio. Questo riveste per noi massima importanza essendo a conoscenza dell'impatto rilevante che la nostra attività ha sul contesto culturale delle comunità locali, nazionali ed internazionali. Risulta quindi indispensabile legittimare l'operato dell'azienda fondandolo sui principi di rispetto del bene oggetto di restauro e consolidamento, qualità che solo grazie a partnership importanti si possono ottenere. Solo grazie a collaborazioni come quella con l'Università Politecnica delle Marche possiamo pregiarci di dire che AhRCOS S.r.l. risulta essere ad oggi una delle più qualificate aziende italiane per il consolidamento e l'adeguamento sismico e per il restauro conservativo su strutture storiche.

L'attenzione costante, l'impegno sempre maggiore e l'esperienza acquisita nei cantieri e nei laboratori ci pongono come punto di riferimento per il restauro conservativo. Ad oggi siamo in grado di fornire consulenza e diagnostica a 360 gradi, in sinergia con l'Università indichiamo le corrette procedure da adottare.

I tecnici, i restauratori e le maestranze di cui è composta AhRCOS S.r.l. possiedono qualifiche professionali adeguate ed un bagaglio culturale costantemente aggiornato attraverso formazione sia teorica che pratica.

I numerosi cantieri portati a termine, ci hanno permesso di raggiungere una perfetta autonomia in tutte le operazioni fondamentali per l'esecuzione del restauro a regola d'arte, con la messa a punto di procedimenti che hanno permesso di coniugare un'alta qualità, certezza dei risultati, sicurezza dell'intervento.

La ricerca e lo studio, oltre l'esperienza diretta acquisita nell'ambito del restauro, ci hanno permesso di sviluppare un quadro preciso e dettagliato dei diversi tipi di degrado ai quali le strutture sono soggette. La conoscenza di tecniche tradizionali, unitamente alla costante ricerca e sperimentazione di più aggiornate modalità di intervento, ci consentono di lavorare nel pieno rispetto della natura e della conservazione del bene, consci delle responsabilità e dell'impegno del nostro lavoro, ed in accordo con la teoria del restauro, improntiamo la nostra attività ricercando le cause del degrado, eliminandole e ripristinando le originali caratteristiche meccaniche della struttura o addirittura incrementandole se necessario.

Gli interventi che si operano sui beni culturali e sui manufatti dell'edilizia storica necessitano di una profonda conoscenza delle vicende, dei materiali e dello stato di conservazione di tali opere per potere eseguire interventi di restauro e di recupero adeguati e corretti. Lo sviluppo di nuove e specifiche metodologie di indagine e di intervento, consentono di ottenere informazioni fondamentali per la progettazione e l'esecuzione di restauri conservativi attenti alle necessità dell'opera e ad un alto livello qualitativo.

Lo specifico nostro modo d'intendere l'impresa ha da sempre caratterizzato le scelte della ns. società: essa è infatti considerata come un valore piuttosto che come strumento, come un contesto nel quale condividere uno spirito ed un obiettivo generale, proprio per questo dedichiamo tante risorse e tanta passione nella ricerca. Lo spirito è quello, sempre e comunque costruttivo, di chi vuole affrontare le grandi sfide; l'obiettivo generale è quello d'accrescere la consistenza di tale valore anche oltre i soliti indicatori economici. In un contesto caratterizzato dall'affermazione di un modello d'impresa sempre più virtuale, la volontà della AhRCOS s.r.l. è sempre stata quella di sviluppare l'impresa reale. E' una posizione quasi solitaria, che rifugge dall'adottare l'outsourcing quale unica soluzione possibile alle problematiche imposte da un mercato iper-concorrenziale. Al contrario, l'azienda investe nella ricerca e nello sviluppo di capacità e conoscenze, organizzative e produttive, in quanto nel settore del restauro la passione, la dedizione, la volontà e la progettualità rivestono un ruolo determinante. Coerentemente con questo spirito e

questi obiettivi, l'azienda ha da sempre investito in risorse umane e tecnologiche, in ricerca e in sviluppo. I fatti, fino ad oggi, ci hanno dato ragione di tali scelte: il valore delle risorse e la dinamicità dell'organizzazione hanno protetto l'impresa dalle mutevoli sorti del mercato che, al contrario, ci ha visto crescere in termini di struttura e fatturato. L'impresa, infatti, dispone oggi di un patrimonio netto e di un'organizzazione che le consente d'affrontare commesse specialistiche di notevole entità su tutto il territorio nazionale ed estero.

AhRCOS s.r.l. ha come obiettivo della sua garanzia professionale "la qualità", intesa come capacità di ideare, concepire, realizzare e conservare un progetto in modo innovativo, che nasce dalla scelta dei materiali, dalla coordinazione ed aggiornamento di personale specializzato, dallo studio di architetture, particolari di progetto, per arrivare alla realizzazione di opere di ingegneria civile ed architettonica sempre più complesse. La qualità del prodotto e del servizio offerto alla Committenza è un preciso obiettivo imprenditoriale; anche per questo l'Impresa negli anni si è sempre maggiormente specializzata sul restauro conservativo di beni immobili sottoposti a tutela.

E' prassi costante per gli operatori dell'area tecnica eseguire tutti gli approfondimenti analitici e diagnostici necessari all'elaborazione del quadro conoscitivo ed alla formulazione del progetto nei suoi vari livelli: lo studio preliminare dell'opera, che comprende la ricerca storica sulle fonti bibliografiche e d'archivio, il rilievo fotografico generale e particolareggiato, il rilievo dell'opera, dei materiali e del degrado, la verifica della coerenza, unitamente alle Università e agli Enti preposti alla tutela, della metodologia e delle soluzioni operative. Le attività vengono svolte in attento controllo combinato con i Direttori Tecnici, al fine di organizzare un percorso progettuale equilibrato ed impostato su congrue basi conoscitive.

Nata dalle migliori tecnologie e professionalità del restauro unite alle nuove sperimentazioni, ma con la solidità, la tradizione, l'amore, la passione e l'esperienza del restauro conservativo di beni sottoposti a tutela AhRCOS s.r.l. risulta leader nel segmento e si appresta a cogliere le nuove sfide del futuro.

Tradizione del restauro, tecnologie innovative per la conservazione, il recupero, il rinforzo, il miglioramento ed il consolidamento strutturale e architettonico del patrimonio edilizio e di quello storico – artistico – monumentale: In questo scenario in profonda evoluzione opera AhRCOS s.r.l.

## **Alessandro Battaglia**

*Direttore Tecnico - AhRCOS S.r.l*

Azienda certificata per restauro di beni immobili sottoposti a tutela e Consolidamento sismico del patrimonio edilizio e storico monumentale



AhRCOS® S.r.l.  
Tel. 051 / 72 .57. 63  
C.F. e P.iva 01907030389  
Capitale sociale: € 50.000 i.v.  
Iscr. Reg Imprese Ferrara n° 01907030389  
info@restauroeconsolidamento.it · info@ahrcos.it

*Sede Legale:*

Via Statale, 88/1 - 44042 - CENTO (FE)

*Sede Amministrativa e Uffici Tecnici:*

Via Secci, 5 - 40132 - BOLOGNA (BO)

*Laboratorio specialistico ricerca e sviluppo e Deposito:*

Via Secci, 7 - 40132 - BOLOGNA (BO)

*Sede operativa:*

Piazza San Venceslao 776/4 - Václavské náměstí 776/4  
110 00 - PRAHA 1 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa:*

Via L. Da Vinci, s.c. - 67100 - L'AQUILA (AQ)

*Deposito e centro raccolta materiali:*

Via Argentina, s.c. - 44042 - CENTO (FE)

*Deposito:*

Preslova, 652/19  
150 00 - PRAHA 5 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa e punto assistenza:*

Křižovnícká, 86/6 - 110 00 - PRAHA 1 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa:*

Via Castelfidardo, 6 - 61121 - PESARO (PU)



Attestazione SOA: OG01 CL. IV-BIS · OG02 CL. IV-BIS – OS21 CL. III-BIS – OG05 CL. I – OS7 CL. I – OS8 CL. I

Certificazione di qualità ISO 9001:2008

Certificazione secondo Linee Guida Inail per il sistema della gestione della salute e della sicurezza sul lavoro (SGSL).

Certificazione ISO 14001 certificazione di Sistema di Gestione Ambientale - Impegno tutela per l'ambiente



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE**  
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

Via Breccie Bianche - 60130 - Ancona  
Tel. +39 071 2204248 · Fax: +39 071 2204378



member of  
**assorestauro** ASS.I.R.C.CO.